



# Integriertes Wärmennutzungs- und Erneuerbare Energien-Konzept

Bildquelle: Stadt Paderborn

Stadt Paderborn



## Projektpartner

Dieses Projekt wurde unter Zusammenarbeit der Stadt Paderborn und der energielenker Beratungsgesellschaft GmbH durchgeführt.

### Auftraggeber

Stadt Paderborn

Amt für Umweltschutz und Grünflächen

Am Hoppenhof 33

33104 Paderborn

Tel.: +49 5251 8811 1174

Ansprechpartner: Tobias Helling

### Auftragnehmer

energielenker Beratungs GmbH

Hüttruper Heide 90

48268 Greven

Tel.: +49 2571 58866 10

Ansprechpartner: David Sommer



Das Projekt wurde durch den  
Projektträger Jülich gefördert.  
(FKZ: 03K10169)



# Inhaltsverzeichnis

## Inhalt

Projektpartner .....	VI
Inhaltsverzeichnis .....	VII
Inhalt.....	VII
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Hintergrund und Motivation .....	2
1.2 Vorgehensweise und Projektplan .....	3
1.2.1.1 Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz .....	6
1.2.1.2 Potentialanalyse / Aufstellung Szenarien .....	6
1.2.1.3 Akteur*innenbeteiligung.....	6
1.2.1.4 Aufstellung Maßnahmenkatalog .....	6
1.2.1.5 Verstetigung, Controlling und Berichtserstellung.....	6
<b>2 Ist-Analyse .....</b>	<b>7</b>
2.1 Kommunale Basisdaten .....	7
2.1.1 Geografische Lage / Größe .....	7
2.1.2 Demografische Entwicklung.....	8
2.1.3 Energieversorgung.....	8
2.1.4 Verkehrliche Anbindung / Situation.....	9
2.1.5 Wirtschaft .....	10
2.1.6 Weitere Besonderheiten.....	11

2.2	Energie- und Treibhausgasbilanz .....	11
2.2.1	Grundlagen der Bilanzierung nach BSKO .....	11
2.2.2	Datenerhebung der Energieverbräuche .....	15
2.2.3	Endenergieverbrauch und THG-Emissionen .....	17
2.2.3.1	Endenergieverbrauch in der Stadt Paderborn .....	17
2.2.3.2	THG-Emissionen in der Stadt Paderborn .....	21
2.2.4	Regenerative Energien .....	24
2.2.4.1	Strom .....	24
2.2.5	Zusammenfassung .....	27
2.3	Wärmebilanz .....	28
2.3.1	Wärmebedarfsdichte .....	30
2.3.2	Wärmelinien-dichte .....	41
2.3.3	Sonstige Daten der Wärmeversorgung .....	43
2.3.4	Kommunale Wärmeplanung .....	47
2.3.5	Identifikation der Hotspots für Wärmebedarfe im Stadtgebiet .....	55
3	Potentiale zur Energieeinsparung .....	65
3.1.1	Private Haushalte .....	65
3.1.2	Wirtschaft .....	71
3.1.3	Verkehrssektor .....	76
3.1.4	Kommunale Liegenschaften .....	80
4	Potentiale für Erneuerbare Energien .....	81
4.1	EEG-Novelle 2021 .....	81
4.2	Photovoltaik .....	82
4.3	Solarthermie .....	85
4.4	Windkraft .....	86
4.5	Biomasse .....	89
4.5.1	Hölzerne Biomasse (Reststoffe) .....	91

4.6	Geothermie .....	93
4.6.1	Erdwärmekollektoren .....	93
4.6.2	Erdwärmesonden.....	94
4.6.3	Thermische Nutzung von Oberflächengewässern .....	97
4.6.4	Hydrothermale Grundwassernutzung .....	99
4.7	Abwärmenutzung .....	101
5	Szenarien zur Energieeinsparung .....	107
5.1	Szenarien: Brennstoffbedarf.....	109
5.2	Szenarien: Kraftstoffbedarf.....	114
5.3	Szenarien: Strombedarf und erneuerbare Energien .....	117
5.3.1	Szenarien zur Stromgewinnung .....	119
5.4	Zusammenfassung und Fazit .....	121
6	End-Szenarien: Endenergiebedarf und THG-Emissionen .....	122
6.1	End-Szenarien: Endenergiebedarf .....	122
6.2	End-Szenarien: THG-Emissionen.....	124
7	Maßnahmenkatalog.....	126
7.1	HF 1: Windenergie .....	132
7.2	HF 2: Sonnenenergie .....	136
7.3	HF 3: Biomasse und Biogas.....	146
7.4	HF 4: Umweltwärme.....	152
7.5	HF 5: Versorgungsmodelle.....	162
7.6	HF 6: Wärmenetze .....	168
7.7	HF 7: Sonstiges.....	180
8	Umsetzungskonzept .....	194
8.1	Kommunikationsstrategie .....	194
8.1.1	Netzwerke.....	194
8.1.2	Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungsprozesse.....	196

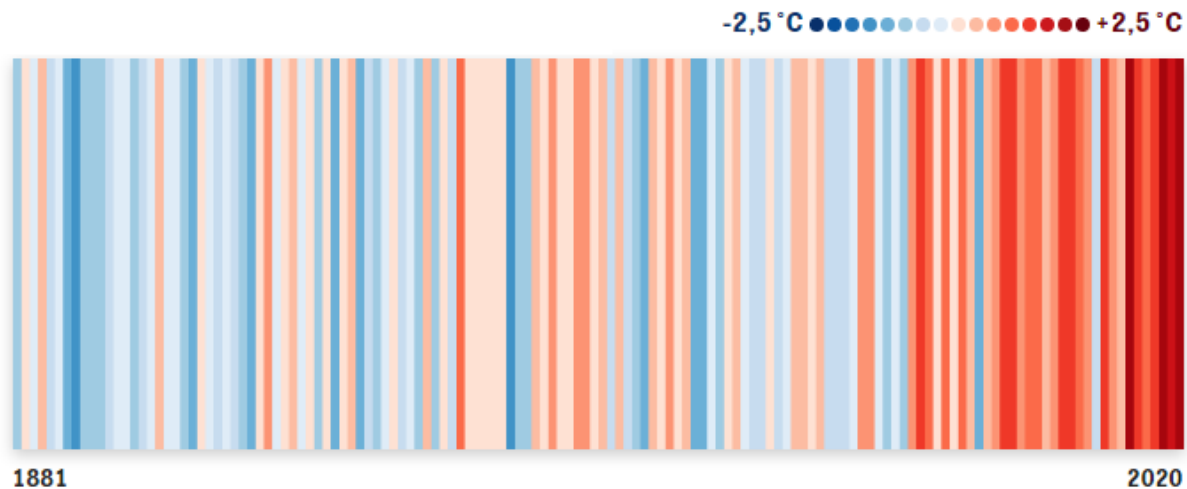
8.1.3	Empfehlung für die Umsetzungsphase des Klimaschutzteilkonzepts „Erneuerbare Energien“ 197	
8.1.4	Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen der Maßnahmenumsetzung.....	198
8.2	Controlling.....	203
9	Fazit .....	212
10	Verzeichnisse .....	220
10.1	Abkürzungsverzeichnis .....	220
10.2	Abbildungsverzeichnis.....	223
10.3	Tabellenverzeichnis.....	228
10.4	Quellenverzeichnis .....	229
11	Anhang1: Übersicht über Förderungen für Wärmenetze .....	230

## 1 Einleitung

Im Kontext der Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls und des Ziels der Staatengemeinschaft, die globale Erwärmung auf maximal 2° Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, hat Deutschland sich zu einem aktiven Klimaschutz verpflichtet. Nicht zuletzt durch die UN-Klimakonferenz in Paris im Winter 2015, in deren Rahmen ein Folgeabkommen zum Kyoto-Protokoll (Festlegung von weltweit verbindlichen Klimazielen) verabschiedet wurde, ist die weltweite Verpflichtung zu mehr Klimaschutz auf nationaler Ebene bestätigt worden. Gleichzeitig ist und bleibt klar: Die Klimaschutzziele sind nur zu erreichen, wenn vor Ort konkrete Klimaschutzinitiativen und -projekte gestartet und umgesetzt werden.

Weltweit können Temperaturanstiege, schmelzende Gletscher und Pole, ein ansteigender Meeresspiegel, Wüstenbildung und Bevölkerungswanderungen als Auswirkungen des Klimawandels beobachtet werden. Obwohl das Ausmaß der von der Erwärmung abhängigen Szenarien zum jetzigen Zeitpunkt kaum vorhersagbar ist, sind auch in Deutschland die Folgen des Klimawandels deutlich spürbar, wie die steigende Anzahl extremer Wetterereignisse (z.B. in 2014 „Pfingststurm Ela“), Ausbreitung von wärmeliebenden Tierarten (z.B. tropische Mückenarten am Rhein) oder die stetig steigende jährliche Durchschnittstemperatur (z.B. Sommer 2018) verdeutlichen.

