

KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG

FÜR DIE STADT

LIMBURG AN DER LAHN

ENDBERICHT 2026



KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG

| | |
|-----------------------------|---|
| Auftraggeber | Magistrat der Kreisstadt Limburg a. d. Lahn Über der Lahn 1 65549 Limburg a. d. Lahn |
| Auftragnehmer 1 | Tilia GmbH Inselstraße 31 04103 Leipzig |
| Auftragnehmer 2 | Smart Geomatics Informationssysteme GmbH Ebertstr. 8 53340 Karlsruhe |
| Ansprechpartner | Mira Stockmann, Kathrin Bieniek, Stabsstelle Energie, Klima- und Umweltschutz Energie.klima.umwelt@stadt.limburg.de |
| Autoren des Berichts | Markus Bolz (Tilia), Christoph Kohlhas (Tilia), Dominik Walter (Tilia) Thomas Beck (Smart Geomatics), Tina Henzler (Smart Geomatics) |
| Veröffentlichung | 01/2026 |
| | |

Vorwort des 1. Stadtrats der Stadt Limburg an der Lahn

Liebe Mitbürgerinnen und Mitbürger,
sehr geehrte Damen und Herren,

mit dem vorliegenden Endbericht zur Kommunalen Wärmeversorgung legen wir einen wichtigen Meilenstein auf dem Weg zu einer zukunftsfähigen, sicheren und nachhaltigen Energieversorgung unserer Stadt vor. Die Wärmeplanung ist ein zentrales Instrument, um die Herausforderungen des Klimawandels aktiv anzugehen und Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Gerade für Bürgerinnen, Bürger und Unternehmen ist eine verlässliche Planung besonders wichtig, weil die Entscheidung über die Art der Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser eine langfristige Investition darstellt, die über Jahrzehnte hinweg Bestand haben muss.

In den vergangenen Monaten wurden umfangreiche Analysen durchgeführt, Potenziale bewertet und konkrete Handlungsempfehlungen erarbeitet. Dieser Bericht bündelt die Ergebnisse und zeigt auf, welche Schritte notwendig sind, um unsere städtischen Quartiere langfristig klimaneutral zu versorgen – technologieoffen, wirtschaftlich sinnvoll und im engen Austausch mit allen relevanten Akteuren.

Ein zentraler Bestandteil der zukünftigen Wärmeversorgung ist die Nutzung von Energiequellen, die direkt in unserer Region verfügbar sind – etwa Umweltwärme aus Fluss- oder Abwasser, Solarthermie, Geothermie oder Abwärme aus Industrieanlagen. Diese Ressourcen stehen zuverlässig zur Verfügung und reduzieren unsere Abhängigkeit von externen Energieträgern. Inwiefern diese Potenziale nutzbar sind, wird nun Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Durch den Ausbau einer klimafreundlichen Wärmeversorgung entsteht ein erheblicher Mehrwert für unsere Stadt: Die kommunale Wärmeversorgung ist nicht nur ein Beitrag zum Klimaschutz, sondern auch ein bedeutender wirtschaftlicher Faktor. Durch die Nutzung lokaler Energiequellen können wir unsere Abhängigkeit von internationalen Märkten reduzieren und gleichzeitig sicherstellen, dass finanzielle Mittel in der Region verbleiben. Investitionen in erneuerbare Wärmelösungen stärken zudem das Handwerk und Gewerbe vor Ort, fördern Innovation und schaffen langfristig stabile Arbeitsplätze. So verbinden wir ökologische Verantwortung mit wirtschaftlicher Stärke und sozialer Fairness.

Mein besonderer Dank gilt den beteiligten Fachabteilungen, den externen Partnern sowie den Bürgerinnen und Bürgern, die sich mit ihrer Expertise, ihren Fragen und Anregungen in den Prozess eingebracht haben. Die gemeinsame Arbeit hat gezeigt, wie wichtig ein offener Dialog und eine enge Zusammenarbeit sind, wenn wir die Energiezukunft unserer Stadt verantwortungsvoll gestalten wollen.

Ich lade Sie herzlich ein, diesen Bericht als Grundlage für weitere Diskussionen und Entscheidungen zu nutzen. Die Umsetzung der Empfehlungen wird uns in den kommenden Jahren begleiten – und sie ist ein entscheidender Schritt hin zu einer lebenswerten, klimafreundlichen und resilienten Stadt.

Es grüßt Sie herzlichst

Ihr

Michael Stanke

Inhaltsverzeichnis:

0

| | |
|---|-----------|
| Vorwort des 1. Stadtrats der Stadt Limburg an der Lahn..... | 2 |
| Abbildungsverzeichnis:..... | 6 |
| Tabellenverzeichnis:..... | 8 |
| Kurzfassung | 9 |
| 1. Einleitung | 17 |
| 1.1 Prozess der kommunalen Wärmeplanung | 17 |
| Bestandsanalyse | 17 |
| Potenzialanalyse..... | 17 |
| Wärmewendestrategie..... | 18 |
| Umsetzungsstrategie | 18 |
| 1.2 Städtische Rahmenbedingungen..... | 18 |
| 1.2.1 Die Stadt Limburg an der Lahn | 18 |
| 1.2.2 Das Klima in Limburg an der Lahn | 20 |
| 2. Bestandsanalyse | 22 |
| 2.1 Sorgfalt und Datenschutz | 22 |
| 2.2 Einordnung und Darstellung der Gebäude in Gebäudetypen und Baualtersklassen..... | 24 |
| 2.2.1 Hauptnutzungsarten der Gebiete..... | 24 |
| 2.2.2 Siedlungsentwicklung | 28 |
| 2.3 Erfassung des Wärmebedarfs..... | 30 |
| 2.3.1 Verteilung Endenergiebedarfe | 31 |
| 2.3.2 Verteilung der Energiebedarfe | 32 |
| 2.3.3 Wärmedichte | 33 |
| 2.4 Wärmeerzeugung..... | 34 |
| 2.4.1 Energieträgerverteilung..... | 35 |
| 2.4.2 Energieträgerverteilung nach Verbrauch | 36 |
| 2.4.3 Energieträgerverteilung nach Heizungsanlagen..... | 36 |
| 2.4.4 Energieträgerverteilung CO ₂ -Emissionen | 37 |
| 2.4.5 Aggregation Energieträgerdarstellung | 39 |
| 2.5 Energie- und CO ₂ -Bilanz Wärme..... | 40 |
| 2.5.1 Darstellung mit Verbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften | 41 |
| 2.6 Vor- und Nachteile der Energieinfrastruktur..... | 41 |
| 2.7 Fazit der Bestandsanalyse | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 3. Potenzialanalyse..... | 43 |
| 3.1 Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz | 43 |
| 3.1.1 Verteilung Endenergiebedarf Wohngebäude | 47 |
| 3.2 Potenziale erneuerbarer Energien sowie Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung..... | 49 |
| 3.2.1 Bioabfall..... | 50 |
| 3.2.2 Biogene Energieträger | 50 |
| 3.2.3 Luft als Quelle für Wärmepumpen | 51 |
| 3.2.4 Geothermie als Quelle für Wärmepumpen..... | 51 |
| 3.2.5 Potenzial Umweltwärme aus Gewässern und Abwasser | 58 |
| 3.2.6 Solarpotenzial (Photovoltaik, Solarthermie und PVT-Kollektoren) | 64 |
| 3.2.7 Abwärmepotenzial aus Industrie und Gewerbe..... | 65 |
| 3.3 Potenziale zur zukünftigen Stromnutzung und -bedarfsdeckung im Gebäude | 67 |
| 3.3.1 Stromnetz | 67 |
| 3.3.2 Windenergiepotenziale | 68 |
| 3.3.3 Überblick zur zukünftigen Stromnutzung und -bedarfsdeckung im Gebäude | 68 |
| 3.3.4 Potenzial des Austauschs von Elektrogeräten nach Verwendungszeiten..... | 69 |
| 3.3.5 Potenzial eines beschleunigten Austauschs von Elektrogeräten | 70 |
| 3.4 Fazit Potenzialanalyse | 72 |
| 4. Wärmewendestrategie | 73 |
| 4.1 Rahmenbedingungen für Szenarien zur zukünftigen Entwicklung der Energieversorgung | 73 |
| 4.1.1 Reduzierung der Energiebedarfe..... | 73 |
| 4.1.2 Dekarbonisierung der Energieversorgung..... | 74 |
| 4.1.3 Einschätzung Stromversorgung in Limburg an der Lahn | 75 |
| 4.2 Grundlage zukünftige klimaneutrale Beheizung der Gebäude | 75 |
| 4.3 Einteilung des Stadtgebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete | 77 |
| 4.4 Bewertung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete | 80 |
| 4.5 Zukünftige Dezentrale Wärmeversorgung | 87 |
| 4.5.1 Vorteile der Wärmepumpen | 87 |
| 4.5.2 Pelletheizungen oder Hybrid-Pelletheizungen | 87 |
| 4.5.3 Zusammenfassung Dezentrale Wärmeversorgungen | 89 |
| 4.6 Herausforderungen beim Wärmenetzausbau..... | 89 |
| 4.7 Analyse und Beschreibung der Entwicklung der Gasversorgung für 2030 und 2045 | 90 |
| 4.8 Ausblick Wasserstoffnutzung | 91 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 4.8.1 | Wasserstoffeinsatz in Limburg an der Lahn | 94 |
| 4.9 | Zielszenario | 97 |
| 4.9.1 | Zielszenario Endenergieverbrauch nach Endenergiesektoren | 98 |
| 4.9.2 | Zielszenario Endenergieverbrauch nach Energieträgern | 99 |
| 4.9.3 | Zielszenario CO ₂ -Emissionen | 100 |
| 4.9.4 | Zielszenario Energieträgerverteilung nach Jahren | 101 |
| 4.10 | Fazit Wärmewendestrategie | 107 |
| 5. | Umsetzungsstrategie | 108 |
| 5.1 | Maßnahmenkatalog | 109 |
| 5.2 | Verstetigungsstrategie | 127 |
| 5.3 | Kommunikationsstrategie für die Wärmewende in Limburg an der Lahn | 128 |
| 5.3.1 | Einführung | 128 |
| 5.3.2 | Ziele der Kommunikationsstrategie | 128 |
| 5.3.3 | Maßnahmen und Instrumente | 128 |
| 5.3.4 | Zusammenarbeit und Beteiligung | 129 |
| 5.3.5 | Fazit der Kommunikationsstrategie..... | 129 |
| 6. | Fazit und Ausblick | 130 |
| 6.1 | Fazit | 130 |
| 6.2 | Ausblick..... | 132 |
| 7. | Literaturverzeichnis | 133 |
| 8. | Anhangsverzeichnis | 134 |

Abbildungsverzeichnis:

| | |
|---|----|
| Abbildung 1-1: Lageplan Limburg an der Lahn..... | 19 |
| Abbildung 1-2: Klimadiagramm Limburg an der Lahn (Durchschnitt 1991-2021) | 20 |
| Abbildung 1-3: Durchschnittlicher Temperaturverlauf pro Monat (langjähriges Mittel 1991-2021) | 21 |
| Abbildung 2-1: Verteilung der Gebäudenutzung nach Sektoren | 24 |
| Abbildung 2-2: Wohngebäudetypen | 25 |
| Abbildung 2-3: Verteilung der Gebäudekategorien (Detailansicht)..... | 26 |
| Abbildung 2-4: Räumliche Verteilung der Gebäudenutzung nach Sektoren | 27 |
| Abbildung 2-5: Verteilung der Errichtungszeiträume der Gebäude..... | 28 |
| Abbildung 2-6: Kategorisierung der Baualtersklassen | 29 |
| Abbildung 2-7: Verteilung Wärmebedarf nach Sektoren..... | 30 |
| Abbildung 2-8: Endenergieverteilung Stadt Limburg an der Lahn | 31 |
| Abbildung 2-9: Verteilung der Energiebedarfe pro m ² und Gebäude..... | 32 |
| Abbildung 2-10: Wärmelinien dichtekarte - räumliche Verteilung der Endenergiebedarfe..... | 33 |
| Abbildung 2-11: Wärmedichten Darstellung auf MWh/ha | 34 |
| Abbildung 2-12: Räumliche Verteilung der Wärmeerzeugung nach Brennstoffen..... | 35 |
| Abbildung 2-13: Energieträgerverteilung (Wärme) nach Verbrauch | 36 |
| Abbildung 2-14: Verteilung der Heizungsanlagen (nach Anzahl) | 37 |
| Abbildung 2-15: Energiebilanz nach Sektoren und Energieträger mit THG-Emissionen..... | 38 |
| Abbildung 2-16: Beispiel für die aggregierte Energieträger Verteilung auf Baublockebene | 39 |
| Abbildung 2-17: Verteilung CO ₂ -Emissionen nach Sektoren im Bereich Wärme..... | 40 |
| Abbildung 2-18: Wärme- und Stromverbrauch (kommunale Liegenschaften)..... | 41 |
| Abbildung 3-1: Energiebedarf der Wohngebäude vor und nach ganzheitlicher Sanierung..... | 44 |
| Abbildung 3-2: CO ₂ -Emissionen der Wohngebäude vor und nach ganzheitlicher Sanierung..... | 45 |
| Abbildung 3-3: Effekte bei verschiedenen Sanierungsraten | 46 |
| Abbildung 3-4: Verteilung Endenergiebedarf pro m ² vor Sanierungsmaßnahmen | 47 |
| Abbildung 3-5: Endenergiebedarf Verteilung pro m ² nach ganzheitlichen Sanierungsmaßnahmen | 48 |
| Abbildung 3-6: Spezifischer Endenergiebedarf pro Baublockebene und kWh/m ² | 49 |
| Abbildung 3-7: Bereiche mit Wärmeleitfähigkeiten des Bodens bei Erdwärmesonden..... | 53 |
| Abbildung 3-8: Schrägbohrtechnik auf kleinen Grundstücken..... | 55 |
| Abbildung 3-9: Einbau von geothermischen Kollektorfeldern | 56 |
| Abbildung 3-10: Ausschnitt Geothermieatlas Karte A hydrothermisch | 57 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 3-11: Pegel Limburg Schleuse UP / Lahn / Wasserstand | 58 |
| Abbildung 3-12: Potenzial aus Flusswasser beispielhafte Berechnung..... | 58 |
| Abbildung 3-13: Temperatur Jahresverlauf einer Kläranlage | 60 |
| Abbildung 3-14: Jahresverlauf Volumenstrom Kläranlage Limburg an der Lahn 2023 | 60 |
| Abbildung 3-15: Pareto Diagramm Kläranlage Limburg an der Lahn 2023 | 61 |
| Abbildung 3-16: Berechnung Abwasser Potenzial..... | 61 |
| Abbildung 3-17: Kanal Hauptsammler Darstellung Limburg an der Lahn | 62 |
| Abbildung: 3-18: Grundwasserwärmepumpe (vereinfacht) | 63 |
| Abbildung 3-19: Technisches Solar-PV-Potenzial | 65 |
| Abbildung 3-20: ausgewiesene Windpotenzialflächen in Limburg an der Lahn | 68 |
| Abbildung 4-1: Einsparungen durch energetische Sanierungen in Limburg an der Lahn | 74 |
| Abbildung 4-2: Entwicklung des deutschen Strommixes | 75 |
| Abbildung 4-3: Heizkostenvergleich Altbau Einfamilienhaus..... | 76 |
| Abbildung 4-4: Darstellung Limburg an der Lahn Stadtgebiet | 80 |
| Abbildung 4-5: voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete Limburg an der Lahn | 86 |
| Abbildung 4-6: Wasserstoff-Importe ab 2030..... | 92 |
| Abbildung 4-7: Prinzip der Substitution von fossilem Erdgas durch aus erneuerbarem Strom erzeugtem Methan (Power-to-Gas)..... | 93 |
| Abbildung 4-8: Effizienz und Strombedarf von strombasierten regenerativen Wärmeversorgungssystemen | 94 |
| Abbildung 4-9: Genehmigtes Wasserstoffkernnetz | 96 |
| Abbildung 4-10: Abbildung regionaler H2-Backbone Nord- und Mittelhessen | 97 |
| Abbildung 4-11: Zielszenario Endenergieverbrauch nach Gebäudesektoren | 98 |
| Abbildung 4-12: Zielszenario Wärmeverbrauchsverteilung..... | 99 |
| Abbildung 4-13: Zielszenario CO ₂ -Emissionen..... | 100 |
| Abbildung 4-14: Endenergieverbrauch nach Energieträgerverteilung 2023..... | 101 |
| Abbildung 4-15: Endenergieverbrauch nach Energieträgerverteilung 2030..... | 102 |
| Abbildung 4-16: Endenergieverbrauch nach Energieträgerverteilung 2035..... | 103 |
| Abbildung 4-17: Endenergieverbrauch nach Energieträgerverteilung 2040..... | 104 |
| Abbildung 4-18: Endenergieverbrauch nach Energieträgerverteilung 2045..... | 105 |
| Abbildung 4-19: Zielszenario, Anzahl der Gebäude mit Art des Energieträgers | 106 |
| Abbildung 4-20: Zielszenario Wärmenetz Anzahl der Gebäude | 107 |
| Abbildung 5-1: Prüfgebiet „Altstadt Limburg an der Lahn“ | 110 |

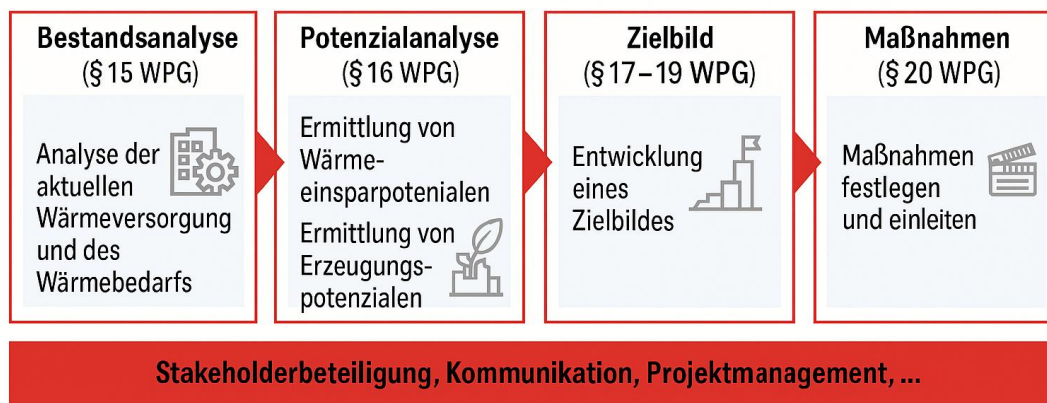
| | |
|--|-----|
| Abbildung 5-2: Energieträgerverteilung nach Verbrauch Altstadt Limburg an der Lahn..... | 111 |
| Abbildung 5-3: CO ₂ -Emissionen nach Energieträgerverbräuchen Altstadt Limburg an der Lahn..... | 112 |
| Abbildung 5-4: Fokusgebiet Innenstadtgebiet | 114 |
| Abbildung 5-5: Gebiete in Blumenrod..... | 116 |
| Abbildung 5-6: Gebiet Linter | 116 |
| Abbildung 5-7: NördKap I | 118 |
| Abbildung 5-8: Bischof-Blum-Straße | 119 |
| Abbildung 5-9: Holzheimer Straße | 120 |
| Abbildung 5-10: Limburg Süd ICE Gebiet | 121 |
| Abbildung 5-11: Dietkirchen Mitte..... | 122 |
| Abbildung 5-12: Lindenholzhausen Mitte | 123 |
| Abbildung 5-13: Übersicht Limburg an der Lahn..... | 124 |
| Abbildung 5-14: Energie sparen | 125 |
| Abbildung 5-15: Energie sparen | 126 |

Tabellenverzeichnis:

| | |
|---|-----|
| Tabelle 1: Klimatische Werte in Limburg an der Lahn..... | 21 |
| Tabelle 2: Relevante Datengrundlagen | 22 |
| Tabelle 3: CO ₂ -Emissionen für Wärme nach Sektoren in t/a | 40 |
| Tabelle 4: Maßnahmenkatalog..... | 109 |

Kurzfassung

Der kommunale Wärmeplan für die Stadt Limburg an der Lahn bildet eine strategische Grundlage zur Gestaltung einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045. Im Einklang mit den Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) wurden bestehende Versorgungsstrukturen systematisch erfasst und analysiert. Ergänzt wird diese Bestandsaufnahme durch eine umfassende Potenzialbewertung in den Bereichen erneuerbare Energien, Strom und Abwärme. Auf dieser Basis wurde ein Zielszenario entwickelt, das als Orientierung zur zukünftigen Wärmetransformation dient. Der Wärmeplan versteht sich als planerisches Instrument zur Unterstützung kommunaler Entscheidungsträger und weiterer relevanter Akteure. Eine rechtlich verbindliche Wirkung entfaltet der Plan nicht; hierfür sind gesonderte Beschlüsse erforderlich. Die Erstellung des Wärmeplans erfolgte entlang definierter Arbeitsschritte, die eine strukturierte Herangehensweise sicherstellen.



Bestandsanalyse

Gebäude und Wärmebedarf

- In Limburg gibt es rund 13.719 beheizte Gebäude, davon sind 80 % Wohngebäude.
- Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie macht 15,8 % aus, öffentliche Gebäude ca. 3,3 %.
- Der Gesamtwärmebedarf im Jahr 2023 beträgt ca. 429 GWh:
 - 69,9 % entfallen auf private Haushalte
 - 29,2 % auf Gewerbe und Industrie
 - 0,9 % auf kommunale Liegenschaften

Gebäudestruktur und energetischer Zustand

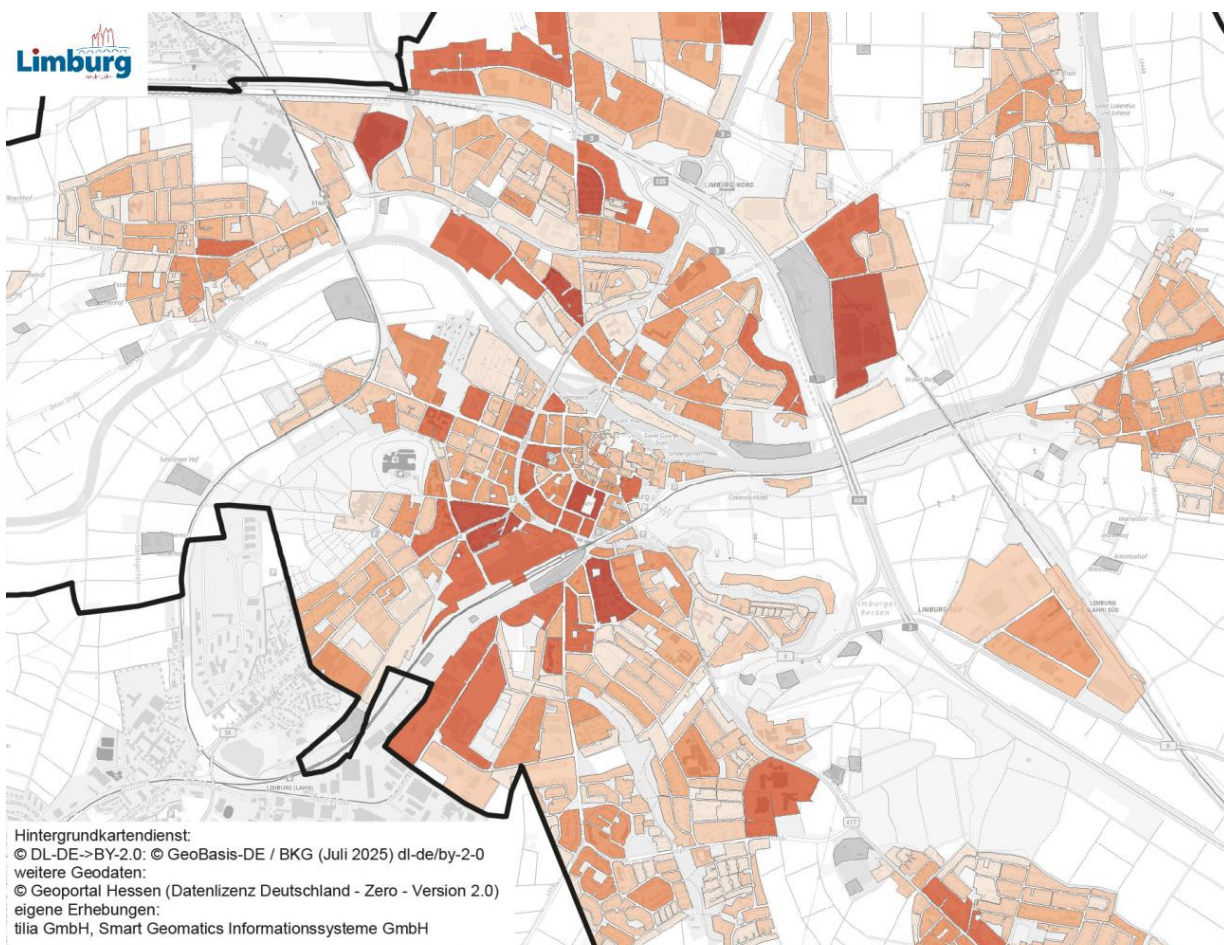
- 79 % der Gebäude wurden vor 1948 errichtet – somit vor den ersten Wärmeschutzverordnungen.
- 87,4 % der Wohngebäude weisen einen Energiebedarf von über 125 kWh/(m²·a) auf.
- Besonders in den Kerngebieten liegt der Bedarf oft über 175 kWh/(m²·a).
- Daraus ergibt sich ein hoher Sanierungsbedarf, welcher in der Potenzialanalyse Berücksichtigung findet.

Energieträger und Infrastruktur

- Die Wärmeversorgung ist stark fossil geprägt:
 - Gas deckt ca. 75 % des Heizbedarfs.

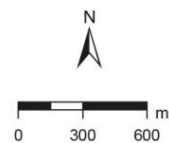
- Strom macht 2,9 % aus.
- Wärmenetze tragen 1,3 % bei.
- Das gut ausgebaute Gasnetz bietet Potenzial für eine spätere Wasserstoffnutzung, erfordert aber technische Anpassungen (Netz und Endgeräte).
- Das Stromnetz ist flächendeckend vorhanden, muss jedoch für die Elektrifizierung im Wärmebereich (Wärmepumpen) sowie die E-Mobilität ausgebaut werden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Verteilung der Endenergiebedarfe. Daraus wird ersichtlich, dass die höchsten, absoluten Endenergiebedarfe für Wärme in den Gewerbe- und Industriegebieten und in der Stadtmitte zu finden sind. Durch große Prozesswärmemengen in der Industrie ergeben sich starke Ausprägungen in der Darstellung. Zudem tragen gewerblich genutzte Gebäudeblöcke und kommunale Liegenschaften mit überdurchschnittlichem Wärmebedarf zu einer räumlichen Verdichtung des Energieaufkommens bei.



| Endenergiebedarf |
|---------------------|
| keine Angabe |
| <= 250 MWh/a |
| 251 – 500 MWh/a |
| 501 – 750 MWh/a |
| 751 – 1.250 MWh/a |
| 1.251 – 2.000 MWh/a |
| > 2.000 MWh/a |

| Weitere Informationen |
|-------------------------------|
| Gemeindegrenze Limburg a.d.L. |



Fazit der Bestandsanalyse

Limburg steht vor großen Herausforderungen aufgrund des hohen Anteils älterer Gebäude, die durch überdurchschnittlichen Wärmebedarf und fossile Heiztechnik gekennzeichnet sind. Gleichzeitig bestehen gute Ausgangsbedingungen für die Transformation – etwa in Bezug auf die vorhandene Netzinfrastrukturen und erste Ansätze zur Sanierung. Die Wärmewende in Limburg erfordert gezielte Maßnahmen zur energetischen Sanierung und zur Umstellung der Wärmeerzeugung.

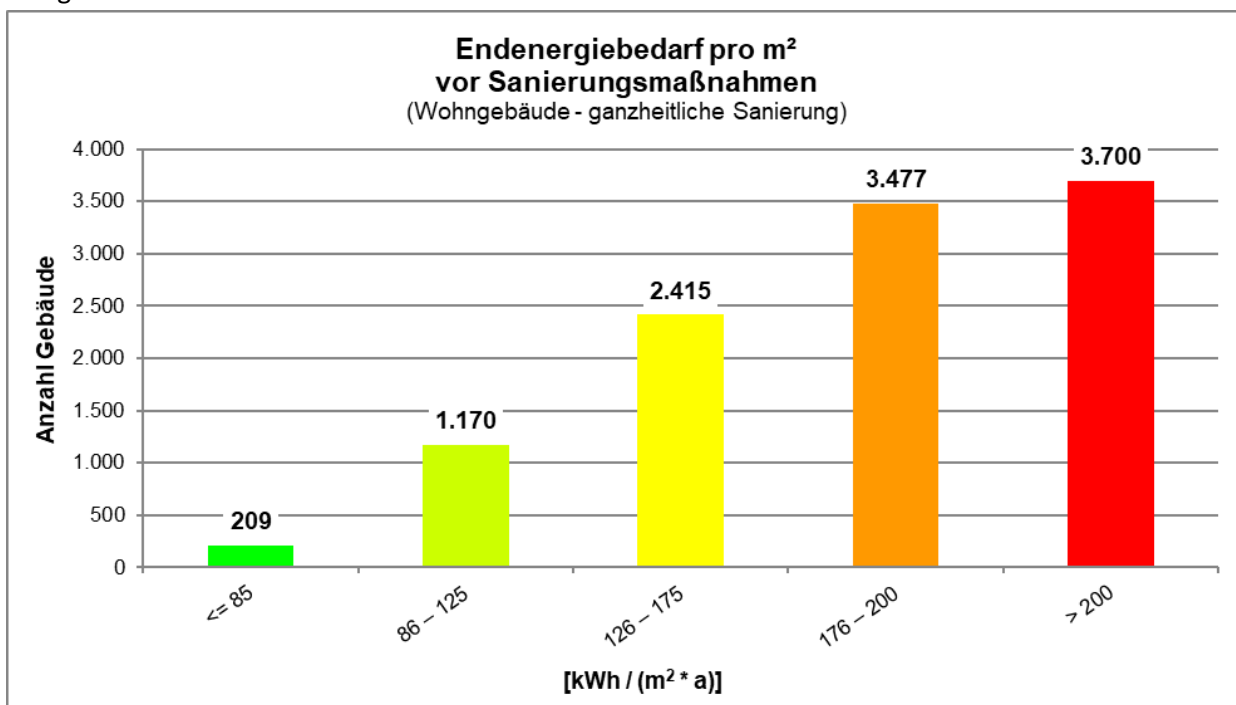
Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse untersucht die Möglichkeiten zur energetischen Sanierung, Dekarbonisierung der Wärmeversorgung und Nutzung erneuerbarer Energien. Interviews mit lokalen Akteuren aus Forstwirtschaft und Industrie wurden in die Bewertung einbezogen.

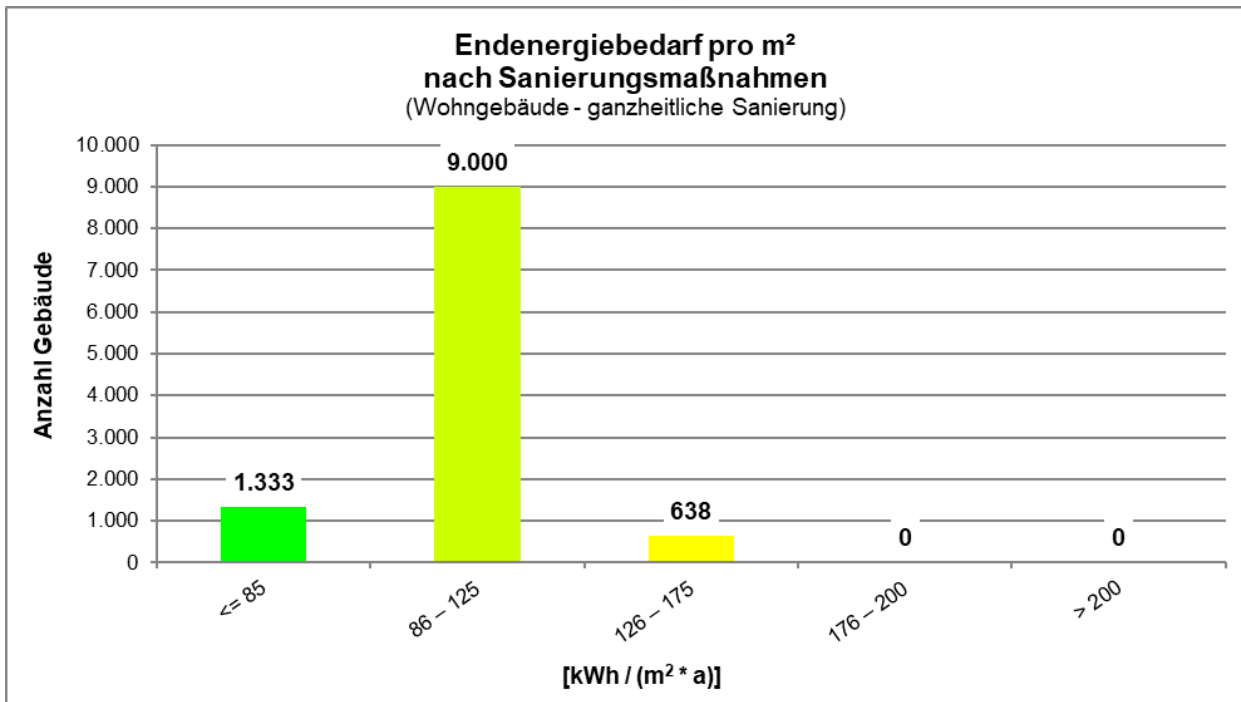
Gebäudeenergieeffizienz

Die Analyse des Endenergiebedarfs der 10.971 Wohngebäude zeigt ein sehr heterogenes Bild. Ein Drittel weist einen besonders hohen spezifischen Wärmebedarf von über 200 kWh/m²*a auf. Diese Gebäude bieten ein großes Einsparpotenzial. Daher sollten die jeweiligen Eigentümer prioritär auf energetische Sanierungen angesprochen werden. Weitere 32 % liegen im Bereich von 176–200 kWh/m²*a und stellen ebenfalls ein bedeutendes Potenzial dar. Eine gezielte Ansprache – unterstützt durch fundierte Argumentationshilfen und individuelle Beratung – kann sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile aufzeigen. Die Abbildung zeigt die Verteilung des Endenergiebedarfs vor Sanierungsmaßnahmen und macht die Dringlichkeit

deutlich.



Nach einer umfassenden energetischen Sanierung – einschließlich Dämmung, Fenstertausch und Heizungsmodernisierung – kann der Großteil der Gebäude auf einen spezifischen Energiebedarf von unter 125 kWh/m²*a gesenkt werden. Moderne Immobilien weisen Verbrauchswerte unter 85 kWh/m²*a auf und machen rund 12,2 % des gesamten Bestands aus. Diese Entwicklung ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Sie unterstreicht das große Sanierungspotenzial bei Altbauten. Die Reduktion des Energiebedarfs ermöglicht zudem eine kleinere Dimensionierung der Heiztechnik und erleichtert den Umstieg auf erneuerbare Energien.



Erneuerbare Energien und Abwärme

Biomasse: Potenzial von 3.860 MWh/a

- Biogene Energieträger: Waldholz und Altholz liefern zusammen 2.096 MWh/a

Luftwärmepumpen: Flexibel einsetzbar, jedoch mit Einschränkungen in dicht bebauten Gebieten

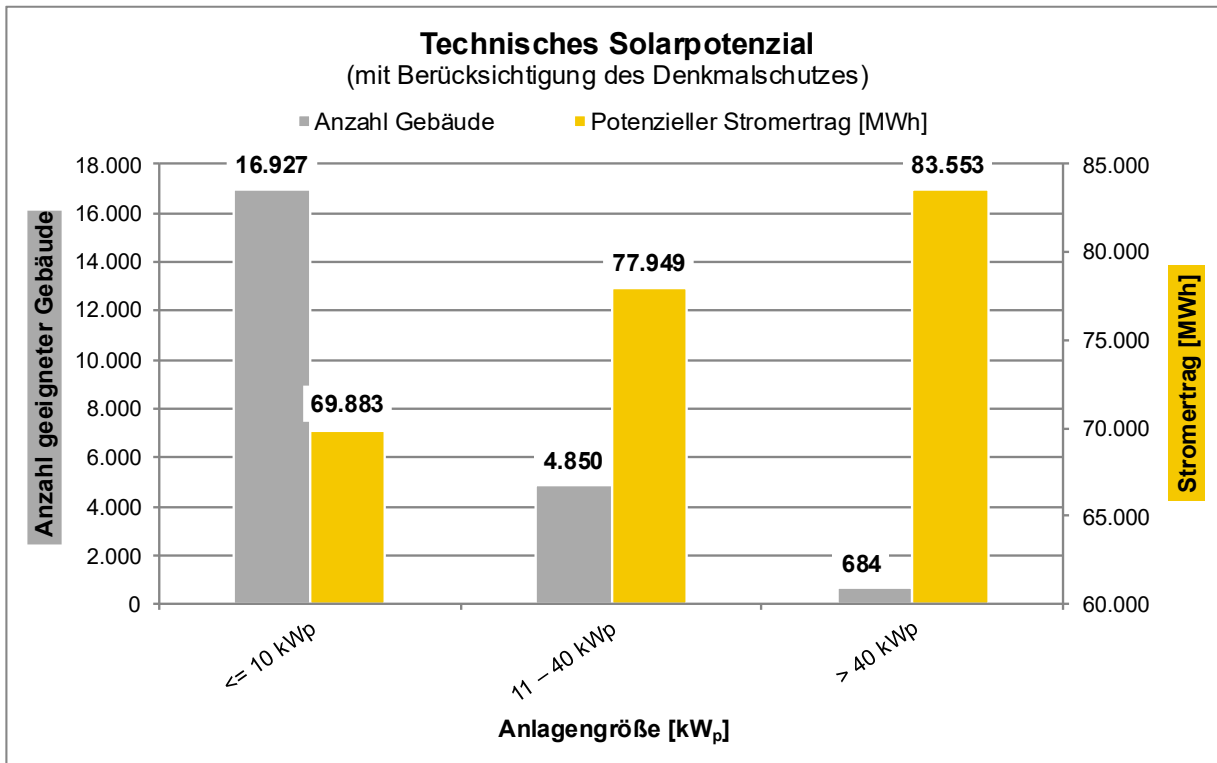
Geothermie: Oberflächennahe Nutzung bietet bis zu 243 GWh/a. Tiefengeothermie ist derzeit wenig aussichtsreich.

Wasser:

- Flusswasser: Potenzial von 21.000 MWh/a
- Abwasser: Ganzjährig nutzbar mit Potenzial von 4.700 bis 14.100 MWh/a
- Grundwasser: Potenzial von 1.500 – 2.000 MWh/a

Solar:

- PV-Dachflächen: 231 GWh/a
- PV-Freiflächen: 145 GWh/a auf 165 ha
- Solarthermie: Flächenabhängig, mit theoretisch zweifacher Ertragsdichte gegenüber PV



Abwärme aus Industrie:

Der gewerbliche Bereich (u.a. Rechenzentren) bietet 35 GWh/a. Weitere Potenziale sind standort- und prozessabhängig.

Stromnutzung

Steigende Nachfrage durch E-Mobilität und Wärmepumpen erfordert Netzverstärkung. Windenergie liefert derzeit 1,1 GWh/a.

Effizienzsteigerung

Austausch alter Elektrogeräte kann bis zu 50 % Energie einsparen. Szenarien für beschleunigten Austausch beinhalten u. a. finanzielle Anreize und Verbraucheraufklärung.

Fazit der Potenzialanalyse

Limburg verfügt über ein breites Spektrum an Potenzialen zur Nutzung erneuerbarer Wärmequellen. Besonders hervorzuheben sind Geothermie, Solarenergie und Abwasserwärme. Biomasse und industrielle Abwärme stehen hingegen nur eingeschränkt zur Verfügung. Die gezielte energetische Sanierung und Erschließung der beschriebenen Potenziale ist entscheidend für die kommunale Wärmewende.

Wärmewendestrategie

Die Wärmewendestrategie beschreibt die strategische Ausrichtung zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045. Es werden Szenarien zur Reduzierung des Energiebedarfs, zur Dekarbonisierung und zukünftigen Struktur der Wärmeversorgung im Stadtgebiet entwickelt.

Reduzierung der Energiebedarfe

Die energetische Sanierung von Gebäuden ist ein zentraler Bestandteil der Wärmewendestrategie. Eine realistische Sanierungsrate von 2 % pro Jahr wird angenommen, wodurch bis 2045 rund 45 % des Wärmebedarfs eingespart werden könnten.

Dekarbonisierung der Energieversorgung

Die Umstellung von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Quellen ist entscheidend. Der deutsche Strommix entwickelt sich gemäß den Ausbaupfaden der Bundesregierung bis 2045 klimaneutral.

Zukunftsfähige Heizsysteme

Moderne Heizsysteme wie Wärmepumpen und Nahwärme sind langfristig kostengünstiger und klimafreundlicher als fossile Heizungen.

Einteilung und Bewertung der Wärmeversorgungsgebiete

Das Stadtgebiet wurde in 31 Wärmeversorgungsgebiete unterteilt und anhand technischer und wirtschaftlicher Kriterien bewertet. Die Innenstadt wird als Wärmenetzgebiet empfohlen, die Altstadt als Prüfgebiet.

Dezentrale Wärmeversorgung

Wärmepumpen und Pelletheizungen bieten nachhaltige Alternativen zur zentralen Versorgung. Besonders in ländlichen Gebieten sind diese Systeme effizient und umweltfreundlich. Hybridlösungen mit PV-Anlagen erhöhen die Wirtschaftlichkeit.

Herausforderungen beim Wärmenetzausbau

Der Ausbau von Wärmenetzen ist finanziell herausfordernd und bedingt darüber hinaus eine koordinierte Planung mit städtischen Ämtern und Versorgern. Besonders in engen Straßenräumen sind komplexe, technische und organisatorische Anforderungen zu bewältigen.

Entwicklung der Gasversorgung

Die Bedeutung des Erdgasnetzes nimmt bis 2045 stark ab. Zukünftig wird Gas nur noch für industrielle Prozesse mit hohen Temperaturen benötigt. Wasserstoffnetze sind in Limburg aufgrund fehlender Nachfrage und Infrastruktur jedoch nicht realistisch.

Zielszenario bis 2045

Das Zielszenario zeigt eine deutliche Verschiebung hin zu Wärmepumpen und Wärmenetzen. Bis 2045 sollen 60 % der Gebäude mit Wärmepumpen und 25 % mit Wärmenetzen versorgt werden. Die CO₂-Emissionen halbieren sich durch die Umstellung alle fünf Jahre und erreichen 2045 klimaneutrale Werte.

Maßnahmenkatalog

| | Maßnahmenkatalog | |
|-----|---|---------------|
| 1. | Machbarkeitsstudie „Altstadt Limburg an der Lahn“ | kurzfristig |
| 2. | Machbarkeitsstudie „Innenstadtgebiet Limburg“ | kurzfristig |
| 3. | Machbarkeits- und Transformationsstudien „Blumenrod Verdichtung [3a, b, c, d]“ | kurzfristig |
| 4. | Machbarkeitsstudie „Energiekonzept NördKap II“ | kurzfristig |
| 5. | Erweiterung der Machbarkeitsstudie „Bischof-Blum-Straße“ | kurzfristig |
| 6. | Machbarkeitsstudie „Gebiet Holzheimer Straße“ | mittelfristig |
| 7. | Machbarkeitsstudie „Limburg Süd/ICE-Gebiet“ | mittelfristig |
| 8. | Machbarkeitsstudie „Dietkirchen Mitte“ | mittelfristig |
| 9. | Machbarkeitsstudie „Lindenholzhausen Mitte“ | mittelfristig |
| 10. | Öffentlichkeitsarbeit zur KWP: Informationsangebote und Sensibilisierung | kurzfristig |
| 11. | Zielgruppenspezifische Beratungsangebote zu den Themen Wärmeversorgung, Sanierung und Förderung | mittelfristig |
| 12. | Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung | mittelfristig |

Fazit

Die kommunale Wärmeplanung für Limburg an der Lahn zeigt, dass die Wärmewende grundsätzlich machbar, jedoch mit erheblichen Anstrengungen und ambitionierten Maßnahmen verbunden ist. Die Umsetzung erfordert eine enge Zusammenarbeit aller Akteure – von der Stadtverwaltung über Netzbetreiber bis hin zu den Gebäudeeigentümern – sowie eine breite Öffentlichkeitsarbeit zur Sensibilisierung der Bevölkerung.

Zentrale Erkenntnisse der Analyse sind die Notwendigkeit zur vollständigen Erschließung aller verfügbaren Potenziale für erneuerbare Strom- und Wärmeerzeugung. Besonders hervorzuheben sind die Potenziale der Abwasserwärme, Umgebungsluft, Solarenergie und der Geothermie. Gleichzeitig wird das bestehende Erdgasnetz zunehmend an Bedeutung verlieren und nur noch punktuell relevant sein.

Die größten Herausforderungen liegen im tiefgreifenden Umbau der städtischen Energieinfrastruktur und der wirtschaftlichen Umsetzung von Wärmenetzen. Hierbei sind insbesondere die Alt- und Innenstadt sowie die Gebiete in Blumenrod als Fokusgebiete zu betrachten. Eine schrittweise Herangehensweise mit begleitenden Machbarkeitsstudien stellt einen zielführenden Ansatz dar.

Empfohlen wird zudem eine kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit, welche die Hauseigentümer über die Bedeutung energetischer Sanierungen informiert und den Austausch mit Bürgern, Unternehmen und lokalen Stakeholdern fördert. Die Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung sollte regelmäßig, aber mindestens im vorgesehen gesetzlichen Rahmen (alle 5 Jahre) erfolgen und neue technologische Entwicklungen sowie gesetzliche Rahmenbedingungen berücksichtigen.

Insgesamt ist die Mitwirkung der gesamten Stadtgesellschaft erforderlich, um die gesetzten Klimaschutzziele zu erreichen und eine nachhaltige Zukunft für Limburg an der Lahn zu gewährleisten.

1. Einleitung

Die Eindämmung des Klimawandels ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Eine bedeutende Maßnahme zur Erreichung der Klimaschutzziele ist die Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Wärmebereich. In Deutschland fallen etwa 35 % der Treibhausgasemissionen im Wärmebereich an, weshalb ein besonderer Fokus auf diesen Sektor gelegt wird, (Eurostat, 2018). Um eine systematische Transformation im Wärmebereich zu ermöglichen, hat die Bundesregierung Städte und Gemeinden verpflichtet, eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen.

Diese Verpflichtung basiert auf dem Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze, kurz Wärmeplanungsgesetz (WPG), das am 20. Dezember 2023 verabschiedet wurde. Auf Landesebene wurde bereits im Jahr 2022 die kommunale Wärmeplanung in der Novelle des Hessischen Energiegesetzes verankert, welches eine weitere Grundlage für die Wärmeplanungen der Kommunen in Hessen darstellt. Demnach ist auch die Stadt Limburg an der Lahn verpflichtet, eine kommunale Wärmeplanung nach dem Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz – WPG) zu erstellen.

Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist es, auf Grundlage einer Analyse der Ausgangssituation im Wärmebereich und der Potenziale der erneuerbaren Wärmeerzeugung, einen Fahrplan für eine Transformation zur klimaneutralen Wärmeversorgung zu entwickeln.

Mit der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung hat die Stadtverwaltung im April 2024 das Fachbüro Tilia GmbH in Zusammenarbeit mit der Smart Geomatics Informationssysteme GmbH beauftragt.

1.1 Prozess der kommunalen Wärmeplanung

Die kommunale Wärmeplanung folgt einem strukturierten Prozess, der sich an den Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung, herausgegeben vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und dem Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) orientiert. Der Prozess gliedert sich in mehrere Arbeitspakete:

Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse bildet die Grundlage der Wärmeplanung. Hierbei wird die aktuelle Situation im Wärmebereich untersucht. Es werden Daten zur bestehenden Infrastruktur, der Siedlungsstruktur wie z. B. Gebäudealter, den derzeitigen Wärmequellen bzw. Energieträgern, den Energiebedarfen sowie den CO₂-Emissionen gesammelt und analysiert. Ziel ist es, ein umfassendes Bild der Ausgangslage zu schaffen, um darauf basierend weitere Schritte planen zu können.

Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse wird untersucht, ob lokale, erneuerbare Energiequellen vorhanden sind und welche Nutzungsmöglichkeiten – unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Aspekte – hinsichtlich Wärmeerzeugung und Effizienzsteigerung im Wärmebereich bestehen.

Wärmewendestrategie

Die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse fließen in der Wärmewendestrategie zusammen und zeigen als Zielszenario, wie die zukünftige klimaneutrale Wärmeversorgung aussehen kann. Dabei werden die technischen und wirtschaftlichen Einflussgrößen abgewogen und aufgezeigt. Daraus resultiert eine Unterteilung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete in Gebiete für dezentrale Wärmeversorgung, Wärmenetzgebiete, Wasserstoffnetzgebiet, Prüfgebiete und Prüfgebiete für grünes Methan.

Umsetzungsstrategie

Die Umsetzungsstrategie stellt einen Fahrplan für die Umsetzung des Zielszenarios dar. Sie beschreibt die notwendigen Schritte und Maßnahmen, um die klimaneutrale Wärmeversorgung zu realisieren. Die Strategie gibt eine erste Orientierung und ebnet den Weg für die Ausarbeitung neuer oder die Erweiterung bestehender Wärmenetze. Zudem lässt sie Raum für mögliche Insellösungen in einzelnen Bereichen der Kommune, die sich im Laufe der Transformation ergeben können.

Die kommunale Wärmeplanung gemäß Wärmeplanungsgesetz stellt einen wichtigen Schritt zur Bewältigung des Klimawandels dar. Durch die systematische Analyse und Planung können Städte und Gemeinden die Wärmeversorgung klimafreundlicher gestalten und einen bedeutenden Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen leisten. Sie bildet eine strategische Grundlage für die zukünftige Organisation der Wärmeerzeugung und -verteilung innerhalb der Kommune. Sie gibt eine erste Orientierung für die Wärmetransformation auf dem Gebiet der Kommune. Nach Abwägung der technischen und wirtschaftlichen Einflussgrößen werden für das Stadtgebiet verschiedene Versorgungsvarianten entwickelt. Grundlage dafür ist der aktuelle Stand der Technik sowie absehbare zukünftige Entwicklungen. Diese Varianten fließen anschließend in ein Zielszenario für eine klimaneutrale Versorgung zusammen.

1.2 Städtische Rahmenbedingungen

1.2.1 Die Stadt Limburg an der Lahn

Limburg an der Lahn liegt an der Westgrenze Hessens zwischen Taunus und Westerwald. Abbildung 1-1 zeigt die Lage an der Landesgrenze und zu den benachbarten Städten.

Die Kreisstadt Limburg an der Lahn im Landkreis Limburg-Weilburg hat eine Einwohnerzahl von 36.506 (Statistisches Bundesamt, 2023).

Die Stadt Limburg an der Lahn erstreckt sich über eine Gesamtfläche von 45,16 Quadratkilometern. Limburg an der Lahn gliedert sich in die Innenstadt (Kernstadt) und die Stadtteile Ahlbach, Offheim, Dietkirchen, Eschhofen, Lindenholzhausen, Linter und Staffel. Die Siedlungsfläche der Stadt umfasst 1.254 Hektar, 560 ha Verkehrsfläche, 2.626 ha Vegetationsfläche und 76 ha Gewässerfläche.



Abbildung 1-1: Lageplan Limburg an der Lahn

1.2.2 Das Klima in Limburg an der Lahn

Zunächst wird das Klima in Limburg analysiert, um daraus erste Ableitungen zu Heizperiode und weiteren für die Wärmeplanung relevanten Rahmenbedingungen zu erarbeiten. Limburg zeichnet sich durch ein gemäßigtes Klima aus, das dem ozeanischen Klima der Köppen-Geiger-Klassifikation entspricht (Cfb-Klassifikation „Ozeanklima“; Cfb-Klassifikation: „C“ steht für gemäßigtes Klima, „f“ für feucht – also ohne ausgeprägte Trockenzeit – und „b“ für warme, aber nicht heiße Sommer mit einer Durchschnittstemperatur des wärmsten Monats unter 22 °C.).

Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 9,9 °C und somit etwas über dem deutschen Mittel.

Wie in Abbildung 1-2 dargestellt, sind deutliche saisonale Schwankungen zu erkennen. Der wärmste Monat des Jahres ist der Juli mit einer durchschnittlichen Temperatur von 19,2°C, während der Januar mit durchschnittlich 1,5 °C der kälteste Monat ist. Die jährliche Niederschlagsmenge von 854 mm liegt leicht über dem nationalen Durchschnitt von 789 mm. Die Niederschläge sind gleichmäßig über das Jahr verteilt, wobei in der Regel keine ausgeprägte Trocken- oder Regenzeit auftritt, jedoch aufgrund des Klimawandels einzelne Hitzeperioden oder Starkregenereignisse auftreten können (Climate Data, 2024).

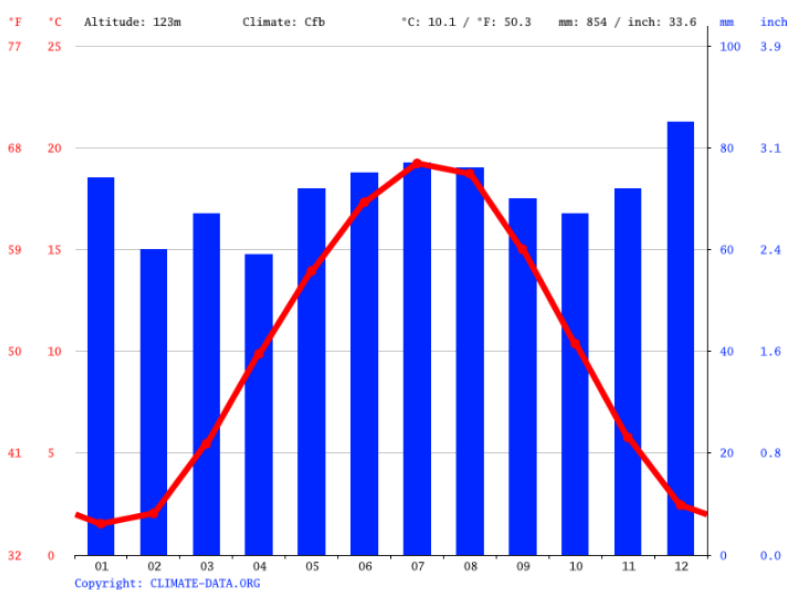


Abbildung 1-2: Klimadiagramm Limburg an der Lahn (Durchschnitt 1991-2021)

(Quelle: Climate Data, 2024)

Langzeitdaten für die Jahre 1991 bis 2021 zeigen, dass die Temperatur der sieben wärmsten Monate jeweils über dem 10 °C-Mittel liegt, während der wärmste Monat unter der 20 °C-Marke bleibt. Diese Daten bestätigen das gemäßigte Klima in Limburg, das durch milde Winter und warme Sommer gekennzeichnet ist.

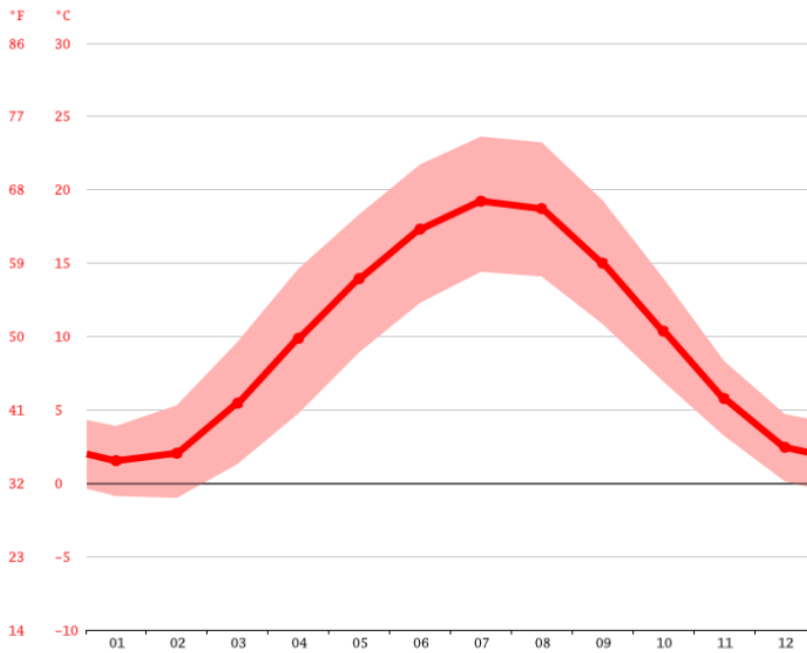


Abbildung 1-3: Durchschnittlicher Temperaturverlauf pro Monat (langjähriges Mittel 1991-2021)

(Quelle: Climate Data, 2024)

Mit 23,6 °C ist der Juli der wärmste Monat des Jahres mit seiner maximalen Temperatur. Der kälteste Monat im Jahresverlauf ist mit 1,5 °C im Mittel der niedrigsten Temperatur der Januar. Nachfolgend zeigt Tabelle 1 die unterschiedlichen Klimawerte in Limburg an der Lahn.

Tabelle 1: Klimatische Werte in Limburg an der Lahn

(Quelle: Climate Data, 2024)

| | Januar | Februar | März | April | Mai | Juni | Juli | August | September | Oktober | November | Dezember |
|----------------------|--------|---------|------|-------|------|------|------|--------|-----------|---------|----------|----------|
| Ø. Temperatur (°C) | 1.5 | 2 | 5.5 | 9.9 | 14 | 17.3 | 19.2 | 18.7 | 15 | 10.4 | 5.8 | 2.4 |
| Min. Temperatur (°C) | -0.9 | -1 | 1.3 | 4.8 | 8.9 | 12.3 | 14.4 | 14.1 | 10.9 | 6.9 | 3.2 | 0.1 |
| Max. Temperatur (°C) | 3.9 | 5.3 | 9.6 | 14.6 | 18.3 | 21.7 | 23.6 | 23.2 | 19.3 | 14 | 8.3 | 4.7 |
| Niederschlag (mm) | 74 | 60 | 67 | 59 | 72 | 75 | 77 | 76 | 70 | 67 | 72 | 85 |
| Luftfeuchtigkeit(%) | 85% | 82% | 77% | 70% | 71% | 70% | 69% | 70% | 76% | 82% | 88% | 87% |
| Regentage (Tg.) | 10 | 8 | 10 | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 | 8 | 9 | 9 | 11 |
| Sonnenstd. (Std.) | 2.5 | 3.7 | 5.3 | 8.1 | 9.0 | 9.9 | 10.1 | 9.0 | 6.5 | 4.3 | 2.7 | 2.2 |

Ab etwa unter 15 °C Außentemperatur kann davon ausgegangen werden, dass eine Beheizung von Gebäuden erforderlich ist. Daraus ergibt sich eine wahrscheinliche Heizdauer von circa 7 Monaten. Je moderner und besser die Gebäudeisolierung ist, desto später muss eine Beheizung der Gebäude erfolgen.

2. Bestandsanalyse

In der Bestandsanalyse werden alle Daten für ein Basisjahr erhoben. Für die Untersuchung in Limburg ist dies das Jahr 2023. Im Fokus der Betrachtung liegt dabei der Gebäudebestand hinsichtlich des Gebäudealters und der damit einhergehenden, wahrscheinlichen Energieeffizienz. Auch die vorliegenden Erzeugungsarten für Raumwärme werden untersucht, um für die Wärmewende in der Stadt Limburg passende Transformationspfade auszuarbeiten und die Klimaneutralität im Gebäudesektor zu erreichen. Ein weiterer Faktor ist die Energieinfrastruktur, die ebenso Weichen für einzelne Technologien stellen kann.

2.1 Sorgfalt und Datenschutz

Die Wärmeplanung wurde sorgfältig und nach bestem Wissen erstellt. Zahlen basieren auf verfügbaren Unterlagen, Daten und eigenen Recherchen. Prognosen sind hypothetische Annahmen und können sich durch wirtschaftliche, gesellschaftliche oder politische Veränderungen ändern. Gesetzliche Hinweise und Normen haben empfehlenden Charakter.

Aus Gründen des Datenschutzes wurde ein Auftragsverarbeitungsvertrag geschlossen. Daten wurden ausschließlich in geschützten Serverbereichen verarbeitet und anonymisiert, sodass keine Rückschlüsse auf Einzelpersonen oder Betriebe möglich sind.

Für die Bestandsanalyse dienten aggregierte Verbrauchsdaten der Netzbetreiber in Limburg. Nicht-leitungsgebundene Energieträger wurden auf Basis städtischer Angaben und standardisierter Wärmebedarfswerte ermittelt. Aus den Kehrbezirken lagen Daten zu Wärmeerzeugungsanlagen vor. Die Datenerhebung basiert auf dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) und dem Hessischen Energiegesetz (HEG).

Gebäudebezogene Informationen aus dem Liegenschaftskataster ermöglichten eine Wärmebedarfsanalyse für Wohngebäude im gesamten Stadtgebiet. Mittels GIS-Analyse und 3D-Gebäudemodell wurden Merkmale wie Lage, Höhe, Stockwerke, Dachform und Wohnfläche erfasst. Gebäudetypen wurden nach der TABULA-Typologie des IWU (Institut für Wohnen und Umwelt) klassifiziert und mit energetischen Kennwerten versehen. Daraus und aus Schornsteinfegerdaten wurden Verbrauchswerte für nicht-leitungsgebundene Energieträger geschätzt.

Für mit Erdgas beheizte Gebäude wurden aggregierte Verbrauchswerte verwendet, bei anderen Gebäuden der Wärmebedarf laut TABULA-Typologie. Alle Daten wurden datenschutzkonform anonymisiert und aggregiert dargestellt.

Tabelle 2: Relevante Datengrundlagen

(Quelle: eigene Darstellung)

| Datengrundlage | Relevanz |
|-------------------------------|--|
| ALKIS Daten | Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem Unter anderem die Flurstücke, Siedlungsstruktur, Gebäudegrundrisse, Gebäudenutzung auf Basis 2023 |
| Externer Dienstleister | Gebäudealter auf Basis des Jahres 2023 |

| | |
|------------------------------|--|
| Schornsteinfegerdaten | Unter anderem die Energieträger, das Alter und die Leistungen der Wärmezeugungsanlagen für Gebäude auf Baublockebene, 2023 |
| Netzbetreiber | Verbrauchsdaten z. B. für Gasnetze, Wärmenetze und Hausanschlüsse, 2023 |
| Strom Netzbetreiber | Verbrauchsdaten z. B. für Stromnetze, 2023 |
| 3D-Geländemodell | Zusätzlich Laserscan-Daten aus aktueller Befliegung |
| Kommunale Daten | Daten zu den kommunalen Liegenschaften (z. B. Gebäudealter, Energieverbräuche etc.) für das Jahr 2023 |

2.2 Einordnung und Darstellung der Gebäude in Gebäudetypen und Baualtersklassen

2.2.1 Hauptnutzungsarten der Gebiete

Auf Grundlage der Angaben aus den Daten des amtlichen Liegenschaftskatasters (Nutzungsart Einzelgebäude) und Nutzungsart der Flurstücke, lässt sich der Charakter von Gebieten klassifiziert darstellen. Somit können reine Wohngebiete von Gebieten mit Mischnutzung oder Gewerbegebieten sowie Arealen mit vorwiegend kommunalen Liegenschaften unterschieden werden. Die Gebäude werden dabei den folgenden Kategorien zugeordnet:

- Wohnen / Privathaushalte
- Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) und Industrie
- Gebiete mit hoher Dichte an öffentlichen Gebäuden
- Gebiete mit hoher Anzahl an denkmalgeschützten Gebäuden

Dies stellt neben der reinen Ermittlung der Wärmebedarfe im Vergleich zu Wärmeverbräuchen eine wichtige Vorarbeit bei zu erwartenden Sanierungsgewinnen bei den Energiebedarfen dar, die sich nur anhand von Energieverbrauchsdaten nicht ableiten lassen. Ferner hilft diese Gebietsauswertung bei der späteren Identifizierung von voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten sowie Fokusgebieten und Maßnahmen. Die Gebäudetypen im Stadtgebiet wurden hinsichtlich ihrer Nutzung analysiert. Im Stadtgebiet dominieren bei der Gebäudenutzung die Wohngebäude. Von den ca. 13.719 beheizten Gebäuden in Limburg entfallen ca. 80 % der Gebäude auf Wohngebäude. Zweitgrößerer Sektor bei der Gebäudenutzung ist der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie mit 15,8 %. Etwa 3,3 % der Gebäude werden für öffentliche Zwecke genutzt und die verbleibenden ca. 0,7 % sind sonstige Nutzungen (inkl. Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen bzw. Hotel- und Gastgewerbe). Die Aufteilung wird in Abbildung 2-1 ersichtlich.

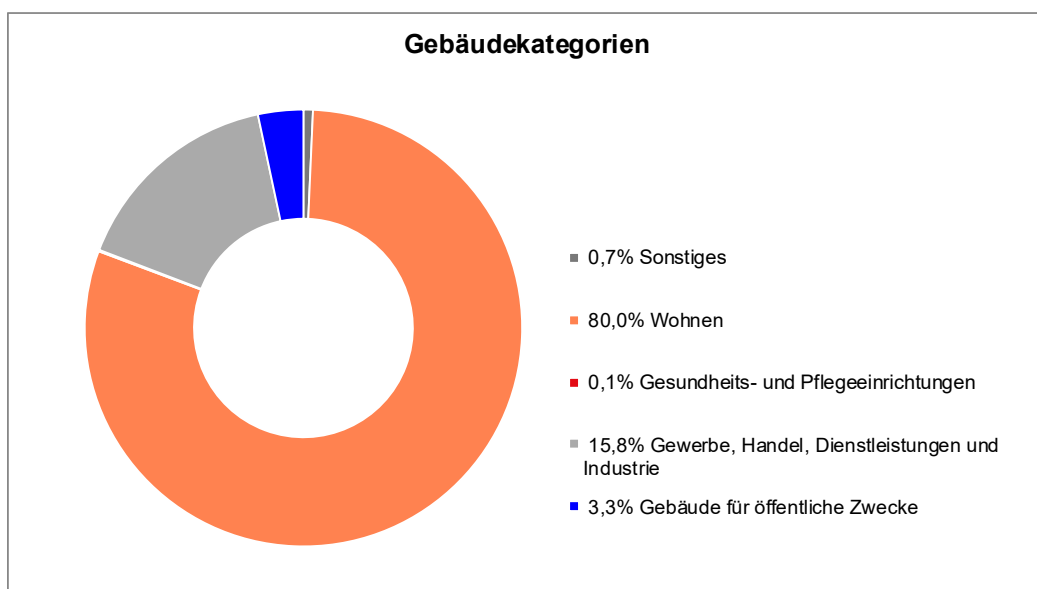


Abbildung 2-1: Verteilung der Gebäudenutzung nach Sektoren

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: ALKIS Daten)

Des Weiteren wurden die Wohngebäudetypen näher betrachtet und in Abbildung 2-2 dargestellt. Den größten Anteil haben die Ein- bis Zweifamilienhäuser mit 42,6 % gefolgt von den Doppel-/Reihenhäusern

mit 37,6 % und den Mehrfamilienhäusern mit 19,5 %. Den kleinsten Anteil machen Wohnblöcke mit einem Anteil von 0,3 % aus.

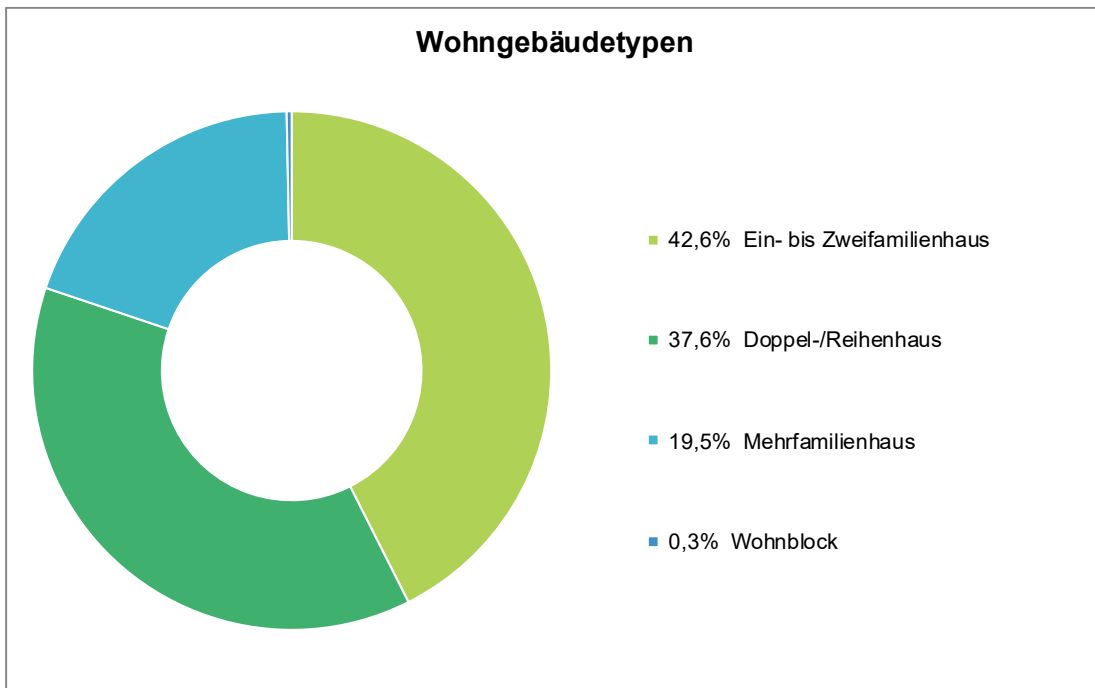
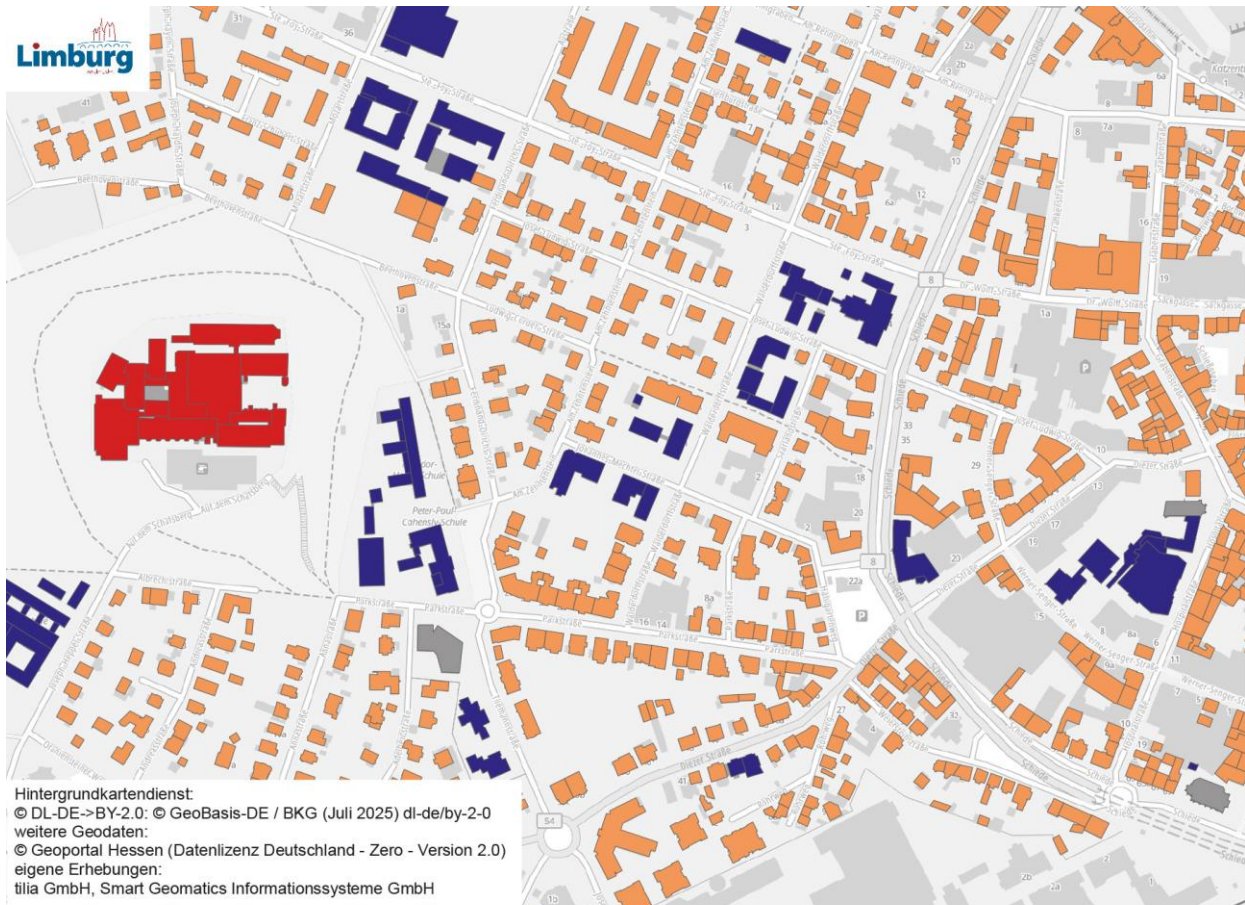


Abbildung 2-2: Wohngebäudetypen

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: ALKIS Daten)

Abbildung 2-3 zeigt die räumliche Verteilung der Gebäudenutzungen beispielhaft für einen Ausschnitt der Stadt. In diesem sind Gebäudekategorien dargestellt und vorhanden, der größte Anteil liegt jedoch in der Kategorie Wohnen. Eine Darstellung zum gesamten Stadtgebiet liegt in Anhang 2 vor.



Gebäudekategorien

- Gebäude für öffentliche Zwecke
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie
- Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen
- Wohnmischnutzung
- Wohnen
- Hotel- und Gastgewerbe
- Sonstiges
- Nicht relevant

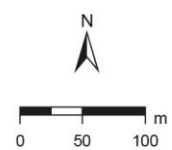


Abbildung 2-3: Verteilung der Gebäudekategorien (Detailansicht)

(Quelle Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: ALKIS Daten)

Aus Abbildung 2-4 wird ersichtlich, dass die Stadtstruktur im Kernbereich durch Doppel- und Reihenhäuser sowie Mehrfamilienhäuser geprägt ist. In den Stadtteilen und dem südlichen Stadtgebiet dominieren hingegen die Ein- und Zweifamilienhäuser.

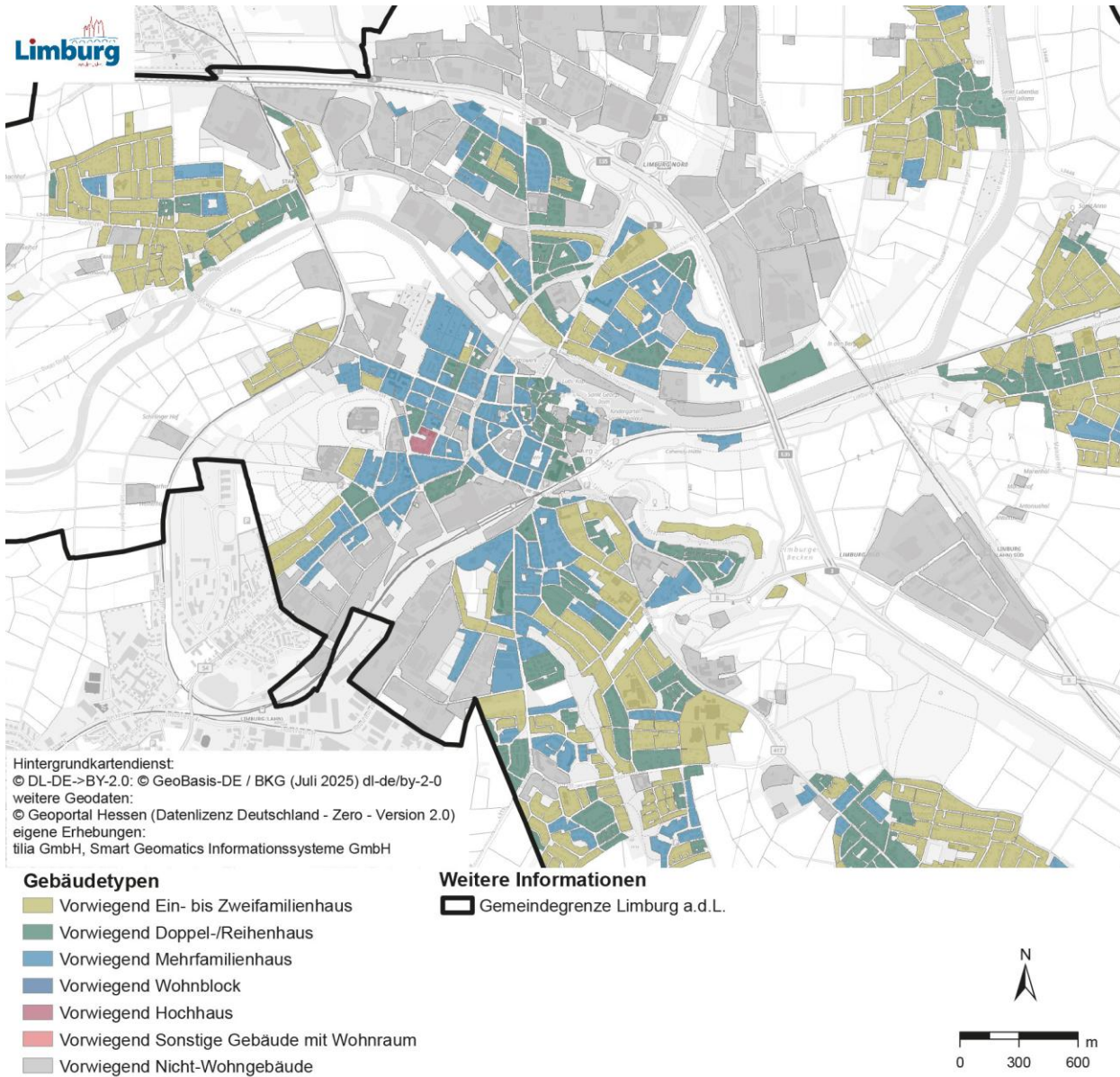


Abbildung 2-4: Räumliche Verteilung der Gebäudenutzung nach Sektoren

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: ALKIS Daten)

2.2.2 Siedlungsentwicklung

Im Rahmen der Bestandsanalyse wird die Siedlungsentwicklung nach dem Baujahr der Gebäude ermittelt. Die Klassifizierung des Baualters erfolgt zusätzlich zur reinen Darstellung der Gebäudetypen nach den Novellierungen der gesetzlichen Energieeinsparungsverordnungen bzw. der IWU-Klassen:

- A bis C bis 1948
- D von 1949 bis 1957
- E von 1958 bis 1968
- F von 1969 bis 1978
- G von 1979 bis 1983 (1.WSchVO)
- H von 1984 bis 1994 (WSchVO 84)
- I von 1995 bis 2001 (WSchVO 95)
- J von 2002 bis 2008 (EnEV 2004)
- K von 2009 bis 2014 (EnEV 2009)
- L von 2015 bis heute (EnEV 2014)

Abbildung 2-5 zeigt, dass ein sehr großer Anteil von 35,7 % der Gebäude vor 1948 errichtet worden sind, dies zeichnet sich gerade in der Altstadt von Limburg an der Lahn ab. Nach Kriegsende kamen weitere 43,3 % hinzu. Alle übrigen Gebäude wurden nach Inkrafttreten der Wärmeschutzverordnungen (WSchVO) und Energieeinsparverordnungen (EnEV) ab 1979 gebaut.

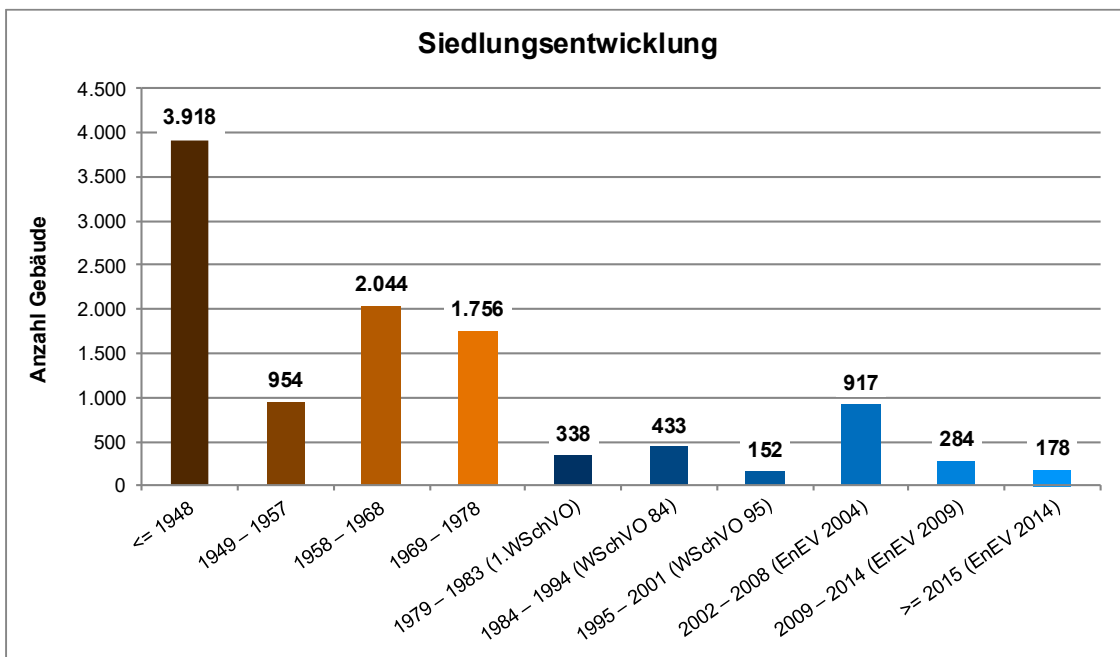


Abbildung 2-5: Verteilung der Errichtungszeiträume der Gebäude

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: ALKIS Daten)

Abbildung 2-6 zeigt eine Übersicht der Baualtersklassen in Limburg an der Lahn. Die Gebäude sind dabei in Gebäudeblöcke zusammengefasst und farblich ihrer jeweiligen Baualtersklasse zugeordnet. Die Zusammenfassung der Gebäudeblöcke erfolgt anhand der in dem jeweiligen Baublock vorwiegenden Gebäudealtersklassen. Das gesamte Stadtgebiet ist in Anhang 4 dargestellt.

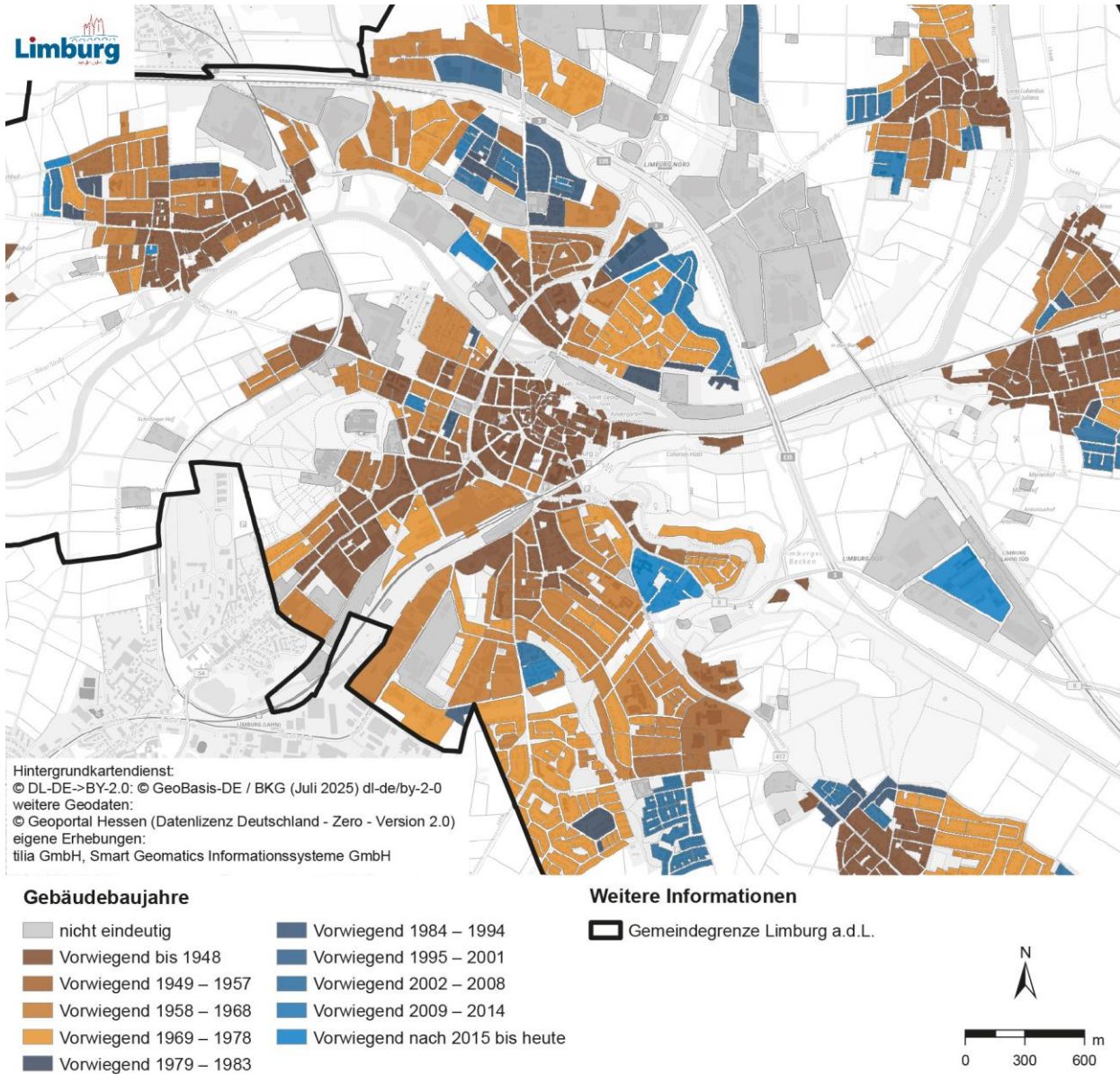


Abbildung 2-6: Kategorisierung der Baualtersklassen

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: ALKIS Daten)

2.3 Erfassung des Wärmebedarfs

Der Gesamtwärmebedarf des Stadtgebiets beträgt im Referenzjahr 2023 ca. 429 Gigawattstunden (GWh). Dabei entfällt der größte Teil des Wärmebedarfs auf den Sektor private Haushalte mit 69,9 %, gefolgt vom Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Industrie mit 29,2 %. Der Wärmebedarf der kommunalen Liegenschaften und öffentlich genutzten Gebäude liegt bei 0,9 %.

Der anteilig hohe Wärmebedarf für Gewerbe und Industrie trotz geringen Anteils der Gebäude ist auf einige industrielle Großverbraucher zurückzuführen, bei denen Wärme zur Erzeugung von Prozessenergie eingesetzt wird. Dies verzerrt den hohen Wärmebedarf pro Einwohner. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes zeigt sich dann auch eine für Städte dieser Größe recht typische Verteilung des Wärmebedarfs nach Sektoren.

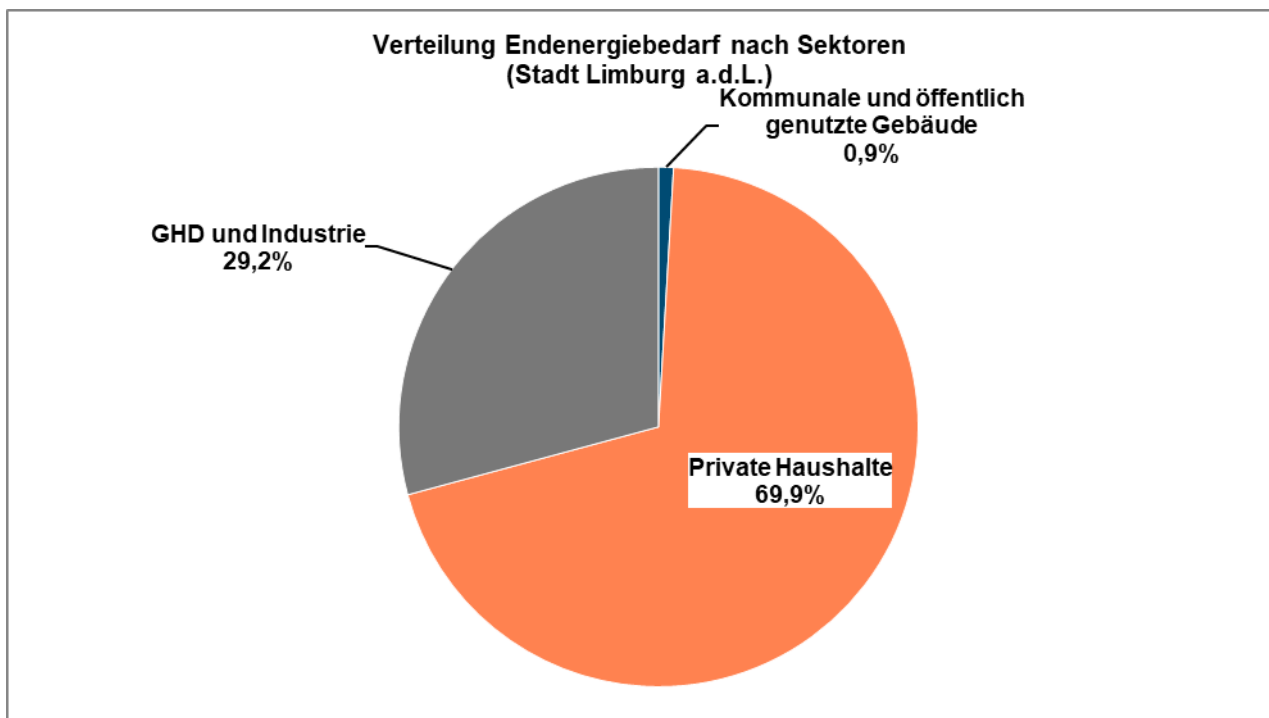


Abbildung 2-7: Verteilung Wärmebedarf nach Sektoren

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnungen)

2.3.1 Verteilung Endenergiebedarfe

Die nachfolgende Abbildung 2-8 zeigt die Verteilung der Endenergiebedarfe. Aus Datenschutzgründen werden die Endenergiebedarfe auf Baublockebene zusammengefasst dargestellt. Es zeigt sich dabei, dass sich die höchsten, absoluten Endenergiebedarfe für Wärme in den Gewerbe- und Industriegebieten und in der Stadtmitte befinden. Durch große Prozesswärmemengen in der Industrie ergeben sich schnell starke Ausprägungen in der Darstellung. Ebenfalls führen Gebäudeblöcke mit Gewerbegebäude und kommunale Liegenschaften mit überdurchschnittlichen Wärmebedarfen zu einer Ballung der Wärmebedarfe. Der geringe Anteil kommunaler Liegenschaften, wie in der vorherigen Abbildung dargestellt, verteilt sich auf wenige Gebäude. Dadurch entsteht lokal in diesen Gebäudeblöcken ein höherer Wärmebedarf im Vergleich zu reinen Wohnblöcken. Anhang 5 zeigt die Endenergiebedarfe des gesamten Stadtgebiets.

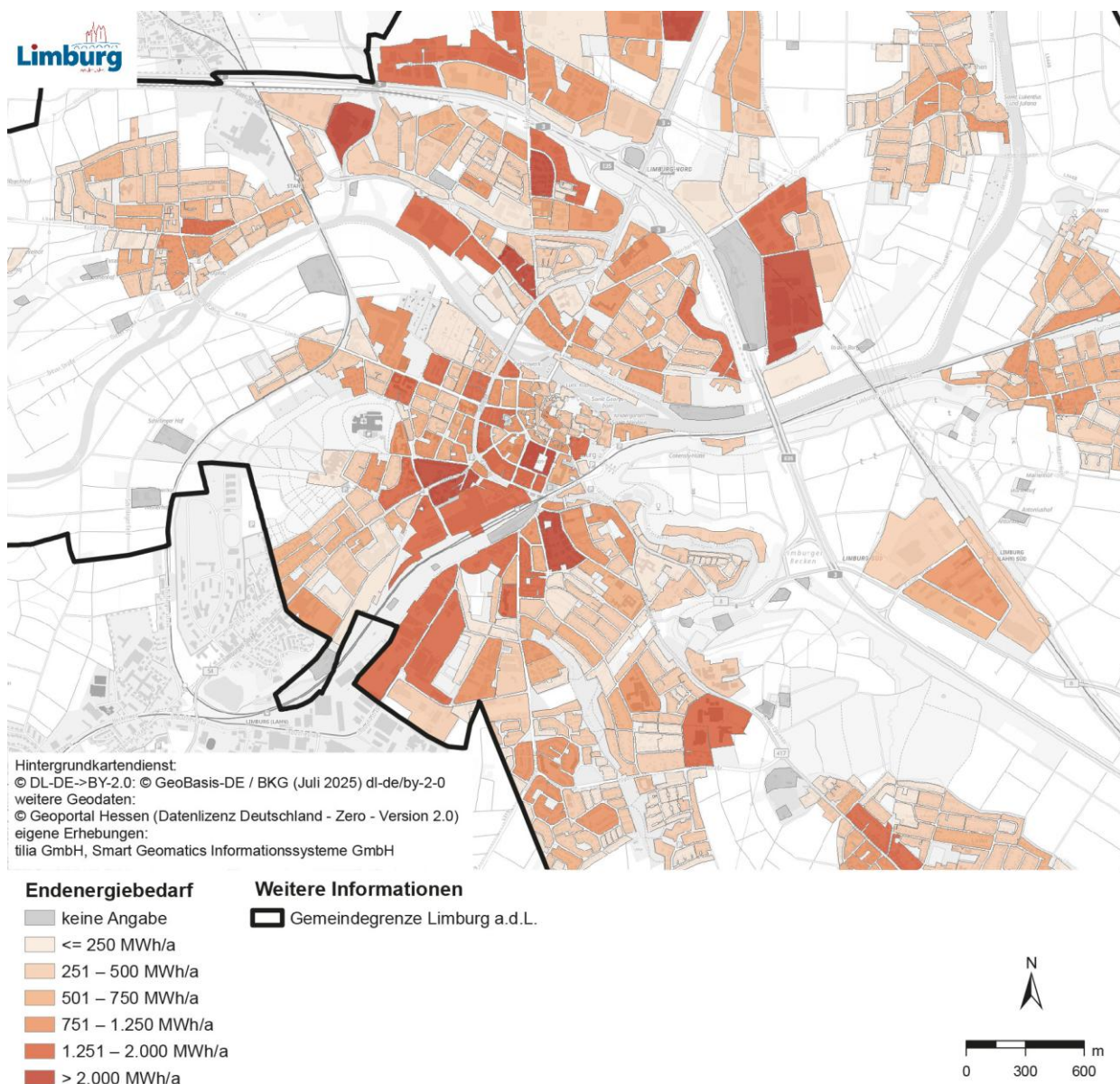


Abbildung 2-8: Endenergieverteilung Stadt Limburg an der Lahn

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnungen)

2.3.2 Verteilung der Energiebedarfe

Durch die Errichtungszeiträume der meisten Gebäude vor 1948 ist wahrscheinlich, dass viele nicht auf dem modernen Stand der aktuellen Wärmeschutzverordnungen sind und somit kaum geringe Bedarfe um bzw. unter 100 kWh/(m²*a) vorliegen. Gerade der ältere Gebäudebestand in den Kerngebieten ist in dem hohen Anteil mit über 175 kWh/(m²*a) erkennbar. Aus Abbildung 2-9 wird ersichtlich, dass ein sehr großer Anteil von 87,4 %, der Wohngebäude einen Energiebedarf von über 125 kWh/(m²*a) aufweisen. Unter Berücksichtigung dieses Sachverhalts wird ein entsprechender Sanierungspfad in der Potenzialanalyse aufgezeigt.

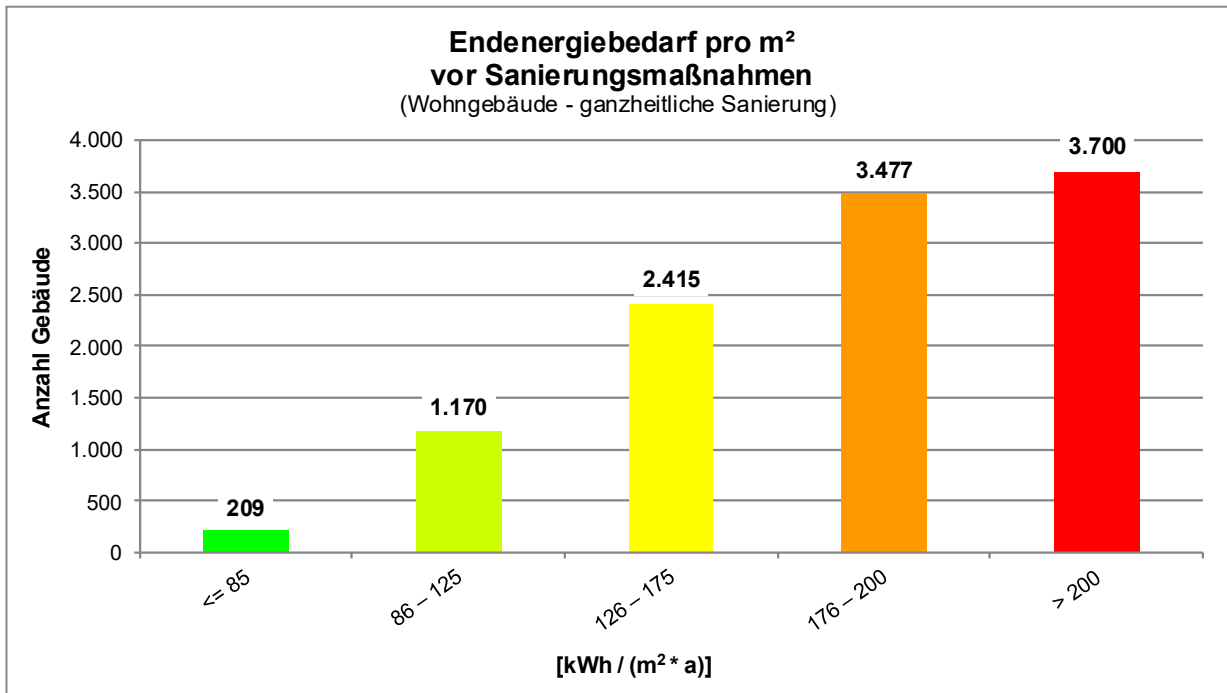


Abbildung 2-9: Verteilung der Energiebedarfe pro m² und Gebäude

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnungen)

2.3.3 Wärmedichte

Für einen Überblick der Wärmedichte wurde der absolute Endenergiebedarf aller (Wohn-)Gebäude an einem Straßenabschnitt mit der Straßenlänge in Bezug gesetzt. Das bedeutet, dass der Endenergiebedarf der Gebäude imaginär auf die Länge eines Straßenzuges umgelegt wird. Somit lassen sich Straßenzüge im energetischen Vergleich darstellen. Das Ergebnis, die Wärmelinien-dichte, wird in der nachfolgenden Abbildung 2-10 dargestellt. Die höchsten Wärmedichten sind in der Innenstadt zu erkennen. Orangefarbene und rot eingefärbte Straßenzüge weisen dabei auf potenziell ausreichende Wärmedichten für Wärmenetze hin. Auch die direkte Umgebung einer Eignungszone sollte aber nach weiteren Potenzialen für Wärmenetze untersucht werden. Das gesamte Stadtgebiet ist in Anhang 6 dargestellt.

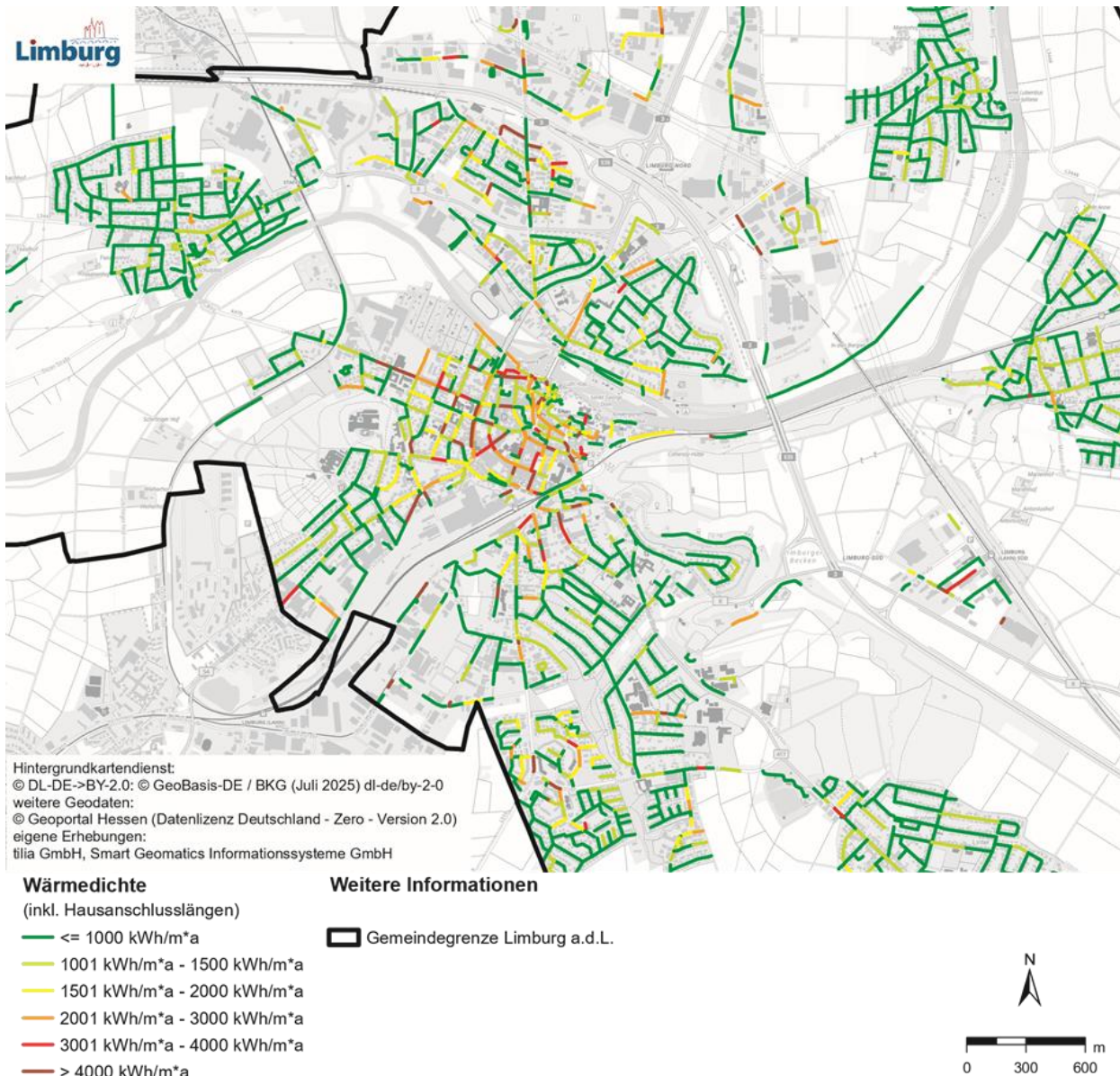


Abbildung 2-10: Wärmelinien-dichtekarte - räumliche Verteilung der Endenergiebedarfe

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnungen)

Die vorhergezeigte Darstellung der Wärmeliniedichte in der Abbildung 2-10 kann auch als Wärmedichte in MWh/ha dargestellt werden, siehe Abbildung 2-11. Anhang 7 veranschaulicht die Wärmedichte im gesamten Stadtgebiet.

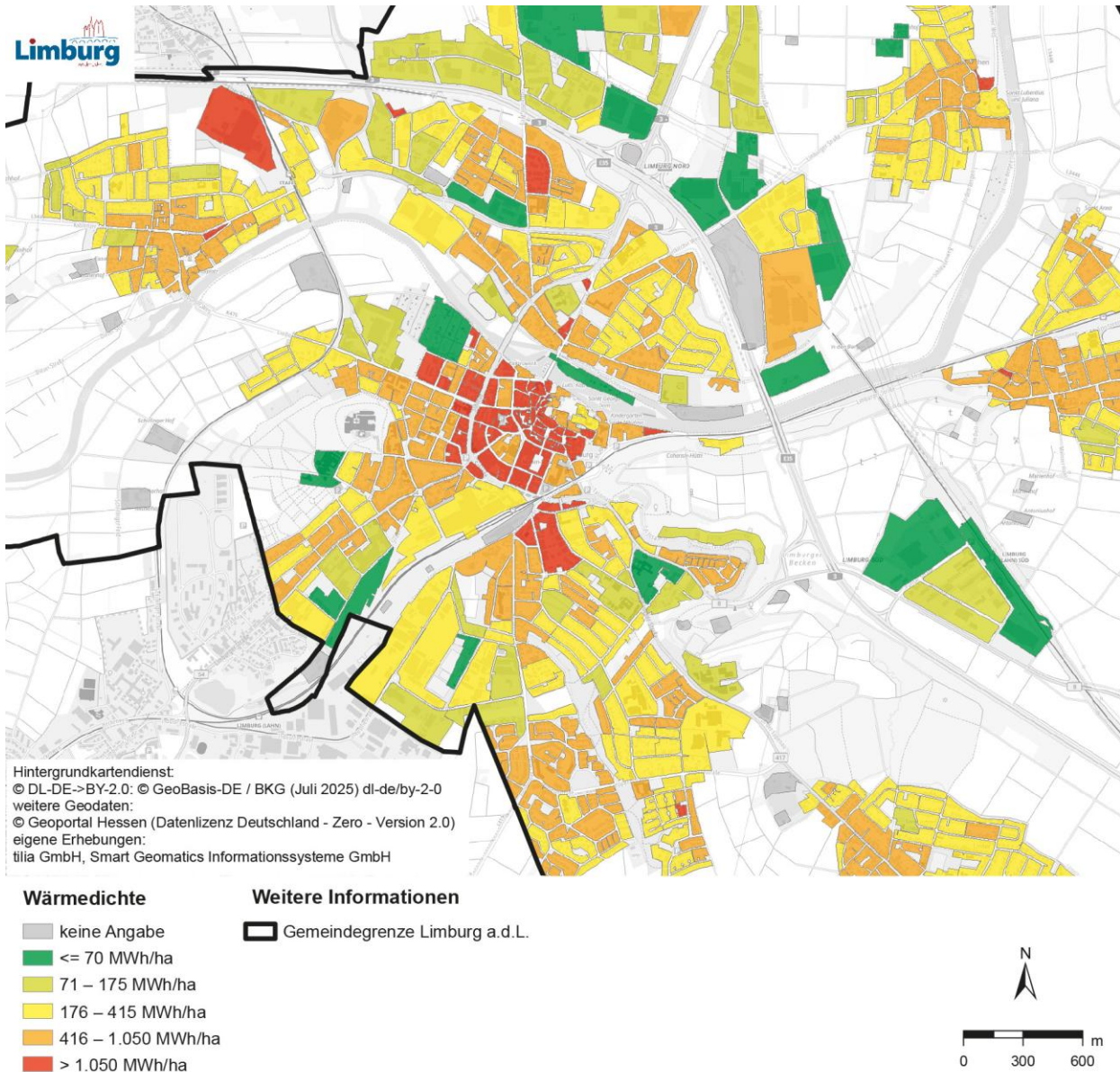


Abbildung 2-11: Wärmedichten Darstellung auf MWh/ha

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: Stadt Limburg)

2.4 Wärmeezeugung

Die Wärmeezeugung kann nach verschiedenen Parametern untersucht werden. In diesem Teilkapitel erfolgt die Beschreibung differenziert nach Energieträgern.

2.4.1 Energieträgerverteilung

In der nachfolgenden Abbildung 2-12 wird die räumliche Verteilung der vorwiegend genutzten Energieträger zur Wärmeerzeugung dargestellt. Dabei wird auch bei einer Vielzahl von genutzten Energieträgern nur der Energieträger für den Gebäudeblock dargestellt, der anteilig den größten Verbrauch aufweist. Die Darstellung zeigt die hohen Anteile Erdgas im Bereich der Wohngebäude. Vereinzelt überwiegen Ölheizungen oder Strom, die jedoch Ausnahmen darstellen. Auch sind einzelne kleine Wärmenetze sowie das etwas größere Wärmenetz Blumenrod im Süden der Stadt zu erkennen. Diese Verteilung zeigt deutlich, dass der größte Anteil der beheizten Gebäude in Limburg an der Lahn noch mit fossilen Energieträgern beheizt wird. Die Verteilung in anderen Stadtgebieten ist in Anhang 8 dargestellt.

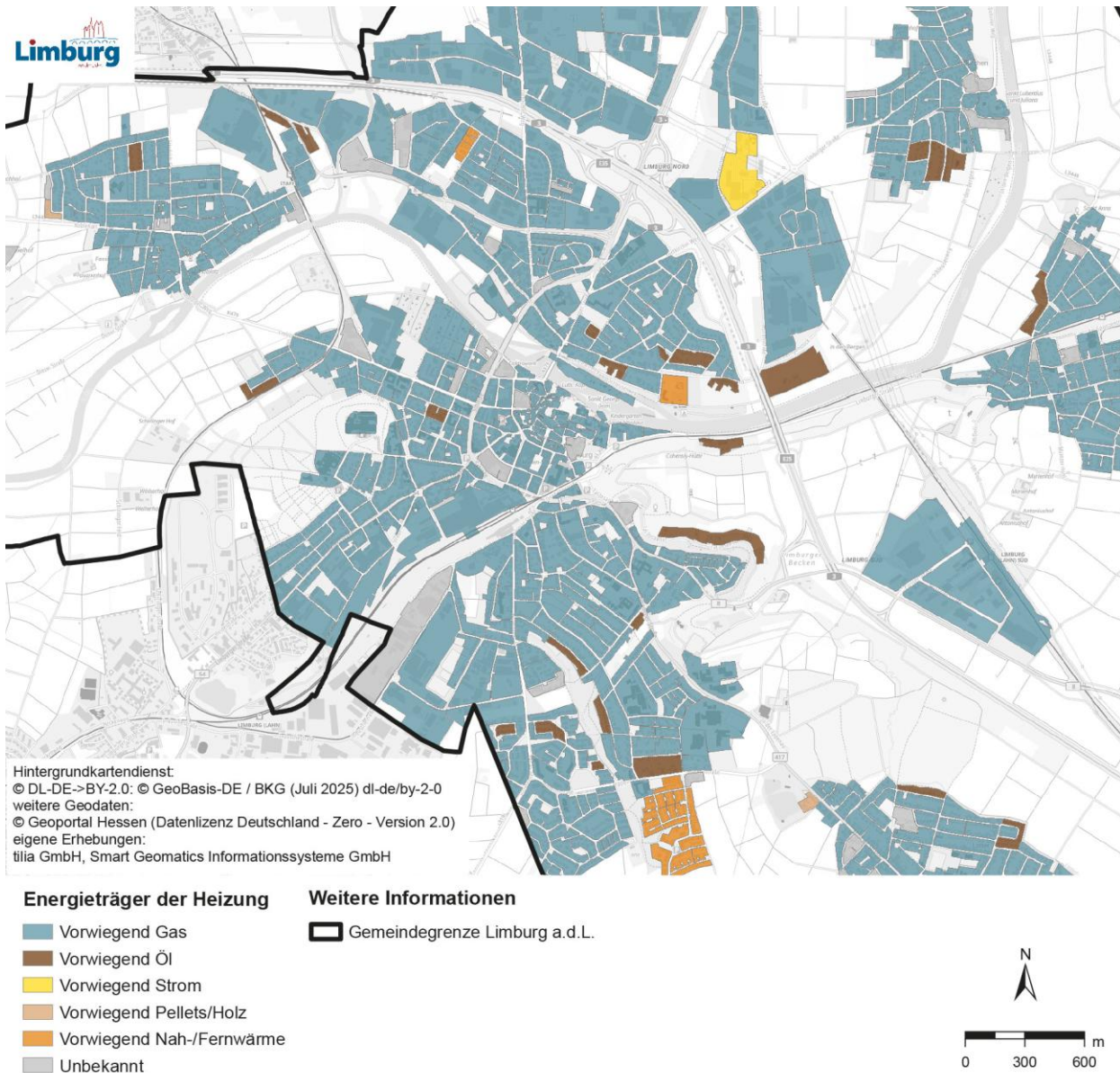


Abbildung 2-12: Räumliche Verteilung der Wärmeerzeugung nach Brennstoffen

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: Stadt Limburg)

2.4.2 Energieträgerverteilung nach Verbrauch

Die Verteilung der zur Wärmeerzeugung eingesetzten Energieträger nach Sektoren zeigt, dass der größte Verbrauchssektor mit über 80 % in Limburg an der Lahn der Wohngebäude-Sektor ist. (siehe Abbildung 2-1). Durch die älteren Gebäudestrukturen im Innenstadtbereich liegt dementsprechend der Wärmeverbrauch pro Einwohner bei knapp 12 MWh/a. Gas wird zu etwa drei Vierteln zur Beheizung der Gebäude verwendet (siehe Abbildung 2-13). Strom weist einen Anteil von 2,9 % des Energieverbrauchs auf. Die verschiedenen kleinen Wärmenetze tragen zusammen 1,3 % des gesamten Energieträgerverbrauchs für Wärme bei. Der insgesamt dominierende Gasverbrauch zeigt, dass sich die in Deutschland jahrzehntelang verfolgte Strategie der günstigen fossilen Energieträgerversorgung mit Erdgas im ganzen Stadtgebiet etablieren konnte.

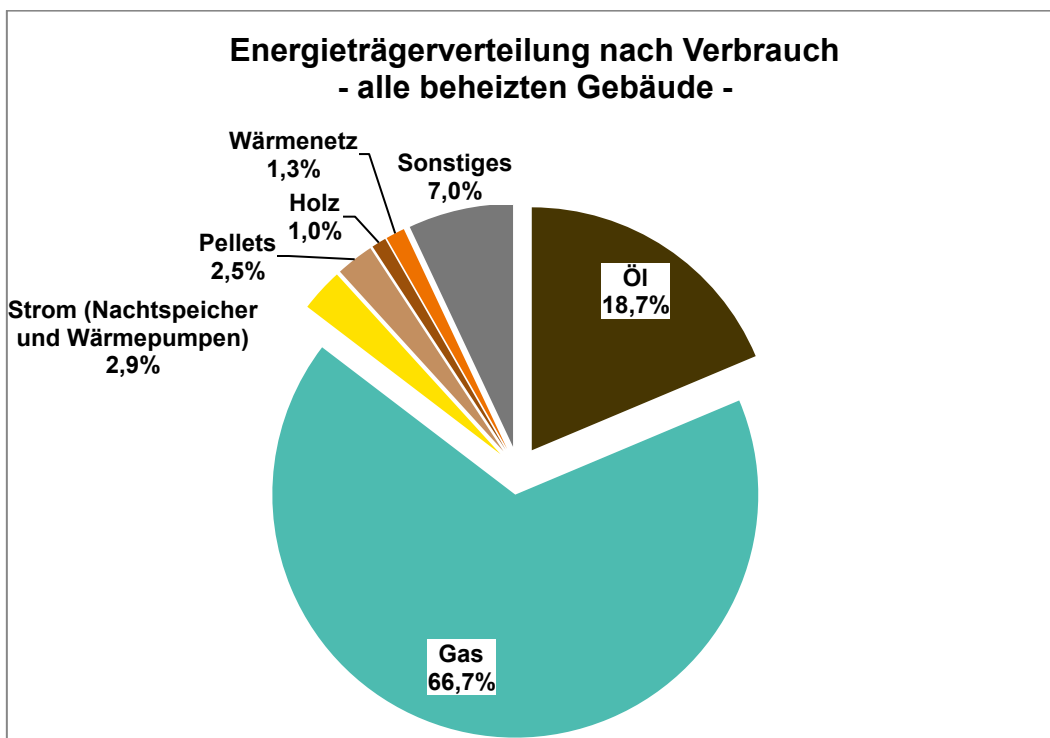


Abbildung 2-13: Energieträgerverteilung (Wärme) nach Verbrauch

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: Stadt Limburg)

2.4.3 Energieträgerverteilung nach Heizungsanlagen

Das Kreisdiagramm in Abbildung 2-14 zeigt die Verteilung der Heizungsanlagen nach Anzahl, einschließlich der Nebenheizungen. Die Daten verdeutlichen, dass die Gasheizung mit einem Anteil von 75,5 % die dominierende Heizungsart ist, was sich mit dem hohen Anteil beim Energieverbrauch deckt. Dies unterstreicht die starke Abhängigkeit der Region von Gas als primäre Energiequelle für Heizungszwecke. Die zweitgrößte Kategorie ist die Ölheizung, die 8,3 % der Heizungsanlagen ausmacht. Dies zeigt, dass Öl immer noch eine bedeutende Rolle spielt, obwohl es im Vergleich zur Gasheizung deutlich weniger verbreitet ist. Weitere Heizungsarten umfassen Nachtspeicher/Wärmepumpen mit einem Anteil von 6,2 %, gefolgt von Holzeinzelöfen mit 5,6 %. Diese beiden Kategorien zeigen, dass es auch alternative Heizmethoden gibt, die in der Region genutzt werden. Die Wärmenetze machen einen Anteil von 1,8 % der Heizungsanlagen aus, sowie die Holzzentralheizung mit 1,6 % und die Pelletheizung mit 1,1 % sind weniger verbreitet, aber dennoch wichtige Bestandteile des gesamten Heizungsportfolios.