Die steigenden Temperaturen können beispielsweise mit Hilfe der „Warming Stripes“ dargestellt werden. Dabei wird die Jahresdurchschnittstemperatur der einzelnen Jahre einer Farbe zugeordnet. Rot heißt wärmer, blau kälter. Dies veranschaulicht die zunehmenden Temperaturanomalien (durchschnittliche Abweichungen).



Das kälteste Jahr in Paderborn war **1940** mit durchschnittlich **7,2 °C**. Das wärmste war **2018** mit **11 °C**.

⊕ Methodik • Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD), eigene Berechnungen • Inspiriert von Ed Hawkins

Abbildung 1: Warming Stripes Paderborn (Quelle Zeit.de)<sup>1</sup>

Vor diesem Hintergrund hat die Bundesregierung gesetzlich verankert, den bundesweiten Ausstoß von Kohlenstoffdioxid und anderen Treibhausgasen bis 2020 um 40 Prozent, bis 2030 um 55 Prozent und bis 2050 um 80 Prozent bis 95 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 zu senken (vgl. BMUB 2014, S. 9). Darüber hinaus hat sich Deutschland auf dem UN-Klimaschutzgipfel in New York dazu bekannt, Treibhausgasneutralität bis 2050 als langfristiges Ziel zu verfolgen (BMU 2019). Das soll vor allem durch den Ausbau erneuerbarer Energien und eine Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden. Diese Ziele sind in ihren Grundzügen bereits im Energiekonzept von 2010 festgeschrieben. Um die gesetzten Ziele zu erreichen, hat die Bundesregierung bereits maßgebliche Schritte eingeleitet, um zur Reduktion von Treibhausgasen beizutragen. So finanziert die Bundesregierung seit 2008 die nationale Klimaschutzinitiative. Die geförderten Programme decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab, weshalb sie eine Vielfalt an guten Ideen und innovativen Konzepten garantieren.

## 1.1 Hintergrund und Motivation

Die Stadt Paderborn hat die Aufgabe des Klimaschutzes bereits in der Vergangenheit als eine wichtige kommunale Aufgabe verstanden und befasst sich daher seit mehreren Jahren mit Maßnahmen zur Einschränkung der Treibhausgasmissionen auf dem Stadtgebiet. Zu nennen

---

<sup>1</sup> <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2021-01/klimawandel-deutschland-2020-hitzerekord-globale-erwaermung-temperaturanstieg-gemeinden-klimastreifen>



sind hier die Teilnahme am European Energy Award (EEA) seit 2013 sowie die Erstellung des Klimaschutzkonzeptes im Jahr 2016 und die Umsetzung von darin erarbeiteten Maßnahmen. Bei einer Vielzahl von Maßnahmen arbeitet die Stadtverwaltung bereits mit einem breit aufgestellten Klimaschutznetzwerk zusammen, welches das Thema Klimaschutz fördert. Mit den, vom Rat der Stadt Paderborn am 26.09.2019 gefassten Beschlüssen zur CO<sub>2</sub>-Neutralität des Stadtkonzerns und der Neuausrichtung des Klimaschutzkonzeptes sowie der Fortführung des EEA-Prozesses stellt die Stadt Paderborn die Weichen für ein verstärktes Engagement im kommunalen Klimaschutz.

Mit dem vorliegenden **Integrierten Wärmenutzungs- und Erneuerbare Energien-Konzept** sollen neue klimapolitische Themenfelder erschlossen werden. Eine Vernetzung zwischen den relevanten Akteur\*innen und Verbrauchssektoren in Paderborn soll zu mehr Energieeffizienz sowie zur Erhöhung der Energieerzeugung aus regenerativen Energiequellen beitragen. Daher werden im Erstellungsprozess des Konzeptes verstärkt Wirtschaftsunternehmen betrachtet, die mit ihrem hohen Energiebedarf und gleichzeitiger Nähe zu anderen Energieverbrauchern und –Erzeugern, ein großes Potential für eine integrierte Wärmenutzung bieten.

Auch bereits bestehende Einzelaktivitäten und Projektansätze sollen aufgenommen, gebündelt, weiterentwickelt und ergänzt werden. Auf diese Weise erhält die Stadt Paderborn ein Instrument, mit dem die zukünftige Energie- und Klimaarbeit konzeptionell nachhaltig gestaltet werden kann. Die Erarbeitung des Konzeptes erfolgt in Zusammenarbeit mit lokalen Akteur\*innen, um nachhaltige Projektansätze zu schaffen und Multiplikatoren- und Synergieeffekte zu nutzen. Denn der Erfolg des Konzeptes hängt wesentlich davon ab, inwieweit die lokalen Akteur\*innen und weitere Aktive in Paderborn tätig werden und zum Mitmachen animiert werden. Denn nur durch die umfassende Aktivität Vieler sind die gesetzten Klimaschutzziele zu erreichen.

## 1.2 Vorgehensweise und Projektplan

Zur erfolgreichen Erstellung des Klimaschutzteilkonzeptes bedarf es einer ausführlichen Vorarbeit und einer systematischen Projektbearbeitung. Hierzu sind unterschiedliche Arbeitsschritte notwendig, die aufeinander aufbauen und die relevanten Einzelheiten sowie projektspezifischen Merkmale einbeziehen. Die Konzepterstellung lässt sich grob in die nachfolgenden Bausteine gliedern:

1. Bestandsaufnahme mit quantitativer Energie- und THG-Bilanz
2. Quantitative Berechnung der Potentiale und Aufstellung von Szenarien
3. Akteur\*innenbeteiligung
4. Erstellung eines Maßnahmenkatalogs
5. Verstetigung, Controlling und Berichtserstellung

Die nachfolgende Abbildung visualisiert die Zeitschiene und die seitens der Stadt Paderborn gewählte Vorgehensweise zur Erstellung des Konzeptes. Nachstehend werden wesentliche Bausteine des Klimaschutzteilkonzeptes erläutert. Auf Grund von Verzögerungen durch die Corona-Pandemie, hat sich der Zeitplan erheblich verzögert und die Fertigstellung des Konzeptes inkl. Aller Abstimmung konnte erst in 2021 abgeschlossen werden.

## PROJEKTZEITENPLAN ERNEUERBARE ENERGIEN UND INTEGRIERTE WÄRMENUTZUNG



Abbildung 2: Projektzeitplan

### *1.2.1.1 Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz*

Mit der Aufstellung der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz wird zunächst der Status quo des Energieverbrauchs und CO<sub>2</sub>-Ausstoßes auf dem Gebiet der Stadt Paderborn festgestellt. Die Höhe und die Verteilungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die Sektoren Haushalte, Wirtschaft und Verkehr sowie die Art der eingesetzten Energieträger nimmt Einfluss auf festzulegende Themenschwerpunkte und die Definition einzubindender Akteur\*innen.

### *1.2.1.2 Potentialanalyse / Aufstellung Szenarien*

Auf Basis der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz und unter Berücksichtigung der Entwicklungspotentiale sowie der Ziele der Stadt Paderborn werden CO<sub>2</sub>-Minderungspotentiale bestimmt und Entwicklungsszenarien für die Jahre 2030 und 2050 aufgestellt. Mit Hilfe der Szenarien können konkrete Klimaschutzziele für die Stadt Paderborn abgeleitet werden.

### *1.2.1.3 Akteur\*innenbeteiligung*

Die Erarbeitung des Konzeptes erfolgt mit der Teilnahme und Unterstützung zahlreicher Akteur\*innen. Neben Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Stadtverwaltung und der Politik sind hier vor allem die Energieversorger sowie lokale Unternehmen zu nennen, die in den Prozess der Konzepterstellung einbezogen wurden. Auf Grund der aktuellen Situation (Covid-19), wurde die Beteiligung vorrangig Online und telefonisch über Gespräche mit Fachleuten durchgeführt.

### *1.2.1.4 Aufstellung Maßnahmenkatalog*

Neben der Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien ist die effiziente Energienutzung die Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende. Die lokale Verknüpfung von Energieströmen erfordert einen integrierten Ansatz, bei dem die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr systemisch betrachtet werden. Die Maßnahmen sind als Projektvorschläge zu verstehen, die zur Erreichung der energiepolitischen Ziele der Stadt Paderborn beitragen sollen. Die Maßnahmen zielen in erster Linie auf die Erhöhung der Energieproduktion aus erneuerbaren Energieträgern, sowie auf die Optimierung der Wärmeversorgung in der Stadt Paderborn ab. Neben konkreten Maßnahmen mit technischer Detailtiefe, die vor allem auf den Aussagen der Unternehmen und den Energiedaten der kommunalen Liegenschaften basieren, umfasst der Maßnahmenkatalog auch konzeptionelle Maßnahmen mit dem Ziel, die künftige Energieplanung und Informations- und Kommunikationspolitik zu unterstützen.

### *1.2.1.5 Verstetigung, Controlling und Berichtserstellung*

Der Berichtsprozess ist das Rückgrat des Projektes und schafft eine Verbindung zwischen Entstehungs- und Anwendungsort des Projektes. Es stellt alle nötigen Informationen, die zur

Entscheidungsfindung gebraucht werden, zur Verfügung. In diesem Rahmen wird zudem ein Verstätigungs- wie auch Controllingkonzept entwickelt.

## 2 Ist-Analyse

Paderborn ist eine junge Stadt mit einer über 1200-jährigen Geschichte. Mit zahlreichen Museen, einem Theater, Krankenhäusern und einer Universität nimmt sie die Funktion eines Oberzentrums für die umliegenden Städte und Gemeinden wahr.

### 2.1 Kommunale Basisdaten

Nach der Hauptsatzung der Stadt wurden in Paderborn sieben Stadtbezirke gebildet. Zusammen mit der Kernstadt ergeben sich somit acht Verwaltungseinheiten. Insgesamt besteht die Stadt aus neun Ortsteilen: Der Kernstadt, Schloß Neuhaus, Elsen, Wewer, Sande, Marienloh, Dahl, Benhausen und Neuenbeken.



Abbildung 3: Ortsteile der Stadt Paderborn (Paderborn, Ortsteile und Einwohner, 2020)

#### 2.1.1 Geografische Lage / Größe

Die Kreisstadt Paderborn, des gleichnamigen Kreises, liegt naturgeographisch in der Westfälischen Tieflandbucht, im Osten des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen (NRW).

Östlich der Stadt erhebt sich das Eggegebirge als Teil des Naturparks Teutoburger Wald/Eggegebirge. Die Stadt entstand im Quellgebiet der Pader, dem mit 4 km Länge

kürzesten Fluss Deutschlands. Der höchste Punkt im Stadtgebiet befindet sich im Stadtteil Neuenbeken bei 347 m ü. NN, der niedrigste in Sande bei 94 m ü. NN.

### 2.1.2 Demografische Entwicklung

Mit ihren 152.746 Einwohnern (Stand: September 2019) stellt Paderborn in Bezug auf die Bevölkerungszahl die zweitgrößte Stadt der Region Ostwestfalen-Lippe dar und weist in der Region das größte Wachstum auf.

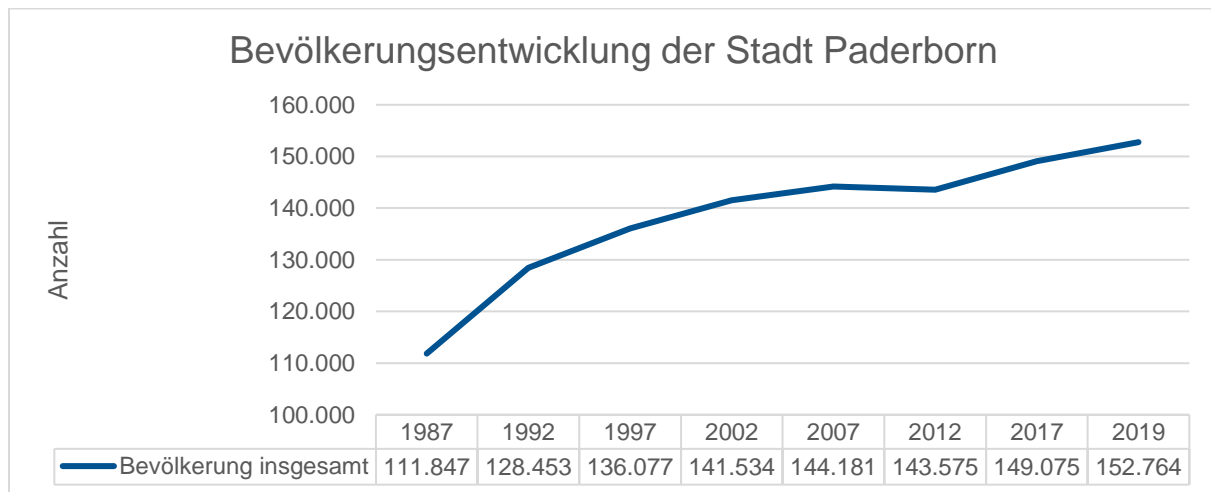


Abbildung 4: Bevölkerungsentwicklung der Stadt Paderborn (IT.NRW; Stadt Paderborn)

### 2.1.3 Energieversorgung

Der lokale Netzbetreiber ist die Westfalen Weser Netz GmbH, welche eine Tochtergesellschaft der Westfalen Weser Energie GmbH & Co. KG ist. Ein weiteres Tochterunternehmen ist die Energieservice Westfalen Weser GmbH (ESW). Das Leistungsspektrum der ESW umfasst u.a. Energie- und Contractinglösungen für Industrie und Gewerbe, Kommunen und Quartierslösungen. Hier ist als Beispiel die Nahwärmeversorgung für die Springbachhöfe in Paderborn zu nennen.

Um die Bereitstellung von erneuerbaren Energien auszuweiten wurden die Stadtwerke Paderborn als lokaler Energieversorger für die Stadt Paderborn und den Kreis gegründet. Unter dem Motto „Echt. Stark. Vor Ort.“ beliefern sie die Haushalte und Unternehmen der Region mit Erdgas, Wasser, Ökostrom und Ökoheizstrom.

Die Stadtwerke haben seit dem 01. August 2017 eine Kooperation mit der Energie Service Westfalen Weser GmbH (ESW) geschlossen, um neben Strom und Gas auch den Kundenservice Vor-Ort für die ESW durchzuführen. Zukünftig soll die Stadtwerke Paderborn GmbH die von der Wärmeservice Gesellschaft Paderborn erzeugte Wärme (zunächst Allanbrooke Kaserne) an die Eigentümer\*innen/Investor\*innen vermarkten.

### 2.1.4 Verkehrliche Anbindung / Situation

Der Anteil der Verkehrsfläche an der gesamten Stadtfläche beträgt rund 10 %. Mit den Verkehrsachsen der Autobahn A33 welche das Stadtgebiet in einer Nord-Süd-Ausrichtung durchkreuzt und den vernetzten Bundesstraßen B64,1 und 68 ist Paderborn gut an das überregionale Straßennetz angebunden.

Mit den im Stadtgebiet verteilten fünf Bahnhöfen (Paderborn Hbf, P.-Nord, P.-Kasseler Tor, Schloß Neuhaus und Sennelager) die in Nord-Süd-/ sowie Ost-West-Ausrichtung durch die Stadt führen ist die Stadt auch im Schienenverkehr gut vernetzt.

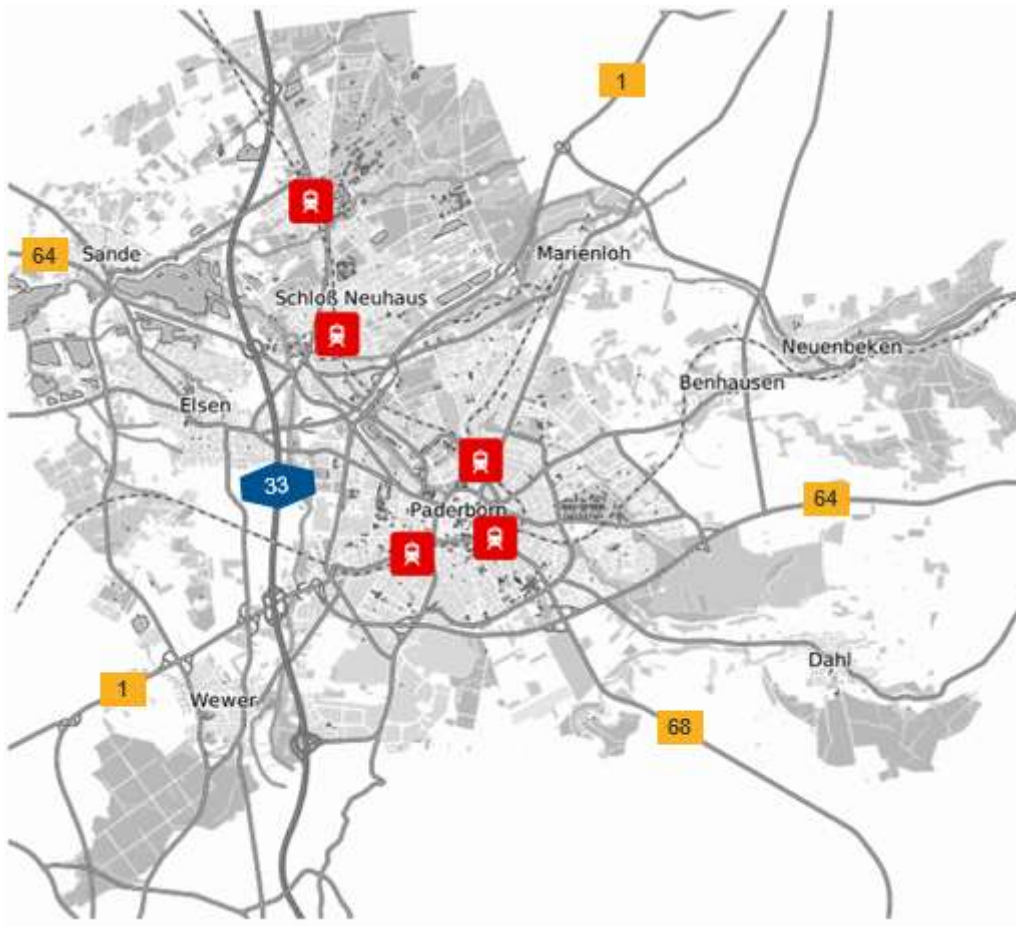


Abbildung 5: Überblick über die Stadt Paderborn (Webseite Stadt Paderborn; überarbeitet)

### 2.1.5 Wirtschaft

In den letzten 25 Jahren hat sich die Stadt Paderborn zu einem national wie auch international bedeutenden Wirtschaftsstandort entwickelt. 35 % des Stadtgebietes sind Siedlungs- und Verkehrsfläche. Von gesamten Siedlungs- und Verkehrsfläche lassen sich 20 % allein der Wirtschaft (Betriebsfläche) zuschreiben.