Insgesamt zeigt das Diagramm, dass Gasheizungen den größten Anteil an den Heizungsanlagen in Limburg an der Lahn ausmachen, was auf eine starke Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen hinweist. Es ist sinnvoll, in Zukunft verstärkt auf erneuerbare Energien und effizientere Heiztechnologien zu setzen, um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und damit einhergehende Umweltbelastung zu reduzieren sowie monetäre Mittel in der Region zu halten.

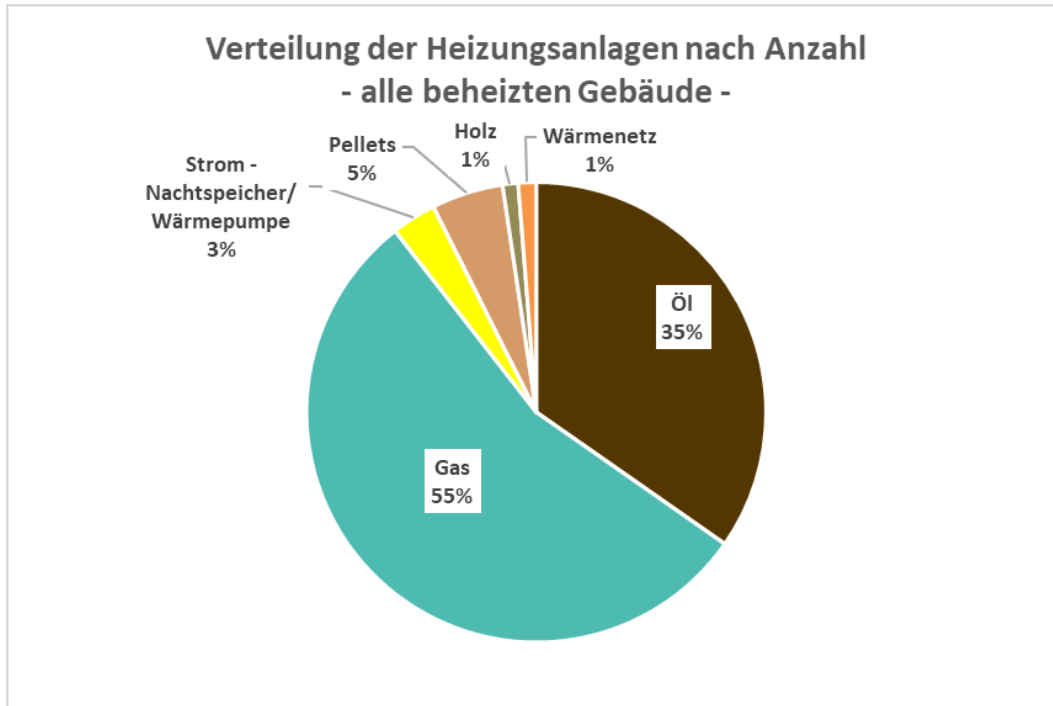


Abbildung 2-14: Verteilung der Heizungsanlagen (nach Anzahl)

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: Stadt Limburg)

2.4.4 Energieträgerverteilung CO₂-Emissionen

Das Kreisdiagramm in Abbildung 2-15 zeigt die prozentuale Verteilung der CO₂-Emissionen nach Verbrauch verschiedener Energieträger für alle beheizten Gebäude. Die Daten verdeutlichen, dass Gas mit einem Anteil von 61,3 % der größte Verursacher von CO₂-Emissionen im Gebäudesektor ist. Den zweitgrößten Anteil an den gesamten CO₂-Emissionen für die Wärmeerzeugung hat Öl mit 22,1 %. Der leicht größere Anteil bei der Emissionsverteilung ist auf die stärkere Klimawirkung von Öl im Vergleich zu Erdgas zurückzuführen. Dies zeigt, dass Öl ebenfalls eine bedeutende Rolle spielt, obwohl es im Vergleich zu Gas weniger verbreitet ist. Weitere Energieträger umfassen die Kategorie Sonstiges mit einem Anteil von 10,1 %, gefolgt von Strom (Nachtspeicher und Wärmepumpen) mit 5,1 %. Die Kategorie Sonstiges beinhaltet Gebäude, bei denen ein Wärmebedarf festgestellt wurde, jedoch kein konkreter Energieträger zugeordnet werden konnte – etwa aufgrund fehlender Angaben oder uneindeutiger Datenlage. Diese beiden Kategorien zeigen, dass es auch alternative Energiequellen gibt, die in der Region genutzt werden. Obwohl das Wärmenetz (1,2 % der CO₂-Emissionen), Pellets bzw. Holz (0,2 %) und Hackschnitzel (0,0 %) nur einen vergleichsweise geringen Anteil an den genutzten Heizsystemen ausmachen, stellen sie dennoch relevante Komponenten im Gesamtmix der Wärmeversorgung dar und tragen zur Diversifizierung der eingesetzten Energieträger bei. Insgesamt zeigt das Diagramm, dass Gas und Öl die größten Verursacher von CO₂-Emissionen im Gebäudesektor sind. Es ist sinnvoll, in Zukunft verstärkt auf erneuerbare Energien und

effizientere Heiztechnologien zu setzen. Dafür ist eine konsequente Berücksichtigung klimafreundlicher Heizungen beim Austausch von Heizungsanlagen und im Neubau notwendig.

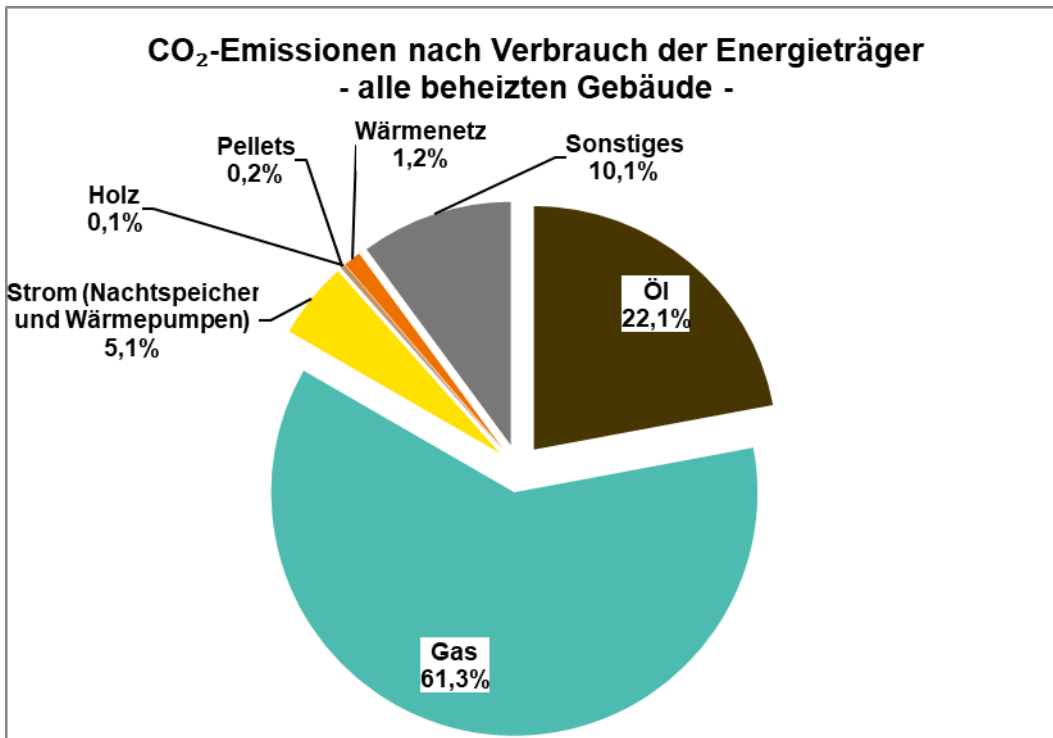


Abbildung 2-15: Energiebilanz nach Sektoren und Energieträger mit THG-Emissionen

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnung, Stadt Limburg)

2.4.5 Aggregation Energieträgerdarstellung

Im Anhang befindet sich unter „Energieträger Heizung Diagramm“ eine separate Karte, die den Anteil der Energieträger pro aggregiertem Baublock für Limburg darstellt.

Diese Karte liefert eine detaillierte Übersicht darüber, wie verschiedene Energieträger in den unterschiedlichen Baublöcken verteilt sind. In diesem Fall werden alle Energieträger hinsichtlich ihres realen Energiebedarfs dargestellt. In Anhang 9 sind die weiteren Stadtgebiete dargestellt. Die Abbildung zeigt anschaulich, welche Arten von Heizungsanlagen und Energieträgern in den jeweiligen Gebieten dominieren und ermöglicht eine differenzierte Analyse der Energieversorgung auf lokaler Ebene. Die Darstellung hilft dabei, die energetische Struktur der Stadt zu verstehen und bietet eine Grundlage für potenzielle Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Reduzierung der CO₂-Emissionen.

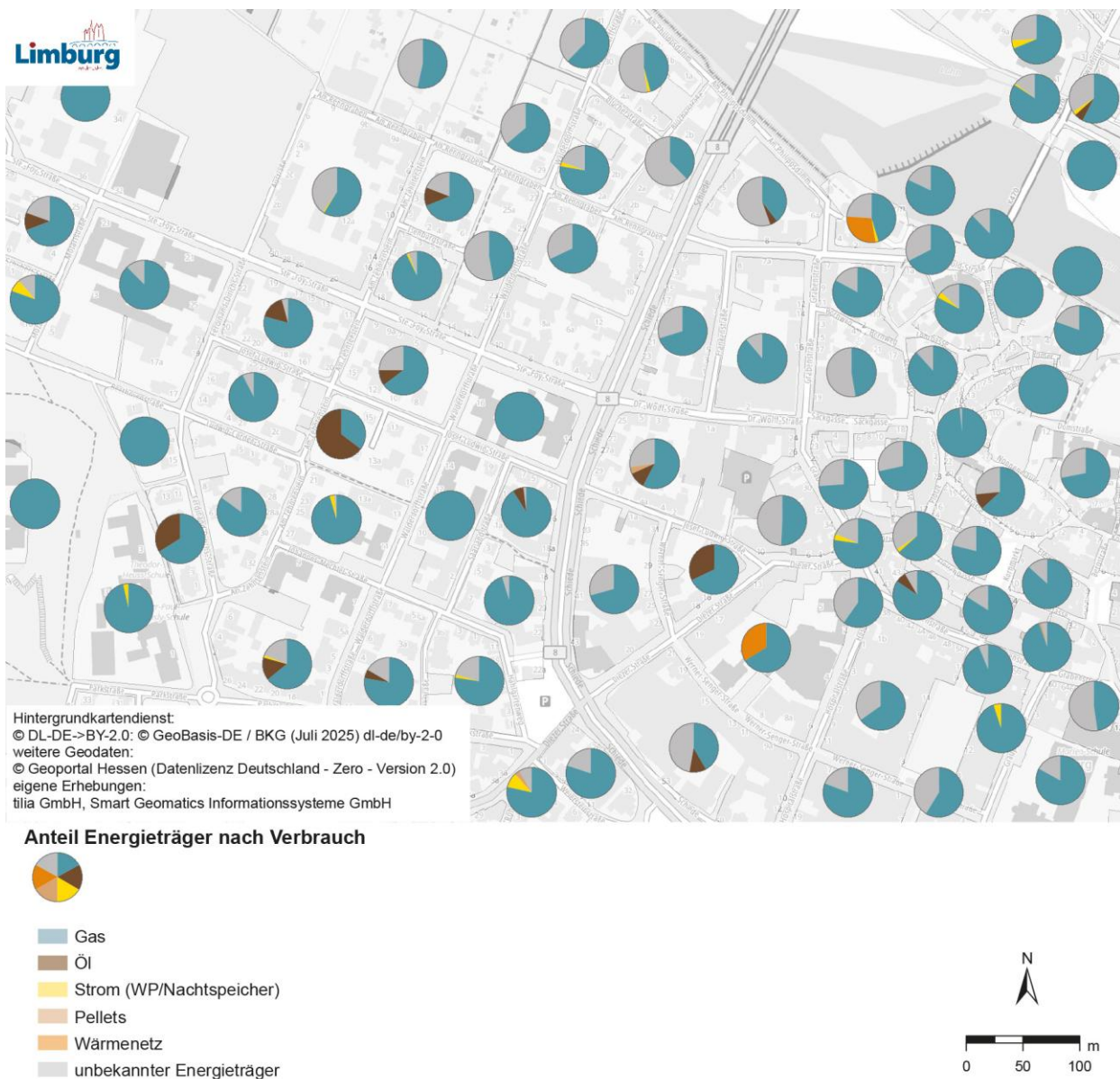


Abbildung 2-16: Beispiel für die aggregierte Energieträger Verteilung auf Baublockebene

(Quelle: Smart Geomatics / eigene Darstellung)

2.5 Energie- und CO₂-Bilanz Wärme

Um aus den ermittelten Wärmebedarfen eine Energie- und CO₂-Bilanz (Übersicht über Energiemengen und der daraus verursachten Treibhausgasemissionen) zu erstellen, werden die ermittelten Energiemengen mit den Emissionsfaktoren multipliziert. Im Bericht wird der Begriff CO₂-Emission stets als Treibhausgasemission in CO₂-Äquivalenten verwendet. Aus der Berechnung ergibt sich folgende Energie- und CO₂-Bilanz (in absoluten Zahlen):

| Sektor | CO ₂ -Emissionen (Wärme) [t/a] |
|-----------------------------|---|
| Private Haushalte | 76.597 |
| Kommunale Liegenschaften | 989 |
| GHD + Industrie + Sonstiges | 37.002 |

Tabelle 3: CO₂-Emissionen für Wärme nach Sektoren in t/a

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, eigene Berechnung)

In Abbildung 2-17 wird die sektorale Verteilung der Treibhausgasemissionen abgebildet. Die Aufteilung der Treibhausgasemissionen nach Sektoren ist in etwa analog zum Anteil des Endenergiebedarfs in den einzelnen Sektoren, lediglich eine kleine Verschiebung von privaten Haushalten zu GHD und Industrie liegt vor. 66,8 % der Emissionen entfallen auf den Sektor private Haushalte, gefolgt vom Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie mit 32,3 %, die kommunalen und öffentlich genutzten Gebäude kommen auf einen Anteil von 0,9 %.

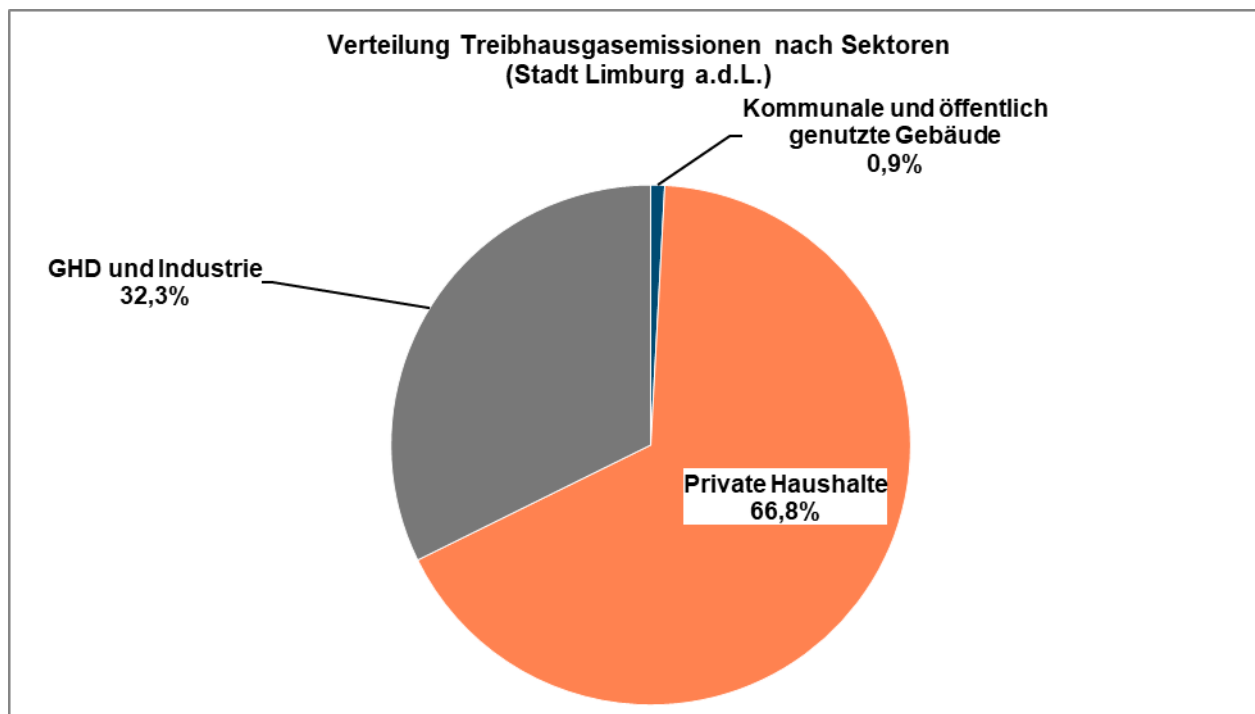


Abbildung 2-17: Verteilung CO₂-Emissionen nach Sektoren im Bereich Wärme

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, eigene Berechnung)

2.5.1 Darstellung mit Verbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften

Für die kommunalen Liegenschaften der Stadt Limburg an der Lahn wurden die Wärme- und Stromverbräuche abgefragt und entsprechend in die vorliegenden Daten integriert.

Der Stromverbrauch kommunaler Liegenschaften beläuft sich im Jahr 2023 auf ca. 305 MWh/a. Der Wärmebedarf liegt bei etwa 4 GWh.

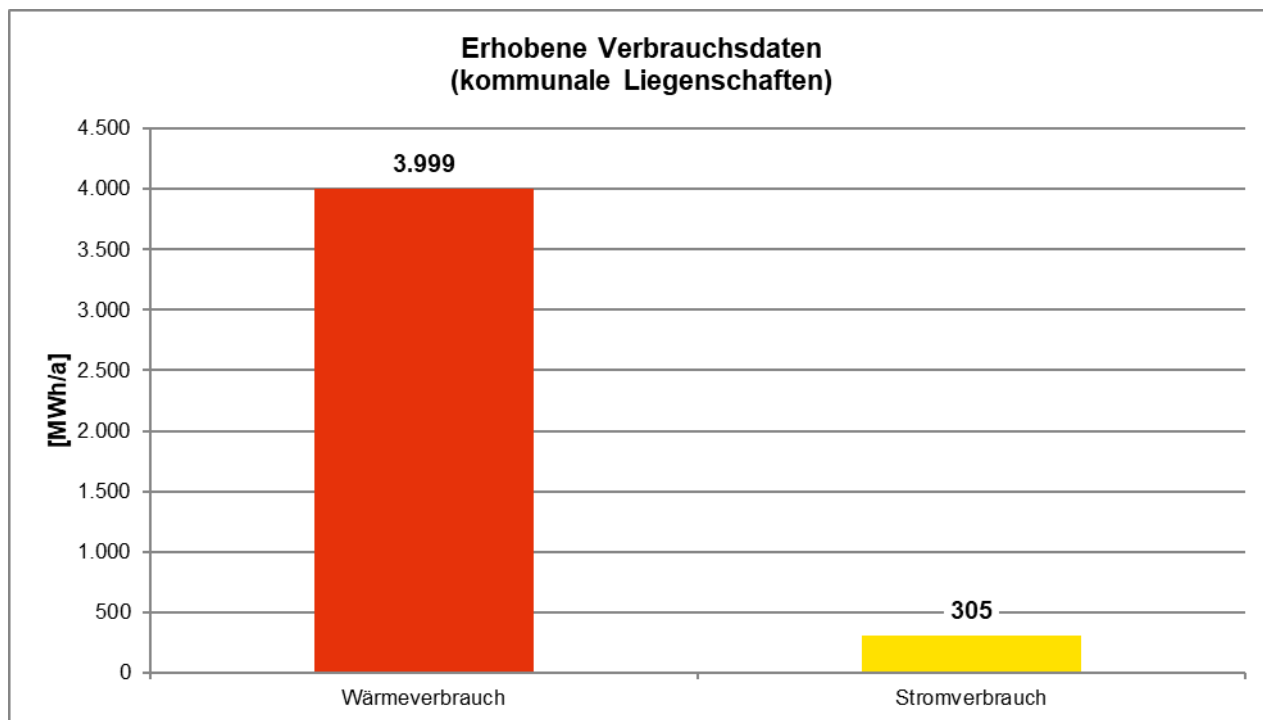


Abbildung 2-18: Wärme- und Stromverbrauch (kommunale Liegenschaften)

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: Stadt Limburg)

2.6 Vor- und Nachteile der Energieinfrastruktur

Die Gasinfrastruktur in Limburg ist sehr gut ausgebaut. In allen Bereichen der Stadt liegt ein Gasnetz. Für eine mögliche Nutzung der Infrastruktur für alternative gasförmige Energieträger wie Wasserstoff oder Biomethan müsste eine Ertüchtigung erfolgen oder auch eine Verkleinerung des Netzes, um die Versorgung zu gewährleisten. Jedoch ist der Betrieb mit alternativen Energieträgern hauptsächlich durch eine entsprechende Wirtschaftlichkeit beschränkt.

Das Stromnetz ist für den derzeitigen Betrieb ausreichend ausgebaut. Jedoch ist wie in vielen Kommunen Deutschlands die enorme Bedarfssteigerung durch den Wechsel zu Elektromobilität und der Elektrifizierung in Industrie und der Heizungstechnologie eine Herausforderung. In Teilen der Stadt wird ein Ausbau der Netzkapazitäten unausweichlich sein, um die Transformation zu ermöglichen. Der Ausbau sollte auf den Ausbau der Wärmenetze abgestimmt sein. Gerade bei Netzen, die auf Wärmepumpen gestützt sind, muss die erhöhte Leistung berücksichtigt werden.

2.7 Fazit der Bestandsanalyse

Der Bestand in Limburg zeigt einige Herausforderungen für die Wärmewende auf, allerdings auch einige erste gute Ansätze, die in Teilen der Stadt die Transformation beschleunigen können. Es sticht das hohe Gebäudealter für viele Gebäude heraus. 79 % der Gebäude wurden vor den ersten Wärmeschutz- und Effizienzverordnungen errichtet. Damit verbunden ist der hohe spezifische Wärmebedarf im Großteil der Gebäude von über $175 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ und $200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Dies erschwert die Transformation in der Regel durch hohe Vorlauftemperaturen und Wärmebedarfe. Auch ist die sehr dichte Bauweise in den historischen Bereichen des Stadtgebiets ein erschwerender Aspekt für die Transformation.

Derzeit ist die Wärmeerzeugung fossil geprägt und von Gas dominiert. Auch Ölheizungen sind noch in vielen Bereichen der Stadt vorhanden. Daraus lässt sich schließen, dass in vielen Gebäuden hohe Vorlauftemperaturen vorhanden sind, die gerade bei der Umrüstung auf Wärmepumpen nur unter Effizienzverlusten zu erreichen sind. Für Wärmenetze ist eine Erreichung eher möglich, auch wenn hier aus Effizienzgründen eine Reduzierung erstrebenswert ist. Dies unterstreicht den aus dem Gebäudebestand abgeleiteten und hohen spezifischen Wärmebedarf. Energetische Sanierungen sind für die Transformation der Wärme in Limburg eine zentrale Steuergröße für zukünftige Wärmebedarfe.

Das Gasnetz in Limburg ist gut ausgebaut und auch in den Ortsteilen vorhanden. Für eine zukünftige Nutzung von Wasserstoff ist dies eine gute Ausgangslage, auch wenn notwendige Anpassungen des Netzes erfolgen müssen, um eine Wasserstoffnutzung technisch zu ermöglichen. Das Stromnetz ist räumlich gut ausgebaut. Jedoch ist auch in Limburg die Herausforderung der Elektromobilität und Elektrifizierung im Wärmebedarf real. Ein Ausbau der Netze muss im gesamten Stadtgebiet erfolgen, um die Transformation zu ermöglichen.

3. Potenzialanalyse

Es werden die Potenziale der energetischen Sanierung, einer dekarbonisierten Wärmeversorgung des Gebäudebestands sowie der Stromversorgung unter Nutzung erneuerbarer Energien und Abwärme im Stadtgebiet ermittelt und verortet. Gerade in der Potenzialanalyse ist es wichtig mit vielen Akteuren in der Stadt zu sprechen. Daher wurden Interviews mit den wichtigsten Akteuren der Forstwirtschaft sowie der Industrie im Stadtgebiet Limburg an der Lahn geführt. Die Ergebnisse dieser Gespräche sind in die Abschätzung der einzelnen Potenziale eingeflossen.

3.1 Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz

Die Analyse des Gebäudebestandes zeigt, dass etwa 79 % der Gebäude vor dem Inkrafttreten einer staatlichen Regelung für energieeffiziente Gebäuden, errichtet wurden (s. Abbildung 2-5). Grundsätzlich bedarf es bei diesen Gebäuden einer nachträglichen Wärmedämmung. Da es keine Erfassung der energetischen Gebäudesanierungen gibt, ist es nicht möglich die bereits erfolgte Einsparung abzuschätzen. Unsanierete oder vor langer Zeit sanierte Gebäude weisen in der Regel einen höheren Wärmeenergiebedarf auf als vergleichbare Neubauten. Dies führt zu entsprechend hohen Verbrauchswerten und CO₂-Emissionen, zumal in vielen dieser Gebäude zusätzlich fossile Wärmequellen eingesetzt werden.

Um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, ergeben sich folglich drei wesentliche Handlungsfelder, welche zur Bewältigung der Wärmewende unabdingbar sind:

- Minderung des Gebäudeenergiebedarfes durch energetische Sanierungen
- Effizienzsteigerung der Beheizungsanlage durch Anlagenmodernisierungen
- Ersatz von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energien

Zur Dekarbonisierung jeglicher Prozesse wird stets in folgenden Schritten vorgegangen: Vermeiden, optimieren, substituieren. Prioritär sollte daher die energetische Gebäudesanierung verfolgt werden, da so nur Energie erzeugt werden muss, die tatsächlich benötigt wird. Es kommt auch hier auf eine Verhältnismäßigkeit zwischen Sanierungskosten und Energieeinsparung an, sodass die Wirtschaftlichkeit für die energetischen Sanierungen gegeben ist. Im zweiten Schritt sollte die Wärmeerzeugungsanlage möglichst effizient ausgelegt werden, um Energieverluste so weit wie möglich zu verringern und erst im dritten Schritt sollte der verbleibende (unvermeidbare) Bedarf aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Hierzu können auch Maßnahmen zählen, die bestehende Anlage durch geringfügige Anpassungen optimieren und so den Energiebedarf und die CO₂-Emissionen reduzieren. Dieses Vorgehen entlastet gleichzeitig bei Anlagen- bzw. Verbrauchskosten, da die Verbrauchsdimensionen kleiner sind. Der Einsatz von Gebäudemanagement-Tools hat sich hierbei bewährt, um zum einen alle Anlagen im Blick zu haben und zum anderen den Arbeitsaufwand deutlich zu reduzieren.

Das höchste Energieeinsparpotenzial im Bereich Wärme liegt demnach bei der Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden durch energetische Sanierungen. Dazu gehört sowohl die Sanierung der Heizungsanlage, in Form des Austauschs durch ein effizienteres Modell und dem Einsatz Erneuerbarer Energien, sowie die Dämmung von Außenwänden, Fenstern, Dächern und Kellerdecken.

Die Einsparungen, die bei den jeweiligen Gebäuden durch energetische Sanierungen erzielt werden können, variieren je nach Baujahr und Sanierungsstandard. Für das Stadtgebiet konnten im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung mit Hilfe der Baujahre der Wohngebäude und der Dämm-Standardwerte für Sanierungen der TABULA-Typologie (Institut für Wohnen und Umwelt, 2023) die Einsparungen durch energetische Sanierungen für alle Wohngebäude ermittelt werden.

Für die Gebäude mit anderen Nutzungsarten sind die möglichen Einsparungen durch energetische Sanierungen sehr heterogen, sodass hierzu keine verlässlichen Angaben gemacht werden können. Ein Beispiel wäre die genaue Abschätzung der Wärmemengen für Prozesse und für die tatsächliche Raumheizung bzw. für die Warmwasserbereitung, die in Wirtschaftsunternehmen nicht standardisierbar zu erfassen ist. Bei diesen Gebäuden sind Einzelfallanalysen notwendig, um die Einsparungen zu bestimmen. Da aber 80 % der Gebäude im Stadtgebiet Limburg an der Lahn Wohngebäude sind, kann mit der Analyse der Wohngebäude ein Großteil des Potenzials abgedeckt werden.

Unter der konservativen Annahme eines Ziel-Gebäudeenergiebedarfes von etwa 70-100 kWh/(m²*a) (der heute bei der überwiegenden Mehrheit der Gebäude durch Sanierungen erreicht werden kann), ließen sich bei den Wohngebäuden in Limburg an der Lahn durch energetische Sanierungen durchschnittlich ca. 45 % des Wärmebedarfs einsparen. Die exakte Höhe der Einsparung hängt sowohl vom Baujahr des Gebäudes als auch vom Nutzerverhalten ab. Im Einzelfall können noch höhere Einsparungen erzielt werden. Dies geht aber zulasten der Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Maßnahmen und wird daher möglicherweise nicht umgesetzt. Somit sind die genannten Einsparungen ein realistischer Maßstab. Für die CO₂-Reduktion ist eine Einsparung von 45 % anzunehmen.

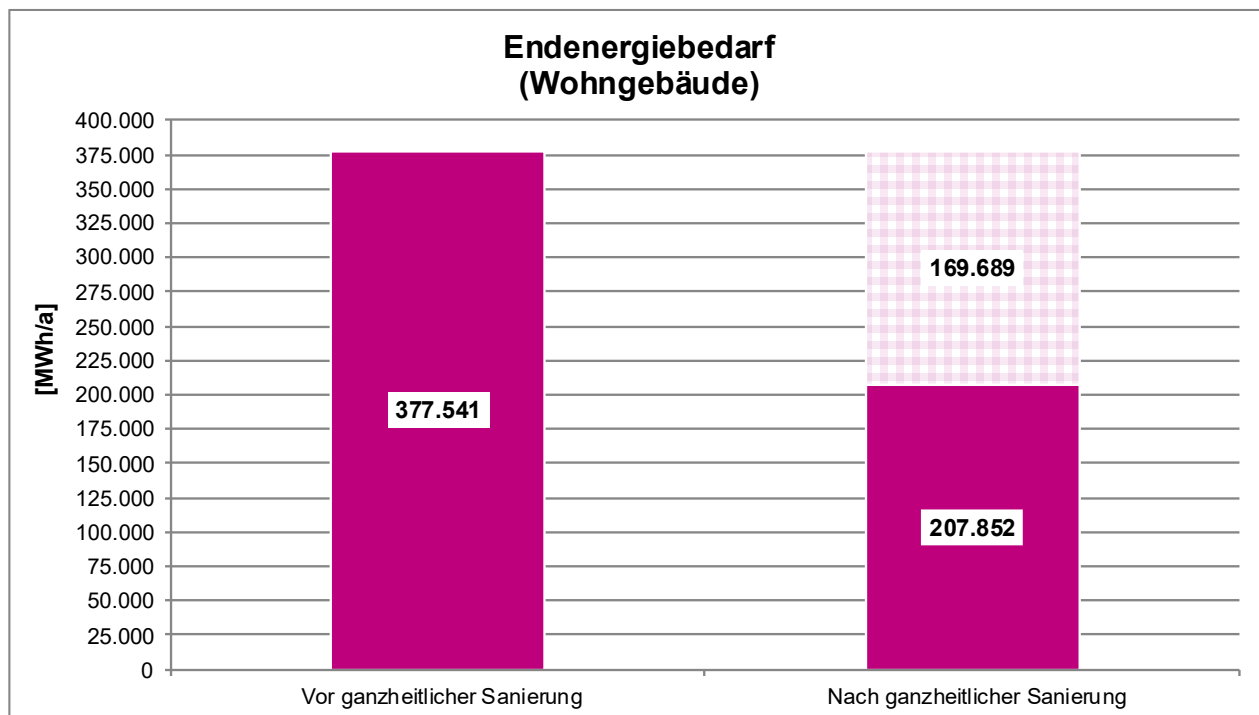


Abbildung 3-1: Energiebedarf der Wohngebäude vor und nach ganzheitlicher Sanierung

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnung)

Abbildung 3-1 sowie Abbildung 3-2 zeigen die beschriebenen Einsparungen an Endenergie in MWh/a und Treibhausgasemissionen in t/a, die bei den Wohngebäuden im Stadtgebiet durch energetische Sanierungen möglich sind.

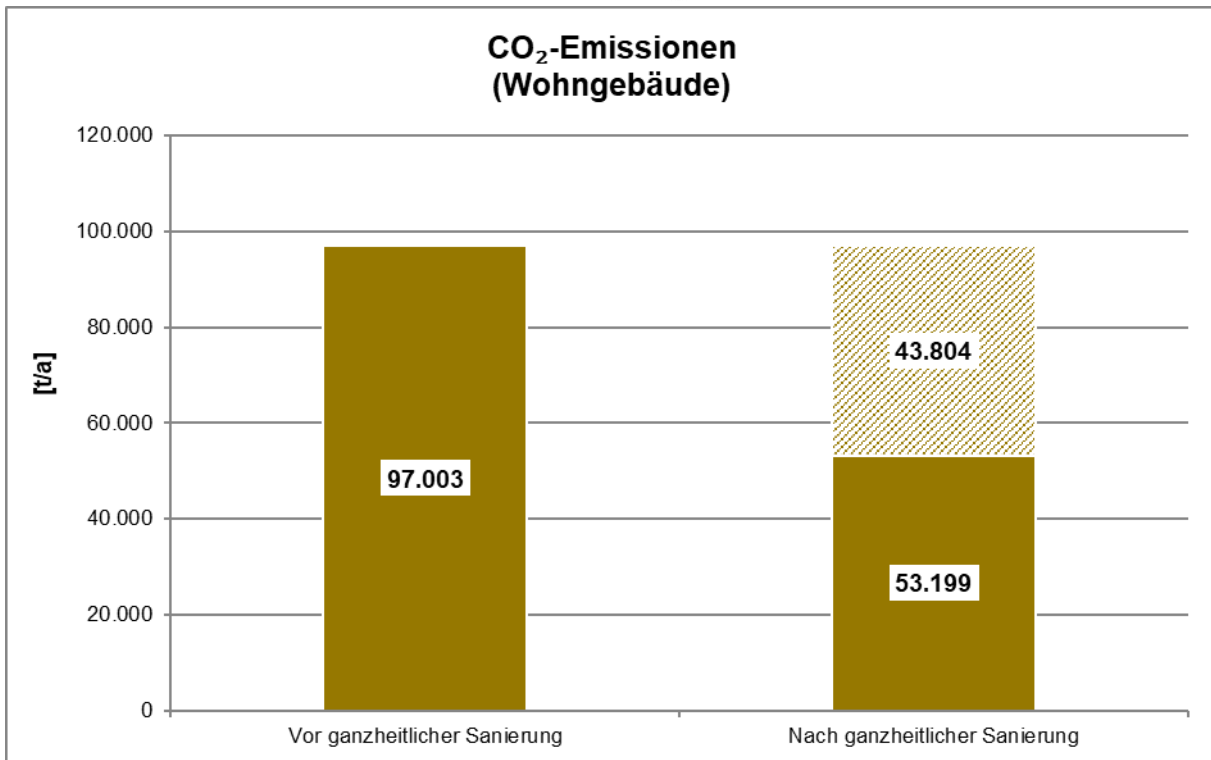


Abbildung 3-2: CO₂-Emissionen der Wohngebäude vor und nach ganzheitlicher Sanierung

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnung)

Die Sanierungsrate gibt an, welcher Anteil der Gebäude durchschnittlich in einem Jahr saniert wird. So impliziert zum Beispiel eine Sanierungsrate von 3 %, dass jährlich 3 von 100 Gebäuden saniert werden. Es bräuchte bei der Sanierungsrate dementsprechend 33 Jahre, um alle Gebäude zu sanieren. In der nachfolgenden Abbildung 3-3 sind die berechneten potenziellen Einsparungen durch energetische Sanierungen von Wohnhäusern zu sehen. Hierbei wird von einer umfassenden energetischen Sanierung von Heizungsanlage, Dach, Fenstern, Außenwand und Kellerdecke ausgegangen. Für die Berechnungen wurden Sanierungsraten von 1 % (entsprechend der aktuellen Rate in Hessen), 2 % und 5,95 % angesetzt, um die

Auswirkungen unterschiedlicher Sanierungsgeschwindigkeiten zu veranschaulichen. Bei einer Sanierungsrate von 5,95 % wären alle Wohnhäuser bis zum Jahr 2045 saniert.

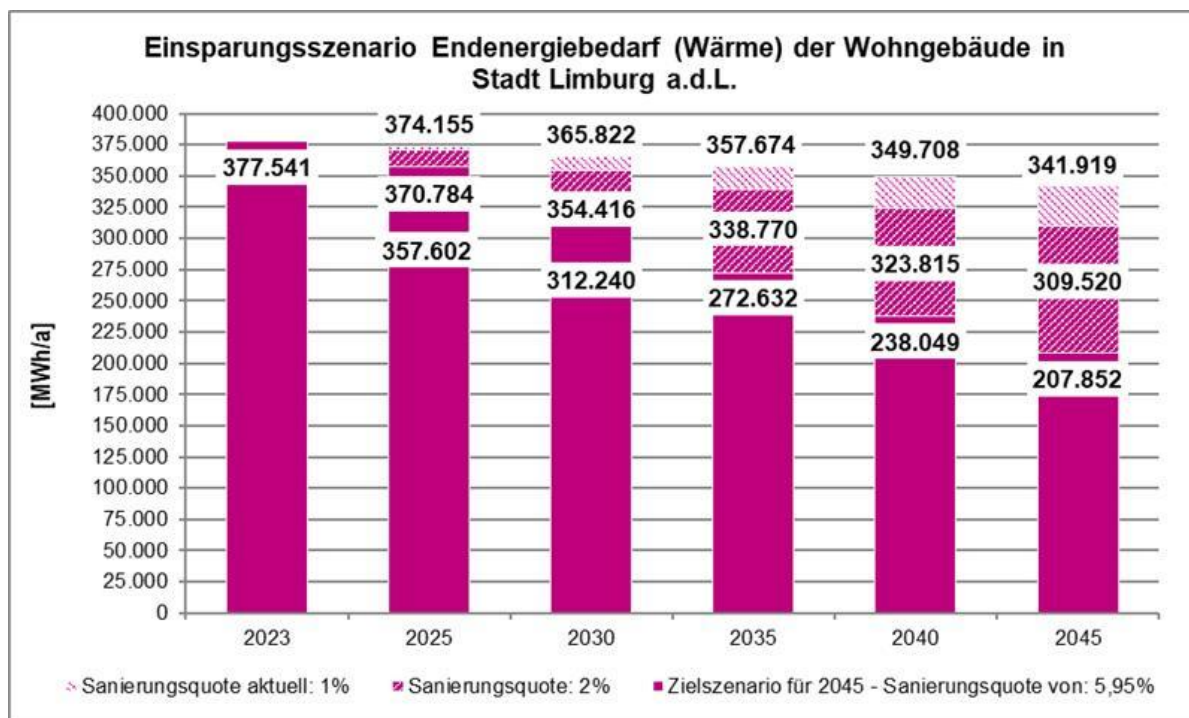


Abbildung 3-3: Effekte bei verschiedenen Sanierungsraten

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnung)

Auf Grundlage der beschriebenen Annahmen ergibt sich bis zum Jahr 2045 für die Wohngebäude bei einer Sanierungsrate von 1 % ein Einsparpotenzial von ca. 35 GWh/a (10 % des Wärmebedarfs), bei einer Sanierungsrate von 2 % ein Einsparpotenzial von ca. 68 GWh/a (19 % des Wärmebedarfs). Bei einer Komplettsanierung bis 2045 und einer daraus resultierenden Sanierungsrate von 5,95 % liegt ein Einsparpotenzial von ca. 170 GWh/a (45 % des Wärmebedarfs) vor. Hier bedarf es einer deutlichen Nachjustierung der gesetzlichen Vorgaben sowie der Förderkulisse, um stärkere Anreize für die Gebäudesanierung zu setzen, damit die erforderlichen, höheren Raten erreicht werden können.

Die Wirtschaftlichkeit der energetischen Gebäudesanierung variiert im Einzelfall sehr stark. Häufig lassen sich energetische Sanierungsmaßnahmen mit allgemeinen Sanierungsmaßnahmen verbinden und so die Kosten senken.

Aufgrund der Notwendigkeit zur Umsetzung der Wärmewende wird eine erhöhte Sanierungsrate von 2 % favorisiert.

3.1.1 Verteilung Endenergiebedarf Wohngebäude

Bei der Betrachtung der Verteilung des Gebäudebestandes auf deren Energieeffizienz zeigt sich, dass von den 10.971 Wohngebäuden in der Stadt das Energieeinsparpotenzial durch energetische Sanierungen sehr unterschiedlich ist. Gut ein Drittel des Gebäudebestandes hat wärmebedarfsseitig sehr hohe Einsparpotenziale. Sie könnten von einem flächenspezifischen Bedarf von über 200 kWh/m²*a auf etwa die Hälfte reduziert werden (siehe Abbildung 3-4). Hier sollte zuerst gezielt auf die Gebäudeeigentümer zugegangen werden. Weitere 32 % der Gebäude haben immerhin noch Wärmebedarfe von 176-200 kWh/m²*a. Auch diese Eigentümer müssten prioritär angesprochen werden – auch im Eigeninteresse, da die aktuell hohen Energiepreise hier Kosten verursachen, die mit einer Investition in energetische Sanierungen um bis zu 45 % gesenkt werden könnten. Hierzu bedarf es einer guten Argumentationsgrundlage und eines Kümmernden, der gezielt aufklärt und Bedarfsreduktionen nach Sanierung ökologisch und ökonomisch bewerten kann.

Nur durch die Veränderung der nationalen Rahmenbedingungen und einer gezielten Ansprache auch durch die Stadt lassen sich die Sanierungsraten signifikant steigern. Zusätzlich dazu muss eine Umrüstung der Wärmeerzeugungsanlage auf erneuerbare Energien erfolgen. Diese können jedoch deutlich kleiner dimensioniert werden, wenn bei den Gebäuden vorher eine energetische Sanierung erfolgt.

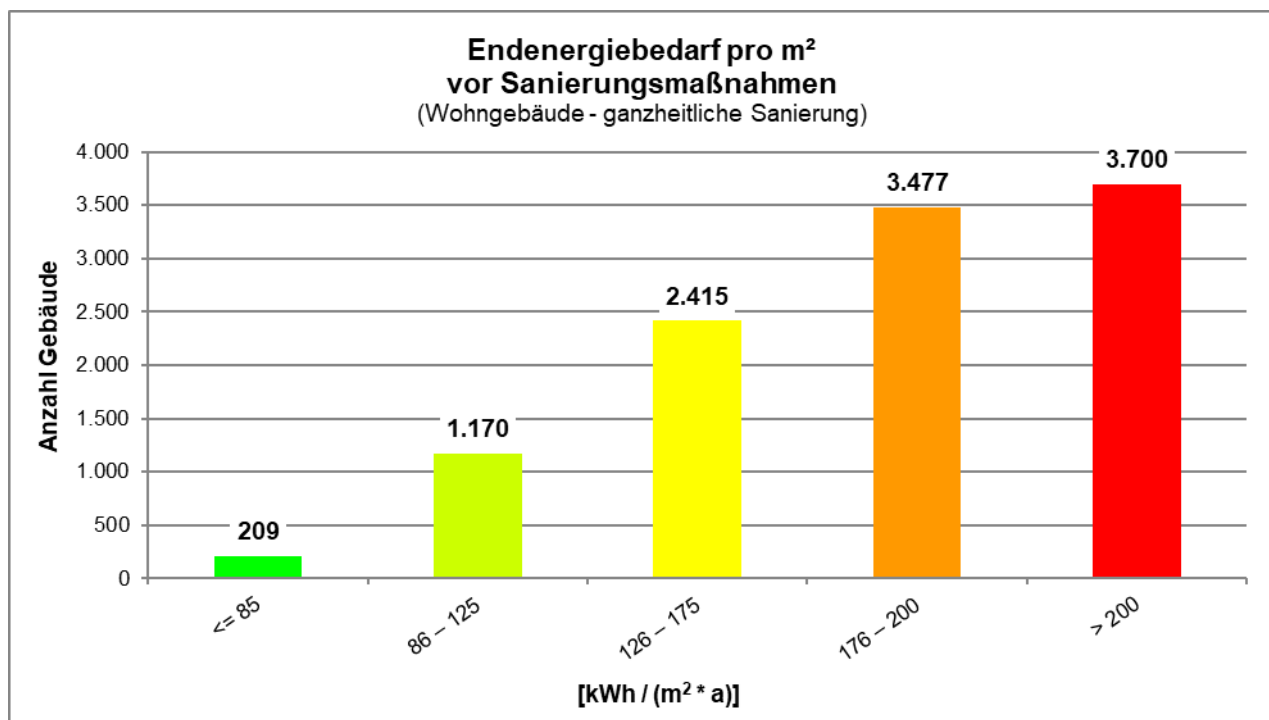


Abbildung 3-4: Verteilung Endenergiebedarf pro m² vor Sanierungsmaßnahmen

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnung)

Wie die Endenergiebedarfe der Gebäude nach Sanierungsmaßnahmen verteilt sein können, zeigt Abbildung 3-5. Es ist klar zu erkennen, dass der Großteil der Gebäude auf maximal 125 kWh/(m²*a) optimiert werden können. Modernere Gebäude können sogar auf unter 85 kWh/(m²*a) saniert werden, die einen Anteil von etwa 12,2 % der Gebäude ausmachen. Diese Veranschaulichung betont nochmal deutlich das Potenzial, das durch die Sanierung von einem Gebäudebestand, der aus Zeiten vor Wärmeschutzverordnungen bzw. der ersten Wärmeschutzverordnung stammt, möglich ist.

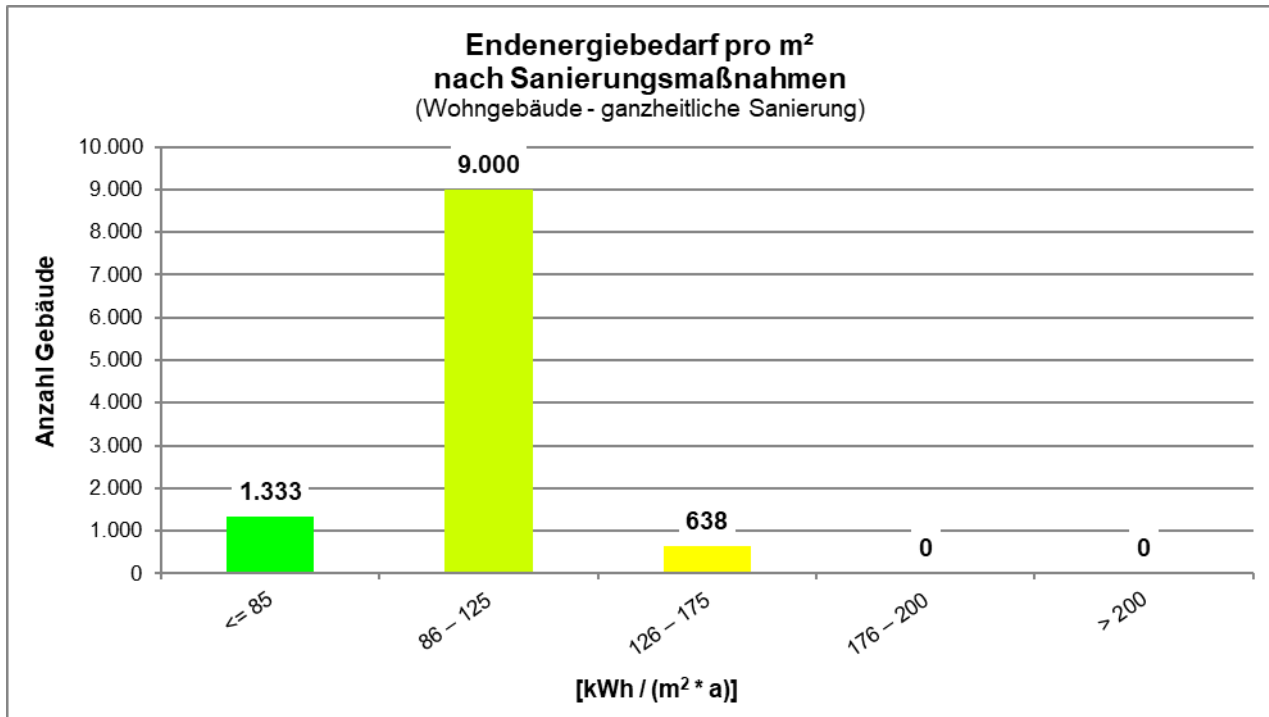


Abbildung 3-5: Endenergiebedarf Verteilung pro m² nach ganzheitlichen Sanierungsmaßnahmen

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnung)

Die nachfolgende Abbildung 3-6 zeigt die Verteilung des spezifischen Endenergieverbrauchs auf Baublockebene in kWh/m². Insbesondere die Gebiete mit höheren Sanierungsbedarfen sind deutlich zu erkennen. In Anhang 10 ist das gesamte Stadtgebiet dargestellt.

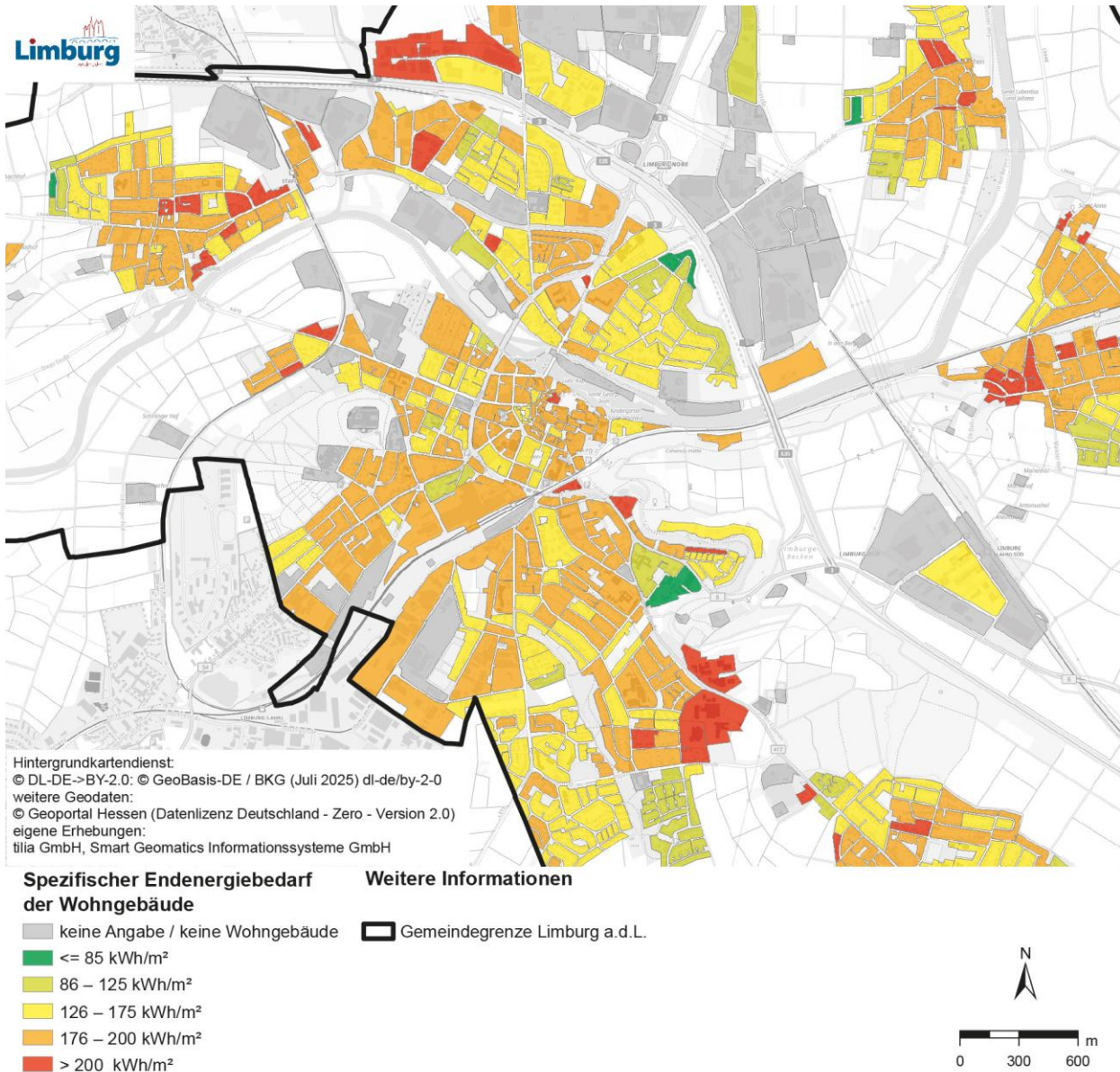


Abbildung 3-6: Spezifischer Endenergiebedarf pro Baublockebene und kWh/m²

3.2 Potenziale erneuerbarer Energien sowie Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung

Im Folgenden werden die räumlich verorteten Potenziale erneuerbarer Energien für die Wärme- und Kälteversorgung, Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung auf dem Stadtgebiet erläutert und dargestellt. Hierbei sind zudem verschiedenen Optionen zur regenerativen Deckung des künftigen Wärmebedarfs eingeordnet. Die Priorisierung der Maßnahmen wird im Maßnahmenkatalog vorgenommen.

3.2.1 Bioabfall

Nach Angaben der Abfallbilanz des Landes Hessen fallen im Stadtgebiet Limburg an der Lahn ca. 154,8 kg organische Abfälle pro Einwohner im Jahr 2021 an (Hessisches Ministerium für Umwelt, 2021).

Hochgerechnet auf das Stadtgebiet Limburg an der Lahn, mit 35.980 Einwohnern ergibt das ca. 5.570 t Bioabfall im Jahr. Um das energetische Potenzial des Bioabfalls zu berechnen, wurden als Kennzahlen zu Grunde gelegt, dass pro Tonne Bioabfall im Mittel 110 m³ Biogas gewonnen werden können (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2021) und ein Kubikmeter Biogas über einen Energiegehalt von 6,3 kWh verfügt (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., 2025). Unter der Annahme dieser Kennzahlen ergibt sich ein energetisches Potenzial von Bioabfällen von ca. 3.860 MWh im Jahr.

Problematisch bei diesem Potenzial ist stets die recht komplizierte Sammellogistik für diese jeweils sehr kleinen Mengen an verwertbarer Biomasse bzw. auch die Bindung der Substrate durch andere Verwertungsoptionen. Derzeit liegt eine Verwertung des Bioabfalls durch den Landkreis vor. Daher sollte der Fokus auf Potenzialen liegen, die einfacher zu erschließen sind.

3.2.2 Biogene Energieträger

Grundlage zur Ermittlung der Biomassepotenziale ist die Biomassepotenzialstudie (BMPS) Hessen 2010. Diese benennt Potenziale auf Landkreisebene sowie die Abfallmengenbilanz 2021 des Landes Hessen.

Zur Ermittlung der biogenen Energieträger kann die nachhaltige Waldholznutzung als Waldholzpotenziale jährlich berechnet und ermittelt werden. In Limburg an der Lahn sind ca. 243 ha Waldflächen die potenziell als nachhaltige Waldnutzung in Frage kommen. Bei einer durchschnittlichen Menge von 1,4m³ Holz pro Hektar Wald im Jahr [1,4m³/ha a] und bei einer Holzdichte von 0,6 bei einem 20 % Wassergehalt erreicht man ca. 204 t Waldholz pro Jahr in Limburg an der Lahn. Bei einem Heizwert [Hi] von 4 MWh/t entspricht dies eine Primärenergie von 816 MWh/a Waldholz im Jahr.

Zur Ermittlung von Altholz liefert die Abfallmengenbilanz, dass 8,9 kg pro Einwohner und Jahr in Limburg an der Lahn anfallen. Bei 35.980 Einwohnern wären es 320 t/a mit einem durchschnittlichen Heizwert [Hi-20%] von 4 MWh/t wäre dies eine Primärenergie von 1.280 MWh/a Altholz im Jahr.

Trotz des Energiegehalts von 2.096 MWh/a sind die Kosten zur Einsammlung, Trocknung und energetischen Nutzung auf die Wirtschaftlichkeit von den dargestellten Biomassen-Beispielen genauer zu betrachten. Sofern auch zukünftig eine konstante Verfügbarkeit mittelgroßer Mengen von Biomasse besteht, sollte die Möglichkeit zur Nutzung als ergänzende Option berücksichtigt werden. Voraussichtlich stellen fest biogene Energieträger keine umfangreiche Quelle für erneuerbare Wärme dar.

3.2.3 Luft als Quelle für Wärmepumpen

Luft als Quelle für Wärmepumpen ist eine vielversprechende und zugängliche Option zur Deckung des Heizbedarfs. Luftwärmepumpen nutzen die in der Umgebungsluft enthaltene Wärmeenergie und wandeln diese in Heizenergie um. Dazu wird der Luft Wärme entzogen und anschließend elektrische Energie in einem Verdichter genutzt, um den Wärmeertrag auf der Nutzseite deutlich zu erhöhen. Das Verhältnis von Nutzwärme zu elektrisch eingesetzter Energie wird auch als Jahresarbeitszahl bezeichnet.

Ein großer Vorteil von Luftwärmepumpen ist ihre einfache Installation und Flexibilität in unterschiedlichen Gebäudetypen. Sie benötigen keine Bohrungen oder umfangreiche bauliche Maßnahmen und eignen sich daher besonders gut für Bestandsgebäude und Nachrüstungen. Zudem sind sie ökologisch vorteilhaft, da sie erneuerbare Energiequellen nutzen und somit die CO₂-Emissionen im Vergleich zu herkömmlichen Heizsystemen deutlich reduzieren können.