Die Wirtschaftsstruktur ist eine vielfältige Mischung verschiedenster Branchen, von Handwerksbetrieben über mittelständische Unternehmen und Handelshäuser bis hin zu Konzernen mit internationaler Bedeutung. Neben der Informations- und Kommunikationstechnologie, der Mechatronik, der Ernährungswirtschaft stellen die Bereiche Automotive, Elektronik/Büromaschinen und der Maschinen-/Werkzeug-/Formenbau die wichtigsten Kompetenzfelder dar. Angesiedelte Branchen sind in Paderborn unter anderem:

Tabelle 1: Wirtschaftsbranchen in der Stadt Paderborn (MBL 2020)

- |                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| - Automobilzulieferer         | - Kunststoffgewerbe  |
| - Energieindustrie            | - Logistik/Spedition |
| - Lebensmittelindustrie       | - Maschinenbau       |
| - IT-Industrie                | - Verlagsgewerbe     |
| - Papiergewerbe               | - Gastgewerbe        |
| - Elektronikgewerbe           | - Baugewerbe         |
| - Textil-, Bekleidungsgewerbe | - Finanzindustrie    |
| - Kreativwirtschaft           | - Metallindustrie    |
| - Recycling                   | -                    |

Zu den größeren Unternehmen in der Stadt Paderborn zählt unter anderem die STUTE Nahrungsmittelwerke. Das Familienunternehmen produziert in Paderborn eine große Vielfalt an alkoholfreien Getränken und Brotaufstrichen, hauptsächlich für Handelsmarken, für Kunden in ganz Europa, Nordamerika und Australien. Zudem sind gleich mehrere **Betonwerke** (z.B. Bunte Betonwerk oder Betonwerk Lintel Gruppe), ein Zementwerk und Betontransportunternehmen in Paderborn ansässig. Des Weiteren sind Unternehmen der **Metallverarbeitung** in Paderborn zu finden. Wie unter anderem BENTELER Steel/Tube GmbH oder HDO Druckguß- und Oberflächentechnik GmbH.



### 2.1.6 Weitere Besonderheiten

Die Universität Paderborn ist mit 20.000 Studierenden und ca. 2.500 Beschäftigten ein wichtiger Bestandteil der Stadt und großer Wirtschaftsfaktor. Die Gebäude der Universität bieten durch ihre Größe und ganzjährige Nutzung ein hohes Potential für eine Fernwärmeversorgung.

## 2.2 Energie- und Treibhausgasbilanz

Zur Bilanzierung wird das Tool Klimaschutz-Planer Region verwendet, welches speziell zur Anwendung in Kommunen entwickelt wurde. Bei diesem Tool handelt es sich um ein webbasiertes Instrument zur Bilanzierung des Endenergieverbrauches und der Treibhausgase.

### 2.2.1 Grundlagen der Bilanzierung nach BSKO

Im Rahmen der Bilanzierung der Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) auf dem Stadtgebiet wird der vom Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) entwickelte „Bilanzierungs-Standard Kommunal“ (BSKO) angewandt. Leitgedanke des vom BMU geförderten Vorhabens war die Entwicklung einer standardisierten Methodik, welche die einheitliche Berechnung kommunaler THG-Emissionen ermöglicht und somit eine Vergleichbarkeit der Bilanzergebnisse zwischen den Kommunen erlaubt (ifeu, 2016:3). Weitere Kriterien waren u.a. die Schaffung einer Konsistenz innerhalb der Methodik um insbesondere Doppelbilanzierungen zu vermeiden, sowie eine weitestgehende Konsistenz zu anderen Bilanzierungsebenen (regional, national) zu gewährleisten.

Zusammengefasst ist das Ziel des BSKO-Systems, die Erhöhung der Transparenz energiepolitischer Maßnahmen und durch eine einheitliche Bilanzierungsmethodik einen hohen Grad an Vergleichbarkeit zu schaffen. Zudem ermöglicht die Software durch die Nutzung von hinterlegten Datenbanken (mit deutschen Durchschnittswerten) eine einfachere Handhabung der Datenerhebung.

Es wird im Bereich der Emissionsfaktoren auf national ermittelte Kennwerte verwiesen, um deren Vergleichbarkeit zu gewährleisten (TREMODO, Bundesstrommix). Hierbei werden neben Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) weitere Treibhausgase in die Berechnung der Emissionsfaktoren miteinbezogen und betrachtet. Dazu zählen beispielsweise Methan (CH<sub>4</sub>) und Distickstoffmonoxide (Lachgas oder N<sub>2</sub>O). Zudem findet eine Bewertung der Datengüte in Abhängigkeit der jeweiligen Datenquelle statt. So wird zwischen Datengüte A (Regionale Primärdaten), B (Hochrechnung regionaler Primärdaten), C (Regionale Kennwerte und Statistiken) und D (Bundesweite Kennzahlen) unterschieden.

Im Verkehrsbereich wurde bisher auf die Anzahl registrierter Fahrzeuge zurückgegriffen. Basierend darauf wurden mithilfe von Fahrzeugkilometern und nationalen Treibstoffmischen die THG-Emissionen ermittelt. Dieses sogenannte Verursacherprinzip unterscheidet sich deutlich

gegenüber dem im BSKO angewandten Territorialprinzip (s. genauere Erläuterung im folgenden Text). Im Gebäude- und Infrastrukturbereich wird zudem auf eine witterungsbereinigte Darstellung der Verbrauchsdaten verzichtet.

#### *Bilanzierungsprinzip im stationären Bereich*

Unter BSKO wird zur Bilanzierung das Territorialprinzip verfolgt. Diese auch als endenergiebasierte Territorialbilanz bezeichnete Vorgehensweise, betrachtet alle im Untersuchungsgebiet anfallenden Verbräuche auf Ebene der Endenergie, welche anschließend den einzelnen Sektoren zugeordnet werden. Dabei wird empfohlen, von witterungskorrigierten Daten Abstand zu nehmen und die tatsächlichen Verbräuche für die Berechnung zu nutzen, damit die entstandenen Emissionen korrekt dargestellt werden können. Standardmäßig wird eine Unterteilung in die Bereiche Private Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD) Industrie/Verarbeitendes Gewerbe, Kommunale Einrichtungen und den Verkehrsbereich angestrebt.

Anhand der ermittelten Verbräuche und energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren (s.

Tabelle 2) werden anschließend die THG-Emissionen berechnet. Die THG-Emissionsfaktoren beziehen neben den reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen weitere Treibhausgase (bspw. N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub>) in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, inklusive energiebezogener Vorketten, in die Berechnung mit ein (Life Cycle Analysis (LCA)-Parameter). Das bedeutet, dass nur die Vorketten energetischer Produkte, wie der Abbau und Transport von Energieträgern oder die Bereitstellung von Energieumwandlungsanlagen, in die Bilanzierung miteinfließen. Sogenannte graue Energie, beispielsweise der Energieaufwand von konsumierten Produkten sowie Energie, die von den Bewohnerinnen und Bewohnern außerhalb der Stadtgrenzen verbraucht wird, findet keine Berücksichtigung in der Bilanzierung. Die empfohlenen Emissionsfaktoren beruhen auf Annahmen und Berechnungen des ifeu, des GEMIS (Globale Emissions-Modell integrierter Systeme), entwickelt vom Öko-Institut, sowie auf Richtwerten des Umweltbundesamtes. Zudem wird empfohlen, den Emissionsfaktor des Bundesstrommixes heranzuziehen und auf die Berechnung eines lokalen, bzw. regionalen Strommixes zu verzichten.

Tabelle 2: Emissionsfaktoren (ifeu, 2020)

Emissionsfaktoren je Energieträger - LCA-Energie für das Jahr 2018			
Energieträger	[gCO <sub>2e</sub> /kWh]	Energieträger	[gCO <sub>2e</sub> /kWh]
Strom	544	Flüssiggas	267
Heizöl	318	Braunkohle	439
Erdgas	247	Steinkohle	444
Holz	27	Heizstrom	600
Umweltwärme	194	Sonstige erneuerbare	25
Sonnenkollektoren	25	Sonstige konventionelle	330
Biogase	110	Benzin	314
Abfall	27	Diesel	325
Kerosin	322	Biobenzin + Biodiesel	149

### Bilanzierungsprinzip im Sektor Verkehr

Zur Bilanzierung des Sektors Verkehr findet ebenfalls das Prinzip der endenergiebasierten Territorialbilanz Anwendung. Diese umfasst sämtliche motorisierten Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr. Emissionen aus dem Flugverkehr werden nach Anzahl der Starts und Landungen auf dem Territorium erfasst. Da auf dem Stadtgebiet kein Flughafen vorhanden ist, werden der Stadt keine Verbräuche aus dem Flugverkehr zugeordnet.