Luftwärmepumpen können sowohl zur Heizung als auch zur Kühlung von Gebäuden eingesetzt werden, was sie zu einer ganzjährigen Lösung macht. Sie arbeiten leise und sind in der Regel wartungsarm, was sie zu einer wirtschaftlich attraktiven Option für private Haushalte und gewerbliche Anwendungen qualifiziert. Allerdings können sie trotz leiser Arbeitsweise für eine sehr dichte Bebauung aufgrund immissionsschutzrechtlicher Vorgaben teilweise einen zu hohen Lärmpegel aufweisen, der Grenzwerte überschreitet. Dies kann in sehr dichten Gebieten dazu führen, dass eine Nutzung nicht möglich ist. Hier kann jedoch auch der technische Fortschritt in Zukunft für noch leisere und effizientere und somit kleinere Wärmepumpen sorgen.

Trotz ihrer Vorteile gibt es auch Herausforderungen, wie die Abhängigkeit von der Außentemperatur und die Notwendigkeit von zusätzlicher Energie bei extremen Wetterbedingungen. Dennoch bieten Luftwärmepumpen ein erhebliches Potenzial zur Reduzierung des Energieverbrauchs und zur Förderung nachhaltiger Wärmeversorgung.

3.2.4 Geothermie als Quelle für Wärmepumpen

Geothermie ist die unterhalb der festen Oberfläche der Erde gespeicherte Wärmeenergie, die auch Erdwärme genannt wird. Die Geothermie wird als permanent verfügbare Energiequelle zur Strom- und Wärmeerzeugung angesehen. Es wird zwischen der oberflächennahen und der tiefen Geothermie unterschieden, die beide einen wichtigen Beitrag zum zukünftigen Energiemix leisten werden.

Möglichkeiten zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie:

- Erdwärmesonden
- Erdwärmekollektoren

Während in der oberflächennahen Geothermie Erdwärmekollektoren stets in den obersten frostsicheren Bodenschichten (Tiefe 2m - 5m) eingebaut werden, können für Erdwärmesonden Bohrungen bis zu 400 m (technisch sinnvoll bis 250 m) ausgeführt werden. Bohrtiefen bis 100 m sind üblich und erfordern keine aufwendigen Genehmigungen. Ab einer Bohrtiefe von über 100 m ist die Anforderung des Bergrechts notwendig. Somit steht für eine einfachere und auch günstigere Nutzung geothermischer Potenziale zunächst die Wärme bis 100 m Tiefe im Fokus.

Im Fall der oberflächennahen Geothermie mit Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren wird immer ein Wärmeträgermedium benutzt, um die Energie aus dem Erdreich zu entziehen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die thermische Energie des Grundwassers aus dem Erdreich genutzt wird, um

zum Beispiel ein Kältemittel in einer Grundwasser-Wärmepumpe zu erhitzen. Dieses Thema wird im folgenden Kapitel weiter beschrieben.

Die Tiefengeothermie wird im Kapitel 3.2.4.3 dargestellt. Darunter fallen geothermische Bohrungen, die bis zu mehreren tausend Metern tief sein können und im Optimalfall über 100 °C heißes mineralisches Tiefengrundwasser zu Tage fördern.

3.2.4.1 Oberflächennahe Geothermie Erdwärmesonden

Die oberflächennahe Geothermie ist grundsätzlich ein geeignetes Potenzial zur Gewinnung von Raumwärme im Zusammenspiel mit einer Wärmepumpe. Alle hier getroffenen Annahmen sind grobe Mittelwerte, die ausschließlich der Berechnung möglicher CO₂-Einsparpotenziale dienen. Diese Berechnung geht in das Szenario der Kommunalen Wärmeplanung ein. Alle weiteren Details können interessierte Bürger für ihre Grundstücke direkt aus dem Standortcheck dem GeoPortal des Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Energie entnehmen:

<https://www.hlnug.de/themen/geologie/erdwaerme-geothermie>

Die nachfolgende Abbildung 3-7 bezieht sich auf die Bohrtiefe von 100 m. Im Stadtgebiet Limburg zeigt sich im südlicheren Bereich unterhalb der Innenstadt eine hydrogeologisch günstige Eignung für Geothermie in großen Teilen. Durch die Standortbeurteilung Erdwärme wird ein Gebiet als günstig oder sensibel (früher ungünstig) eingestuft. Diese Einstufung bezieht sich auf den Schutz des Grundwassers. Erdsondenbohrungen sind in wasserwirtschaftlich ungünstigen Gebieten aufgrund der geringen Bohrtiefe meist nicht ertragreich und daher wirtschaftlich nicht sinnvoll. In Flächen, in denen Bohrungen unzulässig sind, werden sie gar nicht erst genehmigt.

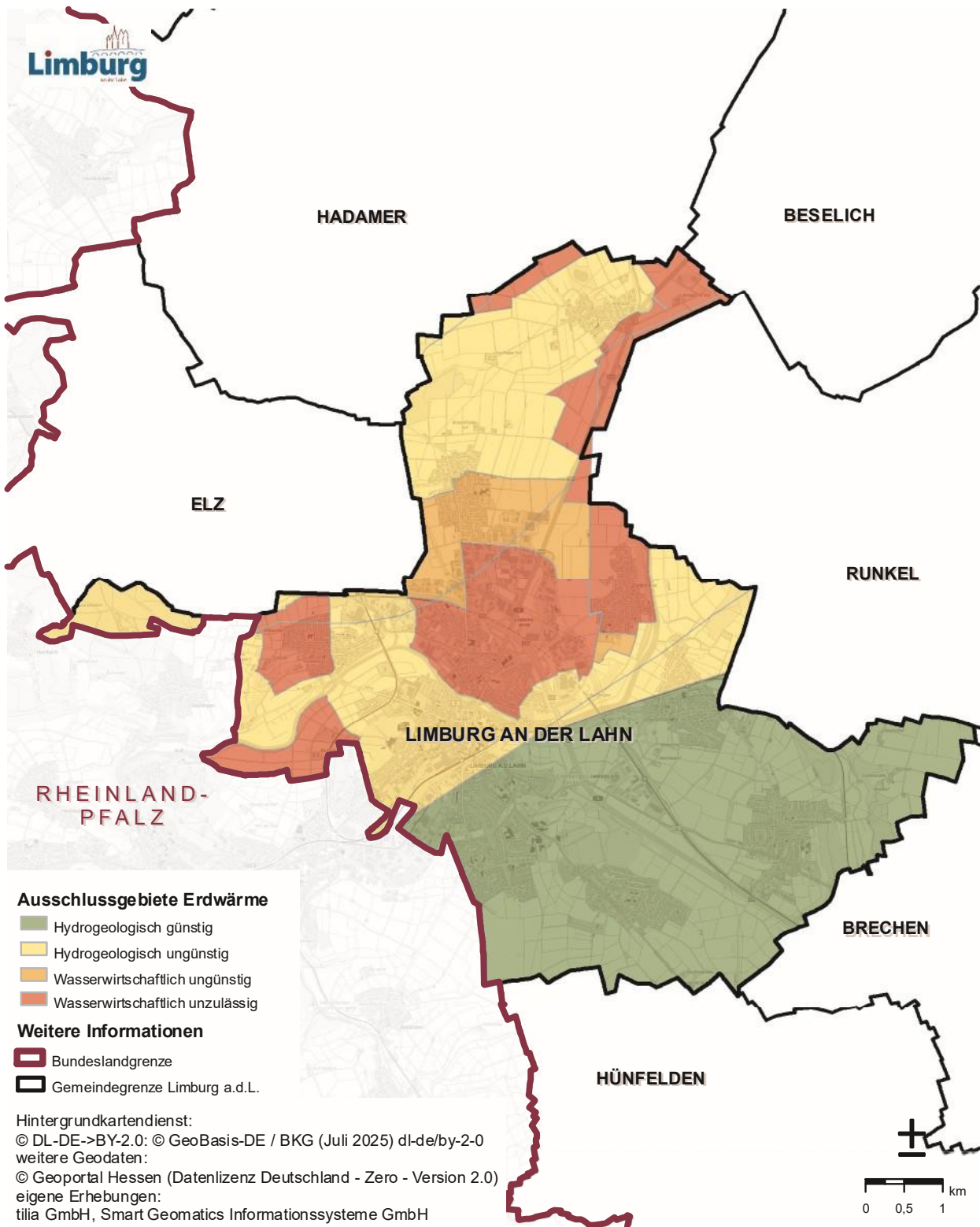


Abbildung 3-7: Bereiche mit Wärmeleitfähigkeiten des Bodens bei Erdwärmesonden

(Quelle: Smart Geomatics, Daten: HLNUG.de)

Praxisbeispiel für ein Haus mit Geothermie als Umweltenergie:

Ein saniertes Gebäude mit einer Heizlast von 50 W/m² und 100 m² Nutzfläche hat eine Gebäudeheizlast von 5 kW. Mit einer Wärmepumpe würde dies in etwa eine Leistung von 5-6 kW pro Wohneinheit bedeuten, was für ein energetisch voll saniertes Gebäude knapp ausreichen würde. Ca. 1.800 Jahresvollbenutzungsstunden und eine Heizleistung von 5 kW würden eine theoretisch benötigte Wärmeenergie von 9.000 kWh im Jahr bedeuten. Mit einer effizienten 5 kW Wärmepumpe und einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von 4 wäre eine Energieaufteilung von 1,25 kW Strom und 3,75 kW Umweltenergie zu berechnen. Das würde bei einer durchschnittlichen Entzugsleistung von 50 W/m pro Erdwärmesonden bedeuten und dass man eine Bohrungstiefe von mindestens 75 m benötigt.

Im Stadtgebiet stehen insgesamt knapp 8.800 kleinere Wohngebäude für eine bis drei Familien. Theoretisch könnte jedes dieser Gebäude durch eine Erdwärmesonde mit Wärme versorgt werden, welche dem Untergrund recht gleichmäßig über das Jahr Wärme entziehen kann. Bei allen größeren Gebäuden kann die oberflächennahe Geothermie jeweils nur eine unterstützende Funktion zur Deckung des Wärmebedarfes einnehmen. Daher scheint dieses Potenzial gerade zur ganzjährig benötigten Unterstützung der Warmwasserbereitung ideal. Da eine Wärmeversorgung mit geothermischer Wärmequelle in aller Regel in Kombination mit einer Wärmepumpe umgesetzt wird, müssen auch hier Vorgaben für Wärmepumpen wie Lärmschutz und Aufstellabstände berücksichtigt werden. Weitere Einschränkungen ergeben sich bereits bei der Errichtung, falls der Zugang zum Grundstück nicht ohne weiteres möglich ist. Dies kann zum einen in dichten Wohngebieten sein, in denen nicht genug Platz für den Zugang mit Bohrequipment vorliegt oder wenn Grundstücke von anderen umgeben sind, sodass kein zerstörungsfreies Erreichen des Zielgrundstücks möglich ist. Allerdings bleibt einschränkend zu sagen, dass – ähnlich der Nutzung der Solarthermie – auch die Nutzung der oberflächennahen Geothermie ohne spezielle Hochtemperatur-Wärmepumpe keine sehr hohen Vorlauftemperaturen für die Heizung erbringen kann. Daher sollten im besten Fall solche Gebäude dieses Potenzial nutzen, die energetisch saniert und mit Fußbodenheizung ausgestattet sind, oder mit Heizkörpern welche mit einer Vorlauftemperatur von max. 55 °C beheizt werden können. Mit Hochtemperatur-Wärmepumpen lassen sich auch Temperaturstufen erreichen, welche in unsanierten Bestandsbauten benötigt werden (> 70 °C). Diese Pumpen haben aber einen wesentlich höheren Stromeinsatz und sind etwas teurer als herkömmliche Wärmepumpen.

Die Auswertung der verfügbaren Flächen in Limburg zeigt, dass das Potenzial für geothermische Nutzung stark vom Standort abhängt. Für geeignete Areale und Flächen, auf denen auch direkt ein Verbraucher liegt, ergibt sich für Erdwärmesonden ein jährliches Potenzial von rund 110 GWh, während das Potenzial für Erdwärmekollektoren bei etwa 22 GWh pro Jahr liegt. Werden zusätzlich die bedingt geeigneten Flächen einbezogen, erhöht sich das Potenzial deutlich: Die Nutzung von Sonden könnte dann bis zu 182 GWh jährlich erreichen, während Kollektoren ein Potenzial von 36 GWh pro Jahr bieten würden. Diese Zahlen unterstreichen, wie entscheidend die hydrogeologischen und räumlichen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Nutzung der oberflächennahen Geothermie sind und welches Energiepotenzial im Untergrund der Stadt potenziell vorhanden ist.

Insgesamt ergibt sich ein theoretisches Geothermiepotenzial von ca. 243 GWh/a. Mit einer effizienten Wärmepumpe und einer Jahresarbeitszahl von 4 besteht das Verhältnis zu ¼ Stromenergie von 61 GWh/a und ¾ geothermischer Umweltenergie von 182 GWh/a. Das ergibt ein gesamtes theoretisches geothermisches Potenzial von 243 GWh/a.

In der Berechnung des Gesamtpotenzials sind Flächen, die sich erst durch Maßnahmen oder zukünftigen Erschließungen ergeben, nicht enthalten. Hier sollte immer auf die Sinnhaftigkeit einer Sektorenkopplung geachtet werden wie etwa bei der Kombination von Geothermienutzung unter Freiflächenanlagen für PV.

Auch wenn die Flächen innerhalb der Stadt Limburg an der Lahn nicht direkt ein großes Erdsondenfeld vermuten lassen würden, gibt es die Möglichkeit der Schrägbohrtechnik, die von der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geotechnologien IEG entwickelt wurde und in Abbildung 3-8 dargestellt ist. Diese Technik könnte zum Beispiel bei kleineren Grundstücken genutzt werden, um eine Heizleistung von bis zu 95 kW zu ermöglichen. Hier sollte aber auch die Schwierigkeit der Schrägbohrtechnik beachtet werden.

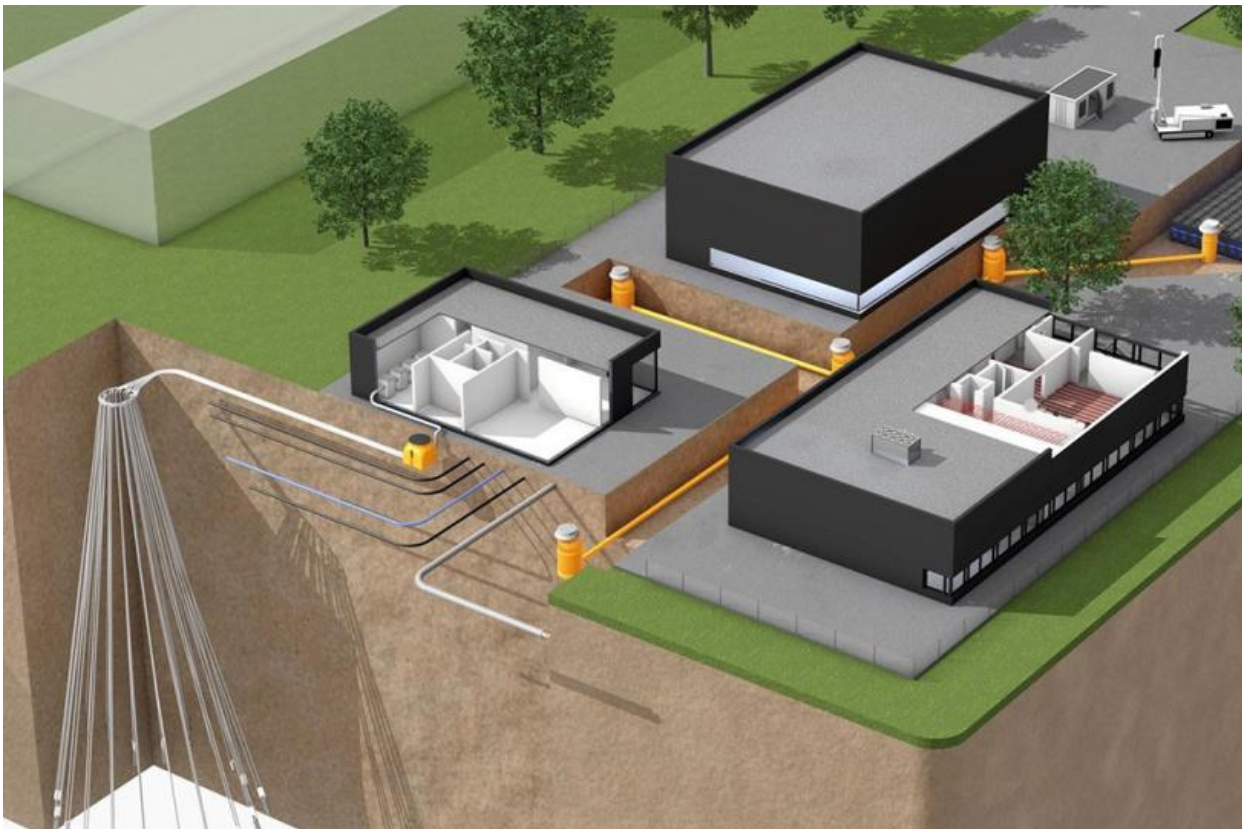


Abbildung 3-8: Schrägbohrtechnik auf kleinen Grundstücken

(Quelle: Fraunhofer IEG)

3.2.4.2 Oberflächennahe Geothermie Erdwärmekollektoren

Aufgrund des hohen Flächenbedarfs ist das Potenzial von Erdwärmekollektoren im Stadtgebiet Limburg an der Lahn eher gering. Deshalb wird an dieser Stelle nur daraufhin gewiesen, dass eine Nutzung möglich ist, eine Berechnung der Leistung für die Nutzung im Szenario erfolgt aber nicht. Die Auslegung eines Erdwärmekollektors wurde anhand der regionalen Gegebenheiten beispielhaft für ein Einfamilienhaus berechnet. Dabei wurde ermittelt, dass pro beheiztem Quadratmeter Wohnraum etwa 1,5-2,5 m² Kollektorfläche nötig sind. Diese sollte möglichst unversiegelt und nicht mit größeren Pflanzen bepflanzt sein. Eine andere Herangehensweise besagt, dass pro kW Leistung etwa 25-30 m² unversiegelter Fläche benötigt werden. Bei diesem Gebäude wären etwa 11 kW notwendig. Somit liegt die benötigte Fläche – wie in Abbildung 3-9 – bei etwa 280-330 m². Folglich ist solch eine Anlage nur bei Gebäuden mit einer Freifläche dieses Ausmaßes möglich. Diese Art der Energiegewinnung eignet sich also in der Regel bei Einfamilienhäusern, da sonst die erforderliche Kollektorfläche die Grundstücksfläche übersteigt. Vorstellbar sind solche Arten der Energiegewinnung also eher in Randlagen oder ausgeprägten freistehenden Einfamilienhaussiedlungen mit niedriger Verdichtung. Für Gebäude mit mehr beheizter Fläche (Innenstadtgebäude, Bürogebäude, Gewerbegebäude) scheint diese Lösung dagegen nicht angebracht. Energieeffiziente Gebäude sind für den Einsatz von Erdwärmekollektoren besonders geeignet, da hier der Wärmebedarf geringer ist und die Kollektorfläche reduziert werden kann. Folglich besteht die beste Eignung bei Gebäuden, welche annähernd Neubaustandards beim Wärmebedarf aufweisen.

notwendiger Platzbedarf, Fallbeispiel

| | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| beheizte Fläche | 120 m ² |
| spez. Bedarf Nutzenergie (Wohnen) | 150 kWh/m ² |
| Nutzenergiebedarf (Heizung+TWW) | 18.000 kWh |
| Annahme Verluste WP-Heizung | 10% |
| Endenergiebedarf | 20.000 kWh |
| JAZ | 4 |
| Strombedarf | 5.000 kWh |
| Wärme aus Boden | 15.000 kWh |
| Entzugsenergie, spez. | 49 kWh/(m ² *a) |
| benötigter Kollektorfläche | 310 m² |

Verbau Kollektorfelder



Fotografie René Golz

Abbildung 3-9: Einbau von geothermischen Kollektorfeldern

(Quelle: Tilia GmbH)

3.2.4.3 Tiefengeothermie

Für das Potenzial Tiefengeothermie gibt es im Moment noch keine ausreichende Bewertungsmöglichkeiten für das Stadtgebiet. Abbildung 3-10 zeigt ein geringes Potenzial für Tiefengeothermie für Hessen, basieren auf den vorliegenden Temperaturen. Hauptsächlich im oberen Rheingraben ist das Potenzial für sinnvolle tiefengeothermische Nutzung vorhanden.

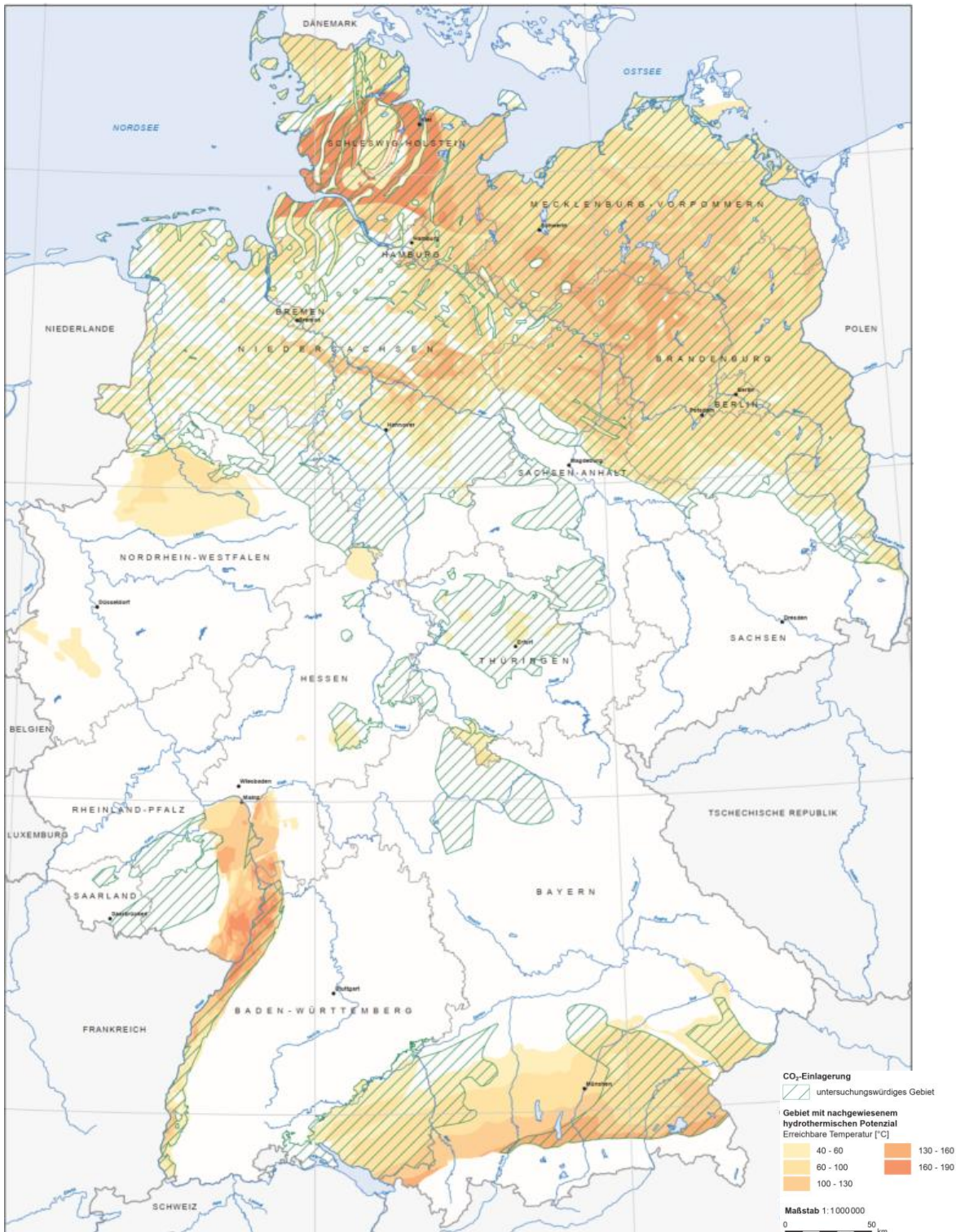


Abbildung 3-10: Ausschnitt Geothermieatlas Karte A hydrothermisch

(Quelle: Geothermische Informationsdienste Deutschland / www.geotis.de)

3.2.5 Potenzial Umweltwärme aus Gewässern und Abwasser

3.2.5.1 Potenzial Flusswasser

Die Lahn in Limburg weist in der Regel einen gleichbleibenden Wasserpegel auf. Die typischen Abflüsse der Lahn liegen im Jahresmittel zwischen 30 und 50 m³/s.

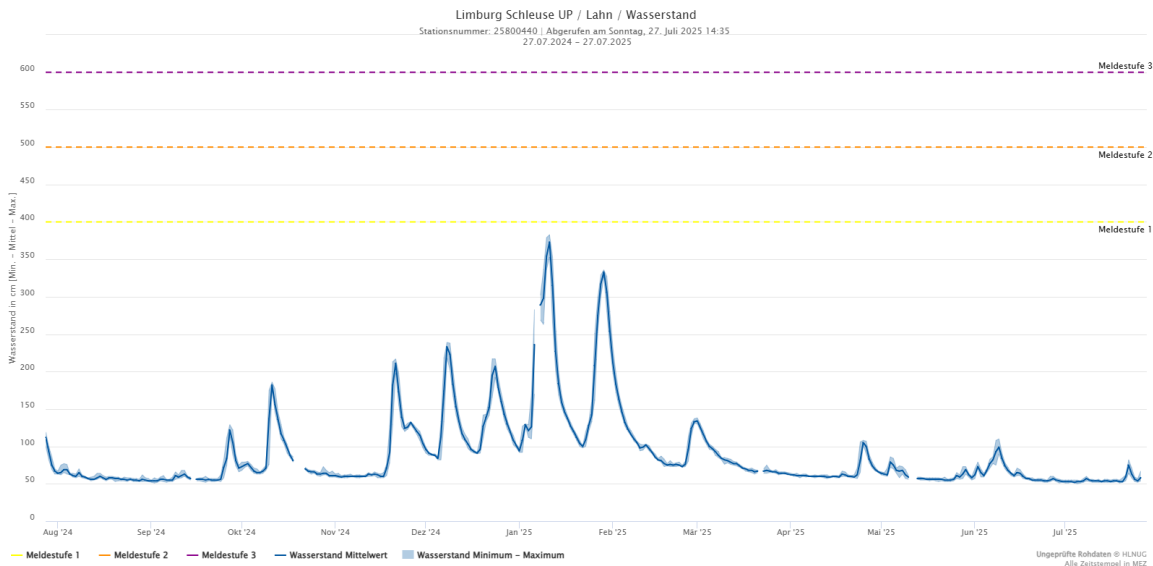


Abbildung 3-11: Pegel Limburg Schleuse UP / Lahn / Wasserstand

(Quelle: HLNUG / Pegelstand Lahn)

Bei einer typischen Wasserentnahme von 1m³/s aus der Lahn kann man ein Potenzial, wie in dem nachfolgenden Diagramm beschrieben wird, erwarten. Gängige Flusswasserentnahme-Wärmepumpensysteme werden derzeit in Gießen, Mannheim, Bremen und Köln errichtet, betrieben und entwickelt.

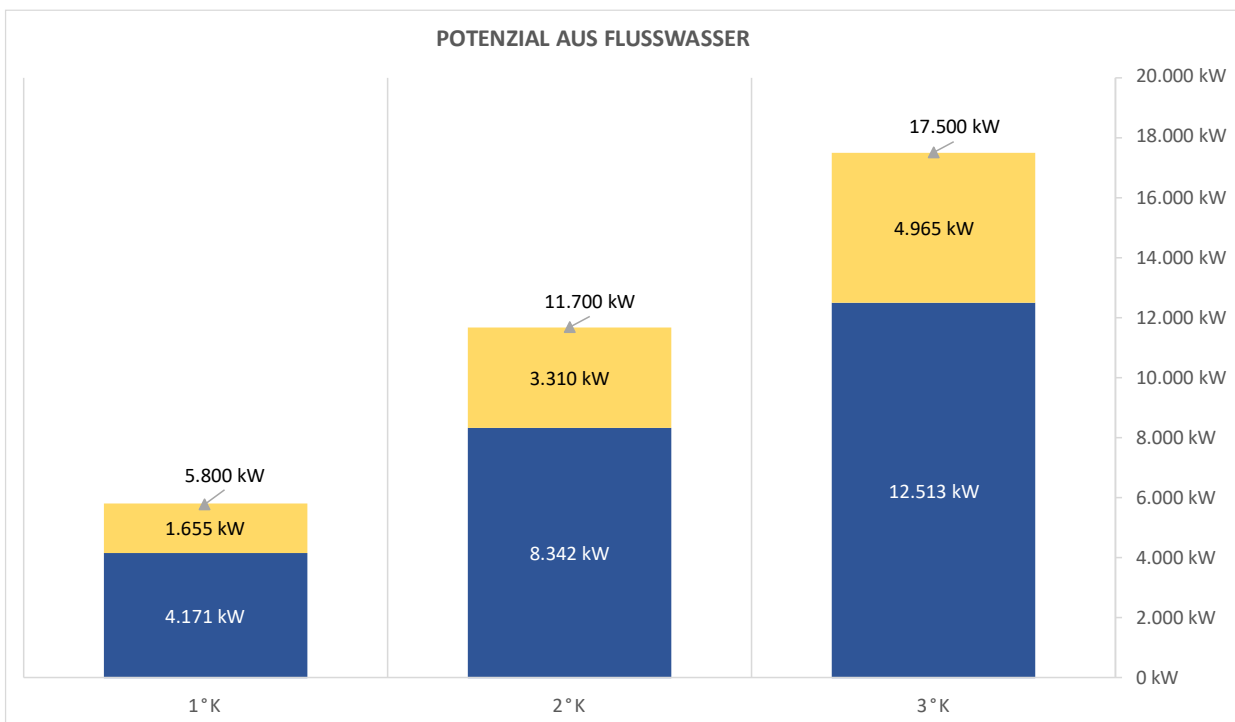


Abbildung 3-12: Potenzial aus Flusswasser beispielhafte Berechnung

Unter Annahme einer möglichen Nutzungsdauer während der Heizperiode von 1.200 h ergibt sich ein theoretisches Potenzial von 21.000 MWh. Grundsätzlich ist das Potenzial Flusswasser eine sehr gute Energiequelle für ein neu zu errichtendes Wärmenetz in Limburg, aber aufgrund der geringen Temperatur des Flusses im Winter und der daraus resultierenden geringeren Entzugsmenge müssen redundante Potenziale in der Nähe sein. Gerade zu Zeiten geringer Wassertemperaturen und einer schlechten Nutzbarkeit während gleichzeitiger Maximalheizlast müssen weitere Wärmeerzeuger, die unabhängig von der Außentemperatur betrieben werden können, eingebunden werden. Durch einen Wegfall der Flusswasserwärmenutzung über einen längeren Zeitraum ist die Versorgung eines Wärmenetzes gefährdet.

3.2.5.2 Potenziale aus Abwasser

Die Potenziale aus Abwasser sind sehr interessant. Gerade aufgrund der langfristigen Planung ist der Einsatz von Abwasserenergie eine sehr vielversprechende Möglichkeit ganzjährig Wärme zu entziehen. Wie in Abbildung 3-13 zu sehen ist, fallen die Abwassertemperaturen im Winter selten unter 8 °C, daher liegt ein gutes nutzbares Abwärmepotenzial ganzjährig vor. Abbildung 3-16 zeigt das berechnete Potenzial der Abwassermenge für Limburg. In blau ist die Quellenleistung, das Entzugspotenzial der Wärme aus Abwasser, dargestellt. Um die Abwasserenergie zu nutzen, werden üblicherweise Wärmepumpen eingesetzt. Bei einer üblichen Jahresarbeitszahl von 3,5 wird die in Gelb dargestellte einzusetzende Stromenergie der Wärmepumpenleistung benötigt. Insgesamt ergeben sich bei einem möglichen Temperatur Entzug des Abwassers Gesamtleistungen von ca. 4.700 kW pro 5 K Entzugsleistung.

Zur Verdeutlichung des Energiepotenzials aus Abwasser wird in der Abbildung 3-14 der Abwasser Volumenstrom übers Jahr gesehen dargestellt. Zur Potenzial-Berechnung wurde von einem mittleren Jahresvolumenstrom von 235 Liter pro Sekunde ausgegangen. Aus dem Jahresverlauf wird ersichtlich, dass es viele Tage im Jahr gibt, an dem der Volumenstrom über und unter dem mittleren Wert des Jahresverlaufs liegen. Um die Verteilung und Häufigkeit der Volumenströme besser zu erfassen, zeigt das Pareto-Diagramm in Abbildung 3-15, wie oft bestimmte Volumenstrombereiche im 15-minütigen Takt auftreten. Ein Pareto-Diagramm stellt die Häufigkeit von Werten in absteigender Reihenfolge dar und hilft dabei, die wichtigsten Einflussgrößen zu identifizieren. In diesem Fall zeigt es, dass sich der Volumenstrom am häufigsten im Bereich zwischen 75 l/s und 200 l/s bewegt – mit einem Anteil von 60 %. Wird die Betrachtung auf Volumenströme bis 400 l/s erweitert, lässt sich sogar eine Ausnutzung des Abwasserpotenzials von 90 % erreichen.

Es gibt zwei Wege, Wärme aus Abwasser zu gewinnen: in den Abwasserkanälen selbst durch Wärmetauscher oder im Auslauf der Kläranlage. Da die Abwassernutzung in den Kanälen die biologischen Prozesse beeinflussen kann, muss dies vorher geprüft werden. Im Gegensatz dazu ist die Nutzung im Auslauf einfacher, weil hier die Temperaturentnahme nicht entscheidend in den Klärprozess eingreift. Daher bietet der Auslauf der Kläranlage das größere Potenzial. Die Kläranlage Limburg an der Lahn liegt mitten in einem Gebiet mit mehreren erneuerbaren Potenzialen und ist dadurch gut erreichbar für ein zukünftiges Wärmenetz innerhalb der Stadt. Durch die Kombinationsmöglichkeit mit anderen Potenzialen erreicht man eine hohe Redundanz bei den Quellenenergien für ein zukünftiges Wärmenetz.

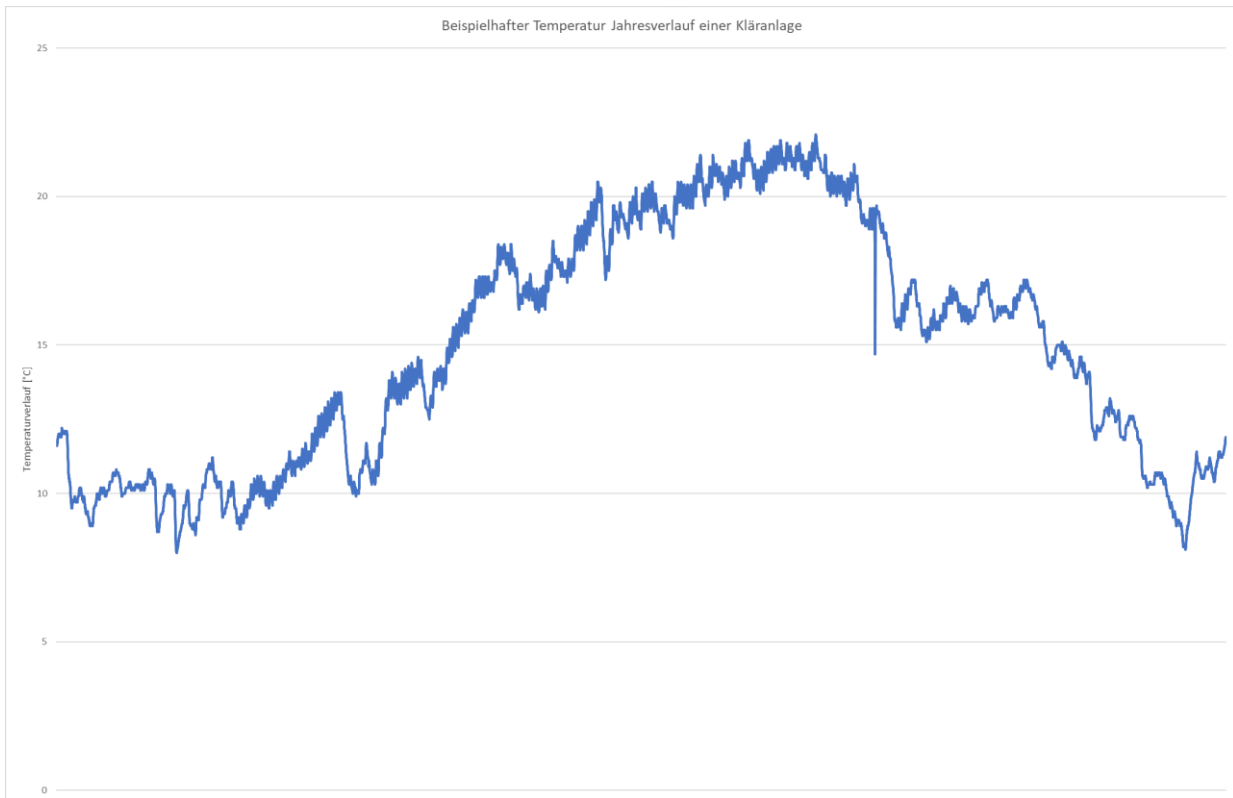


Abbildung 3-13: Temperatur Jahresverlauf einer Kläranlage

(Quelle: eigene Darstellung Tilia GmbH /Smart Geomatics)

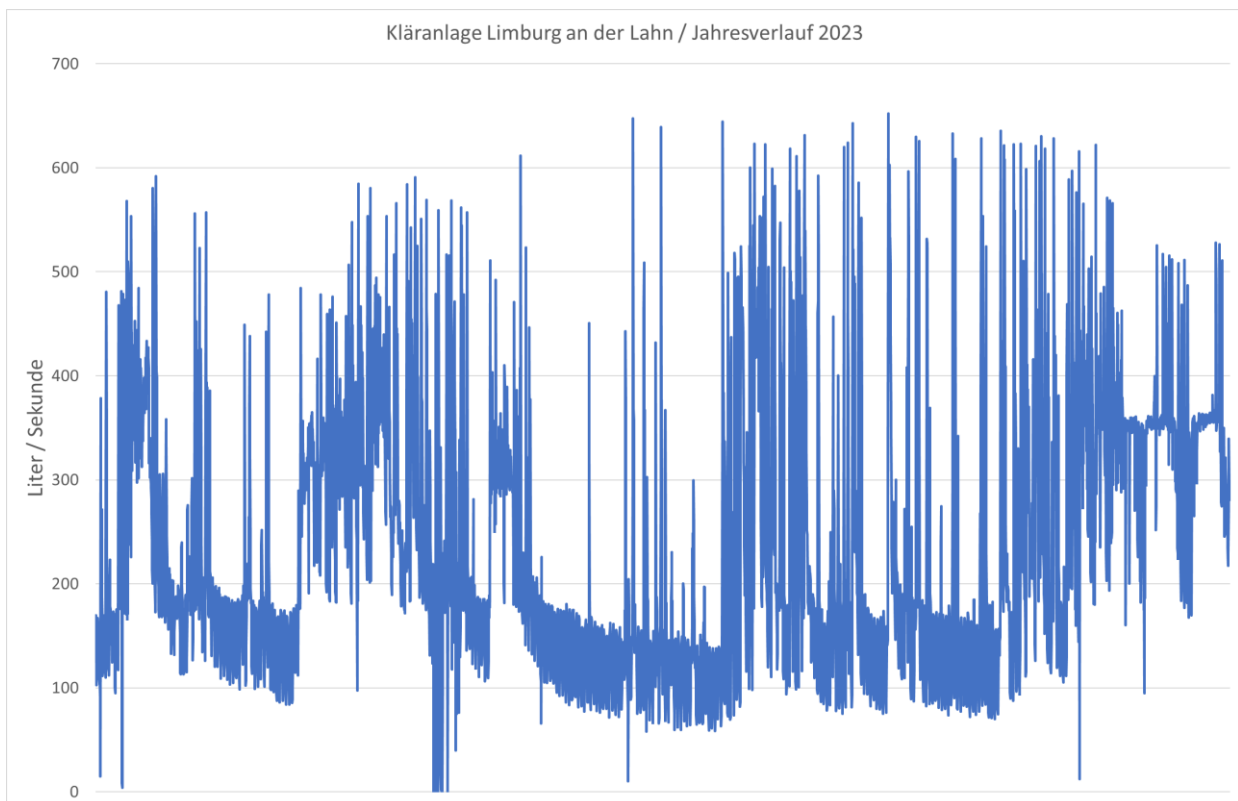


Abbildung 3-14: Jahresverlauf Volumenstrom Kläranlage Limburg an der Lahn 2023

(Quelle: eigene Darstellung Tilia GmbH /Smart Geomatics Daten: AVL Limburg an der Lahn)

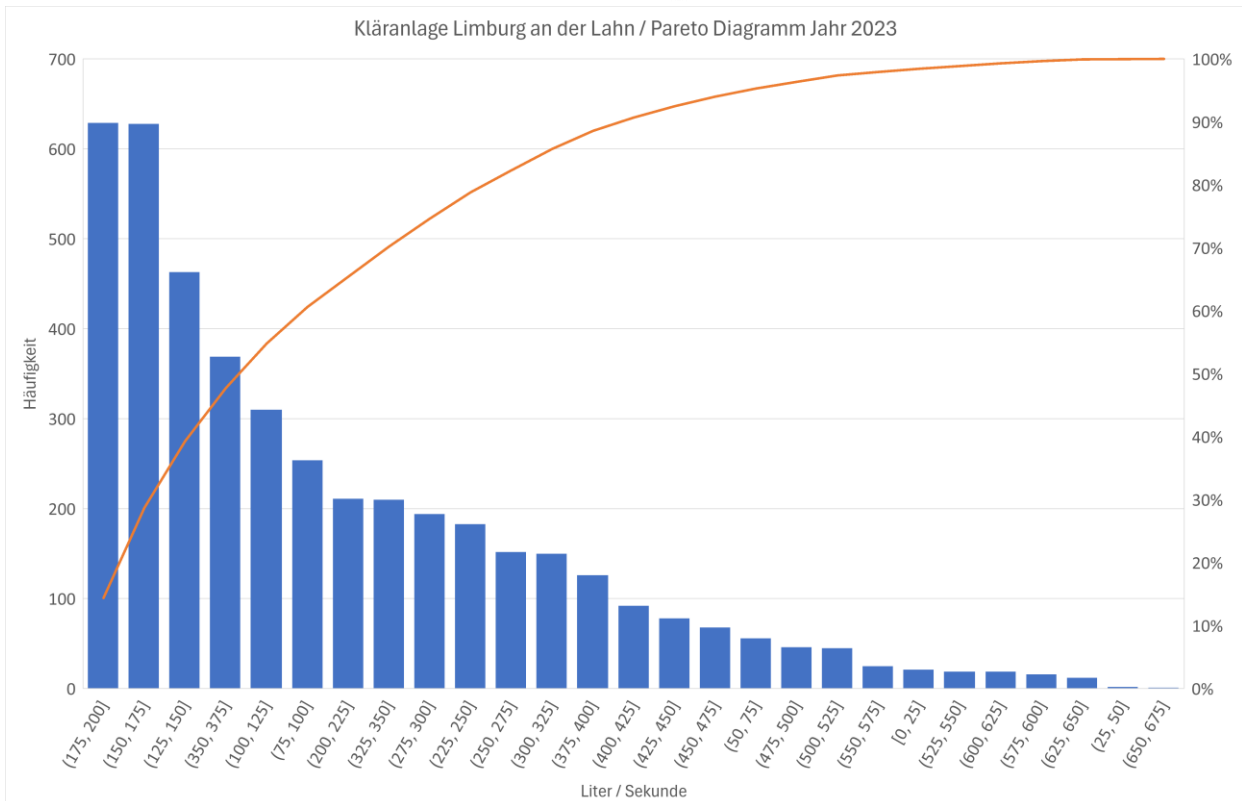


Abbildung 3-15: Pareto Diagramm Kläranlage Limburg an der Lahn 2023

(Quelle: Eigene Berechnung: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: AVL Limburg an der Lahn)

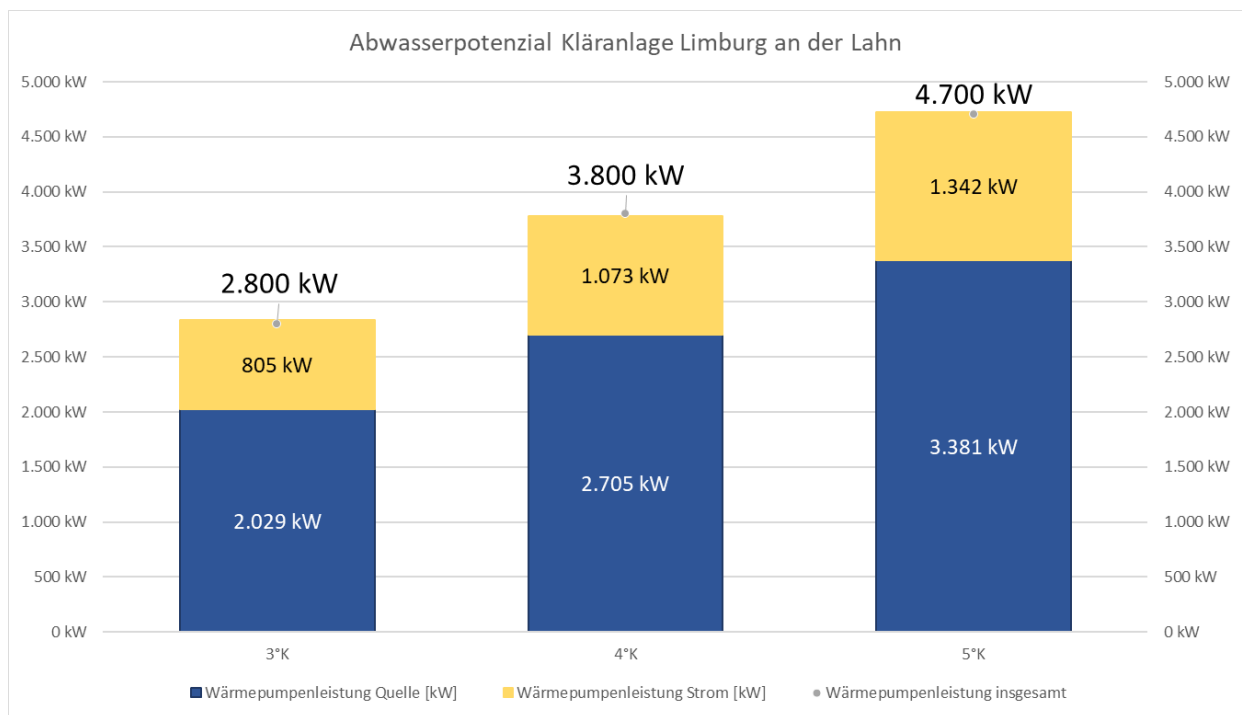


Abbildung 3-16: Berechnung Abwasser Potenzial

(Quelle: Eigene Berechnung: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: AVL Limburg an der Lahn)

Unter der Annahme von realistischen Nutzungszeiten über das Jahr verteilt, ist eine Wärmeerzeugung von 4,7 bis 14,1 GWh denkbar. Auch hierbei muss berücksichtigt werden, dass während der Hauptheizperiode die entsprechende Leistung und Abwassertemperatur zur Entnahme von 5 K zur Verfügung steht.

In Abbildung 3-17 sind die Hauptsammler der Abwasserkanäle dargestellt. Die dort gezeigten Kanäle transportieren ausreichend Abwassermengen, sodass die im Abwasser enthaltene Wärmeenergie entzogen und in ein Wärmenetz eingespeist werden kann. Es muss aber darauf geachtet werden, dass die Abwassertemperatur im Winter nicht unter einen zu definierenden Wert fällt, ansonsten müsste das Abwasser in der Kläranlage wieder erwärmt werden und dieser Prozess wäre kontraproduktiv.

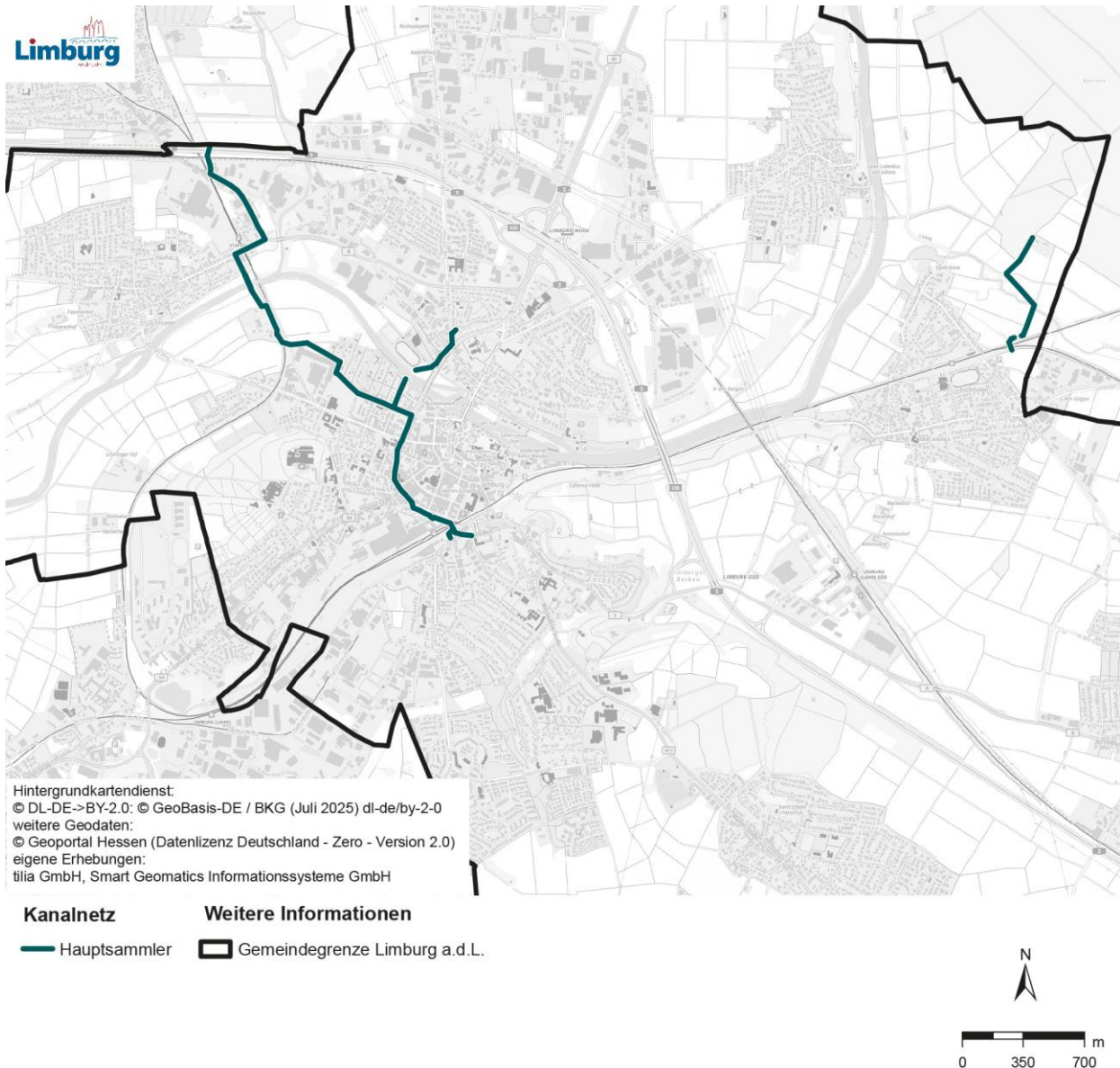


Abbildung 3-17: Kanal Hauptsammler Darstellung Limburg an der Lahn

3.2.5.3 Grundwasser als Quelle für Wärmepumpen

Als Energiequelle für die Wärmepumpe kommt auch die Nutzung von Grundwasser in Betracht. Für eine Grundwasserwärmepumpe (auch Wasser-Wasser-Wärmepumpe genannt) wird eine Brunnenanlage aus Saugbrunnen und Schluckbrunnen benötigt. Aufgrund der ganzjährigen gleichbleibenden Grundwassertemperatur von ca. 10 °C können Jahresarbeitszahlen (JAZ) von bis zu 6 erreicht werden und daher sind die Grundwasserwärmepumpen sehr effizient. Abhängig vom Grundwasserspiegel kann gerade bei größeren Gebäuden diese Möglichkeit der Energiequelle eine wirtschaftlichere Lösung gegenüber Erdwärmesonden sein. Allerdings erfordert die Einbindung einer Grundwasserwärmepumpe eine umfangreiche Einzelfallprüfung. Die Machbarkeit ist unter anderem von den Grundwassereigenschaften abhängig. Schadstoffe oder hohe Eisen- und Mangan-gehalte können die Machbarkeit einschränken bzw.

erhöhten Wartungs- oder Aufbereitungsaufwand verursachen. Außerdem dürfen bestehende Trinkwasser Gewinnungsanlagen nicht durch neue Anlagen beeinflusst werden. Bei einem Fördervolumen von ca. 250m³/h und einer gleichbleibenden Grundwassertemperatur von ca. 10° C kann man von einer Quellenenergie von ca. 850 kW erreichen. Das ist ein Potenzial für eine thermische Wärmeversorgung eines klimaneutralen Quartiers von ca. 1.500 – 2.000 MWh/a. Diese Grundwasserenergie kann gut entlang der Lahn für neue Quartiere oder größere kommunale Liegenschaften genutzt werden.

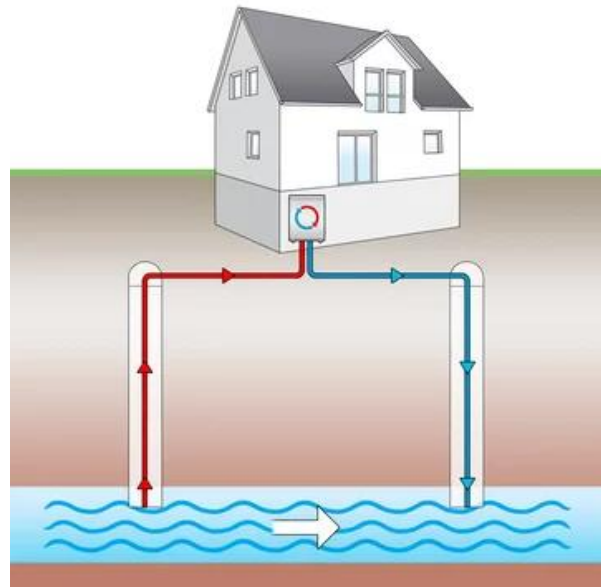


Abbildung: 3-18: Grundwasserwärmepumpe (vereinfacht)

(Quelle: Adobe)

3.2.6 Solarpotenzial (Photovoltaik, Solarthermie und PVT-Kollektoren)

3.2.6.1 Übergeordnetes Solarpotenzial

Für die kommunale Wärmeplanung Limburg an der Lahn wurde das Potenzial für Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen), Solarthermieanlagen und PVT-Kollektoren (Hybrid-Kollektoren, die gleichzeitig Strom und Wärme produzieren) ermittelt. Hierzu wird sowohl das Potenzial auf Dachflächen als auch auf Freiflächen betrachtet.

Für die Ermittlung des Solarpotenzials auf Dachflächen werden alle Dachflächen im Stadtgebiet auf der Grundlage der Modellierung der Gebäudekubaturen aus der Wärmebedarfsanalyse analysiert. Bei der Analyse werden Dachflächen ausgeschlossen, die nicht für die Erzeugung von Solarenergie geeignet sind, verschattet werden oder aus baulichen oder ästhetischen Gründen nicht für Solaranlagen geeignet sind (wie z. B. Gaubendächer). Auch bei denkmalgeschützten Gebäuden könnte in Zukunft eine Umsetzung von Dach-PV denkbar sein, da die Vorgaben weniger restriktiv werden sollen (Jakobi, Lieding, & Harmuth, 2022). Hier gilt es, Einzelfallprüfungen durchzuführen. Deswegen werden diese Flächen hier ausgeschlossen. Bei den verbleibenden Dächern wird die Dachneigung, die Ausrichtung und die Flächengröße bestimmt und so das Solarpotenzial ermittelt.

Im Stadtgebiet Limburg an der Lahn sind derzeit 1.662 Photovoltaikanlagen mit einer kumulierten Nettoleistung von 28.397 kW_p sowie 682 Stromspeicher mit einer Gesamt-speicherenergie von 4.965 kWh installiert.

Die im Stadtgebiet Limburg an der Lahn vorhandenen PV-Anlagen erzeugen jährlich bei einem durchschnittlichen jährlichen spezifischen Ertrag von ca. 26.977 MWh Energie (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 2024), wovon ein großer Anteil direkt genutzt wird oder in der Speicherenergie von 4.965 kWh zwischengespeichert wird.

Das ermittelte PV-Potenzial auf Gebäudedächern für das Stadtgebiet Limburg an der Lahn unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes liegt bei ca. 228 MW_p und einer dadurch erreichbaren Stromenergie von ca. 231 GWh/a.

Das theoretische solarthermische Potenzial (ca. 400 kWh/(m²*a)) wäre bezogen auf die Fläche etwa doppelt so groß wie das PV-Potenzial (ca. 200 kWh/(m²*a)).

Das ermittelte PV-Potenzial von 231 GWh/a sollte möglichst stark ausgeschöpft werden. Ein zügiger Ausbau von PV auf öffentlichen und privaten Dächern ist nicht nur wünschenswert, sondern auch erforderlich. Bei der Identifikation der Nutzungspotenziale ist eine sinnvolle Abwägung zwischen der Nutzung von Freiflächen und Dachflächenpotenzialen für Solarthermie oder Photovoltaik bzw. PVT erforderlich. Entsprechend der Gebäudetypologien und bestehenden Heizinfrastruktur bedarf es einer individuellen Betrachtung.

In der nachfolgenden Abbildung 3-19 wird das theoretische technische Solarpotenzial dargestellt. Die größte Herausforderung wird darin bestehen, das technische Solarpotenzial auf den Gebäuden komplett zu nutzen.