Generell kann der Verkehr in die Bereiche gut kommunal beeinflussbar und kaum kommunal beeinflussbar unterteilt werden. Als gut kommunal beeinflussbar werden Binnen-, Quell- und Zielverkehr im Straßenverkehr (MIV, LKW, LNF) sowie öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) eingestuft. Emissionen aus dem Straßendurchgangsverkehr, öffentlichen Personenfernverkehr (ÖPFV, Bahn, Reisebus, Flug) sowie aus dem Schienen- und Binnenschiffsgüterverkehr werden als kaum kommunal beeinflussbar eingestuft. Durch eine Einteilung in Straßenkategorien (innerorts, außerorts, Autobahn) kann der Verkehr differenzierter betrachtet werden. So ist anzuraten, die weniger beeinflussbaren Verkehrs- bzw. Straßenkategorien herauszurechnen, um realistische Handlungsempfehlungen für den Verkehrsbereich zu definieren.

Für die Stadt Paderborn konnten genaue Werte zu Fahrleistungen des Straßenverkehrs aus dem für das integrierte Mobilitätskonzept erstellten Verkehrsmodell genutzt werden.

Harmonisierte und aktualisierte Emissionsfaktoren für den Verkehrsbereich stehen in Deutschland durch das TREMOD-Modell zur Verfügung. Diese werden in Form von nationalen Kennwerten differenziert nach Verkehrsmittel, Energieträger und Straßenkategorie bereitgestellt. Wie bei den Emissionsfaktoren für den stationären Bereich werden diese in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten inklusive Vorkette berechnet. Eine kommunenspezifische Anpassung der Emissionsfaktoren für den Bereich erfolgt demnach nicht.

### 2.2.2 Datenerhebung der Energieverbräuche

Die Endenergieverbräuche der Stadt Paderborn sind in der Bilanz differenziert nach Energieträgern berechnet worden. Die Verbrauchsdaten **leitungsgebundener Energieträger** (Strom, Erdgas und Wärmenetze) sind von den Netzbetreibern in der Kommune bereitgestellt worden. In die Berechnung des Endenergieverbrauchs sind die netzseitigen Energieverbräuche eingeflossen, die im Stadtgebiet angefallen sind. Dadurch werden auch die Endenergieverbräuche erfasst, die im Netz des Energieversorgers verteilt werden, aber von anderen Energieversorgern vertrieben werden. Fernwärme wurde ebenfalls über den Netzbetreiber erhoben, um die abgenommenen Mengen darstellen zu können. Angaben zum Ausbau erneuerbarer Energien stützen sich auf die EEG-Einspeisedaten und wurden ebenfalls von den Netzbetreibern bereitgestellt.

**Nicht-leitungsgebundene Energieträger** werden in der Regel zur Erzeugung von Wärmeenergie genutzt. Zu nicht-leitungsgebundenen Energieträgern im Sinne dieser Betrachtung zählen Heizöl, Flüssiggas, Braun- und Steinkohle, Holz, Biogase und Sonnenkollektoren (Solarthermie). Heizöl, Holz und Kohle konnten, über die von der Schornsteinfegerinnung zur Verfügung gestellten Schornsteinfegerdaten, berechnet werden.

Nach Angabe der Schornsteinfegerinnung ist davon auszugehen, dass etwa 2% der Anlagen Flüssiggas verfeuern. Daher wurde im Rahmen der Bilanzierung für die Haushalte ein Wert von 2% des Gasverbrauches auf Flüssiggas umgelegt.

Die Wärme, die durch Solarthermieanlagen erzeugt und genutzt wird, wurde über die Förderdaten von [www.solaratlas.de](http://www.solaratlas.de) berechnet.

Der Energieträger Abfall ist nicht in die Bilanz eingeflossen, da nach Kenntnis des Erstellers auf dem Stadtgebiet keine Nutzung stattfindet.

Nachfolgende Tabelle 3 stellt die Quellen der Datenerhebung dar.

Tabelle 3: Datenquellen bei der Energie- und THG-Bilanzierung

Datenerhebung im Rahmen der Energie- und THG-Bilanzierung der Stadt Paderborn			
Energieträger	Quelle	Energieträger	Quelle
Strom	Westfalen-Weser Netz	Erdgas	Westfalen-Weser Netz
Braunkohle	Schornstefegerdaten	Umweltwärme	Wärmepumpenatlas
Flüssiggas	Nach Angabe Schornstefegerinnung	Heizöl	Schornstefegerdaten
Steinkohle	Schornstefegerdaten	Holz	Schornstefegerdaten
Benzin	Kommunale Daten und Bundeskenzzahlen	Fernwärme/ Nahwärme	Verbräuche der kommunalen Liegenschaften
Diesel	Kommunale Daten und Bundeskenzzahlen	Sonnenkollektoren (Solarthermie)	Solaratlas
Kerosin	wird in Paderborn nicht eingesetzt	Biogase	Startbilanz EcoRegion (Bundeskenzzahlen)
Biodiesel/ -Benzin	Bundeskenzzahlen	Klärgas	Westfalen-Weser Netz

## 2.2.3 Endenergieverbrauch und THG-Emissionen

Die Energieverbräuche der Stadt Paderborn konnten für die Bilanzjahre 2012 bis 2018 erfasst und bilanziert werden. Die Energieverbräuche werden auf Basis der Endenergie und die THG-Emissionen auf Basis des Primärenergiebedarfs anhand von LCA-Parametern beschrieben. Die Bilanz ist vor allem als Mittel der Selbstkontrolle zu sehen. Die Entwicklung auf dem eigenen Stadtgebiet lässt sich damit gut nachzeichnen. Ein interkommunaler Vergleich ist häufig nicht zielführend, da regionale und strukturelle Unterschiede sehr hohen Einfluss auf die Energieverbräuche und THG-Emissionen von Kommunen haben.

Im Folgenden werden die Endenergieverbräuche und die THG-Emissionen der Stadt Paderborn dargestellt. Hierbei erfolgt eine Betrachtung des gesamten Stadtgebietes sowie der einzelnen Sektoren.

### 2.2.3.1 Endenergieverbrauch in der Stadt Paderborn

Im Bilanzjahr 2018 sind im Stadtgebiet Paderborn 3.914.111 MWh Endenergie verbraucht worden (vgl. Abbildung 6).

#### Endenergieverbrauch nach Sektoren

Die Abbildung 6 zeigt, wie sich die Endenergieverbräuche der Bilanzjahre 2012 bis 2018 auf die Sektoren aufteilen.

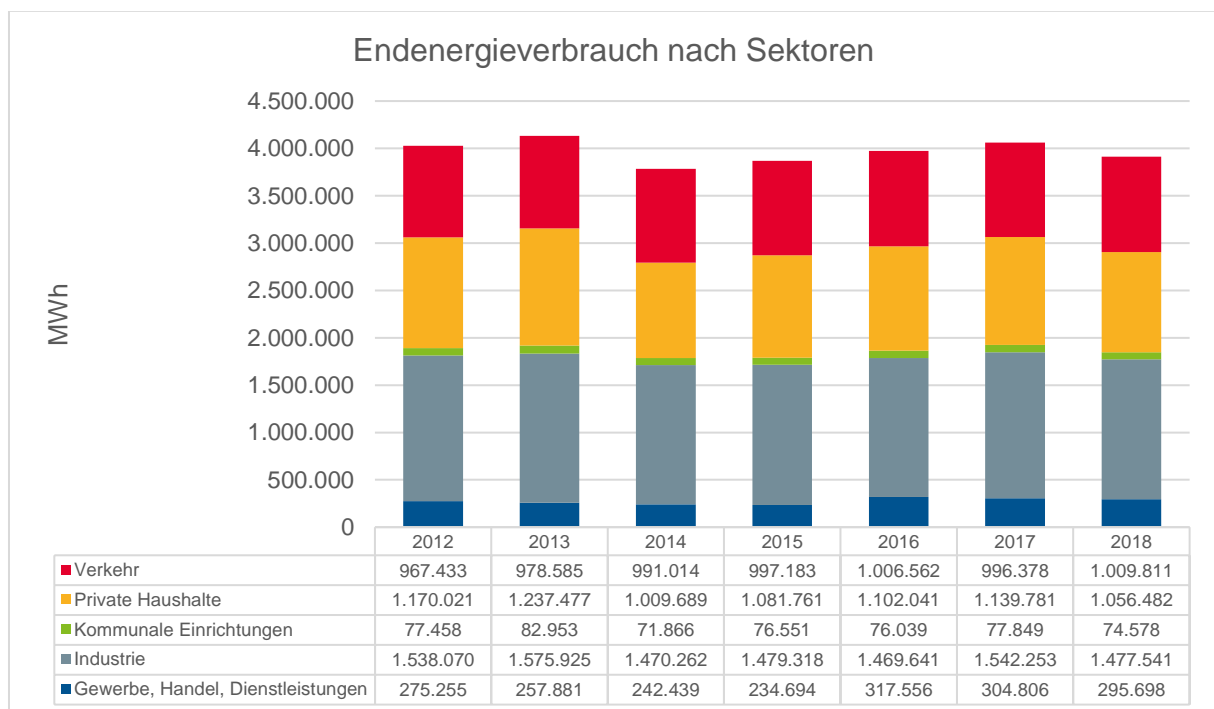


Abbildung 6: Endenergieverbrauch der Stadt Paderborn nach Sektoren

Die Abbildung 7 zeigt, dass die Industrie mit 38 % den größten Anteil am Energieverbrauch ausmacht. Dem Sektor Private Haushalte sind 27 % zuzuordnen, der Verkehrssektor hat einen Anteil von 26 % und der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung hat einen Anteil von 7 %. Die kommunalen Gebäude, Anlagen und Fahrzeuge nehmen einen Anteil von knapp 2 % am Endenergieverbrauch der Stadt ein.