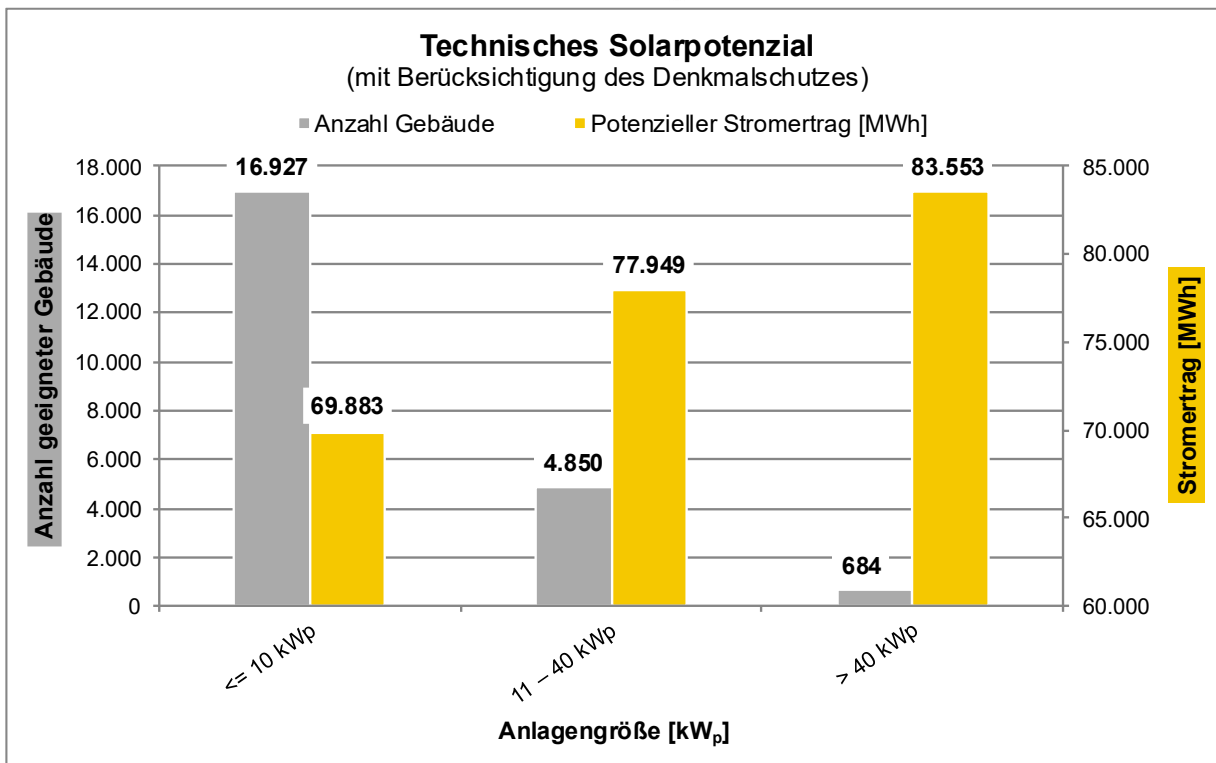


Abbildung 3-19: Technisches Solar-PV-Potenzial

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnung)

3.2.6.2 Potenzial PV-Freiflächen

Derzeit stehen theoretisch etwa 165 Hektar als potenzielle Flächen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen zur detaillierten Prüfung bereit. Zum Vergleich: Laut Regionalplan dürfen ca. 2% der landwirtschaftlichen Fläche (etwa 43 Hektar) ausgewiesen werden. Bei vollständiger Ausnutzung dieser Areale ergibt sich ein mögliches Leistungspotenzial von rund 180 MW_p, was eine jährliche Stromerzeugung von etwa 145 GWh ermöglichen würde.

3.2.7 Abwärmepotenzial aus Industrie und Gewerbe

Für die Beheizung von Gebäuden können neben erneuerbaren Wärmequellen auch industrielle Quellen genutzt werden. Prozesswärme, die bspw. zur Herstellung eines Produkts erzeugt wird, führt in aller Regel zu Abwärme, die am Ende des Prozesses nicht weiter genutzt werden kann. Mit dieser Abwärme können Wärmenetze oder Wärmepumpen gespeist werden, die einen Teil der Wärmeversorgung übernehmen. Daher wurden mit einigen Akteuren aus der Industrie Einzelgespräche durchgeführt, um das Abwärmepotenzial für die Stadt genau zu ermitteln. Zusätzlich wurde der Dialog zu Abnehmern aus der Industrie sowie Ankerkunden gesucht, um das Abwärmepotenzial in den nächsten Jahren zu verstetigen.

In Limburg gibt es mehrere größere Industrie- und Gewerbegebiete. Zur Ermittlung des Potenzials wurden Fragebögen an einige Unternehmen gesandt und im Anschluss ausgewertet. Die Befragungen haben gezeigt, dass ein Großteil der Unternehmen derzeit über eine relevante Abwärme für die kommunale Wärmeplanung verfügt, diese jedoch für eine zukünftige Nutzung erst nach Umbau der industriellen Prozesse zur Verfügung gestellt werden kann. Zusätzlich sind die Abwärmemengen standortabhängig, die zeitliche Verfügbarkeit muss berücksichtigt werden sowie die Umsetzungsfähigkeit bei Abgabe der

Wärme in eine Erzeugerstruktur oder Speicherung. Eines der größten Abwärmepotenziale bieten gewerbliche Betriebe (u.a. Rechenzentren) mit rund 4 MW Leistung und 35 GWh pro Jahr, zur direkten Verfügung und Nutzung. Die Plattform für Abwärme des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BafA) listet weitere Potenziale von Industriebetrieben (u.a. Gießereien) auf. Die dort anfallende Abwärme könnte grundsätzlich energetisch genutzt werden. Allerdings ist perspektivisch mit einer Umstellung der Produktionsprozesse zu rechnen, wodurch die Menge der verfügbaren Abwärme voraussichtlich sinken wird.

3.3 Potenziale zur zukünftigen Stromnutzung und -bedarfsdeckung im Gebäude

3.3.1 Stromnetz

Aufgrund der zukünftigen erhöhten Nutzung von Strom für alle Sektoren Wärme, Energie und Verkehr muss das Stromnetz an den entscheidenden Stellen unbedingt erweitert und verstärkt werden. Eine aufbauende Energieleitplanung des Stromnetzes nach den Erkenntnissen der Kommunalen Wärmeplanung ist sinnvoll und sollte gerade für mögliche Erzeugungsstrukturen eingeplant werden.

3.3.2 Windenergiepotenziale

Derzeit befinden sich in Limburg an der Lahn drei Windkraftanlagen mit einer Leistung von insgesamt 16,9 MW_{el}, die jährlich etwa 1,1 GWh Strom erzeugen. Für die Nutzung durch Windenergie stehen 73,2 Hektar Potenzialflächen zur Verfügung. Die nachfolgende Abbildung 3-20 zeigt die momentanen ausgewiesenen Windpotenzialflächen im Stadtgebiet Limburg an der Lahn.

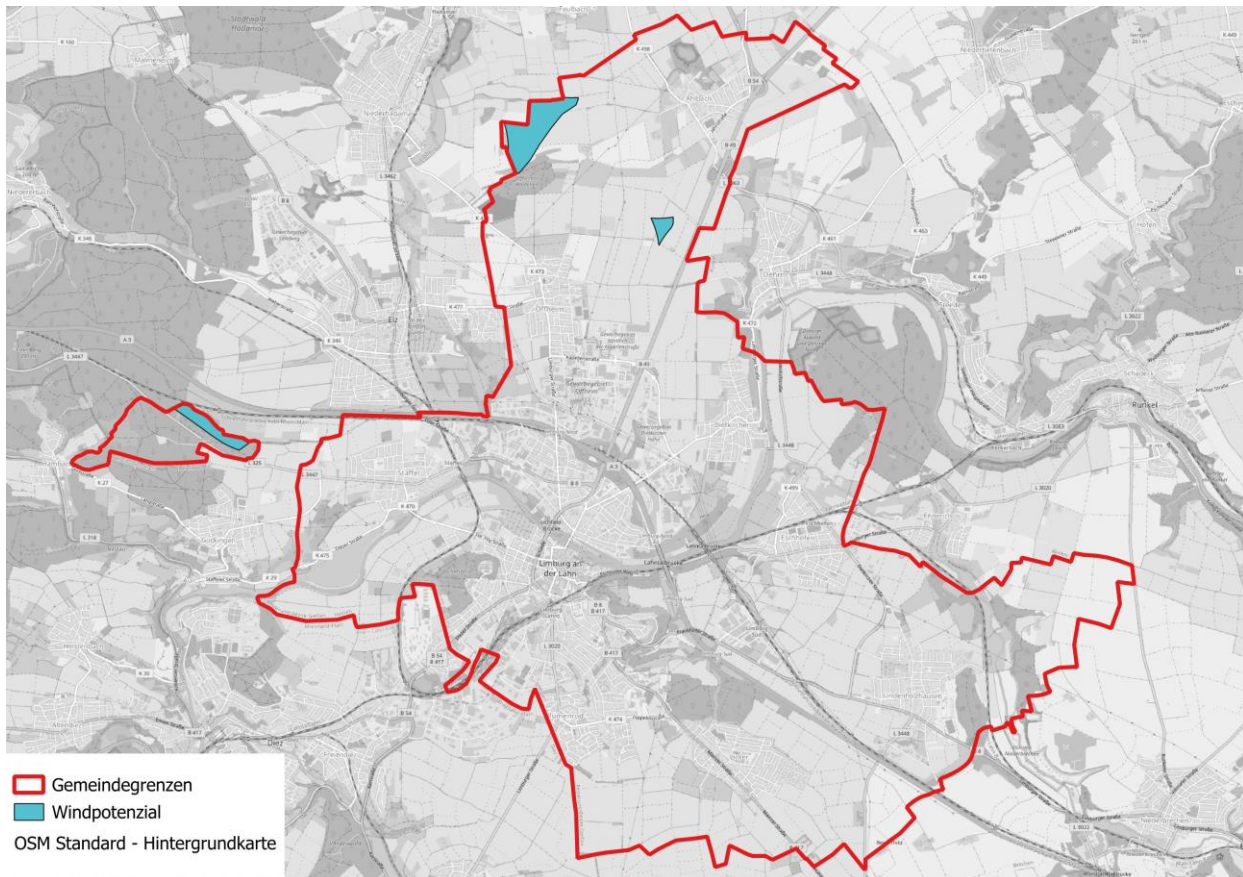


Abbildung 3-20: ausgewiesene Windpotenzialflächen in Limburg an der Lahn

3.3.3 Überblick zur zukünftigen Stromnutzung und -bedarfsdeckung im Gebäude

Der Energieverbrauch in Gebäuden macht in vielen Ländern, insbesondere in Deutschland, einen erheblichen Teil des Gesamtenergieverbrauchs aus. Nach Angaben des Statistischen Bundesamts ist die Steigerung der Effizienz des Energieverbrauchs und damit auch des Stromverbrauchs in Gebäuden daher ein wichtiger Weg, um den Gesamtenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen zu senken (Statistisches Bundesamt, 2022). Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Nachfrage nach Elektrizität in Gebäuden in Zukunft weiter steigen wird. So wird beispielsweise mit der zunehmenden Verbreitung von Elektrofahrzeugen die Integration von Ladestationen immer beliebter. Auch führt der flächendeckende Einsatz anderer elektrischer Geräte wie Wärmepumpen und elektrischer Warmwasserbereiter zu höheren Strombedarfen je Gebäude.

Um diese steigende Stromnachfrage zu befriedigen, ist es wichtig, die Effizienz der Stromnutzung in Gebäuden weiter zu verbessern. Dies kann durch eine Vielzahl unterschiedlicher Strategien erreicht werden. Nach Angaben nationaler Umweltbehörden, wie dem Umweltbundesamt, sind dies fünf mögliche Entwicklungen, die hervorgehoben werden können (Öko-Institut, Franhofer ISE, 2022):

- **Verbesserte Isolierung und Abdichtung:** Die Verringerung von Wärmeverlusten durch Wände, Fenster und Dächer kann den Energiebedarf zum Heizen und Kühlen von Gebäuden und damit auch den Verbrauch von strombasierter Wärmeversorgung (z. B. Wärmepumpen) senken. (vgl. 3.1 Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz)
- **Innovative, energieeffiziente Geräte:** Der Einsatz von energieeffizienten Geräten, Heiz- und Kühlsystemen sowie Beleuchtungsanlagen kann den Stromverbrauch erheblich senken. In dem Maße, in dem sich diese Technologien durchsetzen, wird der Gesamtstrombedarf in Gebäuden auch in Zukunft weiter reduziert. Beispielsweise ermöglicht die Umstellung auf LED-Beleuchtung eine Energieeinsparung von über 70 % im Vergleich zu herkömmlicher Beleuchtung.
- **Verstärkter Einsatz erneuerbarer Energiesysteme:** Da die Kosten für erneuerbare Energiequellen weiter sinken, kann die Installation von Systemen zur Nutzung erneuerbarer Energien wie Sonnenkollektoren, Erdwärme, Wasserkraft und Windturbinen dazu beitragen, dass Gebäude ihren eigenen Strom erzeugen, wodurch die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und der Gesamtstrombedarf aus dem Netz verringert werden. (vgl. Kap. 3.2 Potenziale erneuerbarer Energien sowie Abwärme und Kraft-Wärme-Kopplung)
- **Intelligente Gebäudetechnik:** Gebäudemanagementsysteme können zur Optimierung des Energieverbrauchs und zur Verringerung von Abfällen eingesetzt werden, ebenso wie Fortschritte in der Gebäudeplanung, die zu energieeffizienteren Gebäuden mit geringerem Stromverbrauch führen können. Beispielsweise kann die Verwendung von Materialien, die Gebäude besser isolieren oder die Wärme reflektieren, dazu beitragen, den Heiz- und Kühlbedarf zu senken, was wiederum den Gesamtstrombedarf verringert.
- **Entwicklung von Reaktionsstrategien zur Steuerung der Stromnachfrage:** Dies kann den Einsatz intelligenter Geräte und Gebäudesysteme beinhalten, die ihren Energieverbrauch als Reaktion auf Veränderungen im Stromnetz anpassen können, oder die Einführung von nutzungsabhängigen Preissystemen, um die Energienutzung in Zeiten geringer Nachfrage zu fördern.
- **Entwicklung von Energiespeichertechnologien:** z. B. Batterien oder thermische Speichersysteme, um überschüssige erneuerbare Energie für die Nutzung in Zeiten hoher Nachfrage zu speichern. Dies kann dazu beitragen, die Schwankungen der erneuerbaren Energiequellen auszugleichen und es einfacher machen, sich auf sie als primäre Stromquelle zu verlassen.

Insgesamt ist es schwierig, genau vorherzusagen, wie sich diese Faktoren auf den künftigen Stromverbrauch und die Nachfrage in Gebäuden auswirken werden, zumal die Studien von einer Vielzahl von Faktoren wie technologischen Fortschritten, Veränderungen im Verbraucherverhalten und politischen Entscheidungen abhängen, doch ist es wahrscheinlich, dass eine Kombination aus der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien und energieeffizienter elektrischer Geräte und Anlagen die Zukunft der nachhaltigen Stromnutzung in Gebäuden bestimmen wird. Mit Blick auf die Zukunft ist es wahrscheinlich, dass sich die Effizienz von Geräten mit dem technologischen Fortschritt und der Verschärfung der gesetzlichen Normen weiter verbessern wird.

3.3.4 Potenzial des Austauschs von Elektrogeräten nach Verwendungszeiten

Nach Angaben des deutschen Umweltbundesamtes (Öko-Institut, Franhofer ISE, 2022) kann die Umrüstung auf effizientere Geräte im Vergleich zu älteren, ineffizienten Modellen bis zu 50 % Energie einsparen. Diese Schätzung basiert auf dem typischen Nutzungsverhalten von Geräten in Deutschland, das je nach Gerät und Haushalt variiert. So führen beispielsweise Geräte, die häufiger oder länger genutzt werden,

in der Regel zu größeren Energieeinsparungen als Geräte, die weniger häufig verwendet werden. Darüber hinaus können die potenziellen Energieeinsparungen durch die Aufrüstung von Geräten je nach Nutzungsverhalten in vielen Fällen erheblich sein.

Diese Schätzung basiert auf dem typischen Nutzungsverhalten von Kühlschränken in Deutschland. In ähnlicher Weise kann die Umrüstung auf LED-Beleuchtung zu Energieeinsparungen von bis zu 80 % im Vergleich zu herkömmlichen Glühbirnen führen. Darüber hinaus kann die Umrüstung auf eine effizientere Waschmaschine zu Energieeinsparungen von bis zu 50 % im Vergleich zu einem älteren Modell führen, abhängig von den verglichenen Modellen und dem typischen Nutzungsverhalten der Waschmaschine.

Es sei darauf hingewiesen, dass die tatsächlichen Energieeinsparungen durch die Umrüstung auf effizientere Modelle von einer Reihe von Faktoren abhängen, wie z. B. dem Alter und der Effizienz des zu ersetzenden Geräts, dem örtlichen Klima und der Größe des Geräts. Als Anhaltspunkt für einen Austausch auf der Grundlage der typischen Nutzungsdauer findet sich im Folgenden eine Liste mit einigen allgemeinen Schätzungen der Lebensdauer von Geräten in Deutschland:

- Kühlschränke: Diese Geräte haben eine durchschnittliche Lebensdauer von 13-15 Jahren.
- Geschirrspülmaschinen: Geschirrspüler halten in der Regel durchschnittlich 9-12 Jahre.
- Wäschewaschmaschinen: Waschmaschinen halten in der Regel durchschnittlich 8-12 Jahre.
- Warmwasserbereiter: Diese Geräte haben eine durchschnittliche Lebensdauer von 8-12 Jahren.
- Fernsehapparate: Fernsehgeräte haben eine durchschnittliche Lebensdauer von 5-7 Jahren.

Um eine Entscheidung über den Ersatz eines der oben genannten Geräte auf der Grundlage der typischen Lebensdauer zu treffen (obwohl einige Modelle länger halten können), ist daher eine gründliche Analyse der oben genannten Faktoren erforderlich, um die potenziellen Energieeinsparungen und die Amortisationsdauer der Umrüstung auf ein effizienteres Modell zu ermitteln, was quantitativ so gut wie unmöglich scheint.

Als Faustregel gilt, dass man bei der Entscheidung, ob ein Gerät ersetzt werden soll, das Alter und den Zustand des Geräts berücksichtigen sollte. Wenn ein Gerät alt ist oder Anzeichen von Funktionsstörungen aufweist oder wenn seine Energieeffizienz deutlich geringer ist als die neueren Modelle auf dem Markt, sollte man den Austausch gegen ein neueres, energieeffizienteres Modell in Betracht ziehen. Funktioniert das Gerät hingegen noch einwandfrei, kann es kostengünstiger sein, es so lange zu verwenden, bis es aufgrund seines Alters oder einer Fehlfunktion ersetzt werden muss. Der Austausch alter, energieineffizienter Geräte gegen neuere, effizientere Modelle würde definitiv dazu beitragen, den Energieverbrauch und die Betriebskosten zu senken und so die Umwelt zu schonen und die wirtschaftliche Belastung durch ein Gerät mit hohem Verbrauch zu verringern.

3.3.5 Potenzial eines beschleunigten Austauschs von Elektrogeräten

Ein paralleles Szenario zu einem Standardaustausch auf der Grundlage typischer Nutzungszeiten ist hingegen der beschleunigte Austausch. Dies wirft eine Reihe von Fragen auf, die den Weg zu einem besseren Verständnis der Maßnahmen ebnen, die zu ergreifen sind, wenn neue elektrische Haushaltsgeräte zum Zwecke der Energieeinsparung in Betracht gezogen werden. Es existieren mehrere potenzielle Szenarien, die einen beschleunigten Austausch von Elektrohaushaltsgeräten als Lösung vorantreiben könnten (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2019), z. B.:

1. **Staatliche Anreize oder Vorschriften:** Die Regierungen könnten Anreize bieten, alte Geräte durch energieeffizientere Modelle zu ersetzen, oder die Mindeststandards für die Energieeffizienz von Geräten regeln. Dies könnte durch Steuergutschriften, Rabatte oder andere finanzielle Anreize geschehen, oder durch die Festlegung von Mindeststandards für die Energieeffizienz, die Geräte erfüllen müssen, um verkauft werden zu können.
2. **Programme der Versorgungsunternehmen:** Versorgungsunternehmen könnten auch Anreize oder Finanzierungsprogramme anbieten, um Kunden dabei zu helfen, ihre alten Geräte durch energieeffizientere Modelle zu ersetzen.
3. **Stärkeres Bewusstsein der Verbraucher:** Wenn den Verbraucher die Vorteile energieeffizienter Geräte, wie niedrigere Energierechnungen und geringere Treibhausgas-emissionen, bewusster gemacht werden, sind sie vielleicht eher bereit, ihre alten Geräte durch effizientere Modelle zu ersetzen. Dies könnte durch Aufklärungskampagnen oder Marketingmaßnahmen erreicht werden.
4. **Höhere Standards für die Geräteeffizienz:** Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Effizienzstandards für Geräte zu erhöhen, was die Hersteller dazu verpflichten würde, effizientere Geräte zu produzieren als bisher. Dies könnte durch staatliche Vorschriften oder Industrienormen geschehen.

Es ist auch erwähnenswert, dass technologische Entwicklungen möglicherweise eine Rolle dabei spielen könnten, das Potenzial für einen beschleunigten Geräte austausch zu erhöhen, da dies für die meisten Verbraucher ein gutes „Geschäft“ ist. Wenn beispielsweise neue, energieeffizientere Technologien auf breiter Front verfügbar werden, könnten die Verbraucher eher bereit sein, ihre alten Geräte durch neuere, effizientere Modelle zu ersetzen, vor allem wenn sie auf attraktive Weise vermarktet werden.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass mehrere Faktoren zu berücksichtigen sind, wenn es darum geht, zu entscheiden, ob Geräte entsprechend den typischen Nutzungszeiten ausgetauscht werden sollen oder ob ein beschleunigter Austausch von Geräten aus Gründen der Energieeinsparung erfolgen soll. Einige der wichtigsten Überlegungen sind:

- **Alter und Effizienz des Geräts:** Wenn ein Gerät alt und energieineffizient ist, kann es sinnvoll sein, es durch ein neueres, effizienteres Modell zu ersetzen, auch wenn es noch einwandfrei funktioniert. Ist das Gerät hingegen neu und energieeffizient, muss es möglicherweise nicht ersetzt werden.
- **Kosten:** Der Austausch von Geräten kann teuer sein, daher ist es wichtig, die Kosten für den Austausch gegen die möglichen Einsparungen bei den Energie- und Betriebskosten abzuwägen.
- **Bequemlichkeit:** Wenn ein Gerät noch einwandfrei funktioniert, kann es bequemer sein, es weiter zu benutzen, bis es aufgrund seines Alters oder einer Fehlfunktion ersetzt werden muss.

3.4 Fazit Potenzialanalyse

Das Stadtgebiet in Limburg weist viele Potentiale für erneuerbare Wärme auf. Es kann unterschieden werden zwischen Potentialen zur Strom- und Potentialen zur Wärmeerzeugung. Zur Stromerzeugung sind vor allem für Photovoltaikanlagen große Erzeugungspotential vorhanden. Bei Windkraftanlagen gibt es einzelne Ausbauflächen, die im Stadtgebiet liegen und die Erzeugung regenerativen Stroms ermöglichen könnten. Entsprechende Genehmigungsprozesse laufen bereits.

Erneuerbare Quellen für die Erzeugung von Wärme sind ebenfalls in verschiedene Ausprägungen vorhanden. Oberflächennahe Geothermie ist grundsätzlich denkbar und könnte für Wärmenetze sowie individuelle Lösung Wärme liefern. Wärmeerzeugung aus Wasser ist in Limburg möglich. Jedoch ist vor allem bei Fließgewässern die gleichzeitige Erzeugung von Wärme sowie dem Verbrauch von Wärme während der Heizperiode eine Herausforderung. Abwasserwärme kann über das Jahr verteilt mehr genutzt werden und stellt ein realistisch nutzbares Potential dar. Biogene Quellen sind in Limburg voraussichtlich nicht wirtschaftlich nutzbar, da zu geringe Gesamtmengen vorliegen und ein erheblicher Aufwand besteht diese nutzbar zu machen. Abwärme aus Industrie und Gewerbe stellt sich ebenfalls als schwierig dar. Vereinzelt liegt ein Potenzial vor, das jedoch durch die Transformation in der Industrie wahrscheinlich nicht dauerhaft zur Verfügung steht.

4. Wärmewendestrategie

4.1 Rahmenbedingungen für Szenarien zur zukünftigen Entwicklung der Energieversorgung

Um das Ziel, die zukünftige Klimaneutralität in Limburg an der Lahn bis 2045 zu erreichen, wird in den nachfolgenden Kapiteln ein mögliches Szenario für eine klimaneutrale Wärmeversorgung untersucht. Um als Grundlage für die Szenarien den zukünftigen Wärmebedarf zu ermitteln, werden zuerst die Effekte von Sanierungsraten beleuchtet. Im Anschluss wird untersucht, wie der verbleibende Wärmebedarf mit erneuerbaren Energien gedeckt werden kann.

4.1.1 Reduzierung der Energiebedarfe

Bei der Sanierungsrate wird von einer umfassenden energetischen Sanierung von Heizungsanlage, Dächern, Fenstern, Außenwand und Kellerdecke ausgegangen. In Limburg an der Lahn liegt die Sanierungsrate im Bundesdurchschnitt bei etwa 1,0 % gemäß dem Landeswert von Hessen. Die Sanierungsrate bezieht sich auf die Anzahl der Gebäude, die jedes Jahr saniert werden. Für die Zukunft kann man aufgrund der steigenden Energiepreise und der Notwendigkeit der Sanierung der meisten Gebäude davon ausgehen, dass sich die Sanierungsrate stetig auf 2,0 % erhöhen wird, was auch die LandesEnergieAgentur (LEA) Hessen im Monitoringbericht 2024 bestätigt (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum, 2024). Bei einer maximal benötigte Sanierungsrate von 5,95 % wären alle Wohngebäude bis zum Jahr 2045 saniert. Aufgrund der Typologie der Wohngebäude in der Stadt Limburg an der Lahn kann durch die Sanierung aller Gebäude eine Einsparung von 45 % des aktuellen Wärmebedarfes erreicht werden. Eine hohe Sanierungsrate von 5,95 % ist aus bereits in der Potenzialanalyse genannten Gründen - wie hohen Investitionskosten - nicht erreichbar. Eine erreichbare und in Zukunft realistische Sanierungsrate von 2,0 % wird daher für die Berechnung der Wärmewendestrategie sowie des Zielszenarios angenommen.

- 1,0 % Standard-Sanierungsrate,
- 2,0 % angenommene zukünftige Sanierungsrate,
- 5,95 % Maximal benötigte Sanierungsrate

Somit wird eine Verdopplung der Sanierungsrate von 1 % auf 2 % empfohlen, um das erhebliche Potenzial der Energiebedarfsreduktion auszuschöpfen. Verbleibende Wärmebedarfe müssen durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Verbindung mit modernen Heizungsanlagen abgedeckt werden.

Abbildung 4-1 zeigt die Einsparung des Wärmebedarfs bei Wohngebäuden und bei verschiedenen Sanierungsraten.

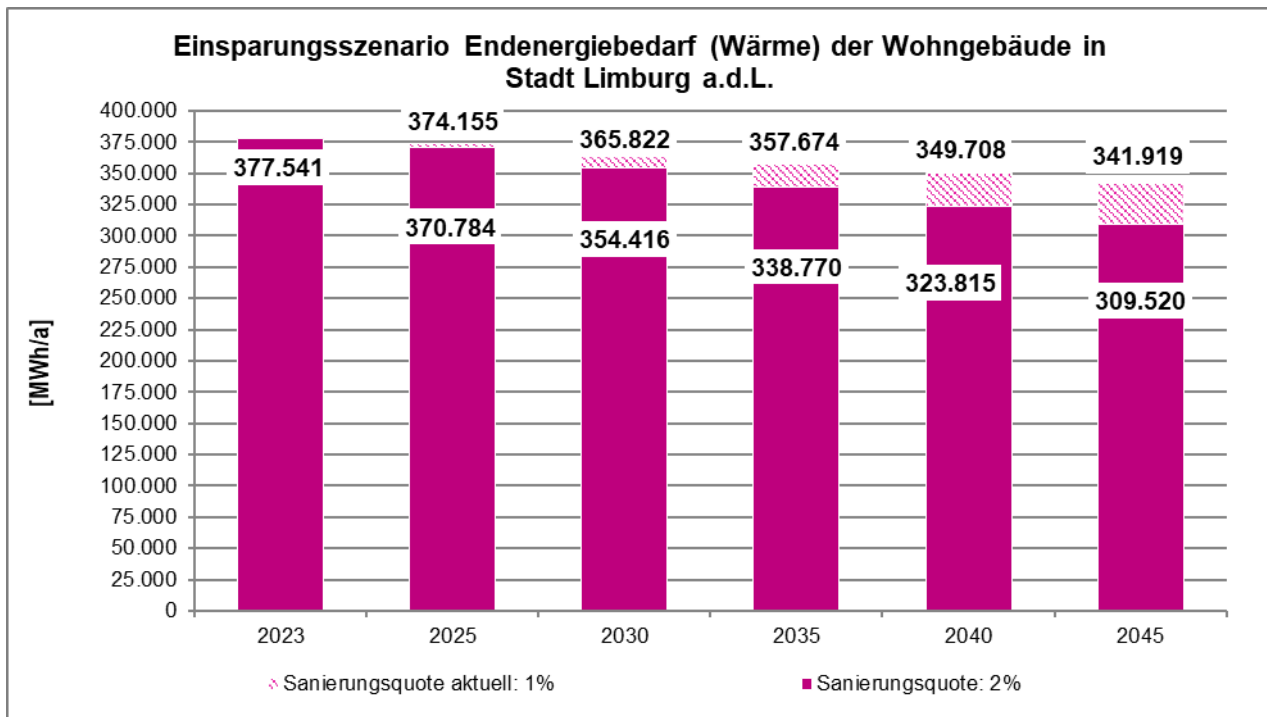


Abbildung 4-1: Einsparungen durch energetische Sanierungen in Limburg an der Lahn

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnung)

4.1.2 Dekarbonisierung der Energieversorgung

Die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung ist ein wichtiger Schritt hin zu einer nachhaltigen und klimaneutralen Zukunft. Sie bezieht sich auf den Übergang von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Öl und Gas zu erneuerbaren Energiequellen wie Sonnen-, Wind- und Wasserkraft. Die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes ist dabei ein zentraler Aspekt der Dekarbonisierung. Inwieweit Biogas und klimaneutraler Wasserstoff dann eine Rolle spielen werden, hängt von der Wirtschaftlichkeit ab, wobei zur Spitzenlast-Abdeckung z. B. in der Nahwärmeversorgung klimaneutraler Wasserstoff eine Möglichkeit wäre, schnell Wärme zu liefern.

Die Entwicklung des deutschen Strommixes ist stark abhängig vom weiteren Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in Deutschland. Der Technikkatalog des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) bietet eine eindeutige Rechengrundlage an, die zur Berechnung der zukünftigen CO₂-Emissionen in Deutschland für die Jahre 2020-2050 genutzt wurde. Aus Abbildung 4-2 wird ersichtlich, dass mit dem regenerativen Ausbaupfad der Bundesregierung das ambitionierte Ziel der Klimaneutralität 2045 in Deutschland erreichbar wäre, wenn die jetzigen Ausbaupfade der Erneuerbarer Energien eingehalten werden. Wenn die Ausbaupfade weiter eingehalten werden, würde der deutsche Strom-Mix im Jahr 2030 den CO₂-Emissionswert von 110 kg pro MWh und im Jahr 2040 von 25 kg pro MWh erreichen, welches eine enorme Anstrengung voraussetzt. (BMWSB Bundesministerium für Wohnen, 2024).

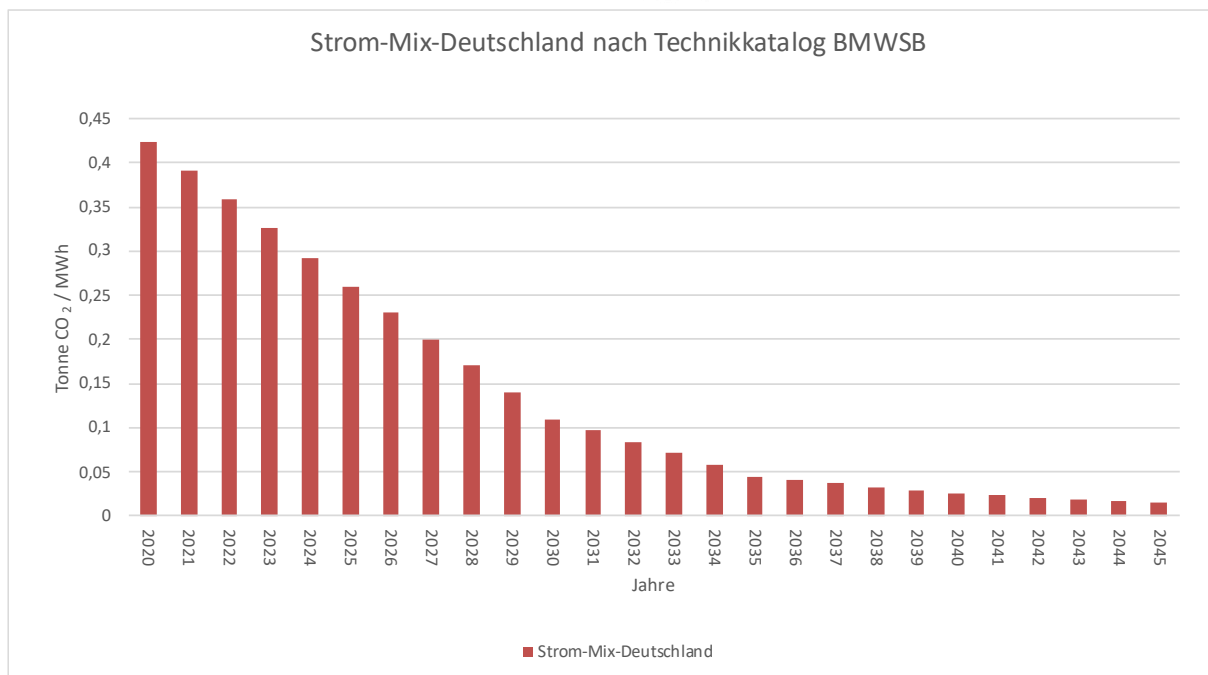


Abbildung 4-2: Entwicklung des deutschen Strommixes

(Quelle: Tilia GmbH, Daten: Technikkatalog BMWSB)

4.1.3 Einschätzung Stromversorgung in Limburg an der Lahn

Die Stromversorgung in Limburg hängt von den verfügbaren Leistungen ab und der absehbaren zukünftigen Abnahme. In Limburg sowie in den meisten Kommunen steht nicht nur bei der Wärmewende, sondern auch bei der Mobilitätswende die Herausforderung der Elektrifizierung bevor. Es werden voraussichtlich deutlich höhere Leistungen erforderlich sein. Auch in Limburg ist das Netz nicht überall entsprechend ausgebaut, sodass voraussichtlich an mehreren Stellen Leistungserhöhungen im Netz erforderlich sind.

4.2 Grundlage zukünftige klimaneutrale Beheizung der Gebäude

Die Wahl des richtigen Heizungssystems hängt von vielen Faktoren ab, wie der Nutzung und energetischen Qualität des Gebäudes, den verfügbaren Energieträgern und den Kosten für Investition, Wartung und Verbrauch. Auch die Beratung durch Fachleute und gesetzliche Anforderungen spielen eine wichtige Rolle. Heizungen sind langfristige Investitionen, die Verbrauchskosten für etwa zwanzig Jahre festlegen. Daher sollten auch zukünftige Rahmenbedingungen bei der Entscheidung berücksichtigt werden.

Aktuelle Studien, wie die Studie des Ariadne-Projekts zeigen, dass bei Berücksichtigung aktueller Regelungen und zukünftiger Entwicklungen die Gesamtkosten für Heizsysteme mit niedrigen Treibhausgas-Emissionen, wie Nahwärme und Wärmepumpen, günstiger sind als für Gas-Brennwertgeräte und Pelletkessel (Meyer, Fuchs, Thomsen, Herkel, & Kost, 2024). Auch in unsanierten Mehrfamilienhäusern sind Systeme mit Wärmepumpen, Pelletkesseln und Nahwärme durch derzeitige Förderungen kostengünstiger als neue Gaskessel, da fossiles Gas, Biogas oder Wasserstoff hohe Betriebskosten verursachen. Die Rentabilität von Gas-Brennwertgeräten, Wärmepumpen, Pelletkesseln und Nahwärme hat sich zugunsten der Systeme mit geringeren Emissionen verbessert. Bei Wärmepumpen kann die Wirtschaftlichkeit durch eine zusätzliche PV-Anlage weiter gesteigert werden.

Bei der Entscheidung für ein neues Heizsystem müssen immer die während der Lebensdauer zu erwartenden CO₂-Emissionen der verschiedenen Energieträger berücksichtigt werden. Besonders betroffen sind Strom und Nahwärme. Auch die Entwicklung des CO₂-Preises sollte in die Kostenbetrachtung einfließen, obwohl sie mit Unsicherheiten der exakten Entwicklung behaftet ist.

Ein weiterer zentraler Aspekt ist die Verfügbarkeit von Eigenkapital. Obwohl erneuerbare Heiztechnologien über ihren Lebenszyklus hinweg ökonomische Vorteile bieten, können Investitionen aufgrund fehlender finanzieller Mittel bei Privatpersonen ausbleiben. In der Folge besteht das Risiko, dass stattdessen in fossile Heizsysteme reinvestiert wird. Ob die derzeitigen Fördermaßnahmen ausreichend Anreize schaffen, um erneuerbare Lösungen im direkten Vergleich attraktiver zu gestalten, erscheint vor diesem Hintergrund fraglich.

Die Abbildung 4-3 zeigt die jährlichen Kosten für verschiedene Heizsysteme pro Quadratmeter Wohnfläche über zwanzig Jahre. Die Kosten setzen sich aus Verbrauchs-, Kapital- und Betriebskosten sowie den CO₂-Preisen zusammen. Die Förderung wird separat ausgewiesen und senkt die jährlichen Kosten. Für jede Heiztechnik sind auch die jährlichen Treibhausgas-Emissionen angegeben. Bei PV-Anlagen wird nur der vor Ort verbrauchte Strom bilanziert.

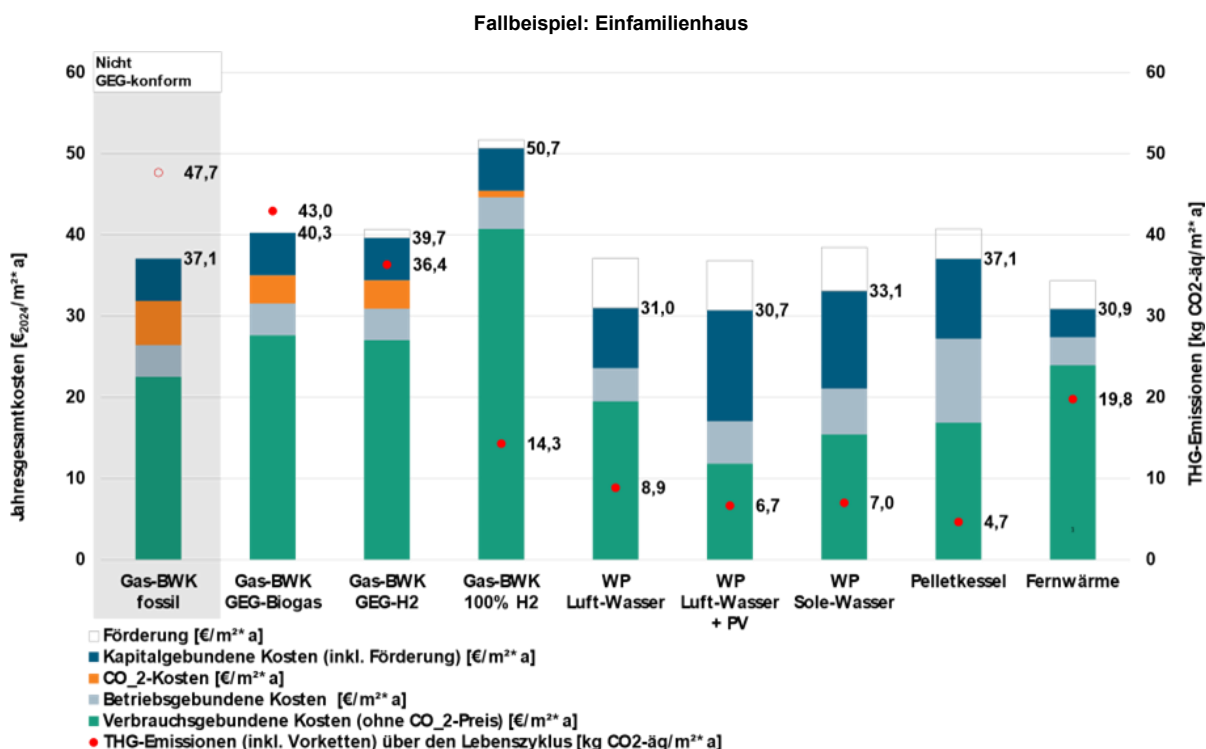


Abbildung 4-3: Heizkostenvergleich Altbau Einfamilienhaus

(Quelle: Meyer et. al 2024)

In Einfamilienhäusern gibt es erhebliche Unterschiede zwischen den Heizsystemen. Gasbrennwertkessel haben die niedrigsten Investitionskosten, aber die höchsten Verbrauchs- und Gesamtkosten. Sie haben auch hohe durchschnittliche Emissionen. Systeme mit Wärmepumpen und Nahwärme sind hinsichtlich

der Gesamtkosten am günstigsten und haben die geringsten Emissionen, da sie stets Umweltwärme wie Luft, Erdwärme oder ähnliches nutzen. Gasbetriebene Heizsysteme erreichen lediglich die Energieeffizienzklasse E, während moderne Wärmepumpen in Kombination mit Photovoltaikanlagen nahezu die Klasse A erzielen. Energieeffizienzklassen kennzeichnen den Energieverbrauch eines Geräts oder Systems auf einer Skala von A (sehr effizient) bis G (wenig effizient).

4.3 Einteilung des Stadtgebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

Basieren auf den Ergebnissen der Bestands- und Potenzialanalyse wurde das Stadtgebiet räumlich in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete unterteilt, die im Hinblick auf ihre Eignung der nachfolgend erläuterten Wärmeversorgungsarten überprüft werden sollen. Maßgeblich für die Einteilung sind bspw. räumlich zusammenhängend ähnliche Wärmedichten und die Stadtstruktur vor dem Hintergrund der baulichen Gegebenheiten. Um Szenarien für eine klimaneutrale Wärmeversorgung für das gesamte Stadtgebiet zu erstellen, wurde das Stadtgebiet Limburg an der Lahn in 31 voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete unterteilt. Aus diesen Wärmeversorgungsgebieten werden die vorrangigsten Gebiete als Fokusgebiete eingeteilt und entsprechend benannt. Ein voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet ist jeweils ein Teil des Stadtgebietes, in dem räumlich zusammenhängend ähnliche Wärmedichten und bauliche Gegebenheiten vorherrschen. Ziel ist hier, aufgrund der für den Bestand und die Zukunft ermittelten Wärmedichten und -entwicklungen, zu entscheiden, welche Art der Wärmeversorgungsinfrastruktur sich in einem Gebiet künftig am besten für den Großteil der Gebäude eignet. Diese Analysen sollen auch als Grundlage dienen, um für die weitere Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung eine Ausarbeitung in Machbarkeits- oder Transformationsstudien im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) zu identifizieren.

Die 31 identifizierten, potenziellen Wärmeversorgungsgebiete wurden im nächsten Schritt anhand einer Vielzahl von Kriterien aus dem Leitfaden zur kommunalen Wärmeplanung (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, 2024) bewertet. Diese Kriterien, im Leitfaden als Indikatoren bezeichnet, dienen als Grundlage für die vergleichende Analyse. Dabei weisen manche Kriterien deutlich auf eine Art der Wärmeversorgung hin. So ist bspw. der Wasserstoffbedarf in der Industrie ein Kriterium, das ausschließlich auf die Option der Wärmeversorgung mit Wasserstoff hinweisen kann. Andere Kriterien können auf die ein oder andere Option hinweisen. Liegt eine Wärmelinien-dichte in geringer Höhe vor, so weist dies eher auf die Lösung der dezentralen Versorgung hin, bei einer hohen Wärmelinien-dichte ist dies eine erste Grundvoraussetzung für die Umsetzung eines Wärmenetzes. Diese drei Optionen – Wasserstoff und Wärmenetzgebiete sowie Gebiete dezentraler Wärmeversorgung – teilen die Kriterien nachfolgend ein. Zunächst die Ausführung der Kriterien für die Option Wasserstoff:

- **Langfristiger Prozesswärme- und stofflicher Wasserstoffbedarf:** Hierauf zahlen Industrieunternehmen ein, die Prozesswärme zukünftig nur mit Wasserstoff decken können oder diesen stofflich nutzen müssen. Vor allem sind dies die Chemie- und Stahlindustrie.
- **Gasnetz vorhanden für Wasserstoffnetze:** Es wird beurteilt, ob ein Gasnetz in den relevanten Bereichen vorhanden ist, das zu Wasserstoffnetzen umgerüstet werden kann.
- **Preis- und Kostenbewertung Wasserstoffnetz:** Die Entwicklung des Preisniveaus von Wasserstoff ist hierbei elementar.

- **Verfügbarkeit Wasserstoff bis 2045:** Eine Abschätzung der wahrscheinlichen Verfügbarkeit von Wasserstoff bis zur klimaneutralen Wärmeversorgung ab spätestens 2045 muss hierbei vorgenommen werden. Dies ergibt sich jedoch maßgeblich aus den hoch priorisierten Bedarfen in der Industrie.
- **Risikoeinschätzung Aus- und Umbau des Gasnetzes zum Wasserstoffnetz bis 2045:** Es wird das Risiko eingeschätzt, inwieweit ein Aus- und Umbau möglich ist. Hierzu ist die Lage der Netze relevant als auch die Wahrscheinlichkeit des Aus- bzw. Umbaus.

Die Kriterien für Wasserstoffnetze und eine Wasserstoffversorgung können getrennt von der Eignung eines Gebiets hinsichtlich Wärmenetzen und dezentraler Wärmeversorgung betrachtet werden. Nachfolgend sind die Kriterien für die Beurteilung der Eignung von Wärmenetzen und dezentraler Wärmeversorgung aufgeführt:

- **Wärmeliniendichte:** Die Wärmeliniendichte beschreibt den Wärmebedarf pro Meter und Jahr für Straßensegmente. So ist bei einer dichten Bebauung ohne hausfreie Bereiche zwischen benachbarten Häusern in der Regel eine höhere Wärmedichte vorhanden, genau wie bei höherer Bebauung wie Mehrparteienhäusern.

Potenzielle Ankerkunden: Ankerkunden sind Wärmeabnehmer, die einen hohen Wärmebedarf aufweisen und im Gebiet des potenziellen Wärmenetzes liegen. Hierzu können sowohl große Mehrparteienhäuser als auch große öffentliche Gebäude gehören.

- **Potenziale für erneuerbare Wärmeerzeugung:** Zur Beurteilung wird berücksichtigt, ob es bspw. Flächen für geothermische Nutzung gibt oder Fließgewässer vorhanden sind, die als erneuerbare Quellen zur regenerativen Wärmeversorgung dienen können.
- **Abwärmepotenziale:** Es wird eingeschätzt inwieweit relevante Abwärmepotenziale von Gewerbe-/Industriekunden zur Einspeisung in ein potenzielles Wärmenetz im Untersuchungsgebiet vorhanden sind.
- **Spezifischer Investitionsaufwand des Ausbaus und Baus eines Wärmenetzes:** Hierbei wird beurteilt, inwieweit der Untergrund für die Verlegung eines Wärmenetzes geeignet ist.
- **Wärmenetz im Teilgebiet vorhanden:** Sofern ein Wärmenetz vorhanden ist, ist die Erweiterung bzw. der Anschluss eines weiteren Wärmenetzes ein deutlicher Kostenvorteil. Auch bei dem Vorhandensein eines Wärmenetzes in einem benachbarten Untersuchungsgebiet ist zumindest eine mittlere Eignung gegeben.
- **Erwarteter Anschlussgrad an ein Wärmenetz:** Eine Abschätzung wie hoch der Anteil der Gebäude ist, die sich an ein Wärmenetz anschließen.
- **Spezifischer Investitionsaufwand Umbau im Gebäude bei einer Priorisierung Wärmenetz:** Die Kosten für den Endverbraucher bei der Priorisierung bzw. des Baus eines Wärmenetzes wie etwa Wärmeübergabestationen am Haus und ggf. der Umbau der Beheizungsanlagen zur Anpassung an das Wärmeniveau müssen abgeschätzt werden.

Spezifischer Investitionsaufwand Umbau im Gebäude bei Priorisierung dezentrale Wärmeversorgung:

Die Kosten für die Umrüstung der dezentralen Wärmeerzeugung (bspw. Umstellung von Ölheizung auf Wärmepumpe), Dämmung und ähnliche Maßnahmen werden beurteilt. In Limburg an der Lahn ist die Besonderheit durch die starke Verbreitung von Nachtspeicherheizungen gegeben, sodass hier ein zusätzlicher Aufwand für die Umrüstung entstehen kann, da eine Umrüstung auf zentrale Beheizungssysteme sich grundlegend von Nachtspeichersystemen unterscheidet.

- **Synergieeffekt durch mögliches künftiges Wärmenetz:** Ein Wärmeversorgungsgebiet ohne Wärmenetz könnte in Zukunft durch ein Wärmenetz aus einem angrenzenden Fokusgebiet mit Wärmenetz angeschlossen werden.
- **Risikoeinschätzung Stromverteilnetz bis 2045:** Einschätzung, ob das Stromverteilnetz für die erhöhten Bedarfe bspw. für die massenhafte Umstellung auf Wärmepumpen in einem Gebiet geeignet ist.
- **Risikoeinschätzung Wärmeversorgungsnetz:** Hierbei ist das Risiko gemeint, ob die Umsetzung der Wärmeversorgung durch das Wärmenetz sichergestellt werden kann oder gefährdet ist durch andere Ausbauzielkonflikte wie andere Infrastrukturmaßnahmen der Stadt oder anderer Versorger.

Alle Kriterien werden auf alle Untersuchungsgebiete angewendet. Aus den Einzelbeurteilungen aller Kriterien ergibt sich eine abschließende Aussage zur Eignung für Wasserstoff- oder Wärmenetze sowie für die dezentrale Wärmeversorgung. Anhand der Ergebnisse wurden die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete in vier Kategorien unterteilt:

Wärmenetzgebiet: Diese Gebiete werden als geeignet für den Bau oder Ausbau eines Wärmenetzes angesehen. Die Mehrheit der Kriterien spricht für ein Wärmenetz.

Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung: In diesen Gebieten sind die Voraussetzungen für eine dezentrale Beheizung vorteilhaft, wie bspw. gute Eignung für Geothermie und ausreichend Platz für die Errichtung von dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen.

Wasserstoffnetzgebiet: Wenn die Versorgung mit Wasserstoff sehr wahrscheinlich ist, können Gebiete auch für Wasserstoffnetze geeignet sein. Sollten dies wahrscheinlicher geeignet sein als für andere Versorgungen, kann auch ein Gebiet für ein Wasserstoffnetz ausgezeichnet werden.

Prüfgebiet: In einem Prüfgebiet konnten durch die vorher genannten Kriterien keine eindeutige Zuordnung erfolgen und daher wird in diesen Gebieten eine detaillierte Prüfung der Varianten im Nachgang empfohlen.

Prüfgebiet Grünes Methan: Gebiete, in denen eine Versorgung von grünem Methan über das Gasnetz erfolgen kann und absehbar ist. Dies ist in Limburg an der Lahn in keinem voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiet zu erwarten. Grünes Methan wird aus biogenen Quellen erzeugt, die im Stadtgebiet Limburg an der Lahn nicht vorhanden sind.

Auf Basis dieser Kriterien ist eine Bewertungsmatrix erstellt worden, in der alle Gebiete beurteilt wurden. Das Zutreffen eines Kriteriums wurde in der Regel in vier Möglichkeiten abgestuft. Zum einen kann es keine Eignung geben, wenn bspw. kein Abwärmepotenzial im Gebiet vorhanden ist. Wenn das Kriterium zutrifft, kann eine Abstufung in drei Schritten ausgewählt werden. Für das Beispiel der Abwärme wäre dies geringes Abwärmepotenzial, mittleres Abwärmepotenzial oder hohes Abwärmepotenzial.

4.4 Bewertung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete

Beispielhaft wird die Bewertung für das Innenstadtgebiet und die Altstadt Limburgs ausführlich beschrieben. Die weiteren Ergebnisse werden tabellarisch dargestellt.

Nachfolgend sind die Schwerpunktegebiete im Stadtgebiet Limburg an der Lahn dargestellt. Das gesamte Stadtgebiet ist in Anhang 11 dargestellt.

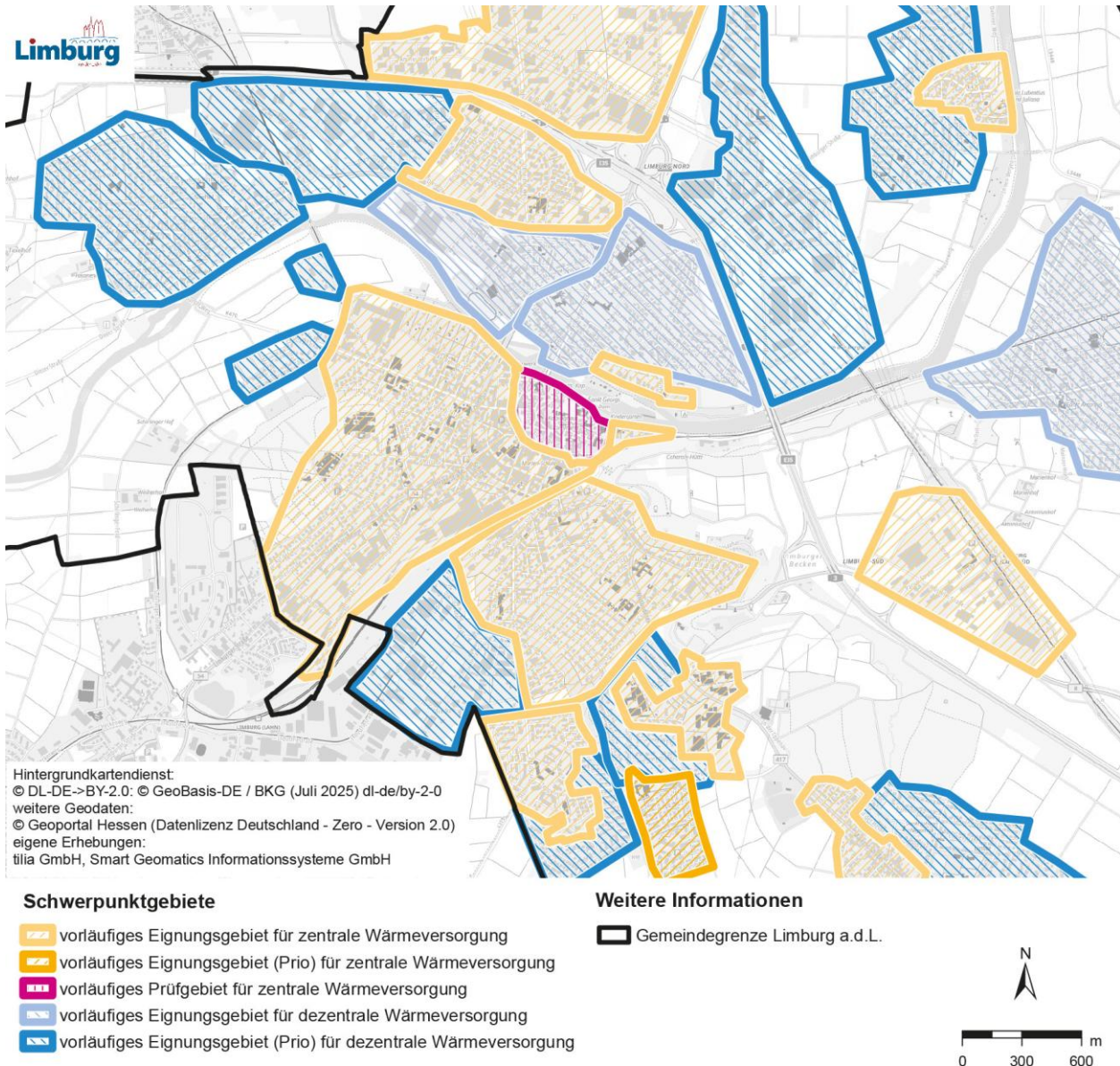


Abbildung 4-4: Darstellung Limburg an der Lahn Stadtgebiet

(eigene Darstellung, SmartGeomatics, Tilia)

Innenstadtgebiet Limburg

Zunächst werden die Kriterien, die auf den Wasserstoffbedarf abzielen, beurteilt.

- Langfristige Prozesswärme und stofflicher Wasserstoffbedarf: geringe Eignung
- Gasnetz vorhanden für Wasserstoffnetze: mittlere Eignung
- Preis- und Kostenbewertung eines Wasserstoffnetzes: hohe Kosten

- Verfügbarkeit von Wasserstoff bis 2045: hohes Risiko
- Risikoeinschätzung für den Aus- und Umbau des Gastnetzes zum Wasserstoffnetz bis 2045: mittleres Risiko

Die grundsätzliche Voraussetzung für ein Wasserstoffnetz ist durch das vorhandene Gasnetz gegeben. Allerdings deuten alle weiteren Kriterien klar auf eine geringere Eignung hin, da voraussichtlich kein Wasserstoff in Limburg verfügbar sein wird. Ggf. wird es punktuell einzelne Elektrolyseure geben, die in Momenten des Stromüberschusses eine Speicheroption darstellen können. Ob diese Erzeugerleistung jedoch für die Versorgung eines Wärmenetzes oder dezentraler Verbraucher ausreicht, ist fraglich.

Die nächsten Kriterien beeinflussen die Beurteilung für den Bau von Wärmenetzen.

- Wärmeliniendichte: hohe Eignung

Die Wärmeliniendichte beträgt im relevanten Bereich etwa 1.900 kWh/(m*a).

- Potenzielle Ankerkunden: hohe Eignung

Besonders in dem Bereich der Innenstadt gibt es mehrere Großverbraucher, die von einem Wärmenetz überzeugt werden müssen, um eine wirtschaftliche Umsetzung zu ermöglichen. Gewerbe mit großen Gebäuden und hohem Heizbedarf spielen hierbei eine wichtige Rolle. Vor allem das St.-Vincenz-Krankenhaus ist ein elementarer, potenzieller Ankerkunde mit sehr hoher Wärmeabnahme.

- Potenziale für erneuerbare Wärmeerzeugung: Geringe erneuerbare Potenziale
- Abwärmepotenziale: keine Abwärmepotenziale

Durch die dichte Bebauung ist die Erzeugung erneuerbarer Wärme erschwert. Ebenso sind bewaldete Flächen nur eingeschränkt oder nicht nutzbar. Für Geothermie bspw. sind größere Flächen notwendig, die den Platz für mehrere Bohrungen ermöglichen und auch den Platz für eine Heizzentrale bieten. Ebenso sind in der Innenstadt weder Industrie noch Gewerbe vorhanden, die nennenswerte Abwärme aufweisen.

- Spezifischer Investitionsaufwand für den Ausbau oder Bau eines Wärmenetzes: hohe Kosten
- Wärmenetz vorhanden: geringe Eignung
- Erwarteter Anschlussgrad an ein Wärmenetz: 40-80 %, hohe Eignung
- Spezifischer Investitionsaufwand für den Umbau im Gebäude bei einer Priorisierung eines Wärmenetzes: geringe Kosten

Im Gebiet der Innenstadt ist kein Wärmenetz vorhanden und es befindet sich auch kein Wärmenetz in benachbarten Gebieten. Zudem ist der Bau eines neuen Wärmenetzes mit hohen Kosten verbunden, da es bebautes Gebiet mit verdichtetem Untergrund ist. Hier kann sich eine Umsetzung in Kombination mit einer Straßenerneuerung zu geringeren Kosten für die Wärmenetzverlegung führen. Ein Umbau in Gebäude würde die Installation einer Hausanschlussstation erfordern. Durch die hohen Temperaturen in einem Wärmenetz ist kein weiterer Umbau zwingend erforderlich.

Die Umsetzung klimaneutraler dezentraler Systeme ist vor allem aus zwei Gründen beschränkt. Eine dichte Bebauung führt schnell zu Einschränkungen der Aufstellung von bspw. Wärmepumpen. Zudem ist der Gebäudebestand durch die frühen Baujahre in seiner Effizienz suboptimal für die Nutzung von Wärmepumpen nach aktuellem Stand der Technik. Zum Erreichen der notwendigen Vorlauftemperaturen müssten Einbußen der Effizienz der Wärmepumpen hingenommen werden. Jedoch gibt es einige Bereiche und Straßenzüge, bei denen eine dezentrale Versorgung realistisch ist, sodass diese den möglichen

Anschlussgrad reduzieren. Vor diesem Hintergrund wird von einer mittleren Anschlussrate von 40-80 % bei einem Wärmenetz in der Innenstadt ausgegangen. Allerdings können einzelne Großverbraucher auch individuelle Lösungen finden oder in Straßenzügen mit besonders hoher Wärmedichte Insellösungen wie Gebäudenetze geben, die eine Anschlussrate verringern könnten.

- Synergieeffekt durch ein mögliches, künftiges Wärmenetz: hohe Eignung
- Risikoeinschätzung eine Wärmeversorgungsnetzes: hohes Risiko

Durch ein mögliches künftiges Wärmenetz für die Großverbraucher ergeben sich Synergieeffekte für kleinere Verbraucher in diesem voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiet und daher eine hohe Eignung. Eine Risikoeinschätzung des zukünftigen Wärmeversorgungsnetzes wird durchgeführt. Nach den vorherigen Kriterien wird die Umsetzung des Wärmenetzes als risikoarm eingestuft.

Ebenfalls gibt es zwei Kriterien, die primär für eine Einzelbeheizung relevant sind.

- Spezifischer Investitionsaufwand für den Umbau im Gebäude bei Priorisierung dezentraler Wärmeversorgung: hohe Kosten
- Risikoeinschätzung des Stromverteilnetzes bis 2045: mittleres Risiko

Die Investitionskosten sind für dezentrale Beheizung voraussichtlich hoch, da ein alter Gebäudebestand vorliegt, für den eine regenerative Beheizung durch Wärmepumpe Effizienzverluste ergeben. Ebenso ist eine Anpassung etwa der Gebäudehülle zur Optimierung der Wärmepumpennutzung mit hohen Kosten verbunden, sodass die Umstellung in vielen Gebäuden spezifisch hohe Kosten aufweisen. Es kann sein, dass zukünftige Wärmepumpensysteme diese Herausforderungen effizient bewältigen, zum jetzigen Stand der Technik ist eine zeitnahe Umsetzung jedoch mit hohen Kosten je Gebäude verbunden.

Die Risikoeinschätzung, ob das Stromverteilnetz im voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiet für die zukünftigen Belastungen ausgelegt ist, oder nicht, lässt sich mit Blick auf die allgemeine Strominfrastruktur als hoch einschätzen. Bei einem flächendeckenden Einsatz von Wärmepumpen – eine stärkere Verbreitung von Ladensäulen durch die Elektrifizierung im Mobilitätssektor muss auch berücksichtigt werden – ist ein Risiko vorhanden, da ein Ausbau notwendig ist.

Die folgenden Kriterien bewerten den Treibhausgasausstoß der verschiedenen Lösungen. Hierzu wird eine Einschätzung der möglichen Erzeugungsvarianten und die Geschwindigkeit des Ausbaus berücksichtigt. Wenn also ein Wärmenetz erst nach vollständiger Sanierung im Jahr 2040 umgesetzt werden könnte, ist der Treibhausgasausstoß bis dahin hoch, da er nahezu unverändert sein würde und nur geringe Reduzierungen durch umgesetzte Sanierungen vorliegen.

- Treibhausgasausstoß bis 2045 beim Wärmenetz: Mittlerer Treibhausgasausstoß
- Treibhausgasausstoß bis 2045 bei dezentraler Wärmeversorgung: Mittlerer Treibhausgasausstoß
- Treibhausgasausstoß bis 2045 beim Wasserstoffnetz: Hoher Treibhausgasausstoß

Nach Abwägung der gesammelten Kriterien für das voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet Innenstadt kann eine Bewertung für ein Wärmenetz, eine dezentrale Wärmeversorgung, ein Wasserstoffnetz oder eine Einordnung als Prüfgebiet für die Eignung von grünem Methan vorgenommen werden.

- Bewertung Wärmenetz: wahrscheinlich geeignet
- Bewertung dezentrale Wärmeversorgung: wahrscheinlich geeignet
- Bewertung Wasserstoffnetz: sehr wahrscheinlich ungeeignet
- Prüfgebiet für Eignung grünes Methan: wahrscheinlich ungeeignet

Daraus ergibt sich der Vorschlag, die Innenstadt als voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet zu klassifizieren. Eine weitergehende Untersuchung im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wird empfohlen, um die technisch und wirtschaftlich besten Lösungen für die Umsetzung eines Wärmenetzes zu untersuchen. Gerade durch die großen Ankerkunden kann eine wirtschaftliche Umsetzung und der schrittweise Ausbau des Wärmenetzes gelingen.

Altstadt

Aufgrund der sehr engen Bebauung, werden zunächst die Kriterien, die auf den Wasserstoffbedarf abzielen, beurteilt.

- Langfristige Prozesswärme und stofflicher Wasserstoffbedarf: geringe Eignung
- Gasnetz vorhanden für Wasserstoffnetze: mittlere Eignung
- Preis- und Kostenbewertung eines Wasserstoffnetzes: hohe Kosten
- Verfügbarkeit von Wasserstoff bis 2045: hohes Risiko
- Risikoeinschätzung für den Aus- und Umbau des Gastnetzes zum Wasserstoffnetz bis 2045: mittleres Risiko

Die grundsätzliche Voraussetzung für ein Wasserstoffnetz ist durch das vorhandene Gasnetz gegeben. Allerdings deuten alle weiteren Kriterien klar auf eine geringere Eignung hin, da voraussichtlich kein Wasserstoff in Limburg verfügbar sein wird. Ggf. wird es punktuell einzelne Elektrolyseure geben, die in Momenten des Stromüberschusses eine Speicheroption darstellen können. Ob diese Erzeugerleistung jedoch für die Versorgung eines Wärmenetzes oder dezentraler Verbraucher ausreicht, ist fraglich.

Die nächsten Kriterien beeinflussen die Beurteilung für den Bau von Wärmenetzen.

- Wärmeliniendichte: hohe Eignung

Die Wärmeliniendichte beträgt im relevanten Bereich etwa 1.700 kWh/(m*a).

- Potenzielle Ankerkunden: hohe Eignung

Im Bereich der Altstadt gibt es mehrere Großverbraucher, die von einem Wärmenetz überzeugt werden müssen, um eine wirtschaftliche Umsetzung zu ermöglichen. Vor allem Gewerbe und kommunale sowie öffentliche Gebäude müssten für eine wirtschaftliche Umsetzung an ein mögliches Wärmenetz angeschlossen werden.

- Potenziale für erneuerbare Wärmeerzeugung: Geringe erneuerbare Potenziale
- Abwärmepotenziale: keine Abwärmepotenziale

Durch die dichte Bebauung ist die Erzeugung erneuerbarer Wärme erschwert. Es liegen nahezu keine Flächen vor (z.B. Wärmepumpen außerhalb von Gebäuden), auf denen eine Erzeugung erneuerbaren Energien denkbar ist. Industrie oder Gewerbe mit Abwärmemengen sind ebenfalls nicht vorhanden.

- Spezifischer Investitionsaufwand für den Ausbau oder Bau eines Wärmenetzes: hohe Kosten
- Wärmenetz vorhanden: geringe Eignung
- Erwarteter Anschlussgrad an ein Wärmenetz: 60-95 %, hohe Eignung
- Spezifischer Investitionsaufwand für den Umbau im Gebäude bei einer Priorisierung eines Wärmenetzes: geringe Kosten

Im Gebiet der Altstadt ist kein Wärmenetz vorhanden und es befindet sich auch kein Wärmenetz in benachbarten Gebieten. Zudem ist der Bau eines neuen Wärmenetzes mit hohen Kosten verbunden, da es

sich um bebautes Gebiet mit verdichtetem Untergrund handelt. Zudem ist die Bebauung durch die historische Straßenstruktur besonders eingeschränkt und erschwert. Für den Ausbau eines Wärmenetzes ist eine sorgfältige Planung erforderlich, insbesondere in Kombination mit bereits vorgesehenen Maßnahmen wie der Erneuerung von Kanal- und Straßeninfrastruktur. Ein Umbau innerhalb der Gebäude würde die Installation einer Hausanschlussstation erfordern. Durch die hohen Temperaturen in einem Wärmenetz ist kein weiterer Umbau zwingend erforderlich.

Inwieweit dezentrale Lösungen möglich sind, ist schwer abzuschätzen. Wärmepumpen müssen die Herausforderung der besonders hohen Vorlauftemperaturen für Altbauten erreichen und büßen dadurch Effizienz ein. Die dichte Bebauung erschwert jedoch auch hier die Umsetzung aufgrund immissionsrechtlicher Vorgaben.

- Synergieeffekt durch ein mögliches, künftiges Wärmenetz: hohe Eignung
- Risikoeinschätzung eines Wärmeversorgungsnetzes: geringes Risiko

Durch ein mögliches künftiges Wärmenetz für die Großverbraucher in diesem voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiet ergeben sich Synergieeffekte für kleinere Verbraucher und daher eine hohe Eignung. Eine Risikoeinschätzung des zukünftigen Wärmeversorgungsnetzes wird durchgeführt. Nach den vorherigen Kriterien wird die Umsetzung des Wärmenetzes als risikoarm eingestuft.

Zudem wurden zwei Bewertungsaspekte identifiziert, die primär für eine Einzelbeheizung von Bedeutung sind:

- Spezifischer Investitionsaufwand für den Umbau innerhalb des Gebäudes bei Priorisierung einer dezentralen Wärmeversorgung: mittlere Kosten
- Risikoeinschätzung des Stromverteilnetzes bis zum Jahr 2045: mittleres Risiko

Diese Kriterien sind insbesondere bei der Bewertung individueller Heizlösungen relevant und fließen ergänzend in die Gesamtbetrachtung ein.

Die Investitionen für eine dezentrale Beheizung fallen voraussichtlich hoch aus, da ein historischer und häufig denkmalgeschützter Gebäudebestand vorliegt und die bereits genannten, technischen Herausforderungen bestehen. Besonders die Anpassung der Gebäudehülle zur Optimierung des Wärmepumpenbetriebs erfordert einen erheblichen baulichen Aufwand, wodurch die Umstellung in vielen Fällen mit einem erhöhten finanziellen Bedarf verbunden ist. Zwar könnten zukünftige Wärmepumpensysteme diese Herausforderungen effizienter bewältigen, doch aus heutiger, technischer Sicht, ist eine zeitnahe Umsetzung mit beträchtlichen, gebäudespezifischen Aufwendungen verbunden.

Die Risikoeinschätzung hinsichtlich der Belastbarkeit des Stromverteilnetzes im voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiet Altstadt fällt mit Blick auf die bestehende Strominfrastruktur hoch aus. Insbesondere bei einem flächendeckenden Einsatz von Wärmepumpen ist mit einer erheblichen zusätzlichen Last zu rechnen, die einen Ausbau des Netzes erforderlich macht.

Die folgenden Kriterien bewerten den Treibhausgasausstoß der verschiedenen Lösungen. Hierzu wird eine Einschätzung der möglichen Erzeugungsvarianten und die Geschwindigkeit des Ausbaus berücksichtigt. Wenn also ein Wärmenetz erst nach vollständiger Sanierung im Jahr 2045 umgesetzt werden könnte, ist der Treibhausgasausstoß bis dahin hoch, da er nahezu unverändert sein würde und nur geringe Reduzierungen durch umgesetzte Sanierungen vorliegen.

- Treibhausgasausstoß bis 2045 beim Wärmenetz: Mittlerer Treibhausgasausstoß
- Treibhausgasausstoß bis 2045 bei dezentraler Wärmeversorgung: Mittlerer Treibhausgasausstoß

- Treibhausgasausstoß bis 2045 beim Wasserstoffnetz: Hoher Treibhausgasausstoß

Nach Abwägung der gesammelten Kriterien für das potenzielle Wärmeversorgungsgebiet Altstadt kann eine Bewertung hinsichtlich eines Wärmenetzes, einer dezentralen Wärmeversorgung, eines Wasserstoffnetzes oder einer Einordnung als Prüfgebiet für die Eignung von grünem Methan vorgenommen werden.

- Bewertung Wärmenetz: wahrscheinlich geeignet
- Bewertung dezentrale Wärmeversorgung: wahrscheinlich geeignet
- Bewertung Wasserstoffnetz: sehr wahrscheinlich ungeeignet
- Prüfgebiet für Eignung grünes Methan: wahrscheinlich ungeeignet

Daraus ergibt sich der Vorschlag, das Wärmeversorgungsgebiet Altstadt zunächst als Prüfgebiet einzuordnen. Eine weitergehende Untersuchung im Rahmen einer Machbarkeitsstudie oder technischen Vorstudie wird empfohlen, um die zukünftige Beheizung präziser abschätzen zu können. Gerade die Herausforderung durch den historischen und häufig denkmalgeschützten Gebäudebestand sowie die sehr dichte Bauweise und enge Straßenzüge, stellen besondere Anforderungen an die Errichtung eines Wärmenetzes sowie dezentraler Versorgungssysteme dar.

Bewertung Stadtgebiet gesamt

Für das Stadtgebiet Limburg an der Lahn ergibt sich damit zusammengefasst für die 31 Gebiete die Unterteilung in

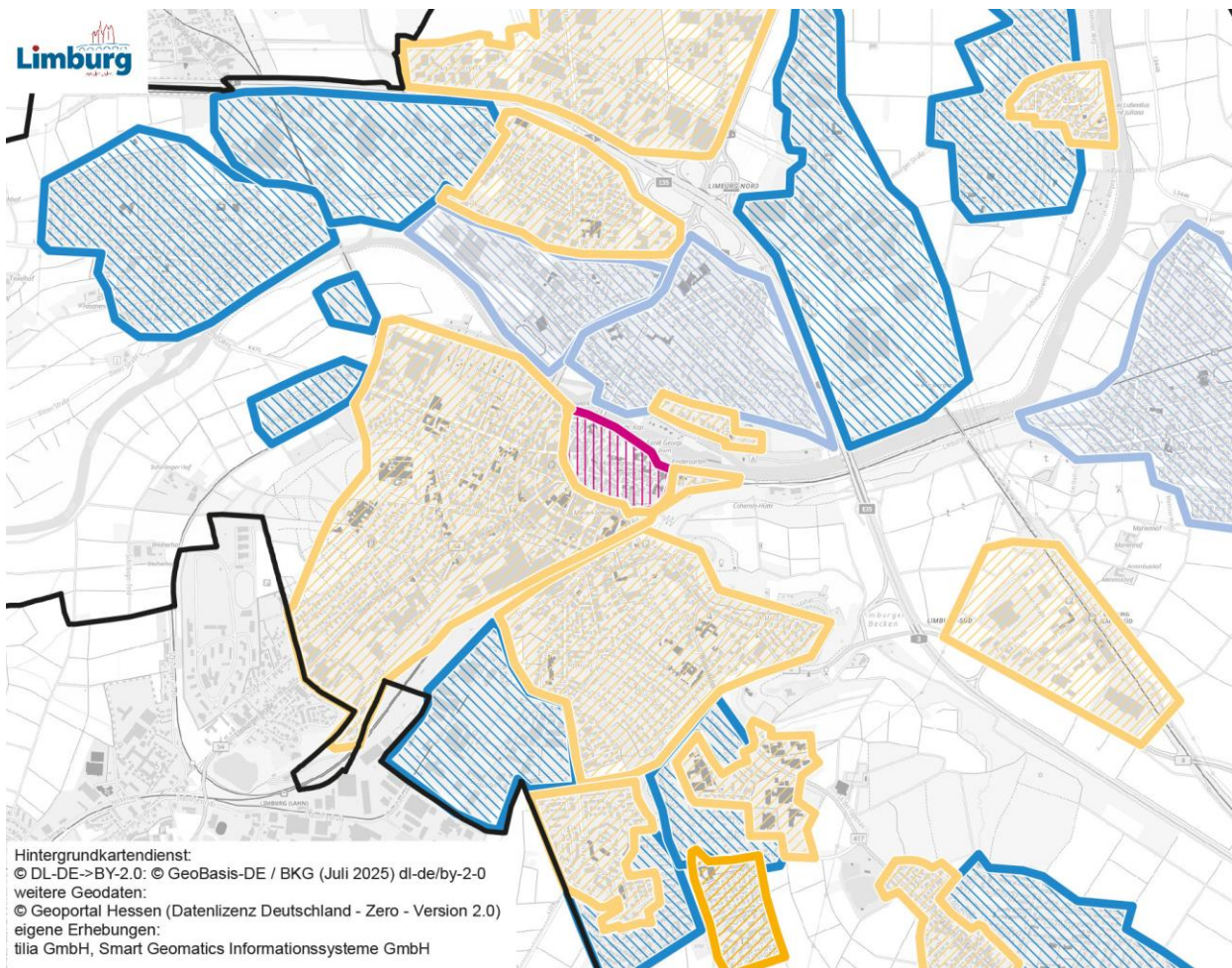
- 11 Gebiete mit der Empfehlung als zukünftige Wärmenetzgebiete
- 1 Gebiete mit der Einordnung als Prüfgebiet
- 19 Gebiete mit der Empfehlung als Gebiete für die dezentrale Wärmeversorgung

Die Altstadt wird als Prüfgebiet eingeteilt, da hier besondere Herausforderungen durch den alten Gebäudebestand vorliegen und auch die dichte Bauweise für einige Wärmelösungen Hindernisse darstellt. In diesem Gebiet muss daher gesondert geprüft werden, ob ein Wärmenetz eine mögliche Lösung sein kann.

Die Einteilung in die Gebietskategorien schließt nicht aus, dass beispielweise in Gebieten mit dezentraler Beheizung auch kleine Wärmenetze entstehen können. Vor allem dort, wo eine punktuell dichte Bebauung vorliegt, können sich Gebäudenetze rentieren. Für die meisten Gebiete ist bereits die Wärmedichte zu gering, um eine wirtschaftliche Umsetzung eines Wärmenetzes realisieren zu können. Da die wirtschaftliche Machbarkeit eine zentrale Rolle spielt und der Bau eines Wärmenetzes ohne wirtschaftliche Grundlage als sehr unwahrscheinlich gilt, lässt sich anhand dieses Kriteriums bereits eine erste Indikation für die abschließende Bewertung ableiten.

Genauso wie die Wärmeliniendichte bereits einen deutlichen Hinweis auf die voraussichtliche Eignung eines Wärmenetzes geben kann, so ist auch für die Wasserstoffverfügbarkeit und somit die Realisierung von Wasserstoffnetzen eine schnelle Beurteilung möglich. In Limburg an der Lahn ist keine Grundstoffindustrie ansässig, die langfristig auf Wasserstoff, vor allem für die stoffliche Nutzung (bspw. als Reduktionsmittel in der Stahlindustrie), angewiesen ist. Dementsprechend wird mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit kein Wasserstoffnetz in Limburg an der Lahn entstehen oder der Anschluss an die überregionalen Netze zwischen Industrieregionen – etwa dem Ruhrgebiet und der Rhein-Main-Region – möglich sein.

Die Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete im Stadtgebiet Limburg an der Lahn basiert auf einer ersten Einschätzung und dient der Orientierung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung. In Blau sind Gebiete dargestellt, bei denen eine dezentrale Wärmeversorgung mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen wird, in Hellblau solche mit mittlerer Wahrscheinlichkeit. In Orange sind bestehende sowie sehr wahrscheinliche Wärmenetzgebiete dargestellt, in hellem Orange die potenziellen Wärmenetzgebiete. Die Altstadt ist in Lila als Prüfgebiet gekennzeichnet, da hier derzeit keine eindeutige Aussage zur zukünftigen Wärmeversorgungsform getroffen werden kann. Ob eine dezentrale Versorgung, ein Wärmenetz oder sogar ein Wasserstoffnetz geeignet ist, soll durch eine nachfolgende Machbarkeitsstudie geprüft werden. Es handelt sich bei allen farblich dargestellten Einordnungen um vorläufige Bewertungen, die im weiteren Planungsverlauf konkretisiert und ggf. angepasst werden müssen.



Schwerpunktgebiete

- vorläufiges Eignungsgebiet für zentrale Wärmeversorgung
- vorläufiges Eignungsgebiet (Prio) für zentrale Wärmeversorgung
- vorläufiges Prüfgebiet für zentrale Wärmeversorgung
- vorläufiges Eignungsgebiet für dezentrale Wärmeversorgung
- vorläufiges Eignungsgebiet (Prio) für dezentrale Wärmeversorgung

Weitere Informationen

- Gemeindegrenze Limburg a.d.L.

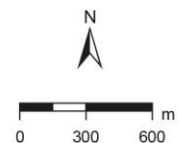


Abbildung 4-5: voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete Limburg an der Lahn

(Quelle: Smart Geomatics / eigene Darstellung)

4.5 Zukünftige Dezentrale Wärmeversorgung

Die dezentrale Wärmeversorgung gewinnt in ländlichen Gebieten zunehmend an Bedeutung, besonders im Hinblick auf die Notwendigkeit, fossile Brennstoffe zu reduzieren und die Wärmewende voranzutreiben. Mit Technologien wie Wärmepumpen und Pelletheizungen bieten sich nachhaltige und effiziente Alternativen zu traditionellen Heizsystemen.

4.5.1 Vorteile der Wärmepumpen

- **Energieeffizienz:** Wärmepumpen können einen hohen Anteil der benötigten Energie aus der Umwelt beziehen, was sie zu einer sehr effizienten Heizlösung macht.
- **Umweltfreundlichkeit:** Da sie hauptsächlich erneuerbare Energiequellen nutzen, tragen Wärmepumpen zur Reduktion von CO₂-Emissionen bei.
- **Geringe Betriebskosten:** Die Nutzung kostenloser Umweltenergie führt zu niedrigen laufenden Kosten.
- **Vielseitigkeit:** Wärmepumpen können sowohl zum Heizen als auch zum Kühlen verwendet werden.

Trotz ihrer Vorteile gibt es auch Herausforderungen, die bei der Implementierung von Wärmepumpen in ländlichen Gebieten berücksichtigt werden müssen:

- **Hohe Anfangsinvestitionen:** Die Anschaffung und Installation von Wärmepumpen können teurer sein als traditionelle Heizsysteme.
- **Notwendigkeit für geeignete Infrastruktur:** Wärmepumpen erfordern einen geeigneten Standort, vor allem bei Erd- oder Grundwasserwärmepumpen.
- **Abhängigkeit von Strom:** Wärmepumpen benötigen Strom, was ihre Effizienz bei einer nicht nachhaltigen Stromversorgung beeinträchtigen kann.
- **Lärmschutzvorgaben:** Die Abstände zu benachbarten Gebäuden müssen lediglich 0,5 m betragen. Jedoch müssen aus Immissionsschutzgründen größere Abstände eingehalten werden. Diese Beschränkung kann im Laufe der Zeit abgebaut werden, indem durch technischen Fortschritt die Schallemissionen reduziert werden.

Wärmepumpen eignen sich besonders für Gebäude mit guter bis mittlerer Dämmung, in denen die Vorlauftemperatur idealerweise auf maximal 60 °C eingestellt werden kann. Diese Rahmenbedingungen ermöglichen einen effizienten Betrieb, da Wärmepumpen bei niedrigen Vorlauftemperaturen besonders wirtschaftlich arbeiten. In solchen Gebäuden sorgt die Technologie nicht nur für eine hohe Energieeffizienz, sondern auch für eine gleichmäßige und komfortable Wärmeverteilung. Darüber hinaus profitieren die Bewohner von geringen Betriebsausgaben und einem umweltfreundlichen Heizsystem, was Wärmepumpen zu einer zukunftsfähigen Lösung für nachhaltiges Heizen macht.

4.5.2 Pelletheizungen oder Hybrid-Pelletheizungen

Pelletheizungen nutzen Holzpellets, die aus Restholz und Sägemehl hergestellt werden. Sie gelten als erneuerbare Energiequelle und sind besonders in ländlichen Regionen mit Zugang zu Holzressourcen attraktiv. In Limburg an der Lahn ist das Potenzial für Biomasse jedoch begrenzt, was eine flächendeckende Nutzung einschränkt.

Eine Hybrid-Pelletheizung kombiniert die klassische Pelletheizung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. In den Sommer- und Übergangsmonaten übernimmt die Wärmepumpe die Wärmeversorgung, während

im Winter – bei niedrigen Außentemperaturen und einem höheren Bedarf an Vorlauftemperatur (ca. 60 °C) – die Pelletheizung zum Einsatz kommt. Dadurch wird der Biomasseverbrauch reduziert.

Wird zusätzlich eine Photovoltaikanlage integriert, kann der erzeugte Strom direkt für den Betrieb der Wärmepumpe genutzt werden. Im Gegensatz zur reinen Pelletheizung ermöglicht die Hybridlösung somit eine effizientere Nutzung erneuerbarer Energien und verringert die Abhängigkeit vom Biomassemarkt.

Pelletheizungen weisen einige Vorteile auf.

- Nachhaltigkeit: Holzpellets sind ein erneuerbarer Brennstoff und tragen zur Reduktion von CO₂-Emissionen bei.
- Verfügbarkeit: In waldreichen Regionen sind Holzpellets leicht verfügbar.
- Komfort: Pelletheizungen sind automatisiert und erfordern wenig manuelle Eingriffe.
- Kosteneffizienz: Die Betriebskosten sind im Vergleich zu fossilen Brennstoffen oft geringer.

Trotz ihrer Vorteile gibt es auch Herausforderungen bei der Implementierung von Pelletheizungen:

- Lagermöglichkeiten: Es wird ausreichend Platz für die Lagerung der Pellets benötigt.
- Transport: Der Transport der Pellets kann je nach Region zu zusätzlichen Kosten führen.
- Emissionen: Trotz niedrigerer Emissionen im Vergleich zu fossilen Brennstoffen, entstehen bei der Verbrennung von Pellets dennoch Feinstaub und andere Schadstoffe.
- Trocknung: Die Trocknung von Pellets ist energieintensiv und nicht zertifizierte Pellets haben oft einen zu hohen Wassergehalt, was sich negativ auf die Verbrennung auswirkt und somit die Effizienz der Heizung senkt und den Energieverbrauch erhöht.

Pelletheizungen sind bekannt für ihre Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz, doch bei der Nutzung dieser Heizsysteme muss auch den Emissionen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Trotz ihrer Umweltfreundlichkeit im Vergleich zu fossilen Brennstoffen, entstehen bei der Verbrennung von Holzpellets Feinstaub und andere Schadstoffe. Um die Umweltbelastung zu minimieren, gibt es verschiedene Maßnahmen und Technologien, die den Emissionsschutz bei Pelletheizungen verbessern können.

Moderne Pelletheizungen sind mit speziellen Filtersystemen ausgestattet, die die Partikelemissionen erheblich reduzieren. Diese Filter fangen Feinstaubpartikel auf und verhindern, dass sie in die Atmosphäre gelangen. Zudem ist es wichtig, regelmäßig Wartungs- und Reinigungsarbeiten durchzuführen, um die Effizienz der Filter und der Heizungsanlage insgesamt zu gewährleisten.

Ein weiterer Ansatz zur Reduktion von Emissionen ist die Verwendung von hochwertigen Holzpellets. Pellets, die nach der Verbrennung einen niedrigen Ascheanteil hinterlassen und eine hohe Energiedichte aufweisen, sorgen für eine sauberere Verbrennung und geringere Schadstoffemissionen. Daher sollten Nutzer auf die Qualität der Pellets achten und bevorzugt zertifizierte Produkte verwenden.

Zusätzlich können moderne Abgassysteme und Katalysatoren eingesetzt werden, um die entstehenden Schadstoffe weiter zu reduzieren. Diese Technologien wandeln schädliche Gase und Partikel in weniger schädliche Substanzen um, bevor sie die Heizungsanlage verlassen.

Durch die Kombination dieser Maßnahmen kann der Emissionsschutz bei Pelletheizungen erheblich verbessert werden, ohne auf die Vorteile dieser umweltfreundlichen Heiztechnik verzichten zu müssen.

Reine Pelletheizungen oder Hybrid-Pelletheizungen sind besonders geeignet für ältere Gebäude, die über ausreichend Lagerplatz für die Pellets verfügen und hohe Vorlauftemperaturen benötigen. Diese Heizsysteme bieten eine nachhaltige und effiziente Alternative zu herkömmlichen Heizmethoden, da sie erneuerbare Energien nutzen und gleichzeitig die Umweltbelastung reduzieren.

Für ältere Gebäude, die häufig höhere Vorlauftemperaturen erfordern, bieten Pelletheizungen eine zuverlässige Möglichkeit, den Wärmebedarf zu decken, ohne auf die Umweltfreundlichkeit zu verzichten. Die Kombination aus regelmäßiger Wartung, der Nutzung zertifizierter Pellets und den neuesten Abgas- und Filtertechnologien stellt sicher, dass diese Heizsysteme nicht nur effizient, sondern auch umweltschonend arbeiten.

Insgesamt sind Pelletheizungen eine ausgezeichnete Wahl für ältere Gebäude, die sowohl Nachhaltigkeit als auch Heizleistung in den Vordergrund stellen. Durch sorgfältige Planung und die Auswahl der richtigen Komponenten können diese Systeme den speziellen Anforderungen solcher Bauwerke gerecht werden und gleichzeitig einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

4.5.3 Zusammenfassung Dezentrale Wärmeversorgungen

Die dezentrale Wärmeversorgung mit Wärmepumpen (Luft und Geothermie als Wärmequelle) oder Hybrid-Pelletheizungen stellt eine zukunftsweisende Lösung für das Stadtgebiet Limburg an der Lahn sowie dessen Stadtteile dar. Mit den richtigen Maßnahmen und einem Umsetzungswillen der Bewohner und Eigentümer können diese Technologien zu einer nachhaltigen und effizienten Energieversorgung beitragen und sind gerade auf ländlichen Wohn- und Gebäudestrukturen zu bevorzugen, da die Herausforderungen durch ein Wärmenetz eher bei dichter besiedelten Wohnstrukturen wie in dem Innstadtgebiet Limburg an der Lahn von allen Akteuren gemeistert werden können.

4.6 Herausforderungen beim Wärmenetzausbau

Erfahrungsgemäß wird der Ausbau von Nahwärmenetzen häufig mit dem Austausch bestehender Leitungen kombiniert, etwa für Wasser, Abwasser, Strom, Telekommunikation oder Erdgas. Der Einbau von Nahwärmeleitungen in solchen Straßen stellt insbesondere dann eine besondere Herausforderung dar, wenn die Straßen sehr schmal sind oder Rücksicht auf vorhandene Bäume genommen werden muss. In solchen Fällen wird die Umsetzung oft zunächst als „unmöglich“ eingeschätzt.

Trotzdem ist die Verlegung von Nahwärmeleitungen grundsätzlich möglich – vorausgesetzt, alle Beteiligten, insbesondere die Kommune, stehen hinter dem Vorhaben. Bewährt hat sich ein kontinuierlicher Austausch zwischen allen Beteiligten. Neben den Betreibern der Nahwärmenetze sollten auch die zuständigen städtischen Ämter (z. B. für Tiefbau, Straßenbau, Wasser, Abwasser, Stadtplanung und Gartenbau) sowie externe Leitungsbetreiber (wie Telekommunikationsunternehmen) frühzeitig eingebunden werden. Durch eine rechtzeitige Abstimmung aller beteiligten Stellen lassen sich Baumaßnahmen mit dem Ausbau der Nahwärmeinfrastruktur koordinieren, was sowohl die Planung der Trassen erleichtert als auch Kosten spart.

Auf Basis des Wärmeplans kann ein Konzept für den koordinierten Ausbau der Nahwärme im öffentlichen Raum entwickelt werden. Dabei spielt die Erstellung eines strategischen Bauprogramms durch das Tiefbauamt in Zusammenarbeit mit den beteiligten Ämtern eine zentrale Rolle, um das Mitverlegen von Wärmeleitungen als festen Bestandteil der Planung zu verankern. Besonders geeignet ist ein koordinierter Ausbau ganzer Straßenzüge oder -abschnitte während der Sommermonate, der als zusammenhängende Tiefbaumaßnahme durchgeführt wird. Diese Vorgehensweise bietet sowohl für die ausführenden Stellen

(Energieversorger, Tiefbauamt etc.) als auch für die Bürgerinnen und Bürger in Limburg eine kostengünstige Lösung mit möglichst geringen Einschränkungen.

Auch bei speziellen Nahwärmeprojekten hat sich eine frühzeitige Abstimmung mit allen Beteiligten als sinnvoll erwiesen. Sollten dennoch Schwierigkeiten bei der Trassenplanung auftreten, ist es hilfreich, wenn alle Beteiligten ihre vorhandenen Ermessensspielräume voll ausschöpfen. Dazu zählen auch das Umverlegen bestehender Leitungen oder die Anpassung von Abstandsvorgaben – beides sollte in gemeinsamen Gesprächen diskutiert werden. Auch hier kann der Kommune eine Schlüsselrolle zukommen.

Weitere Herausforderungen ergeben sich bei der Erschließung von Wärmenetzen im privaten Raum. Der Ausbau durch Dritte, etwa in genossenschaftlicher Struktur, kann diesen Prozess deutlich vereinfachen und beschleunigen.

Hilfreich ist zudem, die Akzeptanz für den Nahwärmeausbau in den jeweiligen Quartieren durch vorgelagerte Informations- und Werbemaßnahmen zu erhöhen. Solche Kampagnen müssen nicht zwingend von der Stadt selbst durchgeführt werden, sondern können auch von geeigneten Institutionen wie Energieagenturen oder Landesstellen übernommen werden – sofern entsprechende Angebote bestehen. So lässt sich bereits vor Beginn der Baumaßnahmen eine breite Basis an zukünftigen Nahwärmekunden gewinnen, die dann gebündelt angeschlossen werden können.

Wenn größere technische Anforderungen dennoch dazu führen, dass zusätzliche Kosten entstehen, die nicht im Budget der Nahwärmeversorgung untergebracht werden können, besteht die Möglichkeit, zusätzliche Mittel über Förderung (Stadt, Land, Bund etc.) einzuwerben. Zudem können Sekundärnetze mit einer anderen Preisgestaltung als im übrigen Nahwärmenetz gebildet werden.

4.7 Analyse und Beschreibung der Entwicklung der Gasversorgung für 2030 und 2045

Alle Maßnahmen zur Erreichung der klimaneutralen Versorgung von Gebäuden haben erhebliche Auswirkungen auf die Bedeutung der bestehenden Erdgasnetzstrukturen, die durch den Ausbau der erneuerbaren Wärmezeugung an Bedeutung verlieren. Dennoch werden Gasnetze in Zukunft einen nützlichen Zweck erfüllen können, wenn auch nicht mehr zur dominanten Versorgung von Kleinverbrauchern. Hier liegt der Fokus eher auf der Versorgung von KWK-Anlagen, Brennstoffzellen und größeren Industriebetrieben mit energetisch aufwendigen Prozessen und hohen Prozesstemperaturen.

Unter dem Eindruck der zunehmenden Abgabenbelastung von Erdgasverbräuchen (bspw. durch die CO₂-Abgabe nach Brennstoffemissionshandelsgesetz, Abk. BEHG) und der Ziele der Klimaneutralität im Jahr 2045, erscheint das bestehende Erdgasnetz einem starken Wandel unterworfen. Bis zum Jahr 2026 existiert ein Preiskorridor zur CO₂-Abgabe nach BEHG, der dann zwischen 55 und 65 €/t CO₂ liegen soll. Bei einem CO₂-Gehalt von 202 g/kWh Erdgas bedeutet dies einen Preisaufschlag von etwa 1,2 ct/kWh (netto) bezogenes Erdgas. In Wärme umgewandelt (Wirkungsgradverluste und Berücksichtigung Faktor Heizwert) bedeutet dies einen Preisaufschlag von etwa 1,8 ct/kWh (brutto), den ein Endverbraucher für die bezogene Wärmeenergie zahlen muss.

Nach dem Jahr 2026 soll die Preisbildung anhand von CO₂-Zertifikaten stattfinden. Der Preis wird voraussichtlich deutlich über 60 €/t CO₂ liegen. Dies führt zu sehr hohen Endkundenpreisen, die das Erdgas als Heizstoff für Raumwärme aus dem Markt bringen. Dies und die verringerte Versorgungssicherheit samt dem Neuinstallationsverbot für reine Erdgasheizungen im Rahmen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) werden schon im Jahr 2030 dazu führen, dass die Nachfrage für Erdgas bei den Gebäudeeigentümern

stark nachlässt, insbesondere wenn der Einbau einer Wärmepumpe oder der Anschluss an ein Wärmenetz möglich sind. Biomethan und Holz werden zur Substitution von fossilem Erdgas nicht in ausreichender Menge zur Verfügung stehen.

Dies hat zur Folge, dass das Gasnetz als Versorgungsinfrastruktur für Raumwärme unattraktiv wird und es bis dahin nicht genügend klimaneutrales Methangas geben wird, das – wie Wasserstoff – aus Strom und aus Biomethan gewonnen werden müsste. Da davon ausgegangen werden muss, dass schon regional aus Strom erzeugter Wasserstoff zu Gesteungskosten von über 15 ct/kWh führt und synthetisches Erdgas noch einmal aus Wasserstoff methanisiert werden müsste und Netzentgelte, Umlagen und Investitionen sowie Wartung und Instandhaltung dazu kämen, erklärt sich der Vorteil der Wärmepumpe bzw. des Wärmenetzes zur Deckung des Raumwärmebedarfes von selbst.

Folglich wird das Erdgasnetz der Zukunft noch Abnehmer dienen können, welche höhere Temperaturen (>100-140 °C) benötigen, die mittelfristig nicht mit einer Wärmepumpe bereitgestellt werden können. Dies betrifft fast ausschließlich Produktionsprozesse in Industrieunternehmen. Fraglich ist, ob Unternehmen diese Bedarfe mit Biomethan abdecken oder ob Wasserstoff eine sinnvolle Lösung sein wird. Vor allem bei Wasserstoff hängt dies primär von Verfügbarkeiten und letztlich dem Endkundenpreis ab. Eine weitere Herausforderung stellen die Netzentgelte dar. Diese werden auf alle Verbraucher umgelegt. Ziehen sich allerdings viele Nutzer aus dem Netz zurück, so entfällt das zu entrichtende Netzentgelt auf weniger Verbraucher, die somit eine deutliche höhere Abgabe zahlen müssten. Ebenso wären wenige Nutzer bei einem Wasserstoffnetz von einer voraussichtlich hohen Abgabe betroffen.

Es lässt sich lediglich konstatieren, dass für Wasserstoff im Vergleich zu Methan eine Veredelungsstufe weniger anfällt und dass ein Wasserstoffnetz vermutlich zielgerichteter hin zu Industriekunden bzw. (LKW-)Tankstellen errichtet werden würde – ohne dabei „Altlasten“ wie Gas-Netzentgelte zu tragen. Daraus kann prognostiziert werden, dass wenige größere Industriebetriebe Methan benötigen werden. Für Kleinverbraucher würde sich ein Weiterbetrieb des Netzes nicht rentieren, sodass diese Bereiche des Netzes abgeschaltet werden. Es könnte jedoch vor allem für Heizzentralen wie bei Industriebetrieben sinnvoll sein, Hauptstränge des Netzes weiterzubetreiben, um die Spitzenlast abzudecken. Eventuell kann aber auch eine Wasserstofflösung eine günstigere Variante sein.

Auf die Entwicklung des Erdgasnetzes bezogen bedeutet dies, dass Investitionen abseits der Versorgungsstränge für das Großgewerbe mit Prozessenergiebedarfen auf das notwendige Minimum beschränkt werden und jetzigen Erdgaskunden frühzeitig Alternativen dazu angeboten werden sollten, um deren Energieversorgung auch in Zukunft zu gewährleisten. Die Alternativen wären in verdichteten Lagen Wärmenetze, da Flächen für den Wärmeentzug für alternativ denkbare Sole-Wasser- oder Wasser-Wasserwärmepumpen fehlen und Luftwärmepumpen in kalter Witterung zu unnötig hohen Stromverbräuchen sowie Schallemissionen führen würden. In weniger verdichteten Lagen können dezentrale Wärmepumpen sowie im Einzelfall Holzheizungen oder reine solarthermische Anlagen inklusive Saisonalspeicher, Alternativen darstellen.

4.8 Ausblick Wasserstoffnutzung

Es wird prognostiziert, dass die Implementierung von Wasserstoff im Wärmebereich in Hessen vor 2040 unwahrscheinlich ist, da die Produktion und der Transport des Wasserstoffs vor der Nutzung erfolgen

müssen. Unternehmen wie RWE und Equinor haben Pläne, die Produktion von Wasserstoff in den kommenden Jahren durch die Erzeugung von „blauem“ Wasserstoff aus Erdgas durch Kohlenstoff-Abspaltung zu erhöhen und zu entwickeln. Ein Beispiel hierfür ist die Erzeugung von blauem Wasserstoff in Norwegen, welcher durch eine spezielle Wasserstoffpipeline nach Deutschland transportiert wird.¹

Der abgespaltene Kohlenstoff wird durch CCS-System (Carbon Capture and Storage System) in Bodenschichten gespeichert. Parallel dazu wird ein H₂-Pipeline-Netz in Deutschland aufgebaut, das den Knotenpunkt in der Nordsee anbinden wird. Grüner Wasserstoff, der durch Elektrolyse mit Strom aus erneuerbaren Energien in Norwegen und Deutschland produziert wird, kann dann ebenfalls durch das H₂-Pipeline-Netz transportiert werden.

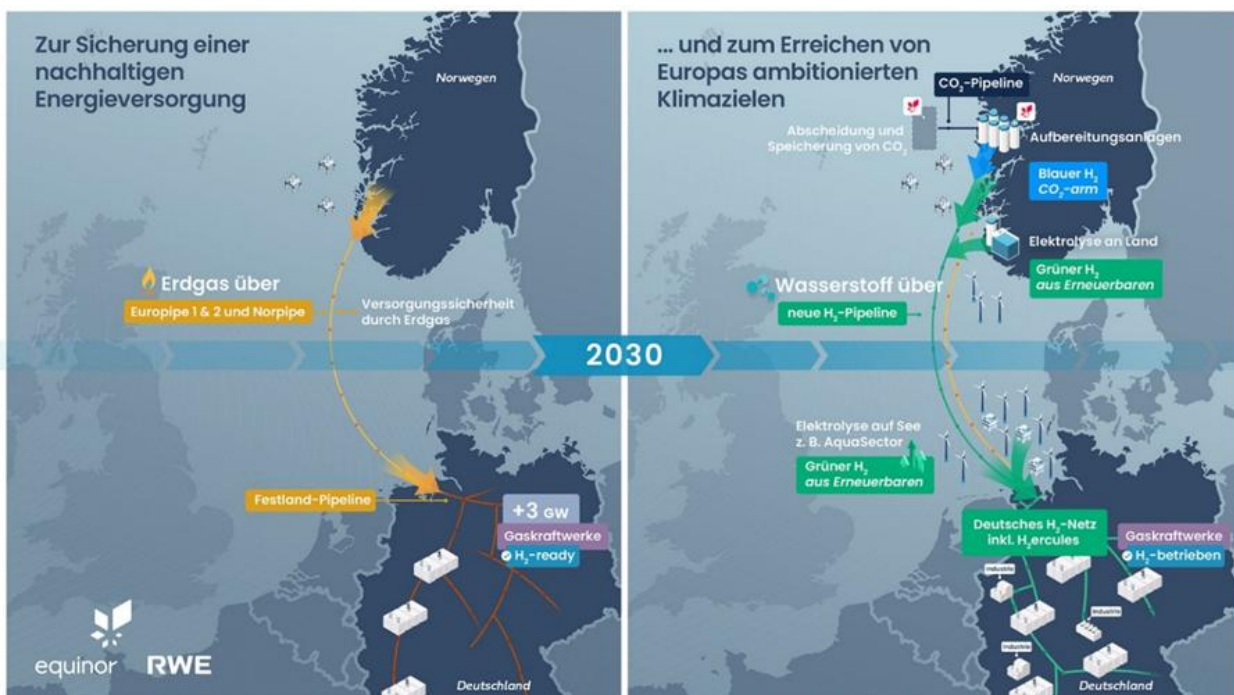


Abbildung 4-6: Wasserstoff-Importe ab 2030

(Quelle: PV-Magazin, 2023)

In den Jahren nach 2030 ist geplant, dass eine Pipeline Wasserstoff liefern wird, um Gaskraftwerke und bestimmte Industriezweige zu versorgen und damit eine klimaneutrale Unabhängigkeit von Gas zu erreichen. Durch die Verwendung von Wasserstoff in Gaskraftwerken kann die schwankende Energieerzeugung von erneuerbaren Energien stabilisiert werden. Diese Kraftwerke werden zunächst mit Wasserstoff versorgt, um das Stromnetz stabil zu halten und anschließend die Versorgung der gasabhängigen Schwerindustrie sicherzustellen.

Eine Beimischung von Wasserstoff in das bestehende Erdgasnetz ab 2035 wäre denkbar, um die CO₂-Emissionen im Gasverbrauch zu verringern. Aufgrund technologischer Einschränkungen ist jedoch ein

¹ RWE AG: RWE und Equinor vereinbaren strategische Partnerschaft für Versorgungssicherheit und Dekarbonisierung. Online verfügbar unter: <https://www.rwe.com/presse/rwe-ag/2023-01-05-rwe-und-equinor-vereinbaren-strategische-partnerschaft/>, zuletzt abgerufen am 25.07.2023.

maximaler Wasserstoffanteil von 23 % möglich. Systeme würden dann sukzessive von G20 auf G222 Gas angepasst werden. G20 ist die Bezeichnung für Methan bei einem Reinheitsgrad von mehr als 99,5 Vol. % und G222 für 77 Vol. % Methan und 23 Vol. % Wasserstoff. Die heutigen Gas-Brennwert-Heizungen werden mit dem G222 Gas getestet, wobei das G20 als Brennerprüfgas die Referenz darstellt. Der Brennwert von G222 liegt bei 28,53 MJ/m³ und der des G20 bei 34,02 MJ/m³. Um die gleiche Energiemenge zu erreichen, müssten demnach ca. 19 % mehr Kubikmeter Gas-Volumen verbrannt werden. Insgesamt werden durch die Verbrennung von G222 8 % THG-Emissionen verhindert.

Für den Fall, dass grüner Wasserstoff für die energetische Versorgung von Wohnhäusern verwendet wird, müsste dieser zunächst über das Power-to-Gas-Verfahren hergestellt und anschließend über das H₂-Pipeline-Netz transportiert werden. In einem Elektrolyseur wird Wasser durch Zuführung von erneuerbarer Energie in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Dabei entsteht Abwärme, welche bereits genutzt werden kann. Die meisten Wohnhäuser sind nicht auf die Verbrennung von Wasserstoff eingestellt, da H₂ einen anderen Brennwert und andere Brenneigenschaften im Vergleich zu Methan hat und nur bei neuesten Geräten (H₂-ready) die Nutzung von Wasserstoff möglich ist. Daher müsste Wasserstoff im nächsten Schritt über eine Zuführung von Kohlendioxid für die meisten Heizungsanlagen zu Methan umgewandelt werden. Im Anschluss wird das Methan in die Wohnhäuser eingespeist und kann verbrannt werden. Das bei der Verbrennung freiwerdende CO₂ ist genau die Menge CO₂, welche bei der Methanisierung verwendet wurde. Dieses kann schließlich wieder zum H₂ hinzugefügt werden, um den Kreislauf zu schließen. Der Prozess ist CO₂-neutral, da das emittierte CO₂ der Menge entspricht, welche vorher gebunden wurde.

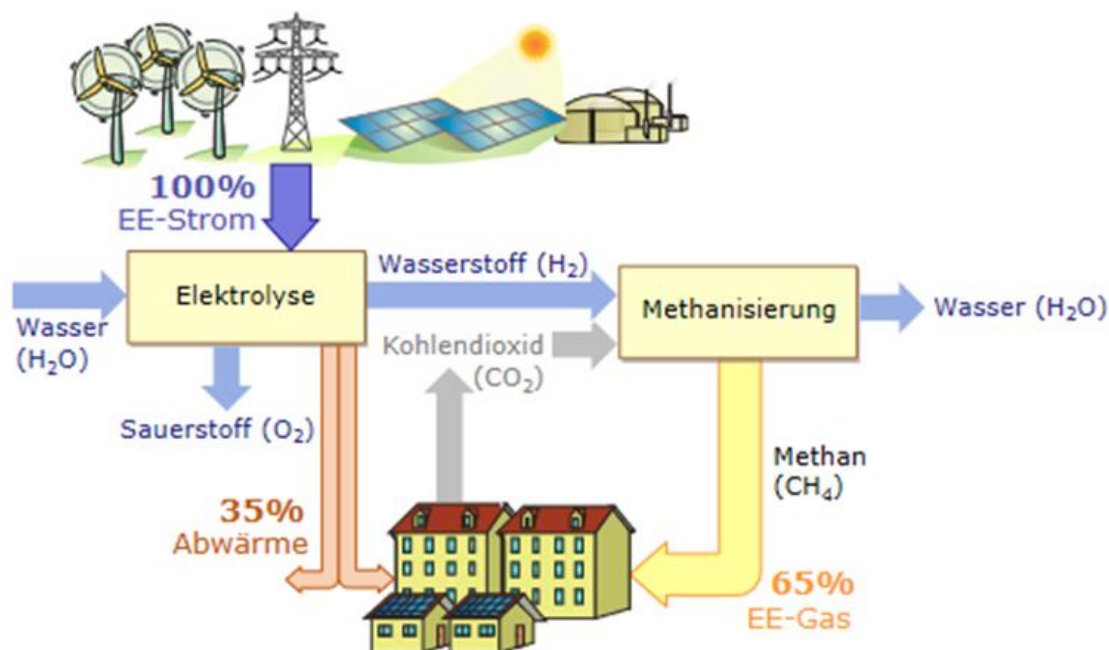


Abbildung 4-7: Prinzip der Substitution von fossilem Erdgas durch aus erneuerbarem Strom erzeugtem Methan (Power-to-Gas)

(Quelle: Quaschnig, 2023)

Die Nutzung von Power-to-Gas (PtG) zur Warmwasserversorgung von Wohngebäuden erfordert einen deutlich höheren Energieeinsatz im Vergleich zum ausschließlichen Betrieb mit Wärmepumpen.

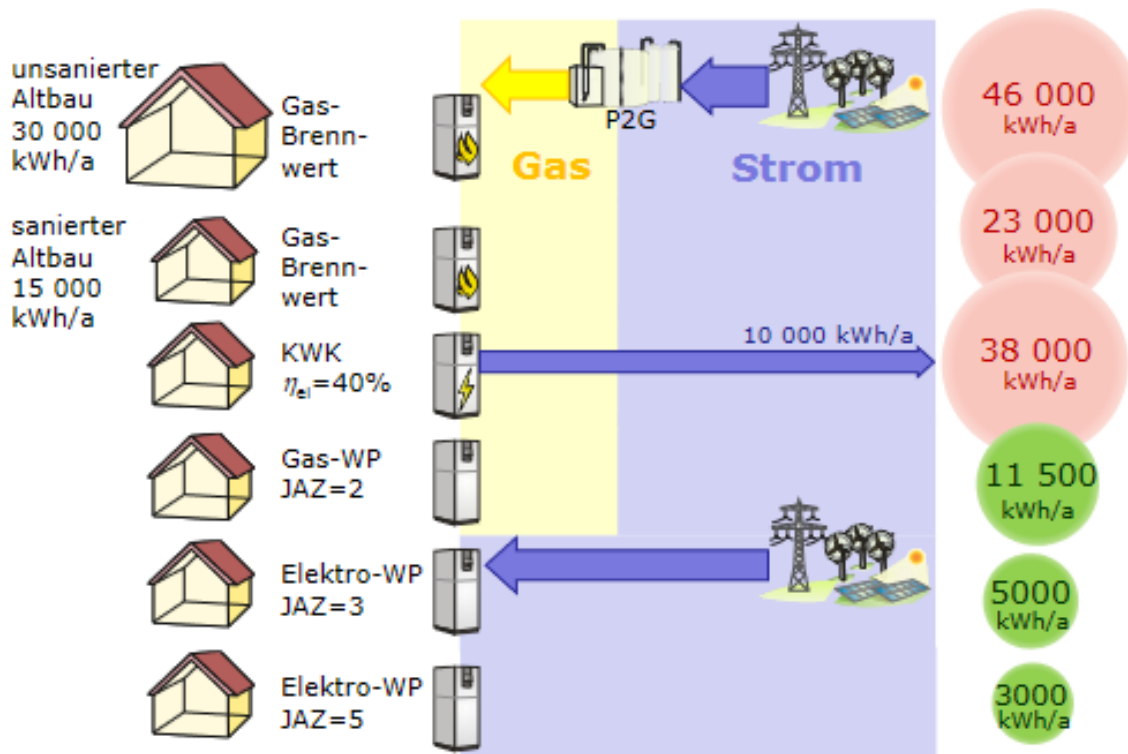


Abbildung 4-8: Effizienz und Strombedarf von strombasierten regenerativen Wärmeversorgungssystemen

(Quelle: Prof. Quaschnig, Volker, 2016)

Betrachtet man die notwendige Energie, welche benötigt wird, ein Haus zu versorgen, so fällt auf, dass die Hälfte eingespart werden kann, wenn der unsanierte Altbau auf aktuelle Standards umgebaut wird. Ein unsaniertes Altbau verbraucht ca. 212 kWh/m²a. Wenn Energiesparmaßnahmen wie Erneuerung der Heizung, Dämmung der Decke des obersten Geschosses, Fassadendämmung oder Erneuerung der Fenster umgesetzt werden, so können 143 kWh/m²a eingespart werden (Stiftung Warentest, 2023).

Wird ein Einfamilienhaus mit Erdgas geheizt, so werden dafür ca. 23.000 kWh pro Jahr benötigt. Wenn diese Heizung mit PtG betrieben wird, so sind ca. 46.000 kWh notwendig, um es zu versorgen. Wenn die Gasheizung gegen eine Wärmepumpe ausgetauscht wird, so sinkt der Energiebedarf auf 5.000 bis 7.500 kWh pro Jahr (vgl. Abbildung 4-8) (Handelsblatt, 2022).

4.8.1 Wasserstoffeinsatz in Limburg an der Lahn

Wasserstoff wird oft als der Energieträger der Zukunft gepriesen, aufgrund seiner Vielseitigkeit und seines Potenzials zur Reduktion von CO₂-Emissionen. Doch bei genauer Betrachtung der derzeit vorliegenden technologischen, wirtschaftlichen und infrastrukturellen Herausforderungen stellt sich heraus, dass Wasserstoff als Energieträger in Limburg an der Lahn keine zukunftssträchtige Option darstellt. Die Gründe hierfür sind vielfältig und basieren auf den eingangs beschriebenen technologischen Einschränkungen, den erhöhten Energiebedarf und der fehlenden Infrastruktur.

4.8.1.1 Technologische Einschränkungen

Einer der Hauptgründe, warum Wasserstoff in Limburg an der Lahn keine Zukunft hat, sind die technologischen Einschränkungen bestehender Systeme. Die Beimischung von Wasserstoff in das bestehende Erdgasnetz ist auf 23 % begrenzt, da die aktuellen Heizungssysteme und Gas-Brennwert-Heizungen nicht für einen höheren Wasserstoffanteil ausgelegt sind. Eine Umstellung auf G222 Gas (77 % Methan und 23 % Wasserstoff) würde erhebliche Anpassungen der bestehenden Infrastruktur erfordern, was mit hohen Kosten und technischem Aufwand verbunden ist.

4.8.1.2 Erhöhter Energiebedarf

Ein weiterer entscheidender Faktor ist der signifikant höhere Energiebedarf, der mit der Nutzung von Wasserstoff verbunden ist. Wenn Wasserstoff durch das PtG-Verfahren hergestellt wird, muss viel mehr Energie aufgewendet werden, als wenn direkt mit einer Wärmepumpe gearbeitet würde. Insbesondere für die Beheizung von Wohnhäusern bedeutet dies einen ineffizienten Einsatz von Energie. Ein Einfamilienhaus, das mit Erdgas geheizt wird, benötigt etwa 23.000 kWh pro Jahr. Wird diese Heizung jedoch auf PtG umgestellt, steigt der Energiebedarf auf etwa 46.000 kWh pro Jahr. Im Vergleich dazu sinkt der Energiebedarf beim Einsatz einer Wärmepumpe auf nur 5.000 bis 7.500 kWh pro Jahr.

4.8.1.3 Wasserstoff-Nachfrage bei der Industrie

Obwohl die Industrie ebenfalls vor der Herausforderung steht, bis 2045 Klimaneutralität zu erreichen und der zukünftige Einsatz von Wasserstoff in Produktionsprozessen als eine Option betrachtet wird, plant nach den im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung geführten Interviews kein bestehendes Industrieunternehmen, mittel- oder langfristig Wasserstoff abzunehmen. Ein Unternehmen zieht jedoch in Erwägung, Wasserstoff mittels Elektrolyseverfahren selbst zu erzeugen. Hier sollte über die Wirtschaftsförderung der Stadt eine stetige Abfrage der Nachfrage nach Wasserstoff erfolgen, um mittelfristig eine Klarheit für die weitere Planung der Netzbetreiber zu erhalten. Denn ohne einen geeigneten industriellen Großabnehmer kann ein Wasserstoffgasnetz nicht wirtschaftlich in Limburg an der Lahn betrieben werden.