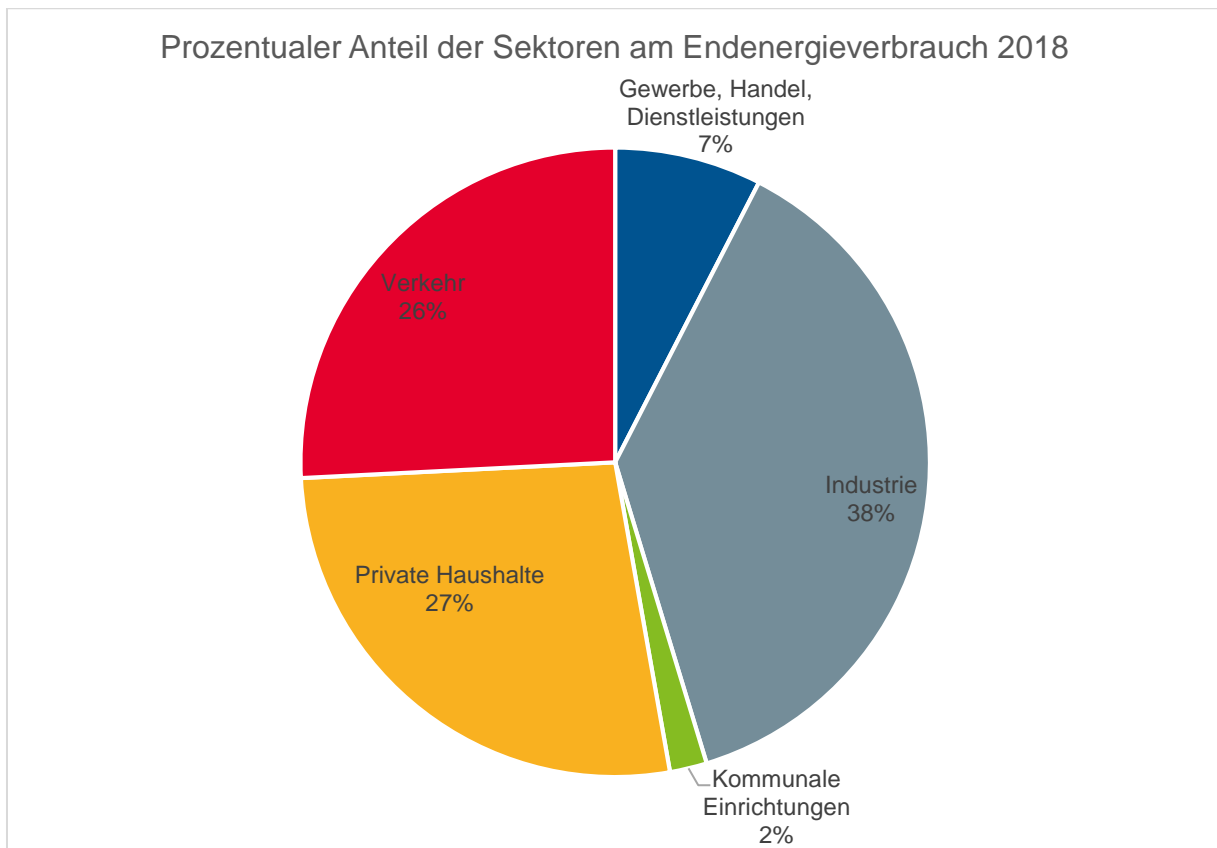


Abbildung 7: Prozentualer Anteil der Sektoren am Endenergieverbrauch 2018



### Endenergieverbrauch nach Energieformen

Wird der Endenergieverbrauch der Stadt Paderborn hinsichtlich seines Einsatzzweckes betrachtet, ergeben sich die in Abbildung 8 dargestellten Anteile.

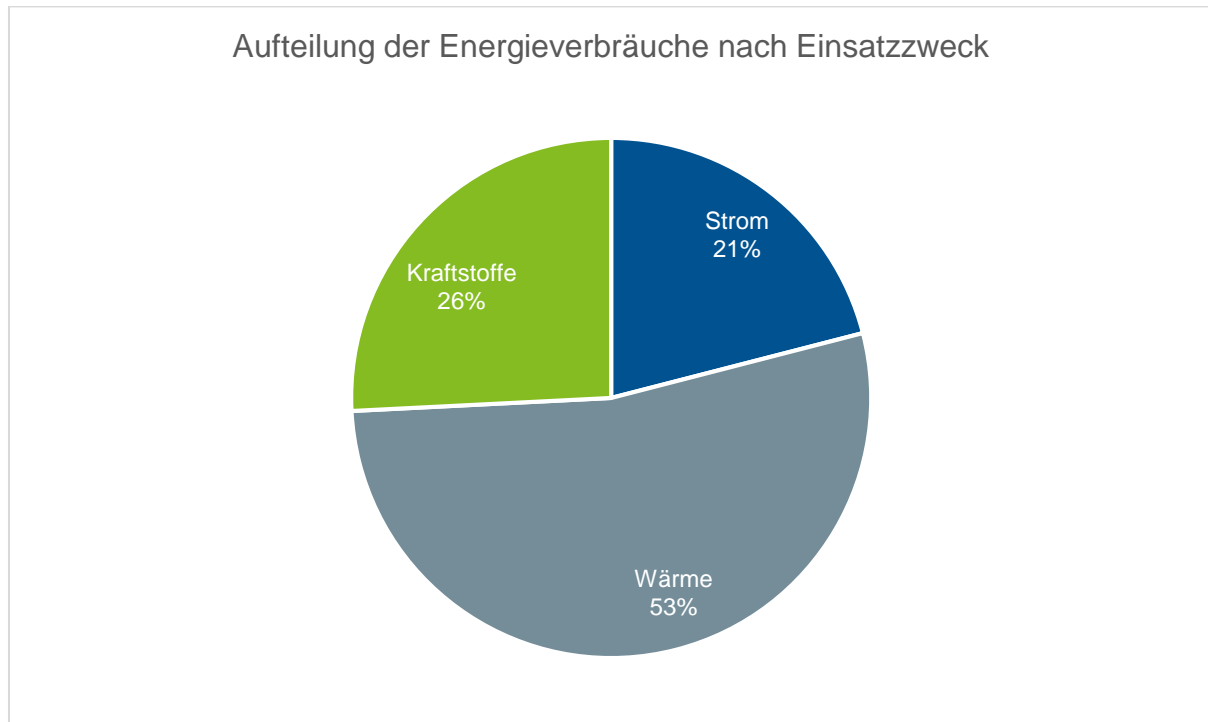


Abbildung 8: Aufteilung Endenergieverbrauch der Stadt Paderborn nach Einsatzzweck im Jahr 2018

Es wird ersichtlich, dass der größte Anteil mit 53 % der verbrauchten Energieträger von Brennstoffen (u. a. Erdgas, Heizöl, Biomasse) für die Wärmeversorgung eingenommen wird. Danach folgen Kraftstoffe (Benzin, Diesel) mit einem Anteil von 26 % und Strom mit 21 % am Endenergieverbrauch.

### Endenergieverbrauch nach Energieträgern für die Gebäude und Infrastruktur

Im Sektor Verkehr werden überwiegend Kraftstoffe wie Benzin und Diesel bilanziert. Der Energieträgereinsatz zur Strom- und Wärmeversorgung von Gebäuden und Infrastruktur wird nachfolgend detaillierter dargestellt. Die Gebäude und Infrastruktur umfassen die Sektoren Wirtschaft, Haushalte und Kommune (ohne Verkehrssektor). Da diese Daten bis zum Jahr 2018 vorliegen, werden die Diagramme hier entsprechend dargestellt.

In Paderborn summiert sich der Endenergieverbrauch der Gebäude und Infrastruktur im Jahr 2018 auf 2.904.299 MWh. Die Abbildung 9 schlüsselt diesen Verbrauch nach Energieträgern auf, sodass deutlich wird, welche Energieträger überwiegend in der Stadt Paderborn zum Einsatz kommen. Im Unterschied zur vorherigen Darstellungsweise, werden hier nicht mehr die Energieverbräuche aus dem Verkehrssektor betrachtet, so dass sich die prozentualen Anteile der übrigen Energieträger gegenüber dem Gesamtenergieverbrauch verschieben.

Der Energieträger Strom hat nach dieser Aufstellung im Jahr 2018 einen Anteil von ca. 28 % am Endenergieverbrauch. Hieraus resultiert ein Brennstoffanteil von 72 %. Als Brennstoff kommt, mit einem Anteil von 63 %, vorrangig Erdgas zum Einsatz. Die übrigen Energieträger sind nur zu einem sehr geringen Anteil vorhanden. Dies ist auf den hohen Anteil der Industrie am Gesamtverbrauch zurückzuführen, die hauptsächlich Erdgas als Brennstoff einsetzt. Der Heizölverbrauch hat bei den Haushalten einen Anteil von 8%.

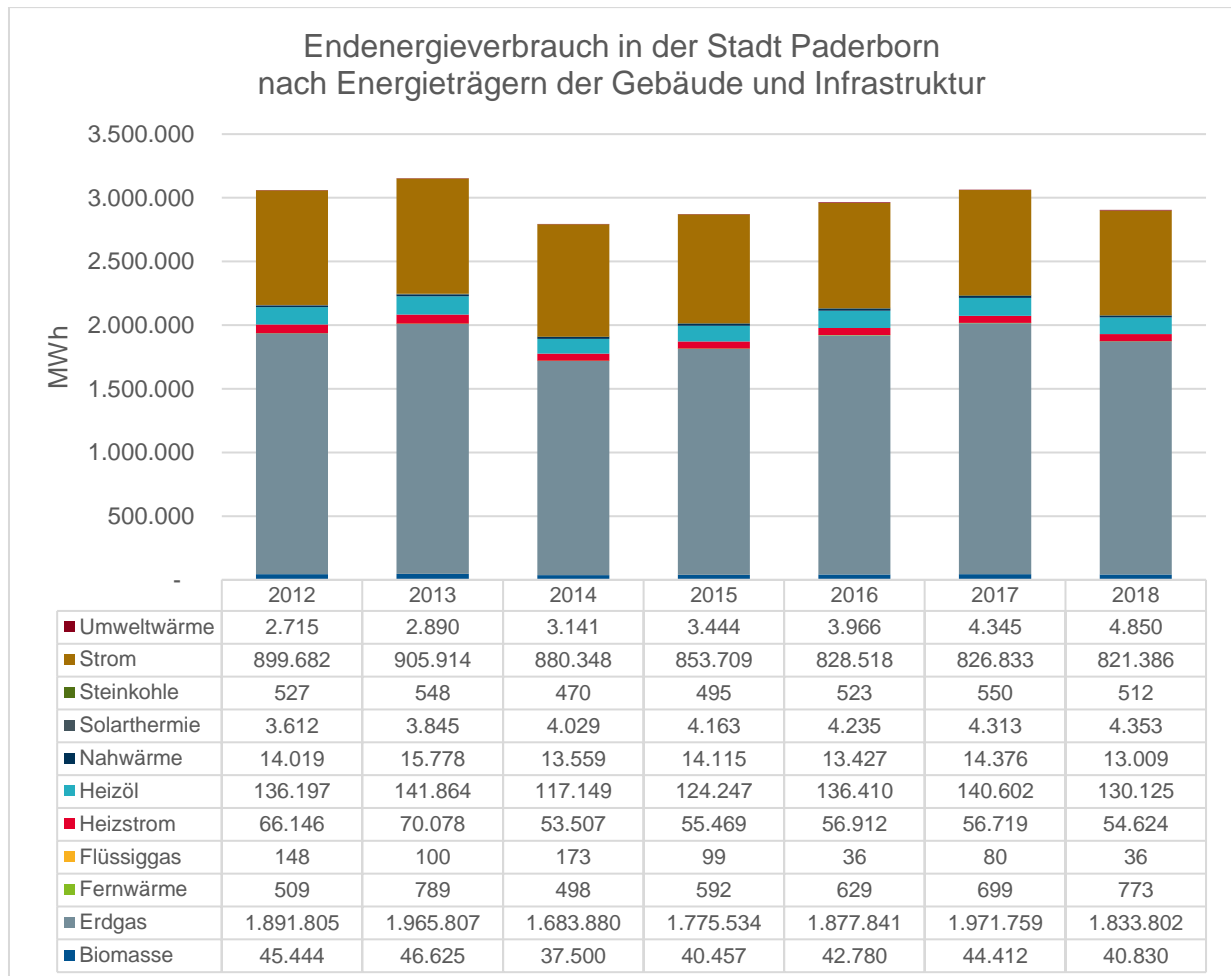


Abbildung 9: Endenergieverbrauch in der Stadt Paderborn der Gebäude & Infrastruktur nach Energieträgern

### 2.2.3.2 THG-Emissionen in der Stadt Paderborn

Im Bilanzjahr 2018 sind 1.296.790 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2e</sub>) im Stadtgebiet Paderborn ausgestoßen worden. In Abbildung 10 werden die Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, nach Sektoren aufgeteilt, dargestellt.

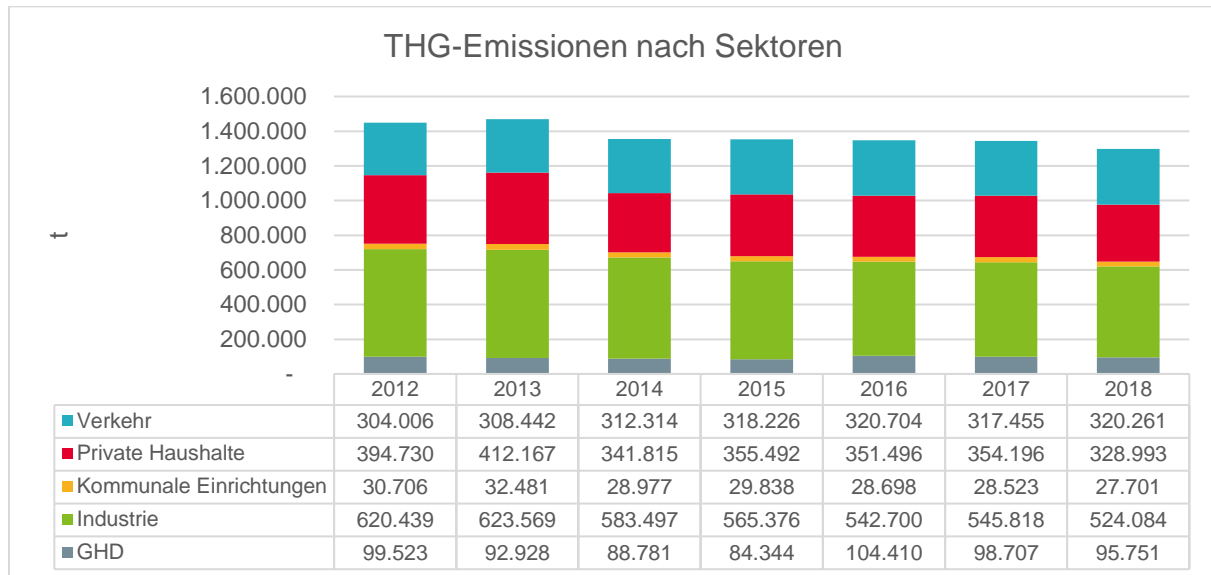


Abbildung 10: THG-Emissionen der Stadt Paderborn nach Sektoren

Im Jahr 2018 fällt der größte Anteil der THG-Emissionen auf den Sektor Industrie, der 41 % der Verbräuche ausmacht. Es folgen die Sektoren private Haushalte und Verkehr mit jeweils 25 % und der Sektor GHD einen Anteil von 7%. Durch die kommunalen Gebäude, Anlagen und Fahrzeuge werden gut 2 % der THG-Emissionen emittiert.