4.8.1.4 Infrastruktur Wasserstoffkernnetz

In der nachfolgenden Abbildung 4-9 wird das geplante Wasserstoffkernnetz dargestellt. Geplant ist, 60 % von bestehenden Sekundärleitungen auf eine Wasserstoffnutzung umzustellen und 40 % der Leitungen als Neubau zu realisieren. Insgesamt soll ein Netz mit 9.721 km Länge umgesetzt werden. Darunter auch die Wasserstoff Zuleitung aus Norwegen, die eine Wasserstoff Versorgung nach 2030 erst garantieren kann. Zusätzlich gibt es eine technische Machbarkeitsstudie zum Aufbau eines regionalen Wasserstoff-Backbones in Nord- und Mittelhessen in der eine nachgelegte Erweiterung des Wasserstoffkernnetzes durch Hessen bis Kassel hergestellt werden soll. Die Abbildung 4-10 zeigt den aus der Machbarkeitsstudie geplanten Verlauf des H₂-Backbone Nord- und Mittelhessen, dieser verläuft direkt an Limburg an der Lahn vorbei. Die Machbarkeitsstudie geht davon aus, dass der prognostizierte Wasserstoffbedarfs am Anfang von 8,5 – 9 TWh bei einer Leistung von 3 GW und einer Rohrenweite des Netzes von DN 300 ausgeht. Diese Infrastruktur befindet sich derzeit in der Planungsphase. Angesichts der deutschlandweiten Beispiele wie dem Ausbau des Süd-Links mit einer Verzögerung von zehn Jahren erscheint eine Nutzung des Netzes vor dem Jahr 2037 als sehr optimistisch.

Zudem sind die meisten Wohnhäuser in Limburg an der Lahn nicht für die Verbrennung von Wasserstoff ausgelegt, da dieser einen anderen Brennwert und andere Brenneigenschaften im Vergleich zu Methan

hat. Eine Umrüstung der Heizsysteme wäre notwendig, was erhebliche Investitionen und Zeit erfordern würde.

Genehmigtes Wasserstoffkernnetz

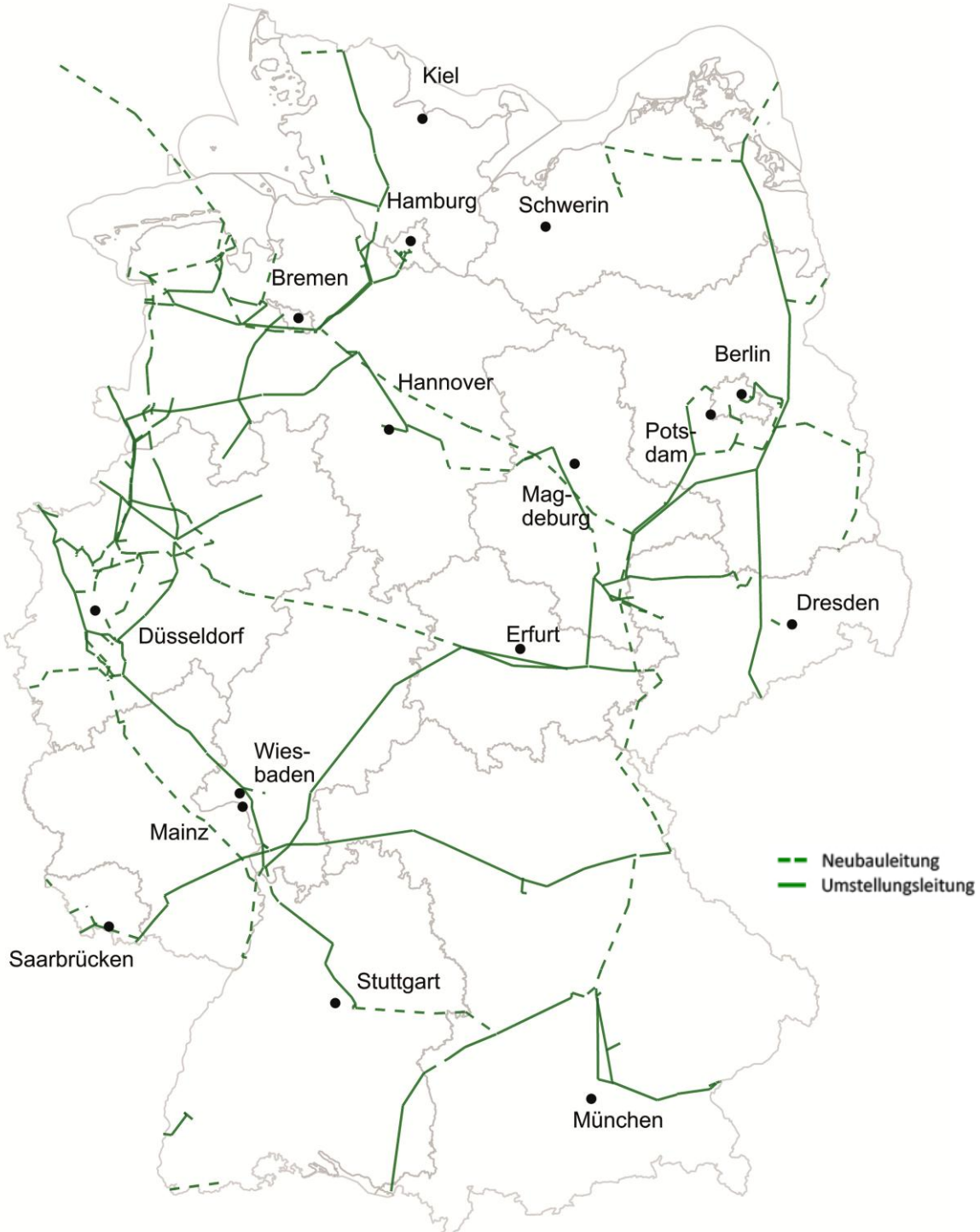


Abbildung 4-9: Genehmigtes Wasserstoffkernnetz

Quelle: (<https://www.bundesnetzagentur.de>)

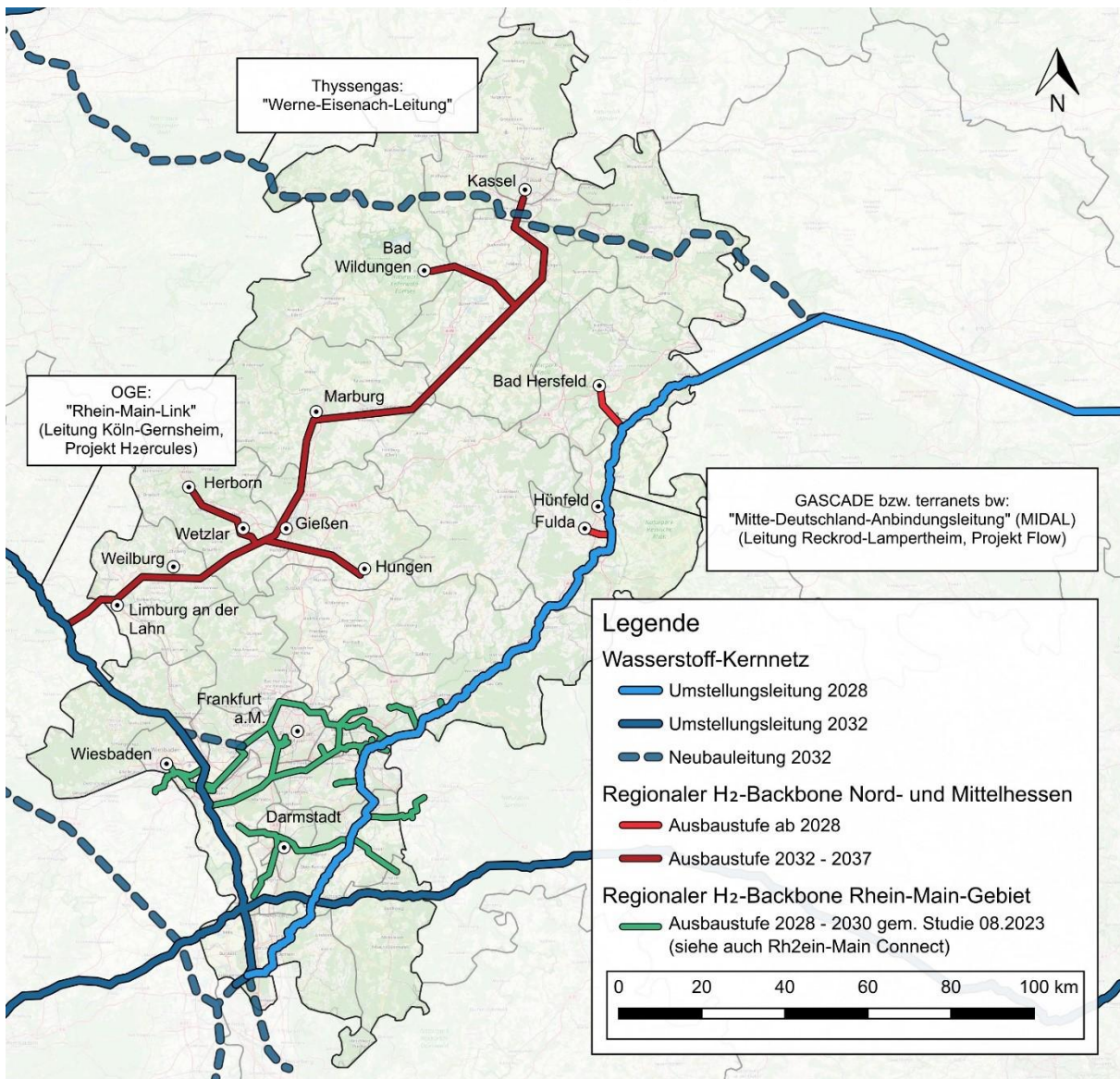


Abbildung 4-10: Abbildung regionaler H2-Backbone Nord- und Mittelhessen

Quelle: (Landesenergieagentur Hessen GmbH)

4.8.1.5 Fazit Wasserstoffnutzung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Wasserstoff als Energieträger in Limburg an der Lahn aufgrund der technologischen Einschränkungen, des erhöhten Energiebedarfs, der sehr geringen Nachfrage und der unklaren Wirtschaftlichkeit keine zukunftsträchtige Option darstellt. Stattdessen sollten effizientere und kostengünstigere Alternativen wie Wärmepumpen, Pelletheizungen sowie zusätzlich energetische Sanierungsmaßnahmen in den Fokus rücken. Bei den Industrieteilnehmern sollte erörtert werden, ob eine elektrische Prozessstruktur in Zukunft eine Alternative darstellen könnte. Nur so kann eine nachhaltige und klimaneutrale Energieversorgung in Limburg an der Lahn gewährleistet werden.

4.9 Zielszenario

Das Zielszenario zeigt die Entwicklung wichtiger Kenngrößen über den Zeitverlauf mit Zielmarken in Fünfjahresschritten ab 2030 auf. Diese Zielmarken sind Orientierungen auf dem Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung. In die Berechnung der Zusammensetzungen zu den jeweiligen Zielmarken fließen alle

Maßnahmen, die sich aus der Einteilung der Wärmeversorgungsgebiete, den technischen Voraussetzungen und unter dem aktuellen und auch absehbaren Stand der Technik ergeben, ein. Ändern sich im Zeitverlauf der Transformation die Rahmenbedingungen, werden neuen Technologien erforscht oder ergeben sich Effizienzsprünge in einzelnen Beheizungstechnologien so muss eine Anpassung des Zielszenarios erfolgen, die auch eine mögliche Änderung der Zusammensetzung der eingesetzten Energieträger zu bestimmten Zielmarken zur Folge hat.

Nach aktuellem Stand und nach Maßgabe des Wärmeplanungsgesetzes ergibt sich ein im Folgenden beschriebenes Szenario.

4.9.1 Zielszenario Endenergieverbrauch nach Endenergiesektoren

Das Zielszenario für den Endenergieverbrauch nach Gebäudesektoren zeigt – siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** – dass vor allem Sanierungsmaßnahmen sichtbar werden. Während der Endenergieverbrauch im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie in der Industrie konstant bleibt, sinkt der Verbrauch in kommunalen und öffentlichen Gebäuden leicht. Die größte Reduzierung des Endenergieverbrauchs erfolgt jedoch bei privaten Haushalten, insbesondere in Wohngebäuden. Der Endenergiebedarf privater Haushalte soll von 300.000 MWh/a im Jahr 2023 auf etwa 242.000 MWh/a im Jahr 2045 sinken.

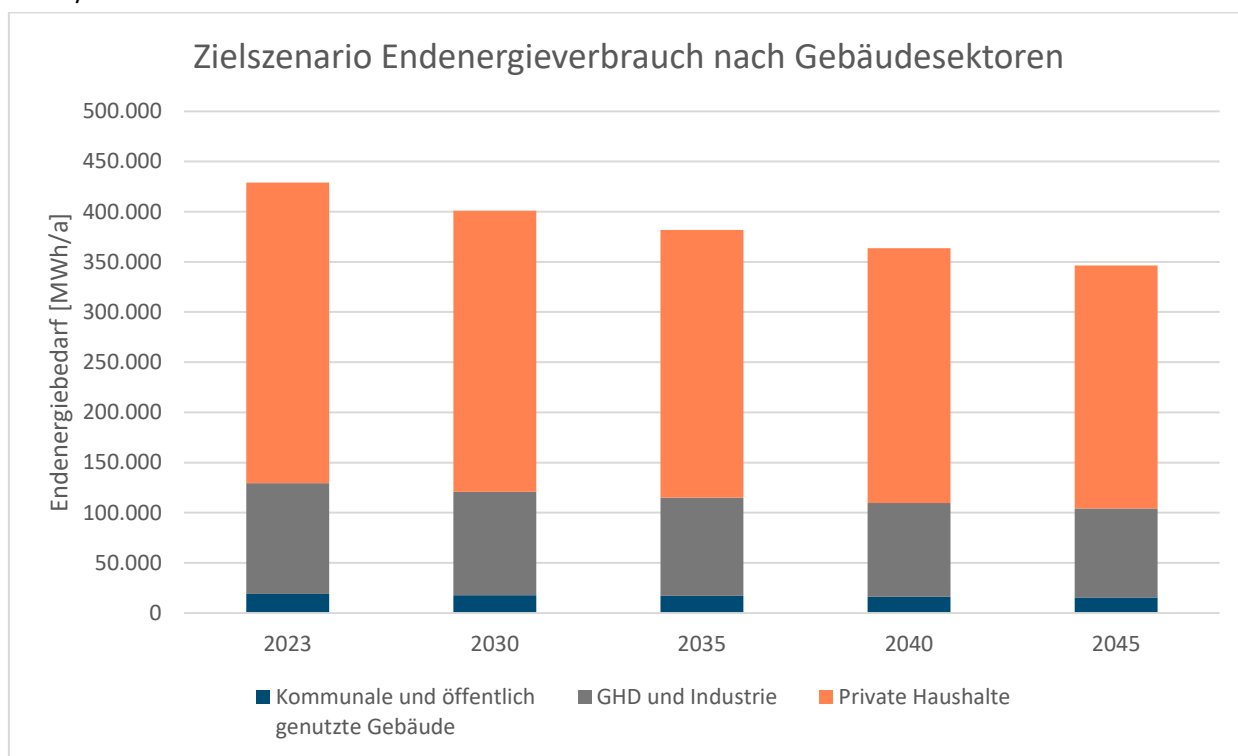


Abbildung 4-11: Zielszenario Endenergieverbrauch nach Gebäudesektoren

(eigene Darstellung, Smart Geomatics, Tilia)

4.9.2 Zielszenario Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Im Jahr 2023 dominiert Gas den Endenergieverbrauch. Öl trägt ebenfalls erheblich bei, während der Anteil von Strom in Wärmepumpen und Nahwärme im Gesamtbedarf vernachlässigbar ist. Im weiteren Verlauf bleibt der Verbrauch von Nachtspeicherheizungen auf einem ähnlichen Niveau. Die Anteile von Öl und Gas nehmen bis 2045 kontinuierlich ab. Wärmepumpen hingegen gewinnen zunehmend an Bedeutung und stellen im Jahr 2045 den Großteil der Wärmeversorgung sicher. Wärmenetze werden bis 2045 ausgebaut und bilden im Jahr 2045 den zweitgrößten Anteil der Wärmeversorgung. Die genaue Entwicklung ist der nachfolgenden Darstellung zu entnehmen.

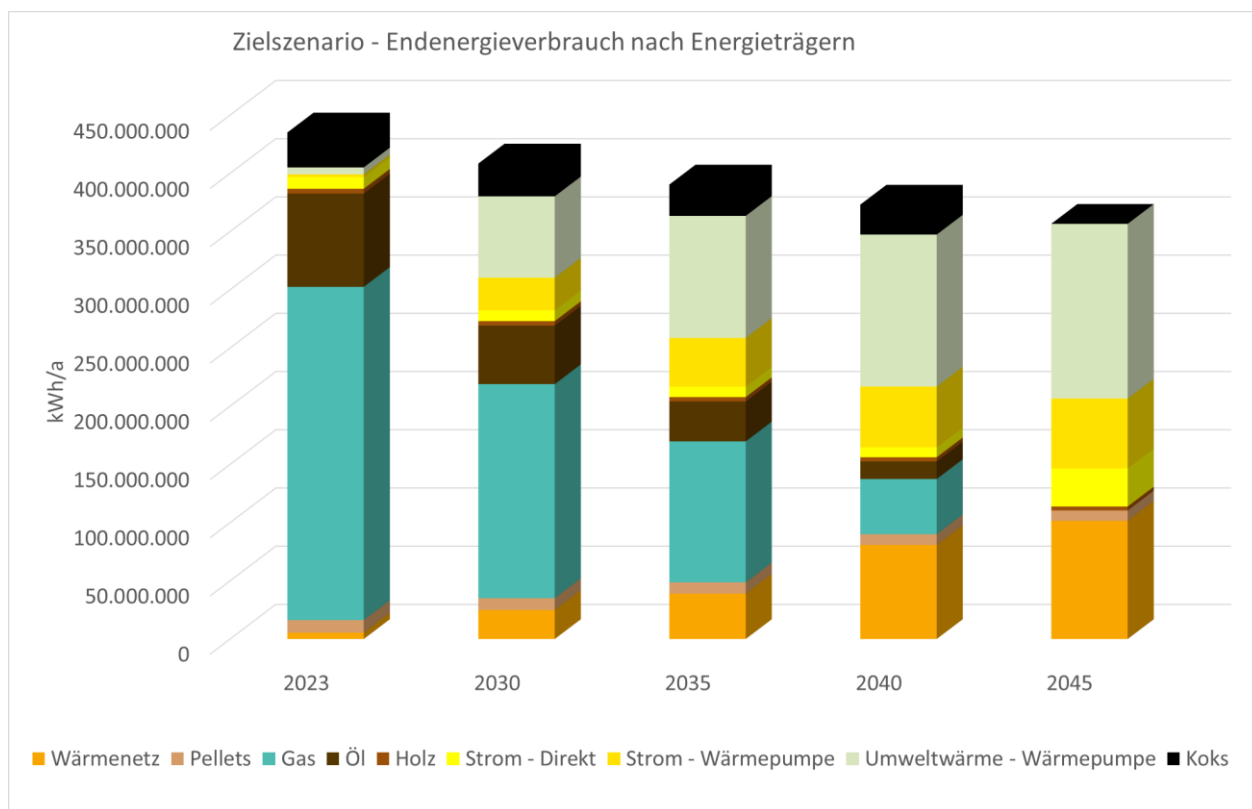


Abbildung 4-12: Zielszenario Wärmeverbrauchsverteilung

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnung)

4.9.3 Zielszenario CO₂-Emissionen

Etwa alle fünf Jahre halbieren sich die CO₂-Emissionen im Zielszenario. Vor allem ist eine Reduzierung der CO₂-Emissionen durch den Wechsel von fossilen Heizungen auf (zukünftig) erneuerbare Heizungsanlagen zurückzuführen. Trotz des starken Anstiegs strombasierter Heizungstechnologien sind sinkende CO₂-Emissionen zu verzeichnen, insbesondere in den ersten Jahren. Dies liegt daran, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung deutlich schneller voranschreitet als in anderen Bereichen und bereits bis 2030 zu mindestens 80 % aus erneuerbaren Quellen stammen wird. Bis 2035 wird eine Reduzierung der CO₂-Emissionen um zwei Drittel erreicht. Im Zieljahr 2045 liegen keine Emissionen aus Gas- oder Ölheizungen mehr vor. Auch die Nahwärmenetze sind bis dahin auf erneuerbare Erzeugungsanlagen umgerüstet, sodass ein klimaneutraler Betrieb möglich ist. Neue Wärmenetze sollten grundsätzlich mit einer klimaneutralen Wärmeerzeugung zur Inbetriebnahme geplant werden, sofern dies möglich ist. Andernfalls ist der schnelle Übergang zu einer vollständig klimaneutralen Wärmeerzeugung anzustreben, auch im Sinne der Förderfähigkeit nach der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze. Es wird davon ausgegangen, dass sich der Anteil von CO₂-Emissionen aus Koks sich bis 2045 aufgrund der politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in einer klimaneutralen Prozessstruktur umgestellt haben wird. Die Transformation ist in Abbildung 4-13 dargestellt.

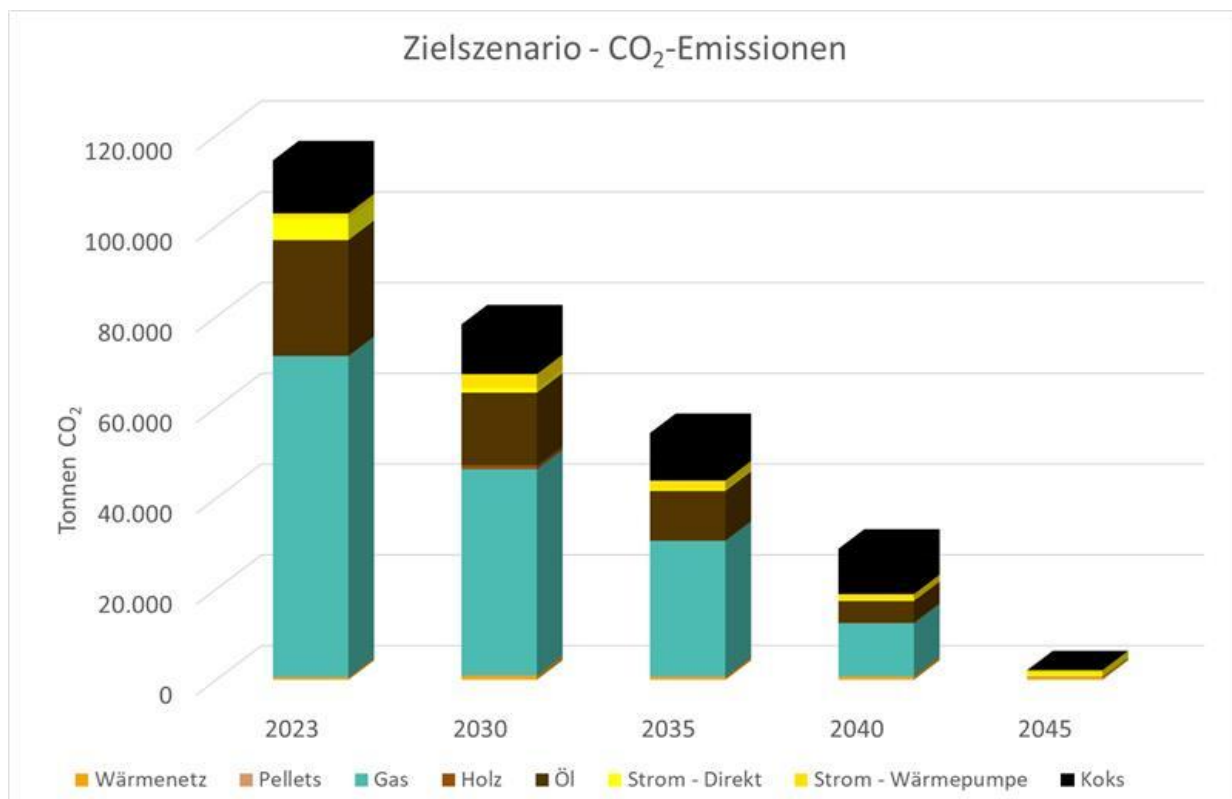


Abbildung 4-13: Zielszenario CO₂-Emissionen

(Quelle: Tilia GmbH / Smart Geomatics, Daten: eigene Berechnung)

4.9.4 Zielszenario Energieträgerverteilung nach Jahren

Im Folgenden wird detaillierter auf die einzelnen Jahre des Zielszenarios eingegangen.

Zunächst liegt das Ausgangsjahr 2023 im Fokus, siehe Abbildung 4-14. Hier ist, wie in vorangegangenen Kapiteln beschrieben, Gas mit 71 % des Energieverbrauchs dominierend. Der restliche Verbrauch teilt sich gleich auf Öl und alle weiteren Energieträger auf.

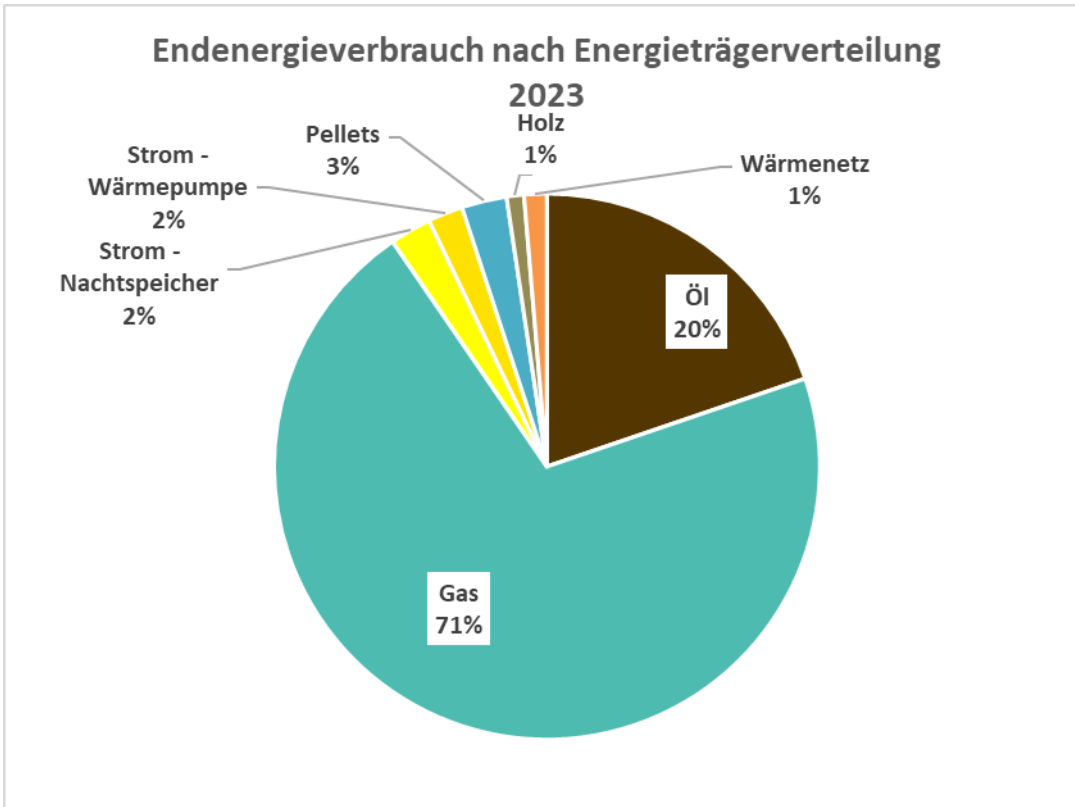


Abbildung 4-14: Endenergieverbrauch nach Energieträgerverteilung 2023

(Quelle: eigene Darstellung: Smart Geomatics, Tilia)

Bereits bis 2030 werden sich die Anteile deutlich verschieben. Auch durch das Gebäudeenergiegesetz bedingt wird für viele Gebäude eine Umstellung der Öl- und Gasheizungen auf Wärmepumpen erfolgen. Vor allem in den ersten Jahren werden voraussichtlich ältere Anlagen ausgetauscht, wodurch eine allgemeine Effizienzsteigerung vorhanden sein sollte. Individuell muss hierbei jedoch die ggf. nötige Sanierung berücksichtigt werden. Wenn Gebäude älterer Baujahre einen Austausch durch das Gebäudeenergiegesetz erfahren, sind begleitende Sanierungsmaßnahmen zur Senkung der Vorlauftemperatur wahrscheinlich. Gas wird, wie ersichtlich in Abbildung 4-15, noch etwa die Hälfte des Energieverbrauchs darstellen.

Der Anteil der Wärmenetze steigt ebenfalls. Zunächst wird der Ausbau vorhandener Wärmenetze im Fokus stehen und die Erschließung erster wirtschaftlich sinnvoller Wärmenetze.

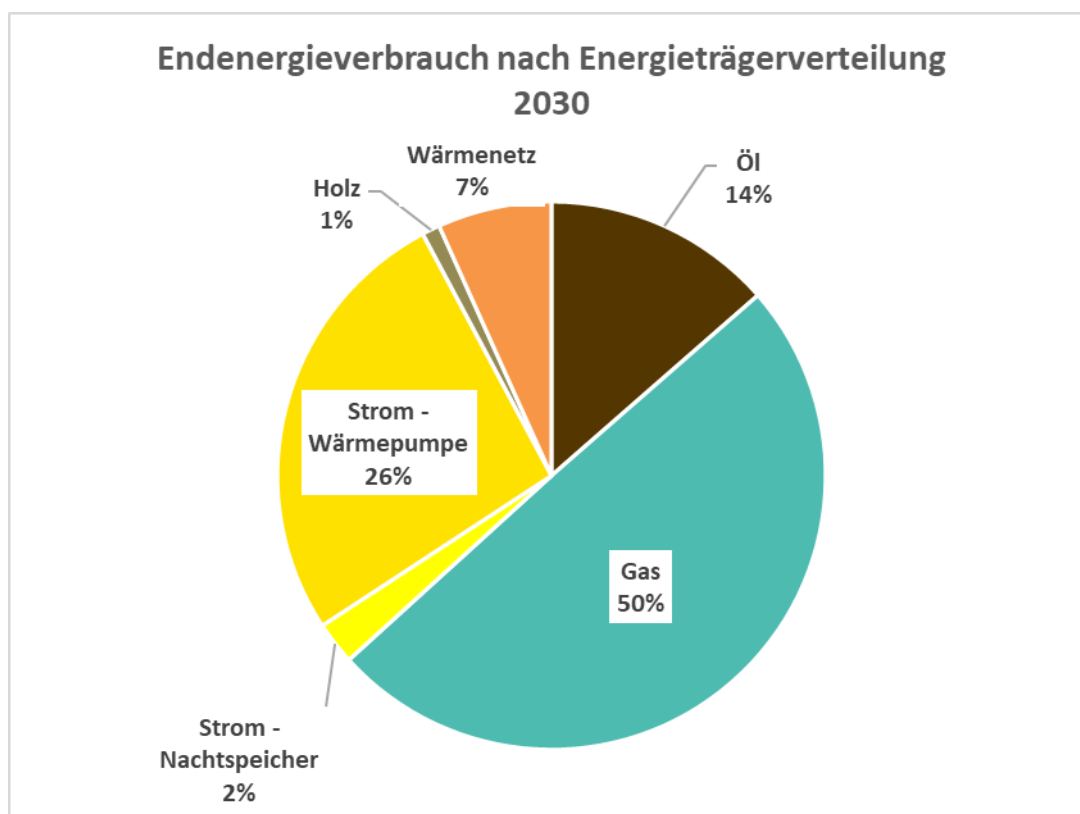


Abbildung 4-15: Endenergieverbrauch nach Energieträgerverteilung 2030

(Quelle: eigene Darstellung: Smart Geomatics, Tilia)

In den Jahren 2030 bis 2035 wird der stetige Wechsel von fossilen Heizungsanlagen auf strombasierte Technologien weiter voranschreiten. Der Anteil der Wärmepumpen wird in diesem Zeitraum von 26 % auf 41 % steigen müssen. Vor allem in Hinblick auf die Emissionskosten werden die fossilen Heizungen auch wirtschaftlich unattraktiver im Vergleich zu Wärmepumpen. Es kann angenommen werden, dass auch die Effizienz von Wärmepumpen bis dahin weiter steigen wird, sodass der Umstieg auf diese immer attraktiver wird. Im Vergleich zur Zielmarke vorher haben sich die Anteile von knapp unter 50 % von Gas zu Wärmepumpen gedreht. Somit sind ab 2035 mehr erneuerbare Quellen in der Wärmeerzeugung vertreten.

Der deutliche Anstieg des Anteils der Wärmenetze ist auf den Neubau von Wärmenetzens zurückzuführen. Neu zu erschließende Wärmenetze werden in diesem Zeitraum wahrscheinlich gebaut.

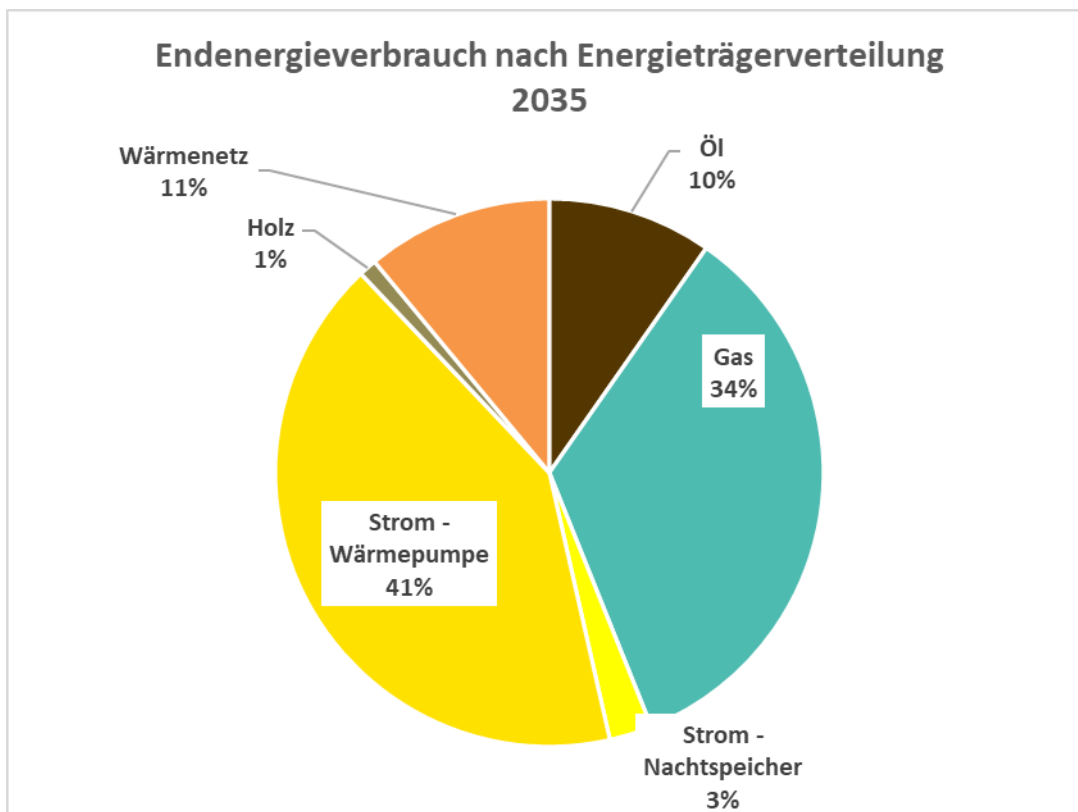


Abbildung 4-16: Endenergieverbrauch nach Energieträgerverteilung 2035

(Quelle: eigene Darstellung: Smart Geomatics, Tilia)

Für die Jahre bis 2040 steigt lediglich der Anteil der Wärmepumpen weiter an. Auch derzeit moderne Gas- und Ölheizungen sind bis 2040 etwa 20 Jahre alt, sodass ein Austausch aus Kosten- und Effizienzgründen sinnvoll sein wird. Je nach Entwicklung der CO₂-Kosten kann auch ein schnellerer Austausch von fossilen Heizungen stattfinden. Wärmepumpen werden voraussichtlich fast zwei Drittel zur Wärmeerzeugung ausmachen.

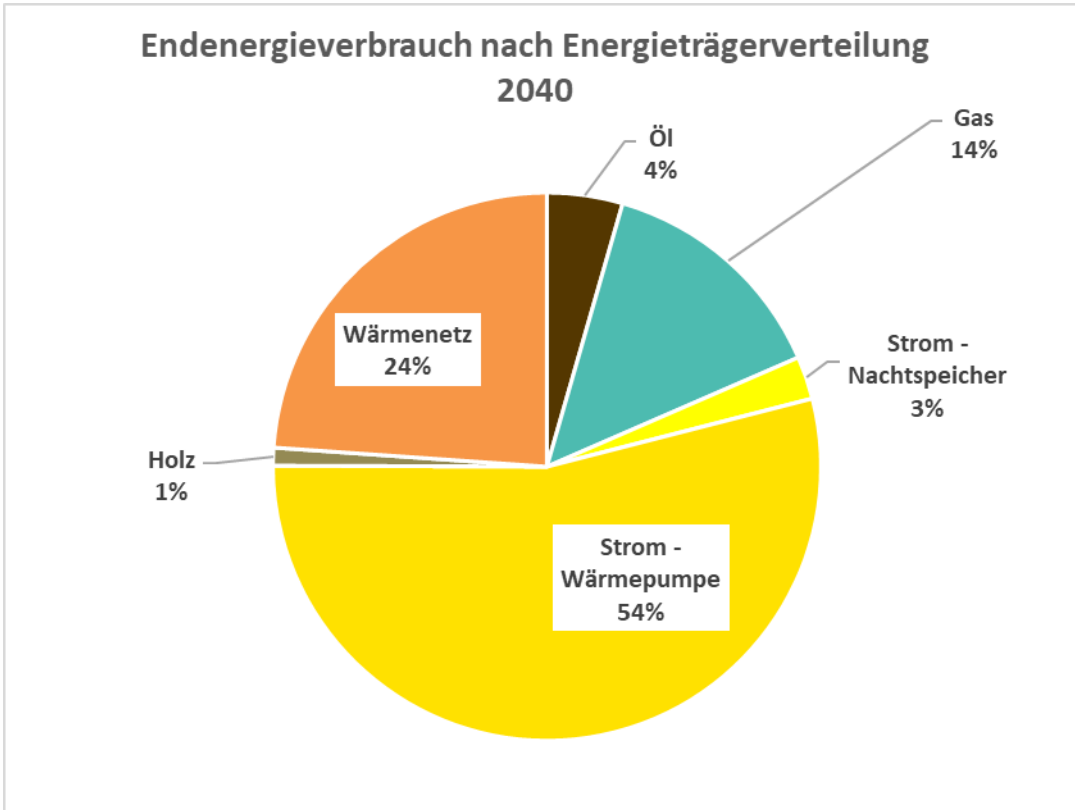


Abbildung 4-17: Endenergieverbrauch nach Energieträgerverteilung 2040

(Quelle: eigene Darstellung: Smart Geomatics, Tilia)

In den Jahren bis 2045, also bis zur vollständigen Klimaneutralität im Wärmesektor für Gebäude, werden die restlichen fossilen Heizungsanlagen durch Wärmepumpen ersetzt werden. Für das Jahr 2045 bedeutet dies eine Verteilung der Wärmeversorgung durch etwa 60 % Wärmepumpen und 29 % über Wärmenetze. Der verbleibende Anteil von Strom und Nachtspeicherheizungen zeigt, dass auch mit diesen Heizungen eine klimaneutrale Wärmeversorgung möglich ist. Jedoch zeigt sich in der Grafik auch durch den signifikanten Anteil der Nachtspeicherheizungen, dass diese deutlich ineffizienter sind. Zusätzlich ist in Abbildung 4-18 deutlich zu erkennen, dass im Bereich Strom und Nachtspeicher ein signifikanter Anstieg von 3 % auf 10 % vorliegt. Dieser Anstieg resultiert überwiegend aus der Umstellung auf klimaneutrale elektrische Stromprozesse in Industrie.

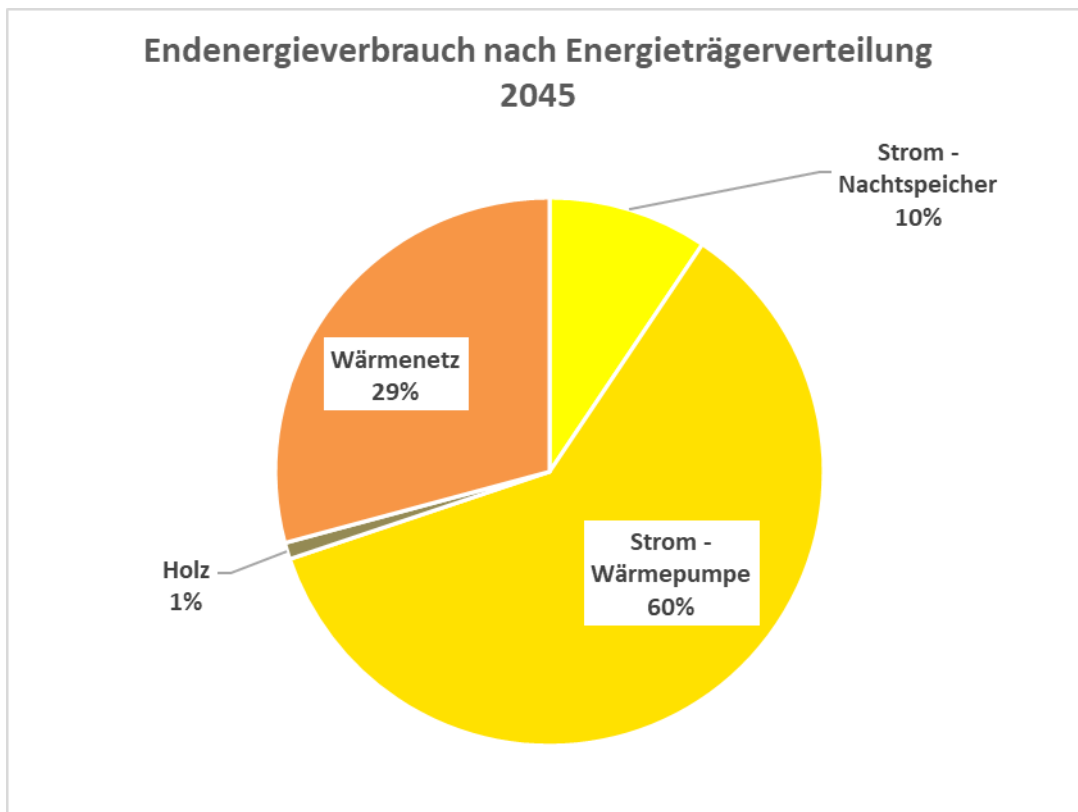


Abbildung 4-18: Endenergieverbrauch nach Energieträgerverteilung 2045

(Quelle: eigene Darstellung: Smart Geomatics, Tilia)

Bei Öl- und Gasheizungen sind der stetige Rückgang und somit der gleichzeitige Anstieg der Wärmepumpen erkennbar. Bis zum Jahr 2045 dreht sich die Verteilung von circa 12.300 Öl- und Gasheizungen im Jahr 2023 zu 12.300 Gebäuden mit Wärmepumpen und mit Anschluss an ein Wärmenetz (174 waren bereits 2023 an ein Wärmenetz angeschlossen). Auch hier zeigt sich, dass 2030 etwa die Hälfte der Gebäude mit strombasierten Heizungstechnologien ausgestattet sein können.

Die nachfolgende Abbildung 4-19 zeigt die Veränderung der Energieträger bei den Gebäuden in Limburg. Die größte Veränderung muss bei den fossilen Energieträgern, weg vom Gas und Öl und hin zur Wärmepumpe oder Pelletheizungen, in den nächsten Jahren geschehen, um die Klimaziele zu erreichen.

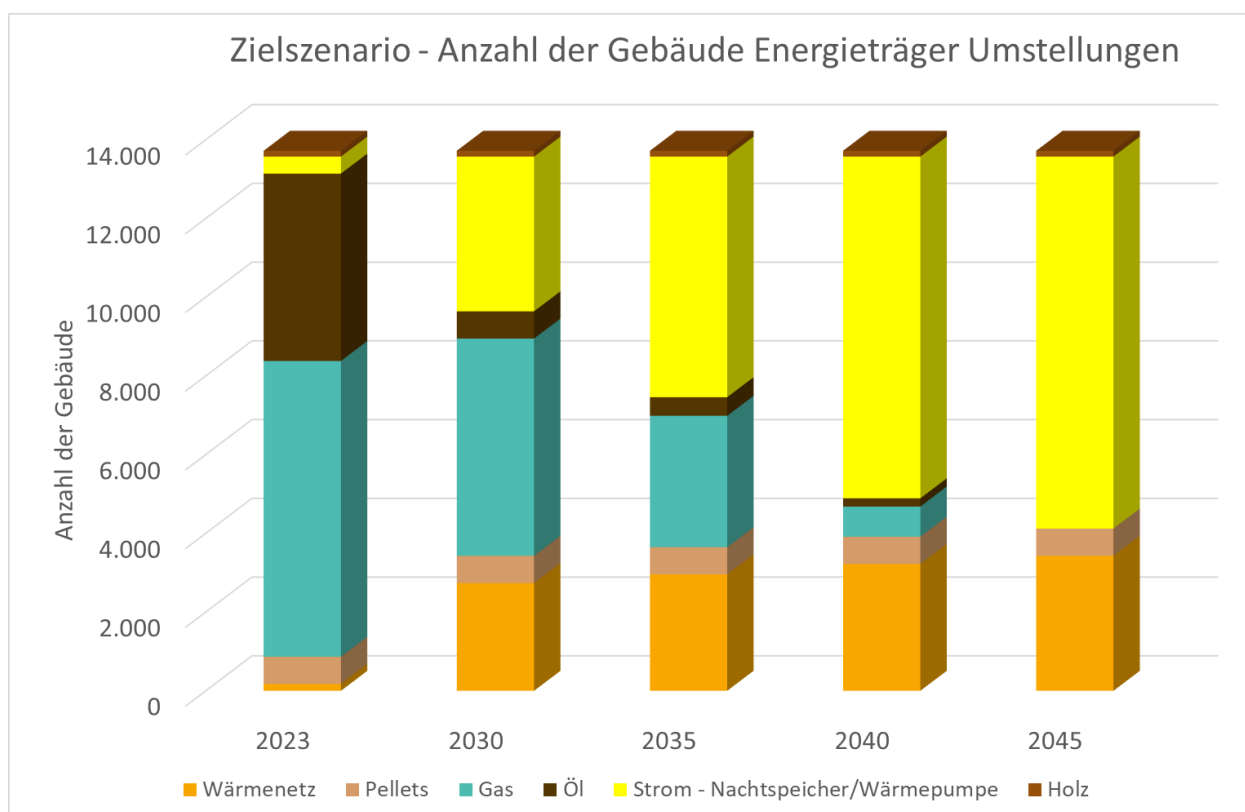


Abbildung 4-19: Zielszenario, Anzahl der Gebäude mit Art des Energieträgers

(Quelle: eigene Darstellung: Smart Geomatics, Tilia)

Nachfolgend ist die Entwicklung der angeschlossenen Gebäude an ein Wärmenetz dargestellt. Hier zeigt sich, was bereits im Energieverbrauch und den Anteilen der Wärmeversorgung dargestellt wurde. Bis 2045 steigt die Anzahl der angeschlossenen Gebäude auf 3430. Dies entspricht etwa 25 % der Gebäude im Stadtgebiet Limburg an der Lahn. Die Wärmenetze werden sich insbesondere im Bereich des Stadtgebietes aufgrund der höheren Wärmedichte entwickeln, trotzdem könnten vereinzelt kleine Wärmenetze in den inneren Ortskernen möglich sein. Dementsprechend ist das Potenzial von Wärmenetzen in vielen Bereichen des Stadtgebiets recht gut. Wie in vorangegangenen Kapiteln beschrieben, ist es immer möglich, dass kleine Gebäudenetze zwischen einer meist einstelligen Anzahl an Gebäuden wirtschaftlich sinnvoll sein können, und es somit weitere Gebäude gibt, die an ein Wärmenetz angeschlossen sind. In diesem Szenario werden aber zunächst nur die großen Wärmenetze in ganzen Stadtbezirken berücksichtigt.

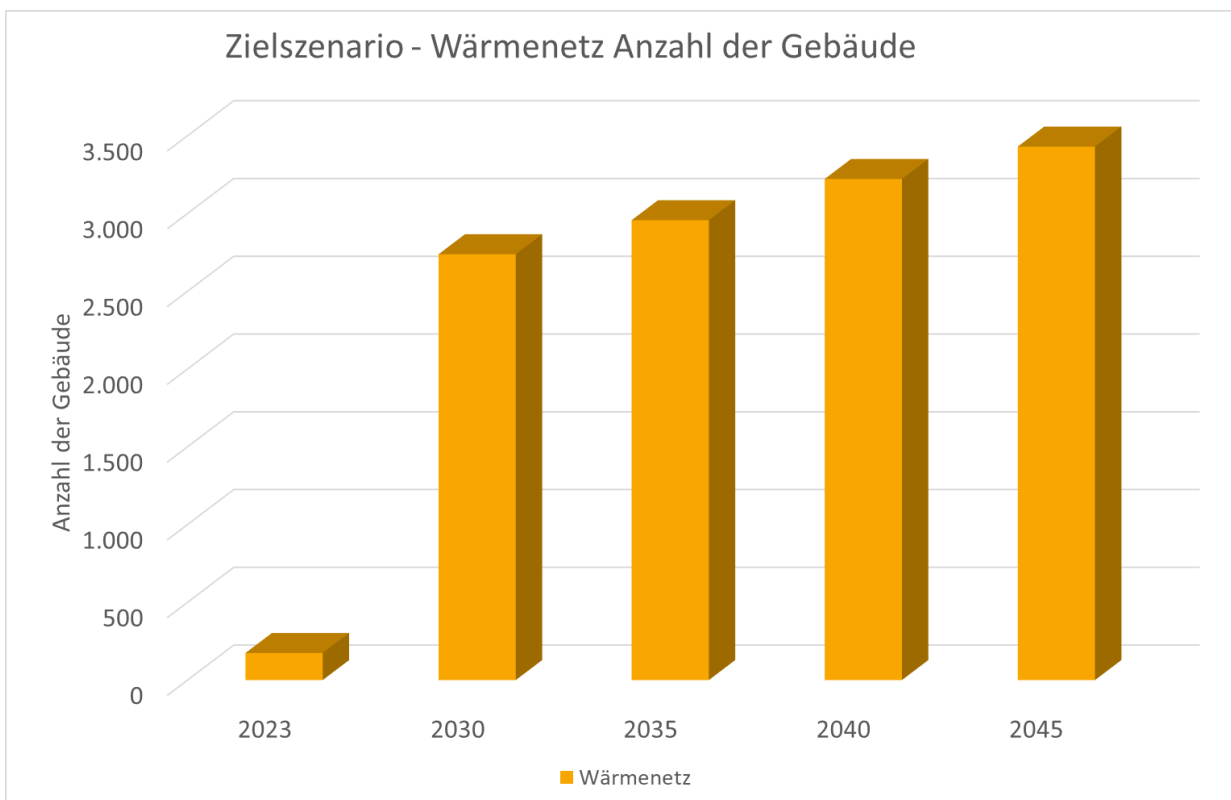


Abbildung 4-20: Zielszenario Wärmenetz Anzahl der Gebäude

(Quelle: eigene Darstellung: Smart Geomatics, Tilia)

4.10 Fazit Wärmewendestrategie

Kapitel 4 zeigt eindrücklich, wie sich die Heizungslandschaft in Limburg an der Lahn bis 2045 verändern wird, um Klimaneutralität zu erreichen. Zentrale Aussagen beinhalten den signifikanten Anstieg des Anteils von Wärmepumpen, die bis 2045 etwa 60% der Wärmeerzeugung übernehmen sollen, sowie die schrittweise Reduktion von fossilen Heizungen. Wärmenetze werden eine wichtige zukünftige Rolle spielen und etwa 29 % der Wärme liefern. Die langfristige Strategie sieht eine detaillierte Planung und schrittweise Umsetzung vor, um die Klimaziele zu erfüllen. Die Fokussierung auf regenerative Energiequellen und die Identifikation von Fokusgebieten für die Erreichung dieser Ziele sind essenziell, um den Wandel im Wärmesektor sowie Energiesektor erfolgreich zu gestalten.

5. Umsetzungsstrategie

Die aus den Szenarien und allen anderen vorangegangenen Schritten abgeleitete Wärmewendestrategie, bildet eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2045 mit den Zwischenzielen 2030, 2035, 2040. Dies gelingt durch die Ermittlung von voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten für Wärmenetze und Gebieten für die dezentrale Wärmeversorgung.

Im Weiteren wird ein Transformationspfad zur Umsetzung des kommunalen Wärmeplans dargestellt. Dieser beinhaltet ausgearbeitete Maßnahmen, Umsetzungsprioritäten sowie einen Zeitplan für die nächsten Jahre. Bei der Auslegung und Ausarbeitung der Maßnahmen wurden folgende Punkte berücksichtigt:

- In welchen Baublöcken besteht besonders hohes Potenzial für Energieverbrauchsreduktionen und welche Energiequellen und Technologien können in diesen jeweils zum Einsatz kommen?
- Welche Gebiete eignen sich als Fokusgebiete? Wie könnte in diesen Gebieten vorgegangen werden, um die Bedarfs- und Versorgungsstruktur im Sinne des Klimaschutzes zu verändern?

5.1 Maßnahmenkatalog

Im Maßnahmenkatalog werden Maßnahmen beschrieben, die als konkrete Umsetzungsschritte aus der Analyse und den Bewertungen der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete abzuleiten sind. Dabei wird konkret darauf eingegangen, welche Schritte notwendig sind, um die Maßnahme umzusetzen. Darüber hinaus erfolgt auch eine Beschreibung der positiven Auswirkungen der Maßnahme, die sich in aller Regel auf die Transformation der Wärmeerzeugung bezieht. Die Maßnahmen werden vor dem Hintergrund einer zeitlichen Priorisierung in kurz- und mittelfristig eingeteilt.

Tabelle 4: Maßnahmenkatalog

| Maßnahmenkatalog | | |
|-------------------------|---|---------------|
| 1. | Machbarkeitsstudie „Altstadt Limburg an der Lahn“ | kurzfristig |
| 2. | Machbarkeitsstudie „Innenstadtgebiet Limburg“ | kurzfristig |
| 3. | Machbarkeits- und Transformationsstudien „Blumenrod Verdichtung [3a, b, c, d]“ | kurzfristig |
| 4. | Machbarkeitsstudie „Energiekonzept NördKap II“ | kurzfristig |
| 5. | Erweiterung der Machbarkeitsstudie „Bischof-Blum-Straße“ | kurzfristig |
| 6. | Machbarkeitsstudie „Gebiet Holzheimer Straße“ | mittelfristig |
| 7. | Machbarkeitsstudie „Limburg Süd/ICE-Gebiet“ | mittelfristig |
| 8. | Machbarkeitsstudie „Dietkirchen Mitte“ | mittelfristig |
| 9. | Machbarkeitsstudie „Lindenholzhausen Mitte“ | mittelfristig |
| 10. | Öffentlichkeitarbeit zur KWP: Informationsangebote und Sensibilisierung | kurzfristig |
| 11. | Zielgruppenspezifische Beratungsangebote zu den Themen Wärmeversorgung, Sanierung und Förderung | mittelfristig |
| 12. | Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung | mittelfristig |

Nachfolgend werden die Maßnahmen zu den Machbarkeits- und Transformationsstudien „Altstadt Limburg an der Lahn“, „Innenstadtgebiet Limburg“ und „Blumenrod Verdichtung“ beschrieben. Eine Machbarkeitsstudie zum „Energiekonzept NördKap II“ wurde schon beauftragt. Die weiteren Machbarkeitsstudien sollen mittelfristig überprüft werden. Gerade in den Gebieten Dietkirchen und Lindenholzhausen kommt es sehr stark auf die Akzeptanz der Bürger an, damit dort ein Wärmenetz ökonomisch gelingen kann. In beiden Gebieten sind gute oberflächennahe geothermische Potenziale vorhanden. Die Machbarkeitsstudie „Limburg Süd/ ICE-Gebiet“ ergibt dann Sinn, wenn sich ein potenzieller Industrieteilnehmer ansiedelt, der die zukünftige Abwärme liefern könnte. Ebenfalls mittelfristig erscheint eine Machbarkeitsstudie für das „Gebiet Holzheimer Straße“ sinnvoll. Die Machbarkeitsstudie „Blumenrod Verdichtung“ ist kurzfristig mit den dazugehörigen Großverbrauchern wichtig und sollte in den nächsten Jahren bearbeitet werden.

Die Förderung von Machbarkeitsstudien kann über die BEW (Bundesförderung für effiziente Wärmenetze) beantragt werden. In Nordrhein-Westfalen wurde zusätzlich eine Förderung für Quartierskonzepte ins Leben gerufen, die sich an der früheren KfW-432-Förderung orientiert. Eine vergleichbare Förderung würde auch in Hessen einen deutlichen Mehrwert bieten, um nachfolgende Maßnahmen gezielt umzusetzen. Ggf. wird es künftig eine Wiederauflage der KfW-432-Förderung geben.

Maßnahme 1:

Untersuchung der Machbarkeit für das Prüfgebiet: „Altstadt Limburg an der Lahn“

Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:

- Das Prüfgebiet Altstadt Limburg an der Lahn mit 461 Gebäuden (davon 344 Gebäude vor 1948 gebaut und teilweise unter Denkmalschutz stehend), stellt eine große Herausforderung zur klaren, zukünftigen Ausweisung des Gebietes dar. Neben der Ausweisung als dezentrales- oder Wärmenetz-Gebiet könnte sogar ein Wasserstoffgebiet die sinnvollste, zukünftige Lösung darstellen.
- Zur Klarstellung der zukünftigen Wärmestruktur ist eine Machbarkeitsstudie (z. B. gefördert über die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)) nötig.
- Herausforderung: Mittelfristige Erneuerung des Gasnetzes erforderlich.