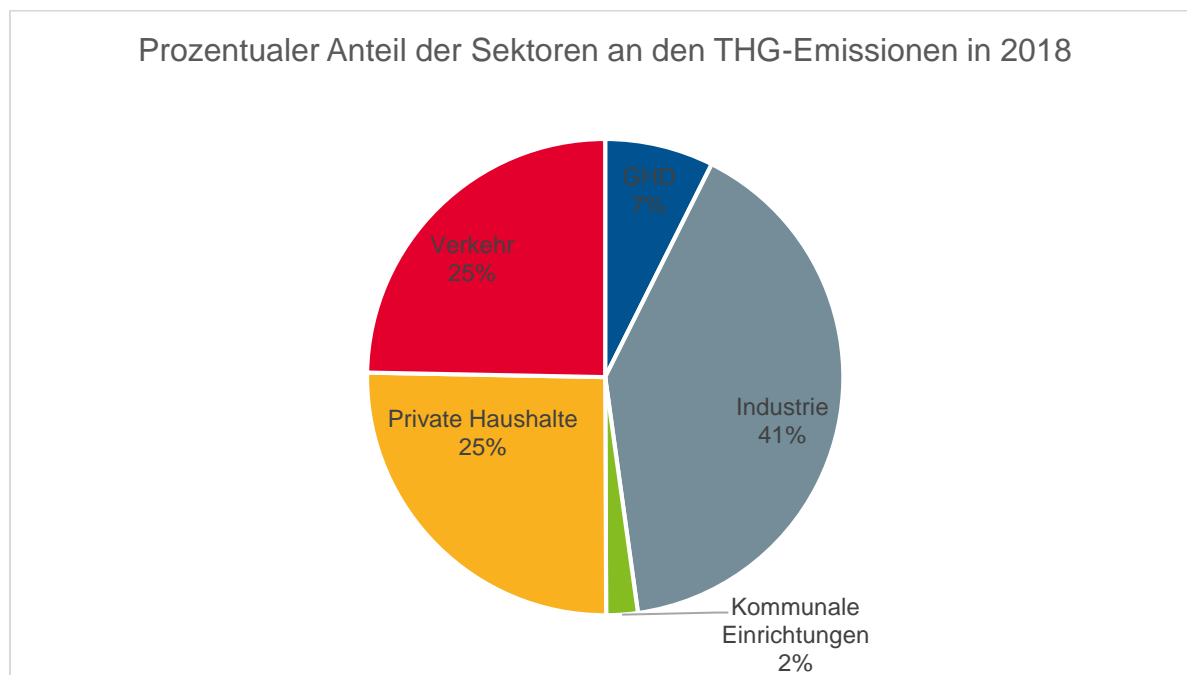


Abbildung 11: Prozentualer Anteil der Sektoren an den THG-Emissionen 2018

Gegenüber den absoluten Werten in Abbildung 10 werden die sektorspezifischen THG-Emissionen in Tabelle 4 auf die Einwohnerinnen und Einwohner der Stadt Paderborn bezogen.

Tabelle 4: THG-Emissionen pro Einwohner/in der Stadt Paderborn

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>GHD</b>	0,7 t/EW	0,6 t/EW	0,6 t/EW	0,6 t/EW	0,7 t/EW	0,7 t/EW	0,6 t/EW
<b>Industrie</b>	4,3 t/EW	4,3 t/EW	4,0 t/EW	3,8 t/EW	3,7 t/EW	3,7 t/EW	3,5 t/EW
<b>Kommunale Einrichtungen</b>	0,2 t/EW	0,2 t/EW	0,2 t/EW	0,2 t/EW	0,2 t/EW	0,2 t/EW	0,2 t/EW
<b>Private Haushalte</b>	2,7 t/EW	2,9 t/EW	2,4 t/EW	2,4 t/EW	2,4 t/EW	2,4 t/EW	2,2 t/EW
<b>Verkehr</b>	2,1 t/EW	2,1 t/EW	2,2 t/EW	2,1 t/EW	2,2 t/EW	2,1 t/EW	2,1 t/EW
<b>Emissionen je EW gesamt</b>	10,1 t/EW	10,2 t/EW	9,3 t/EW	9,1 t/EW	9,1 t/EW	9,0 t/EW	8,6 t/EW

Bezogen auf die Einwohnerinnen und Einwohner der Stadt Paderborn betragen die THG-Emissionen pro Person demnach 8,6 t im Bilanzjahr 2018. Damit liegt die Stadt Paderborn unter dem bundesweiten Durchschnitt von 9,5 t/a ohne Emissionen aus der Landwirtschaft.

In Abbildung 12 werden die aus den Energieverbräuchen resultierenden THG-Emissionen nach Energieträgern für die Gebäude und Infrastruktur dargestellt. Die THG-Emissionen der Gebäude und Infrastruktur betragen 917,528 t im Jahr 2018. In der Auswertung wird die Relevanz des Energieträgers Strom sehr deutlich: Während der Stromanteil am Endenergieverbrauch der Gebäude und Infrastruktur gut 20 % beträgt, beträgt er an den THG-Emissionen rund 46 %. Ein klimafreundlicherer Strom-Mix mit einem geringeren Emissionsfaktor wirkt sich reduzierend auf die Höhe der THG-Emissionen aus dem Stromverbrauch auswirken. Nach BISCO wird hier der Strom mit dem Bundesmix bilanziert.

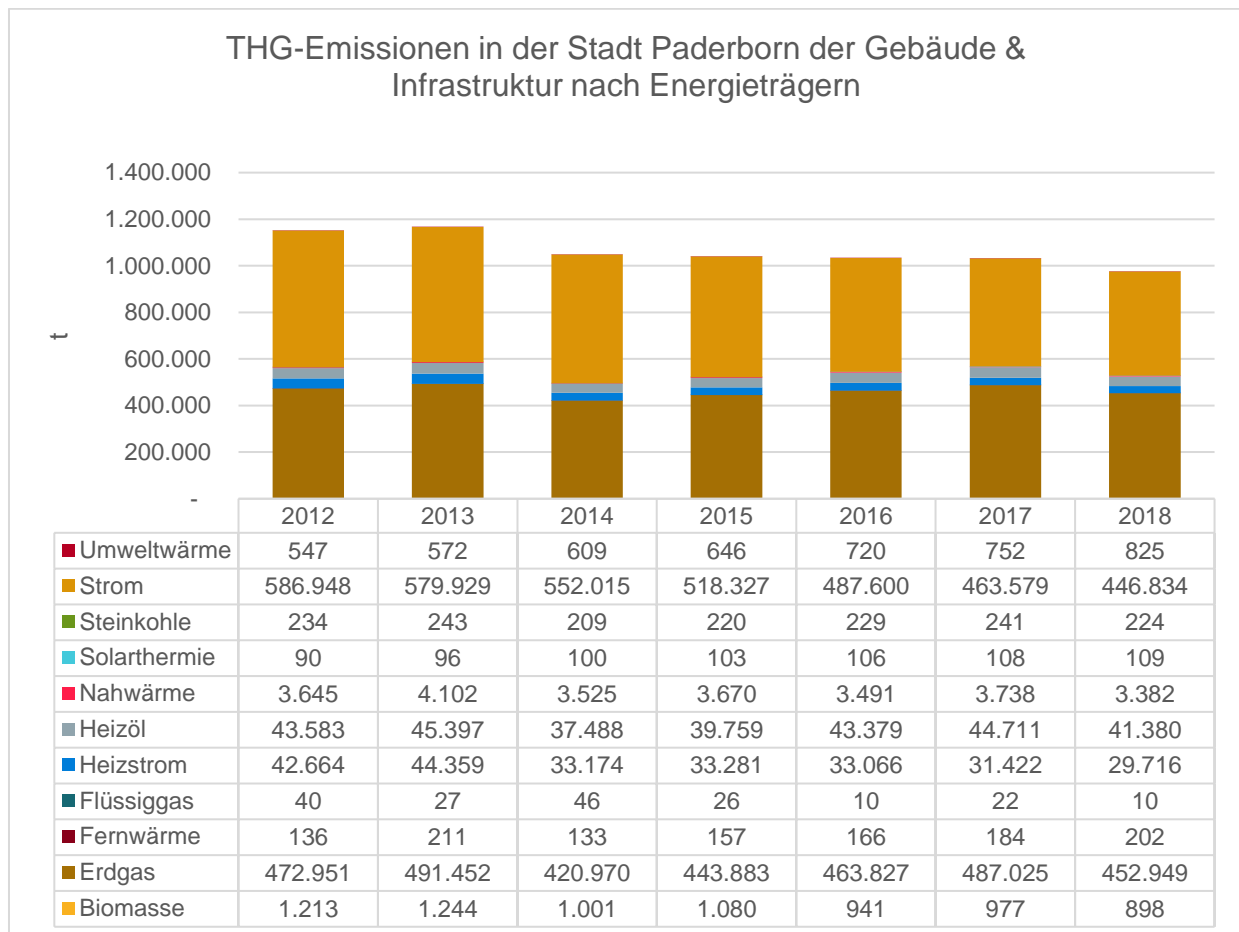


Abbildung 12: THG-Emissionen Gebäude & Infrastruktur nach Energieträgern

## 2.2.4 Regenerative Energien

Neben den Energieverbräuchen und den Emissionen von THG sind auch die erneuerbaren Energien und deren Erzeugung im Stadtgebiet von hoher Bedeutung. Im Folgenden wird auf den regenerativ erzeugten Strom im Stadtgebiet eingegangen.

### 2.2.4.1 Strom

Zur Ermittlung der Strommenge, die aus erneuerbaren Energien hervorgeht, wurden die Einspeisedaten nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) genutzt. Die Abbildung 13 zeigt die EEG-Einspeisemengen nach Energieträgern für die Jahre 2012 bis 2018 von Anlagen im Stadtgebiet Paderborn.