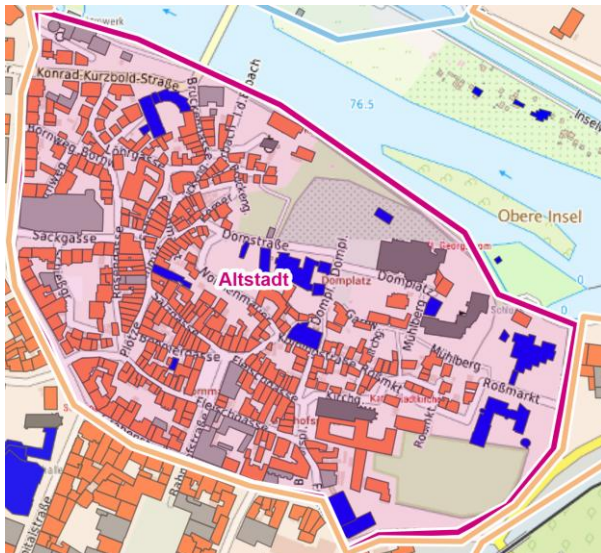


Abbildung 5-1: Prüfgebiet „Altstadt Limburg an der Lahn“

Kennwerte:

- 461 Gebäude
- Gesamtwärmebedarf bei einer Anschlussquote von 80 %: 12,1 GWh/a
- Netzlänge: Haupt- und Verteilnetz ca. 9,2 km
- Spitzenlast: 10,4 MW
- Kosten der Machbarkeitsstudie: Angebote müssen eingeholt werden

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn bzw. potenzieller zukünftiger Betreiber des Wärmenetzes

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Wohnungswirtschaft
- Private Gebäudeeigentümer
- Flächeneigentümer
- Dienstleister für die Erstellung der Machbarkeitsstudie

Schritte zur Umsetzung:

- Untersuchungen zur Machbarkeit (z. B. in Form einer Machbarkeitsstudie)
- Festlegung dezentrales Gebiet, Wärmenetzgebiet oder Wasserstoffgebiet
- Planung Standort Heizzentrale, Trassenführung des Netzes und Erzeugung gemeinsam mit relevanten Stakeholdern
- Anschlussmöglichkeiten an ein zukünftiges Wärmenetz aus dem Innenstadtgebiet Limburg prüfen

Maßnahme 1: Untersuchung zur Machbarkeit der zukünftigen Wärmeversorgung der Altstadt Limburg an der Lahn

In dieser Maßnahme muss das klare Ziel sein, eine zukünftige klimaneutrale Wärmeversorgung zu definieren. Durch Prüfung im Rahmen der Bestands- und Potenzialanalyse und anhand der Kriterien aus dem Leitfadens des Wärmeplanungsgesetzes, konnte das Prüfgebiet Altstadt Limburg an der Lahn nicht klar in eine der Kategorien Wärmenetzgebiet oder Gebiet zur dezentralen Beheizung eingeteilt werden. Ein erfolgreiches Abschließen der Machbarkeitsstudie wird bis 2028 angenommen, eine Umsetzung der Maßnahme wird aufgrund der archäologischen und denkmalgeschützten Häuser nicht vor 2045 angenommen.

Im Gebiet der Altstadt liegen 415 Gebäude inkl. Nebengebäuden wie Garagen. Der Großteil der Gebäude (344) wurde vor 1948 errichtet. Die Nutzung ist sehr gemischt. So gibt es Gebäude mit Mischnutzung, vor allem Einzelhandel und Restaurants mit darüberliegenden Wohnungen. Der Energiebedarf im Ist-Zustand liegt bei etwa 13 GWh/a. Die Verteilung der Energieträger ist in Abbildung 5-2 dargestellt. Erdgas dominiert in diesem Stadtgebiet mit einem Anteil von etwa 75 % des Energiebedarfs. Darüber hinaus ist Öl ein weiterer verbreiteter Energieträger mit 1,2 % Anteil am Gesamtmix. Ein kleines Gebäudenetz sowie vereinzelte pellet- und strombasierte Heizungen steuern um 1 % zum Gesamtbedarf bei. Etwa ein Viertel des Verbrauchs (22,5 %) entfällt auf unbekannte Energieträger. Im Rahmen der Datenerfassung für die kommunale Wärmeplanung konnte nicht exakt ermittelt werden, welche Energieträger in diesen Fällen genutzt werden.

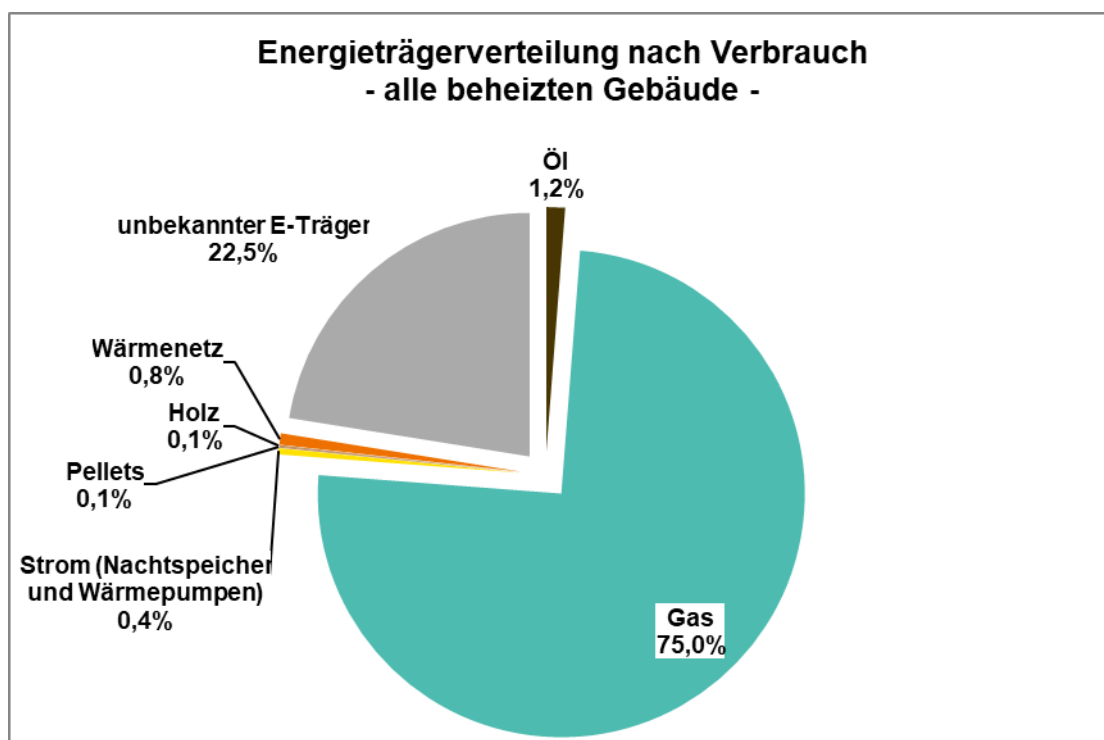


Abbildung 5-2: Energieträgerverteilung nach Verbrauch Altstadt Limburg an der Lahn

(Quelle: Smart Geomatics GmbH / Tilia GmbH)

Aus den verbrauchten Energieträgern ergibt sich die nachfolgend dargestellte CO₂-Bilanz. Die Gesamtemissionen betragen 3.826 t CO₂/a. Den größten Anteil daran hat Gas mit 73,1 %. Allerdings hat sich der

Anteil leicht in Richtung öl- und strombasierter Heizungen verschoben, da sowohl Heizöl als auch Strom einen höheren Emissionsfaktor als Gas aufweisen. Ein großer Anteil entfällt zudem auf unbekannte Energieträger.

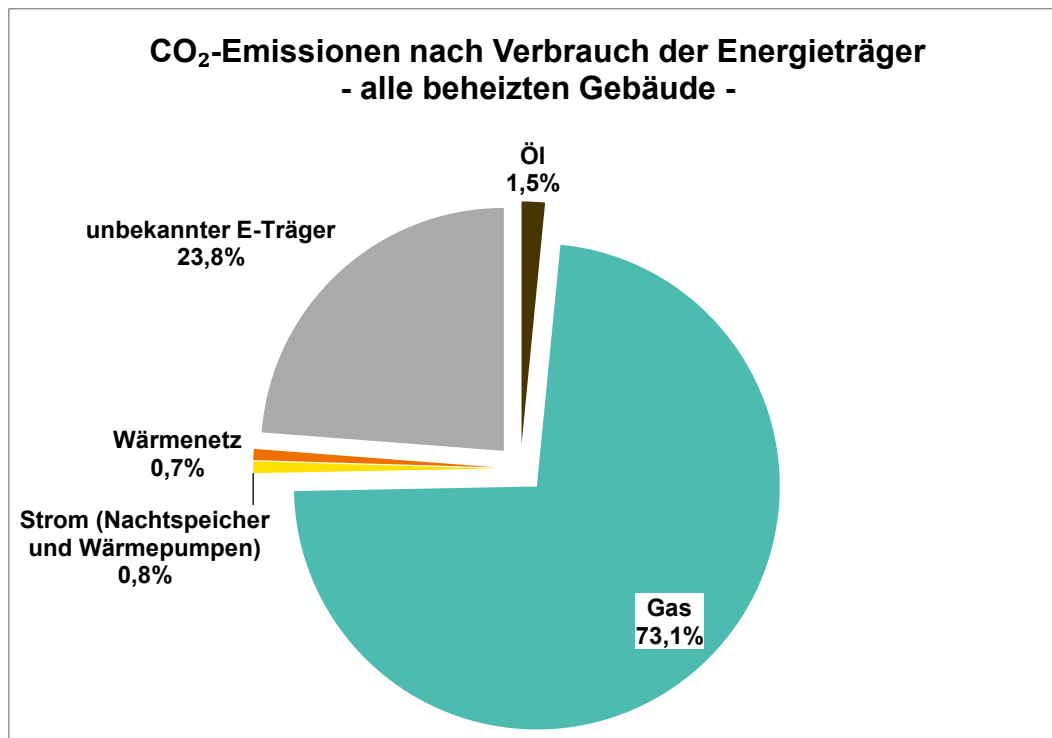


Abbildung 5-3: CO₂-Emissionen nach Energieträgerverbräuchen Altstadt Limburg an der Lahn

(Quelle: Smart Geomatics GmbH / Tilia GmbH)

In dem gemäß Wärmeplanungsgesetz definierten Prüfgebiet kann derzeit keine eindeutige Prognose darüber getroffen werden, ob sich das Gebiet zukünftig als Wärmenetzgebiet, dezentrales Gebiet oder Wasserstoffgebiet entwickeln wird. Die hohe Dichte der Wärmeleitungen und die erforderlichen Vorlauftemperaturen für die bestehenden denkmalgeschützten Gebäude sprechen grundsätzlich für die Eignung als Wärmenetzgebiet. Allerdings stellen die geringe Straßenbreite und die engen Gassen erhebliche Herausforderungen bei der Integration eines Wärmenetzes dar, wobei eine Umsetzung dennoch nicht ausgeschlossen ist. Auch die Entwicklung eines dezentralen Versorgungskonzepts erscheint möglich, ist jedoch aufgrund der schwierigen Einbindung von Luftwärmepumpen an den denkmalgeschützten Gebäuden limitiert. Alternativ könnte eine klimaneutrale Gas- oder Wasserstofflösung in Betracht gezogen werden. Angesichts der komplexen Ausgangslage und der Vielzahl möglicher Optionen empfiehlt es sich, das Prüfgebiet einer detaillierten Machbarkeitsstudie zu unterziehen, um auf deren Grundlage eine fundierte Entscheidung über die zukünftige Ausweisung des Gebiets zu treffen.

Für die Umsetzung dieser Untersuchung liegt die Verantwortlichkeit bei der Stadt Limburg mit einer sehr wahrscheinlichen Kooperation mit einem Dienstleister, der die technische Umsetzung begleitet. Durch die Vielzahl der potenziellen Wärmenetzanschlüsse ist eine intensive Auseinandersetzung mit den Eigentümern der Gebäude, also private Gebäudeeigentümer, mögliche Wohnungsbaugesellschaften, aber auch den Eigentümer der Flächen für die zukünftige Wärmeerzeugung nötig. Als nächster Schritt wird die weitergehende Untersuchung des Fokusgebiets durch eine Machbarkeitsstudie (z. B. gefördert über die der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze) empfohlen. Die Ergebnisse werden eine Aussage (bei Entscheidung für eine Wärmenetzgebiet) hinsichtlich sinnvoller Leitungsplanung und Anschlussquoten

sowie -szenarien ermöglichen. Die Kosten für eine solche Studien variieren stark, liegen in der Regel im Bereich von 70.000 bis 200.000 € und benötigen ein bis zwei Jahre für die Erstellung. Im Anschluss an die Studie kann eine konkrete Umsetzung der ausgearbeiteten Planung beginnen.

Maßnahme 2:

Untersuchung der Machbarkeit für das voraussichtliche Nahwärmenetz „Innenstadtgebiet Limburg“

Beschreibung des Gebietes und der Maßnahme:

- Innenstadtgebiet mit etwa zwei Drittel Wohngebäuden, viel Gewerbe und verhältnismäßig hoher Anteil für öffentliche Zwecke
- Etwa die Hälfte der Gebäude ist vor 1948 errichtet worden
- Dichtes Gebiet mit hoher Wärmeliniendichte
- Untersuchung der Machbarkeit eines Wärmenetzes

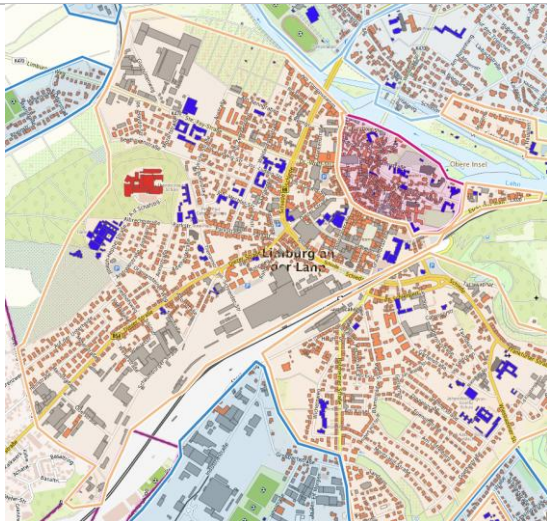


Abbildung 5-4: Fokusgebiet Innenstadtgebiet

Kennwerte:

- 1.474 Gebäude
- 98 öffentliche oder kommunale Gebäude
- 1.007 Wohngebäude
- Gesamtwärmebedarf bei einer Anschlussquote von 60 %: 46 GWh/a
- Netzlänge: Haupt- und Verteilnetz ca. 45-50 km
- Spitzenlast: 61 MW
- Kosten der Machbarkeitsstudie: Angebote müssen eingeholt werden

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn bzw. potenzieller zukünftiger Betreiber des Wärmenetzes

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Ansässige Unternehmen wie das Krankenhaus
- Flächeneigentümer
- Dienstleister für die Erstellung der Machbarkeitsstudie

Schritte zur Umsetzung:

- Untersuchungen zur Machbarkeit (z. B. in Form einer Machbarkeitsstudie)
- Planung Standort Heizzentrale, Trassenführung des Netzes und Erzeugung gemeinsam mit relevanten Stakeholdern

Maßnahme 2: Untersuchung der Machbarkeit für das voraussichtliche Nahwärmenetz „Innenstadtgebiet Limburg“

Die Maßnahme beschreibt die Untersuchung der Machbarkeit zur Errichtung eines Nahwärmenetzes im Innenstadtgebiet Limburg. Die nachfolgenden Ausführungen setzen eine Umsetzung der Maßnahme bis 2035 voraus.

Das Gebiet besitzt einige Merkmale, die für eine Umsetzung eines Wärmenetzes relevant sind. Zum einen liegt eine Nähe zum Abwasserverband sowie der Lahn vor. Sowohl aus der Abwasserwärme wie auch aus der Lahn kann Heizungswärme erzeugt werden, wie in der Potenzialanalyse dargestellt. Der nördliche Bereich des Gebiets ist vor allem durch Industrie und viele Gewerbegebäude geprägt. Mögliche Ankerkunden sind außerdem das St. Vincenz-Krankenhaus und die südlich davon gelegene Tilemannschule. Im restlichen Gebiet sind überwiegend Wohngebäude vorhanden. Insgesamt liegt derzeit ein Energieverbrauch von 75 GWh vor. Hauptverbraucher sind die Industrie sowie das Krankenhaus.

Für eine realistische Umsetzung des Wärmenetzes sollte schrittweise vorgegangen werden. Zunächst ist eine Versorgung des Krankenhauses sinnvoll. Im Anschluss kann in mehreren Phasen die Innenstadt erschlossen werden. Zur Wärmeerzeugung empfiehlt sich die Abwasserwärme, aus der ganzjährig Wärme mit stabilen Wirkungsgraden erzeugt werden kann. Als Ergänzung, vor allem in weiteren Ausbauphasen, kann oberflächennahe Geothermie und auch Flusswasserwärme in Betracht gezogen werden.

Die konkreten Schritte der Umsetzung können in einer Machbarkeitsstudie untersucht werden, unter Berücksichtigung der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze. Die Erstellung sollte in Zusammenarbeit mit einem Dienstleister erfolgen. Es kann mit Kosten von 70.000 bis 200.000 € und einem Bearbeitungszeitraum von ein bis zwei Jahren gerechnet werden. Nach erfolgreicher Erstellung der Studie kann mit der Umsetzung der Ergebnisse begonnen werden. Die Umsetzungsdauer wird auf vier bis sechs Jahren geschätzt. Die Kosten hierfür können noch nicht beziffert werden, da sie von den Ergebnissen der Machbarkeitsstudie abhängig sind.

Maßnahme 3a, b, c, d:

Untersuchung der Machbarkeit der Gebiete in Blumenrod

Beschreibung der Maßnahme:

- Drei definierte Gebiete im Bereich Blumenrod: Zentrum, Ost, 4. Bauabschnitt
- Zusätzlich das Gebiet um den alten Ortskern von Linter

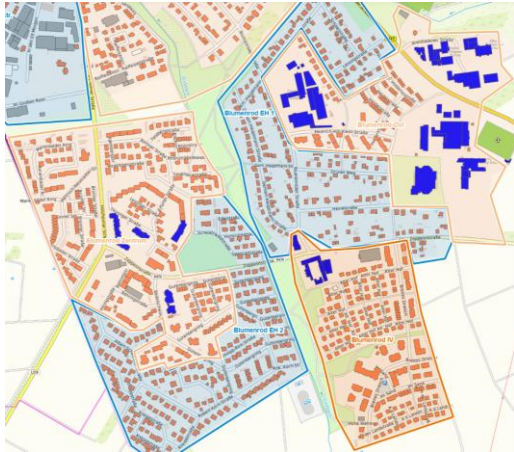


Abbildung 5-5: Gebiete in Blumenrod



Abbildung 5-6: Gebiet Linter

Kennwerte:

- 305, 231, 504 und 421 Gebäude
- Wohngebäude: 155, 87, 261, 378
- Kommunale Liegenschaften: 0, 2, 5, 0
- Endenergiebedarf: 21 GWh/a (4,3, 5,2, 11,5 und 9,4 GWh/a)
- Sanierungspotenzial: 22,5 %, 47,1 %, 43,5 %, 45 %

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn
- Betreiber des vorhanden Wärmenetzes (EVL-Energieversorgung Limburg GmbH)

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Ansässige Unternehmen
- Eigentümer
- Dienstleister für die Erstellung der Machbarkeitsuntersuchung

Schritte zur Umsetzung:

- Machbarkeits- und/oder Transformationsstudien (z. B. gefördert über die BEW)
- Eventuell Sanierungskonzept - Vorschläge nach Studie, v. a. für Blumenrod-Ost und Blumenrod IV
- Bei Eignung: Ausbau aufeinander abgestimmt durchzuführen
- Ausbau oder Neuplanung Standort Heizzentrale, Trassenführung des Netzes und Erzeugung gemeinsam mit relevanten Stakeholdern

Maßnahme 3a, b, c: Machbarkeits- und Transformationsstudien:

Für die drei Schwerpunktgebiete im Bereich Blumenrod werden Untersuchungen empfohlen, um zu prüfen, ob das bestehende Wärmenetz ausgebaut werden kann. Es soll untersucht werden, ob der Ausbau in die benachbarten Bereiche, die eine Eignung für ein Wärmenetz aufweisen, möglich ist. Alternativ kann eine Eignung für ein neues Wärmenetz in den Gebieten geprüft werden.

Ausgangslage ist dabei das Wärmenetz im Gebiet Blumenrod IV. Im Gebiet ist lediglich die Domäne Blumenrod im nordwestlichen Bereich nicht am Wärmenetz angeschlossen. Das Gebiet Blumenrod-Ost besteht aus wenigen Gebäude, weist aber einen hohen Anteil öffentlicher Gebäude wie Schulen auf. Diese können für einen Ausbau im Gebiet wichtige Ankerkunden und Wärmeabnehmer sein, um einen wirtschaftlichen Ausbau zu ermöglichen. Zu den bereits nahezu vollständig versorgten 4,3 GWh im Gebiet des Wärmenetzes kämen durch Blumenrod-Ost weitere 5,2 GWh hinzu, die überwiegend aus den Bedarfen der Schulen stammen. Die weitere Bebauung ist sehr kompakt und dicht. Dadurch ergeben sich verhältnismäßig hohe Wärmedichten, sodass ein Anschluss der verbleibenden Gebäude sinnvoll sein kann. Ein ähnliches Bild ergibt sich für Blumenrod Zentrum. Hier gibt es zentral gelegen einige öffentliche Gebäude, die als Ankerkunden dienen können. Darüber hinaus ist eine dichte Bebauung verbreitet und eine Detailprüfung auf wirtschaftliche Umsetzbarkeit muss erfolgen. Blumenrod Zentrum hat im Vergleich zu den anderen beiden Gebieten (Blumenrod IV und Blumenrod-Ost) einen deutlich höheren Endenergiebedarf von ca. 11,5 GWh. Auch unter Berücksichtigung einer geringeren Anschlussquote als im ersten Erweiterungsgebiet, würden bei 60 % Anschlussquote 6,9 GWh Endenergiebedarf zur bestehenden Erzeugung hinzukommen. Bei einer flächendeckenden Umsetzung des Sanierungspotenzials kann sich der Wärmebedarf darüber hinaus deutlich reduzieren.

Zur Erzeugung klimaneutraler Wärme sollte der Fokus für die drei Gebiete vor allem auf Geothermie liegen. Angrenzend sind gegebenenfalls freie Flächen vorhanden, die eine Nutzung ermöglichen könnten. Allerdings sollten hierbei etwaige Stadterweiterungen berücksichtigt werden, um Flächenkonflikte zu vermeiden.

Die Energieversorgung Limburg GmbH führt aktuell bereits eine Transformationsplanung für das bestehende Wärmenetz durch.

Maßnahme 4:

Untersuchung des Gebiets: NördKap II

Beschreibung der Maßnahme:

- Für das Gewerbegebiet wird bereits ein Energiekonzept erstellt
- Die Ergebnisse der laufenden Arbeit fließen nach Abschluss in benachbarte Untersuchungen ein

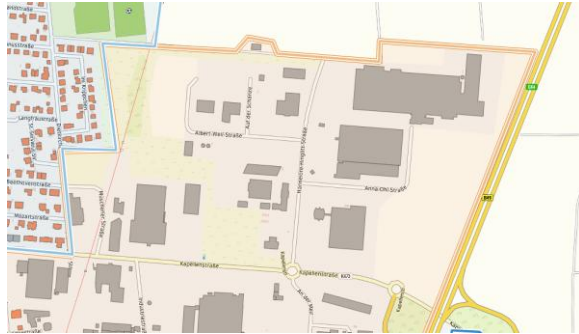


Abbildung 5-7: NördKap I

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Ansässige Unternehmen
- Dienstleister zur Erstellung des Konzepts

Schritte zur Umsetzung:

- Erstellung des Energiekonzepts für den Bereich NördKap II
- Abgleich der Ergebnisse mit sonstiger Planung

Maßnahme 5:

Untersuchung des Gebiets Bischof-Blum-Straße

Beschreibung der Maßnahme:

- Untersuchung der Machbarkeit eines Wärmenetzes
- Polizeigebäude als möglicher Ankerkunde



Abbildung 5-8: Bischof-Blum-Straße

Kennwerte:

- 8 öffentliche Gebäude
- 8 Liegenschaften der Kommune
- 271 Wohngebäude
- Endenergiebedarf der Wohngebäude = 14,1 MWh/a
- Sanierungspotenzial = 34 %

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn bzw. potenzieller zukünftiger Betreiber des Wärmenetzes

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Ansässige Unternehmen
- Eigentümer
- Dienstleister für die Erstellung der Machbarkeitsstudie

Schritte zur Umsetzung:

- Antragsstellung für Fördermittel
- Untersuchung zur Machbarkeit eines Wärmenetzes (z. B. gefördert über die BEW)

Im Bereich der Bischof Blum Straße betreibt die EVL ein Wärmenetz, das potenziell erweitert werden kann. An den Gebietsgrenzen bestehen verschiedene Möglichkeiten, zukünftig klimaneutrale Umwelte-nergie einzubinden und damit eine Erweiterung des bestehenden Netzes zu realisieren. Es empfiehlt sich, das gesamte Gebiet in die Planung einzubeziehen und die Umsetzung bei nachgewiesener Wirtschaftlich-keit vorzunehmen.

Maßnahme 6:

Untersuchung des Gebiets Holzheimer Straße

Beschreibung der Maßnahme:

- Untersuchung der Machbarkeit eines Wärmenetzes

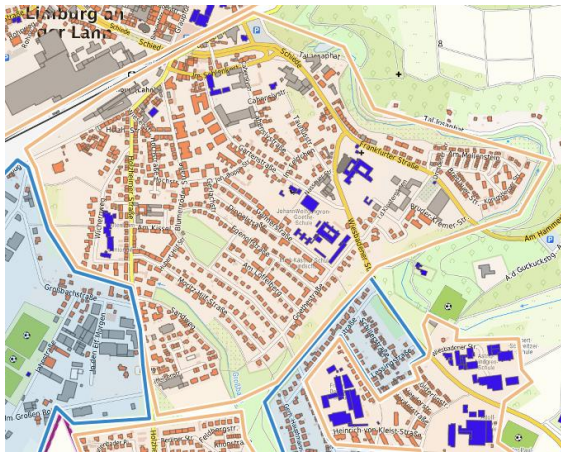


Abbildung 5-9: Holzheimer Straße

Kennwerte:

- 59 öffentliche Gebäude
- 1 Liegenschaften der Kommune
- 820 Wohngebäude
- Endenergiebedarf = 28 MWh/a
- Sanierungspotenzial = 46 %

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn bzw. potenzieller zukünftiger Betreiber des Wärmenetzes

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Ansässige Unternehmen
- Eigentümer
- Dienstleister für die Erstellung der Machbarkeitsstudie

Schritte zur Umsetzung:

- Antragsstellung für Fördermittel
- Untersuchung zur Machbarkeit eines Wärmenetzes (z. B. gefördert über die BEW)

Maßnahme 7:

Untersuchung des Gebiets Limburg Süd/ICE Gebiet

Beschreibung der Maßnahme:

- Untersuchung der Machbarkeit eines Wärmenetzes
- Zukünftige Ansiedlung eines Rechenzentrums könnte Potenzial für Abwärmenutzung bieten
- Kosteneffiziente Wärmeerzeugung möglich



Abbildung 5-10: Limburg Süd ICE Gebiet

Kennwerte:

- 1 öffentliche Gebäude
- 2 Wohngebäude
- 64 Gewerbegebäude
- Endenergiebedarf = 2,6 MWh/a
- Sanierungspotenzial = 11 %

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn bzw. potenzieller zukünftiger Betreiber des Wärmenetzes

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Ansässige Unternehmen
- Eigentümer
- Dienstleister für die Erstellung der Machbarkeitsstudie

Schritte zur Umsetzung:

- Antragsstellung für Fördermittel
- Untersuchung zur Machbarkeit eines Wärmenetzes (z. B. gefördert über die BEW)

Das Gewerbegebiet kann in Zukunft von einem potenziellen Abwärmelieferanten versorgt werden, wodurch eine klimaneutrale Versorgung ermöglicht wird.

Maßnahme 8:

Untersuchung des Gebiets Dietkirchen Mitte

Beschreibung der Maßnahme:

- Untersuchung der Machbarkeit eines Wärmenetzes

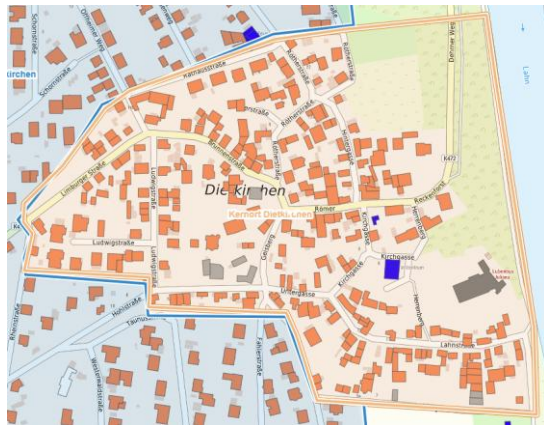


Abbildung 5-11: Dietkirchen Mitte

Kennwerte:

- 4 öffentliche Gebäude
- 275 Wohngebäude
- 9 Gewerbegebäude
- Endenergiebedarf = 5,5 MWh/a
- Sanierungspotenzial = 51 %

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn bzw. potenzieller zukünftiger Betreiber des Wärmenetzes

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Ansässige Unternehmen
- Eigentümer
- Dienstleister für die Erstellung der Machbarkeitsstudie

Schritte zur Umsetzung:

- Antragsstellung für Fördermittel
- Untersuchung zur Machbarkeit eines Wärmenetzes (z. B. gefördert über die BEW)

Der innere Ortskern von Dietkirchen weist möglicherweise Herausforderungen hinsichtlich einer klimaneutralen Energieversorgung auf. Außerhalb dieses Bereichs gibt es potenzielle Umweltenergiequellen, die in Zukunft für ein Versorgungsnetz geeignet sein könnten. Es besteht die Möglichkeit, eine Gemeinschaft in Form einer Bürgergenossenschaft zu gründen, um ein zukünftiges Wärmenetz gemeinschaftlich zu betreiben.

Maßnahme 9:

Untersuchung des Gebiets Lindenholzhausen Mitte

Beschreibung der Maßnahme:

- Untersuchung der Machbarkeit eines Wärmenetzes

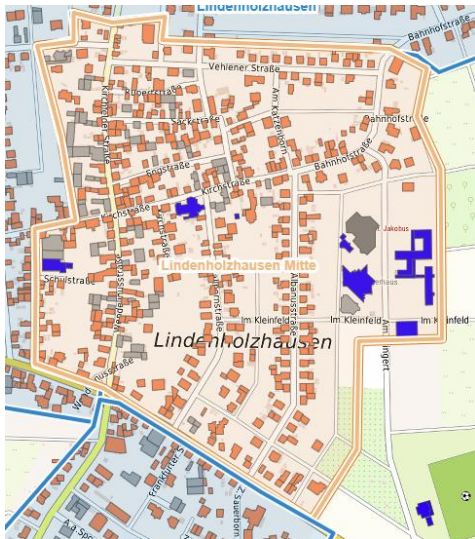


Abbildung 5-12: Lindenholzhausen Mitte

Kennwerte:

- 19 öffentliche Gebäude
- 468 Wohngebäude
- 137 Gewerbegebäude
- Endenergiebedarf = 10,2 MWh/a
- Sanierungspotenzial = 51 %

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn bzw. potenzieller zukünftiger Betreiber des Wärmenetzes

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Ansässige Unternehmen
- Eigentümer
- Dienstleister für die Erstellung der Machbarkeitsstudie

Schritte zur Umsetzung:

- Antragsstellung für Fördermittel
- Untersuchung zur Machbarkeit eines Wärmenetzes (z. B. gefördert über die BEW)

Im östlichen Bereich von Lindenholzhausen befinden sich kommunale Gebäude, die als potenzielle Ankerkunden für die Implementierung eines Wärmenetzes im innerörtlichen Kern dienen könnten.

Maßnahme 10:

Öffentlichkeitsarbeit zur KWP

Beschreibung der Maßnahme:

- Öffentlichkeitsarbeiten zur kommunalen Wärmeplanung
- Verstärkung zur Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung
- Unterstützung zur Kommunikation der Notwendigkeit des Klimaschutzes in der kommunalen Wärmeplanung
- Erfassung von Teilnehmerzahlen und Feedback zur kontinuierlichen Verbesserung

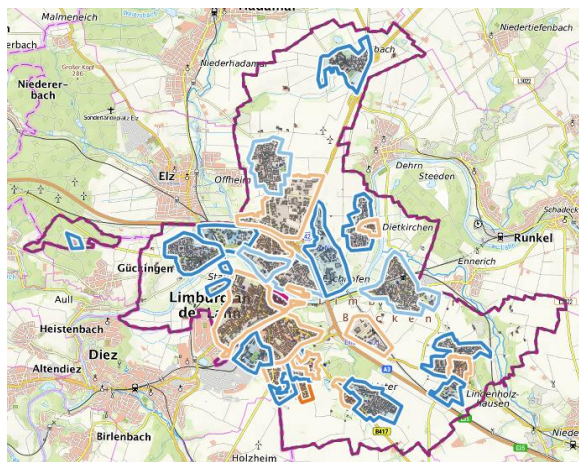


Abbildung 5-13: Übersicht Limburg an der Lahn

Kennwerte:

- Durchführung von Öffentlichkeitsarbeit zur kommunalen Wärmeplanung

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Stadtverwaltung
- Ggf. Dienstleister für Veranstaltungen, Formate oder Kommunikationsarbeit

Schritte zur Umsetzung:

- Entwicklung einer umfassenden Kommunikationsstrategie zur kommunalen Wärmeplanung
- Erstellung von Informationsmaterialien, sowohl digital als auch in gedruckter Form, um verschiedene Zielgruppen anzusprechen
- Organisation von Informationsveranstaltungen, Workshops und Webinaren, um die Bevölkerung über die Ziele und Maßnahmen der kommunalen Wärmeplanung zu informieren
- Einrichtung einer Online-Plattform, auf der Bürgerinnen und Bürger aktuelle Informationen, FAQs und Ansprechpartner finden können
- Kooperation mit lokalen Medien, um regelmäßig über Fortschritte und Erfolge der Wärmeplanung zu berichten
- Einbindung von sozialen Medien, um eine breite Öffentlichkeit zu erreichen und den Dialog zu fördern
- Durchführung von Umfragen und Bürgerbeteiligungsaktionen, um Feedback zu sammeln und die Maßnahmen kontinuierlich zu verbessern
- Bereitstellung von Erfolgsgeschichten und Best-Practice-Beispielen, um die Vorteile der kommunalen Wärmeplanung sichtbar zu machen

Maßnahme 11:

Zielgruppenspezifische Beratungsangebote zu den Themen Wärmeversorgung, Sanierung und Förderung

Beschreibung der Maßnahme:

- Kostenlose Informations-/Beratungsangeboten zu Sanierung und Effizienzmaßnahmen
- Dies können Online-Informationsangebote, Veranstaltungen oder Einzelberatungsangebote sein.
- Monitoring der Wirksamkeit der Werbemaßnahmen und der Umsetzung der beratenen Maßnahmen
- Die Beratungsangebote sollen öffentlich beworben werden, um eine möglichst große Reichweite zu erzielen.
- Im besten Fall sollte ein Monitoring vorgenommen werden, über welche Werbemaßnahmen die Bürgerinnen und Bürger am besten erreicht werden konnten und welche Beratungen zu einer Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen geführt haben



Abbildung 5-14: Energie sparen

Quelle: (Adobe Stock)

Kennwerte:

- Konkrete Formate und Umfang des Beratungsangebotes sind noch zu entwickeln
- Teilnehmerzahl und Teilnehmer-Feedback

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Anbieter von kostenlosen Beratungsangeboten (u. a. Verbraucherzentrale, LandesEnergie-Agentur (LEA) Hessen)
- Gebäudeeigentümer
- Einwohner in Limburg an der Lahn

Schritte zur Umsetzung:

- Identifizierung der verschiedenen Zielgruppen (z.B. Hauseigentümer, Mieter, Unternehmen)
- Analyse der spezifischen Bedürfnisse und Herausforderungen jeder Zielgruppe
- Entwicklung maßgeschneiderter Beratungsformate und -inhalte für jede Zielgruppe
- Kooperation mit relevanten Akteuren wie Verbraucherschutzorganisationen, Energieberatern und lokalen Behörden
- Bewerbung der zielgruppenspezifischen Beratungsangebote über geeignete Kanäle (z.B. Online, Print, lokale Veranstaltungen)
- Durchführung der Beratungsangebote und Erfassung von Teilnehmerzahlen und Feedback
- Monitoring und Evaluation der Wirkung und Reichweite der Beratungsangebote
- Anpassung und Optimierung der Beratungsangebote basierend auf dem gesammelten Feedback und den Monitoringergebnissen
- Entwicklung geeigneter Formate und Inhalte
- Bewerbung des Beratungsangebotes
- Controlling der Wirkung der Werbemaßnahmen und der Umsetzung der Beratungen

Maßnahme 12:

Fortschreibung KWP gemäß gesetzlichen Vorgaben

Beschreibung der Maßnahme:

- Derzeitige Vorgabe nach § 25 I Wärmeplanungsgesetz
- Kontinuierliche Anpassung an neue technologische Entwicklungen und gesetzliche Rahmenbedingungen
- Verstärkung der Zusammenarbeit zwischen Stadtverwaltung, Energieversorgern, Gebäudeeigentümern und Bevölkerung
- Sensibilisierung und Information der Bürger durch regelmäßige Informationskampagnen, Workshops und Beratungsangebote
- Implementierung eines Monitoring-Systems zur transparenten Nachverfolgung der Fortschritte
- Regelmäßige Berichte und öffentliche Präsentationen zur Information und Motivation der Bürger
- Identifikation und Nutzung geeigneter Förderprogramme zur finanziellen Unterstützung von Maßnahmen zur kommunalen Wärmeplanung
- Integration der Maßnahmen zur Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien in die langfristige Stadtentwicklung
- Im besten Fall sollte ein Monitoring vorgenommen werden, über welche Werbemaßnahmen die Bürgerinnen und Bürger am besten erreicht werden konnten und welche Beratungen zu einer Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen geführt haben



Abbildung 5-15: Energie sparen

Quelle: (Adobe Stock)

Kennwerte:

- Konkrete Formate und Umfang des Beratungsangebotes sind noch zu entwickeln
- Teilnehmerzahl und Teilnehmer-Feedback

Verantwortlichkeit Fachbereich/Institution:

- Stadtverwaltung Limburg an der Lahn

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Unterstützung durch externe Akteure
- Gebäudeeigentümer
- Einwohner von Limburg an der Lahn

Schritte zur Umsetzung:

- Projektmanagement: Einrichtung eines effektiven Projektmanagements zur Überwachung und Steuerung der Umsetzung der Maßnahmen.
- Monitoring-System: Implementierung eines Systems zur kontinuierlichen Überwachung und Bewertung der Fortschritte und der Einhaltung der Ziele.
- Anpassung und Nachsteuerung: Regelmäßige Überprüfung und Anpassung der Maßnahmen basierend auf den Ergebnissen des Monitorings.
- Institutionalisierung: Schaffung dauerhafter Strukturen und Institutionen zur kontinuierlichen Weiterentwicklung und Umsetzung der Wärmeplanung.
- Kontinuierliche Weiterentwicklung: Regelmäßige Aktualisierung und Anpassung der Wärmeplanung an neue technologische Entwicklungen und gesetzliche Rahmenbedingungen

5.2 Verstetigungsstrategie

Eine nachhaltige Verstetigungsstrategie ist essenziell, um die gesetzten Klimaziele in Limburg an der Lahn zu erreichen und langfristig zu sichern. Die Strategie zielt darauf ab, die Fortschritte in der Energieeinsparung und der Nutzung erneuerbarer Energien zu konsolidieren und dauerhaft zu etablieren. Hierbei spielt die kontinuierliche Anpassung an neue technologische Entwicklungen und gesetzliche Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle.

Im Mittelpunkt der Verstetigungsstrategie steht die Verstärkung der Zusammenarbeit zwischen allen Akteuren, einschließlich der Stadtverwaltung, den Energieversorgern, den Gebäudeeigentümern und der Bevölkerung. Eine zentrale Maßnahme ist die fortlaufende Sensibilisierung und Information der Bürger über die Vorteile und Notwendigkeiten einer nachhaltigen Energieversorgung. Dies kann durch regelmäßige Informationskampagnen, Workshops und Beratungsangebote geschehen.

Des Weiteren wird die Implementierung eines Monitoringsystems durch einen digitalen Zwilling empfohlen, dass die Fortschritte und Effekte der eingeleiteten Maßnahmen transparent und nachvollziehbar macht. Durch regelmäßige Berichte und öffentliche Präsentationen sollen die Bürger über den Stand der Wärmewende in Limburg informiert und zur aktiven Teilnahme motiviert werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Verstetigungsstrategie ist die finanzielle Unterstützung von Maßnahmen zur Energieeffizienz und der Nutzung erneuerbarer Energien. Hierbei kommt es darauf an, geeignete Förderprogramme zu identifizieren und zu nutzen, um Investitionen in nachhaltige Technologien attraktiv zu gestalten. Auch die Schaffung von Anreizen für private Investitionen, beispielsweise durch steuerliche Vorteile, kann dazu beitragen, die notwendige Akzeptanz und Beteiligung der Bevölkerung zu erhöhen. Wobei diese finanzielle Unterstützung nur bedingt im Handlungsspielraum der Kommunen liegt. Die Kommune sollte hier insbesondere die Beratung der verschiedenen Zielgruppen anstreben.

Die Verstetigungsstrategie stellt sicher, dass die Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Nutzung erneuerbarer Energien nicht nur kurzfristig wirken, sondern nachhaltig und langfristig in die Stadtentwicklung integriert werden. Nur durch eine kontinuierliche und gemeinschaftliche Anstrengung können die gesetzlichen vorgegebenen Klimaziele in Limburg erreicht und dauerhaft gesichert werden.

Die Verstetigungsstrategie für Limburg umfasst die folgenden zentralen Maßnahmen:

- Implementierung eines Monitoringsystems: Einrichtung eines Systems zur kontinuierlichen Überwachung und Bewertung der Fortschritte und der Einhaltung der Ziele, einschließlich eines digitalen Zwillings, der die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Maßnahmen sicherstellt.
- Anpassung und Nachsteuerung: Regelmäßige Überprüfung und Anpassung der Maßnahmen basierend auf den Ergebnissen des Monitorings, um sicherzustellen, dass die Ziele erreicht werden.
- Institutionalisierung: Schaffung dauerhafter Strukturen und Institutionen zur kontinuierlichen Weiterentwicklung und Umsetzung der Wärmeplanung, um langfristige Stabilität zu gewährleisten.
- Kontinuierliche Weiterentwicklung: Regelmäßige Aktualisierung und Anpassung der Wärmeplanung an neue technologische Entwicklungen und gesetzliche Rahmenbedingungen, um stets auf dem neuesten Stand zu bleiben.
- Finanzielle Unterstützung: Identifizierung und Nutzung geeigneter Förderprogramme sowie Schaffung von Anreizen bzw. Beratung für private Investoren, um Investitionen in nachhaltige Technologien attraktiv zu machen.

- Sensibilisierung und Information: Fortlaufende Sensibilisierung und Information der Bürger über die Vorteile und Notwendigkeiten einer nachhaltigen Energieversorgung durch regelmäßige Informationskampagnen, Workshops und Beratungsangebote.
- Berichte und öffentliche Präsentationen: Regelmäßige Berichte und öffentliche Präsentationen über den Stand der Wärmewende, um die Bürger zu informieren und zur aktiven Teilnahme zu motivieren.
- Verstärkte Zusammenarbeit: Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen allen Akteuren, einschließlich der Stadtverwaltung, den Energieversorgern, den Gebäudeeigentümern und der Bevölkerung, um die Maßnahmen gemeinschaftlich umzusetzen.

5.3 Kommunikationsstrategie für die Wärmewende in Limburg an der Lahn

5.3.1 Einführung

Die gesetzlich vorgegebenen Klimaziele erfordern eine umfassende und durchdachte Kommunikationsstrategie. Diese Strategie soll sicherstellen, dass alle relevanten Akteure informiert, sensibilisiert und motiviert werden, um gemeinsam die angestrebten Veränderungen zu realisieren. Die Kommunikationsstrategie ist ein essenzieller Bestandteil der Verstetigungsstrategie und unterstützt die Umsetzung der geplanten Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Nutzung erneuerbarer Energien.

5.3.2 Ziele der Kommunikationsstrategie

Die Kommunikationsstrategie zielt darauf ab:

- Die Bürger über die Notwendigkeit und Vorteile der Wärmewende zu informieren.
- Die Akzeptanz und aktive Teilnahme der Bevölkerung an den Maßnahmen zu fördern.
- Transparenz über die Fortschritte und Herausforderungen der Wärmewende herzustellen.
- Die Zusammenarbeit zwischen Stadtverwaltung, Energieversorgern, Gebäudeeigentümern und anderen Akteuren zu verstärken.

5.3.3 Maßnahmen und Instrumente

5.3.3.1 Informationskampagnen

Regelmäßige Informationskampagnen sind notwendig, um die Bevölkerung kontinuierlich über den Stand und die Ziele der Wärmewende zu informieren. Dies kann durch verschiedene Kanäle geschehen, wie lokale Zeitungen, Social Media und öffentliche Plakataktionen. Die Kampagnen sollten leicht verständliche und ansprechende Inhalte bieten, um ein breites Publikum zu erreichen.

5.3.3.2 Workshops und Beratungsangebote

Workshops und persönliche Beratungsangebote sind effektive Mittel, um detaillierte Informationen und praktische Ratschläge zu vermitteln. Diese Veranstaltungen sollten Themen wie Energieeinsparung, Nutzung erneuerbarer Energien und Fördermöglichkeiten abdecken und von Experten geleitet werden. Ziel ist es, den Bürger konkrete Handlungsoptionen zu bieten und sie zur Umsetzung eigener Projekte zu ermutigen.

5.3.3.3 Transparenz durch Monitoring-Systeme

Die Einführung eines Monitoring-Systems, das die Fortschritte und Effekte der eingeleiteten Maßnahmen transparent und nachvollziehbar macht, ist entscheidend. Regelmäßige Berichte und öffentliche Präsentationen sollen die Bürger über den Stand der Wärmewende in Limburg informieren und zur aktiven Teilnahme motivieren. Dies schafft Vertrauen und zeigt die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen.

5.3.3.4 Förderprogramme und finanzielle Anreize

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Kommunikationsstrategie ist die Bekanntmachung und Erläuterung von Förderprogrammen und finanziellen Anreizen. Durch eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit sollen die Bürger über die verfügbaren Fördermöglichkeiten informiert und zur Teilnahme ermutigt werden. Dies kann durch Informationsbroschüren, Online-Plattformen und persönliche Beratungen geschehen.

5.3.4 Zusammenarbeit und Beteiligung

Die Wärmewende kann nur durch eine enge Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure gelingen. Die Stadtverwaltung sollte regelmäßige Treffen und Austauschformate mit Energieversorgern, Gebäudeeigentümern, lokalen Unternehmen und interessierten Bürgern organisieren. Ziel ist es, eine gemeinsame Vision zu entwickeln und die Kräfte zu bündeln, um die gesteckten Ziele zu erreichen.

5.3.5 Fazit der Kommunikationsstrategie

Die Kommunikationsstrategie ist ein zentraler Baustein für das Gelingen der Wärmewende in Limburg. Durch gezielte Informationskampagnen, Workshops, Transparenzmaßnahmen und die Bekanntmachung von Förderprogrammen sollen die Bürger informiert, sensibilisiert und zur aktiven Teilnahme motiviert werden. Nur durch eine breite und kontinuierliche Kommunikation sowie die enge Zusammenarbeit aller Akteure können die ambitionierten Klimaziele in Limburg erreicht werden.

6. Fazit und Ausblick

6.1 Fazit

Die Wärmewende in Limburg an der Lahn ist ein umfassendes und anspruchsvolles Vorhaben, das eine enge Zusammenarbeit aller Akteure und eine breite Öffentlichkeitsarbeit erfordert. Transparenz durch Monitoring-Systeme und die regelmäßige Kommunikation der Fortschritte sind essenziell, um das Vertrauen der Bürger zu gewinnen und sie zur aktiven Teilnahme zu motivieren. Förderprogramme und finanzielle Anreize spielen eine wichtige Rolle, um die Beteiligung der Stadtbewohner zu steigern.

Aus der in diesem Bericht beschriebenen Bestandsanalyse und unter Berücksichtigung der verfügbaren Potenziale zur Erreichung des angegebenen Szenarios, ergibt sich eine Vielzahl an Aufgaben für die städtischen Akteure, die einen tiefgreifenden Umbau des städtischen Energiesystems bedeutet. Um die Ziele erreichen zu können, müssen die beschriebenen Potenziale zur erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung in der Stadt umfangreich erschlossen werden. Neben den städtischen Akteuren sind auch alle weiteren relevanten Akteure gefragt, etwa Netzbetreiber und insbesondere die Gebäudeeigentümer. Für die lokale Wärmewende muss auch das Wärmeversorgungssystem einen starken Wandel erfahren, der einen groß angelegten Neuaufbau von Versorgungsinfrastrukturen bedeutet, während bestehende Infrastrukturen, wie das Erdgasnetz, nur noch punktuelle Bedeutung haben werden.

Die größten Potenziale haben in Limburg die Abwasserwärme, Umgebungsluft und die Solarenergie sowie vereinzelt Geothermie. Die Untersuchung der Machbarkeit von Wärmenetzen in vielen Bereichen der Stadt wird der Fokus in den kommenden Jahren sein. Aufgrund der Vielzahl voraussichtlicher Wärmenetze ist die schrittweise Herangehensweise sinnvoll. Zunächst wird empfohlen, die Gebiete der Alt- und Innenstadt zu untersuchen, da hier gegenseitige Abhängigkeiten für die wirtschaftliche Umsetzung bestehen. Ebenso ist die parallele Konzepterstellung der Gebiete in Blumenrod sinnvoll, da ein stufenweiser Ausbau geprüft werden soll.

Parallel zu den Untersuchungen möglicher Wärmenetze sind Kommunikation und Beratung wichtig. So sollte eine begleitende Öffentlichkeitsarbeit die Bedeutung energetischer Sanierung für Hauseigentümer vermitteln. Der Austausch mit Bürgern, Unternehmen und lokalen Stakeholdern ist außerdem für die Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung relevant.

Insgesamt zeigt die kommunale Wärmeplanung, dass die Wärmewende in Limburg machbar ist. Jedoch ist dies mit größter Anstrengung und ambitionierten Maßnahmen verbunden. Die Mitwirkung der gesamten Stadtgesellschaft ist notwendig, um die gesetzten Klimaschutzziele zu erreichen und eine nachhaltige Zukunft zu gewährleisten.

Vor allem sollten zentrumsnahe Flächen genutzt und bei Neubaugebieten die Möglichkeiten der zukünftigen Wärmeversorgung geprüft werden. Eine Zusammenarbeit zwischen lokalen Energieversorgern sowie auch zwischen den Energieagenturen und überregionalen Institutionen gilt es weiter auszubauen.

Die Kosten dieser Neuausrichtung sind hoch, von vielen weiteren Rahmenbedingungen abhängig (Förderbedingungen, Entwicklung Energiepreise u. v. a. m.) und aktuell schwer abschätzbar. Allein die energetische Gebäudesanierung ist sehr umfangreich. Hier sind eine gute Öffentlichkeitsarbeit und eine breite finanzielle Unterstützung von staatlicher Seite erforderlich.

Die Wärmewende in Limburg wird in den kommenden Jahren eines der bestimmenden Themen der kommunalen Agenda sein. Die Mitwirkung der gesamten Stadtgesellschaft (Politik und Verwaltung, freie Wirtschaft, Privathaushalte, Wissenschaft) ist notwendig, um die selbst gesetzten sowie die gesetzlich vorgeschriebenen Klimaschutzziele zu erreichen.

6.2 Ausblick

Ausblick zur Umsetzung der Wärmeplanung

Mit der Vorlage der Wärmeplanung liegen umfangreiche Bestandsdaten, Anregungen und konkrete Vorschläge zum Erreichen des Klimaschutzziels 2045 vor. Die damit verbundene Präsenz dieses Themas in der Öffentlichkeit sollte genutzt werden, die Umsetzung der Maßnahmen zu unterstützen und zu beschleunigen.

Geeignet ist eine konsequente Kommunikation der Stadt über Maßnahmen zur CO₂-Reduzierung bspw. über einen Bereich auf der Homepage der Stadt Limburg an der Lahn. Dort können laufend Berichte über die Umsetzung der Maßnahmen oder Ankündigungen für Aktivitäten der Stadt veröffentlicht werden.

Gerade in Bezug auf den Ausbau der möglichen Wärmenetze sollte eine transparente Kommunikation erfolgen. Vor allem durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) besteht ein öffentliches Interesse der Bürger an der Umsetzung der Wärmenetzplanungen. Insbesondere im Hinblick auf die Besonderheiten der Stadt sollten Informationsveranstaltungen, bspw. in Bezug auf die Nutzung von Nachtspeicherheizungen angeboten werden.

Die Prüfgebiete müssen in nachfolgenden Schritten noch genauer analysiert und bewertet werden. Es muss eine Entscheidung über die Eignung der Wärmeerzeugung getroffen werden.

Im Nachgang der kommunalen Wärmeplanung muss ein regelmäßiges Monitoring erfolgen. Hierbei werden die Entwicklungen der Daten mit der Prognose des Wärmeplans kontrolliert. Auch muss ein „Nachsteuern“ bei erkennbaren Abweichungen vom Plan erfolgen.

Vorschläge für konkrete Schritte

Es wird empfohlen, das Projektteam der Stadt Limburg, welches zur Bearbeitung der Kommunalen Wärmeplanung gebildet wurde, beizubehalten und die Umsetzung der Wärmeplanung weiter zu begleiten. Das Team stellt ein dauerhaft eingebundenes Element dar, das bereits in der Planungsphase involviert war und nun die Umsetzung sowie die Steuerung aller Maßnahmen übernimmt. Wichtig ist, die empfohlenen Machbarkeitsstudien zeitnah zu beginnen. Die gleichzeitige Untersuchung benachbarter Bereiche ist zu empfehlen, insbesondere wenn Abhängigkeiten bestehen.

Zur Konkreten Umsetzung der Wärmenetzgebiete sollten Fördermöglichkeiten (z. B. die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)) geprüft und genutzt werden. Dieses Instrument ist wichtig für die konsequente und strukturierte Umsetzung der Wärmenetze.

7. Literaturverzeichnis

BMWSB Bundesministerium für Wohnen, S. u. (August 2024). Technikcatalog 1.1.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2019). *Energieeffizienzstrategie 2050*. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. (2024). <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung#c636>. Von <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung#c636> abgerufen

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. (2024). Marktstammdatenregister. Bonn, Nordrhein-Westfalen, Deutschland.

Climate Data. (18. 12 2024). www.climate-data.org. Von Climate Data: <http://www.climate-data.org/> abgerufen

Deutsche Energieagentur. (21. 06 2024). *Leitfaden Wärmeplanung*. Von www.bmwsb.bund.de:https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/wohnen/leitfaden-waermeplanung-lang.pdf?__blob=publicationFile&v=2 abgerufen

Eurostat. (2018). *Treibhausgase Deutschland: die größten CO2-Verursacher*. Von [tech-for-future.de:https://www.tech-for-future.de/co2-verursacher/](https://www.tech-for-future.de:https://www.tech-for-future.de/co2-verursacher/) abgerufen

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (17. 01 2025). *Homepage Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.* Von <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen> abgerufen

Handelsblatt. (2022). *Handelsblatt*. Von <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/heizkosten-sparen-gasheizung-oder-doch-waermepumpe-was-lohnt-sich-mehr/28600154.html> abgerufen

Hessisches Ministerium für Umwelt, K. (2021). *Abfallmengenbilanz des Landes Hessen*. 65189 Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum. (2024). *Monitoringbericht 2024*. Wiesbaden.

Institut für Wohnen und Umwelt. (25. 07 2023). www.iwu.de. Von <https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/gebaeudetypologie/> abgerufen

Jakobi, V., Lieding, S., & Harmuth, R. (2022). *Solaranlagen auf denkmalgeschützten Gebäuden – Handreichung zur Richtlinie für Denkmalbehörden*. Bau- und Kunstdenkmalpflege am Landesamt für Denkmalpflege Hessen.

Lahn, H. P. (27. Juli 2025). *HLNUG Pegelstand Lahn*. Von <https://www.hlnug.de/static/pegel/wikiweb3/webpublic/#/overview/Wasserstand/station/248223/Limburg%20Schleuse%20UP/Wasserstand?period=P1Y> abgerufen

LANUV. (2023). Recklingshausen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz.

LANUV Landesamt für Natur, U. u. (09. 12 2024). <https://www.lanuv.nrw.de/>.

Meyer, R., Fuchs, N., Thomsen, J., Herkel, S., & Kost, C. (Juni 2024). *Heizkosten und Treibhausgasemissionen in Bestandsgebäude - Aktualisierung auf Basis der GEG-Novelle 2024*. Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK).

- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (2021). *Abfallbilanz 2020 - Ressourcen aus unserer kommunalen Kreislaufwirtschaft*. Stuttgart: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.
- Öko-Institut, Franhofer ISE. (2022). *Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energien in effizienten Gebäuden und Quartieren*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- PV-Magazin. (2023). Habeck in Oslo: Wasserstoff-Pipeline von Norwegen nach Deutschland beschlossen. *PV-Magazin*. Von <https://www.pv-magazine.de/2023/01/05/habeck-in-oslo-wasserstoff-pipeline-von-norwegen-nach-deutschland-beschlossen/> abgerufen
- Quaschnig, V. (2023). *Volker Quaschnig*. Von <https://www.volker-quaschnig.de/publis/studien/sektorkopplung/Sektorkopplungsstudie.pdf> abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (28. 03 2022). *Destatis*. Von https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2022/PD22_09_p002.html abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (2023). *Daten aus dem Gemeindeverzeichnis Städte in Deutschland nach Fläche, Bevölkerung auf Grundlage des Zensus 2011 und Bevölkerungsdichte*. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt. (2023). Von <https://www.limburg.de/Rathaus-Leben/Stadtportrait/Limburg-in-Zahlen.php?object=tx,3251.5&ModID=7&FID=3252.574.1&NavID=3252.33> abgerufen.
- Stiftung Warentest. (2023). *Stiftung Warentest*. Von <https://www.test.de/Modernisierung-Aus-Alt-wird-Neu-1563749-1563728/> abgerufen

8. Anhangsverzeichnis

- Anhang 1: Limburg an der Lahn Lageplan
- Anhang 2: Gebäudekategorien
- Anhang 3: Wohngebäudetypen
- Anhang 4: Gebäudebaujahre
- Anhang 5: Endenergiebedarf
- Anhang 6: Wärmedichtesegmente
- Anhang 7: Wärmedichte in MWh/ha
- Anhang 8: Energieträger Heizung
- Anhang 9: Energieträger Heizung Diagramme
- Anhang 10: Spezifischer Endenergiebedarf Wohngebäude
- Anhang 11: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete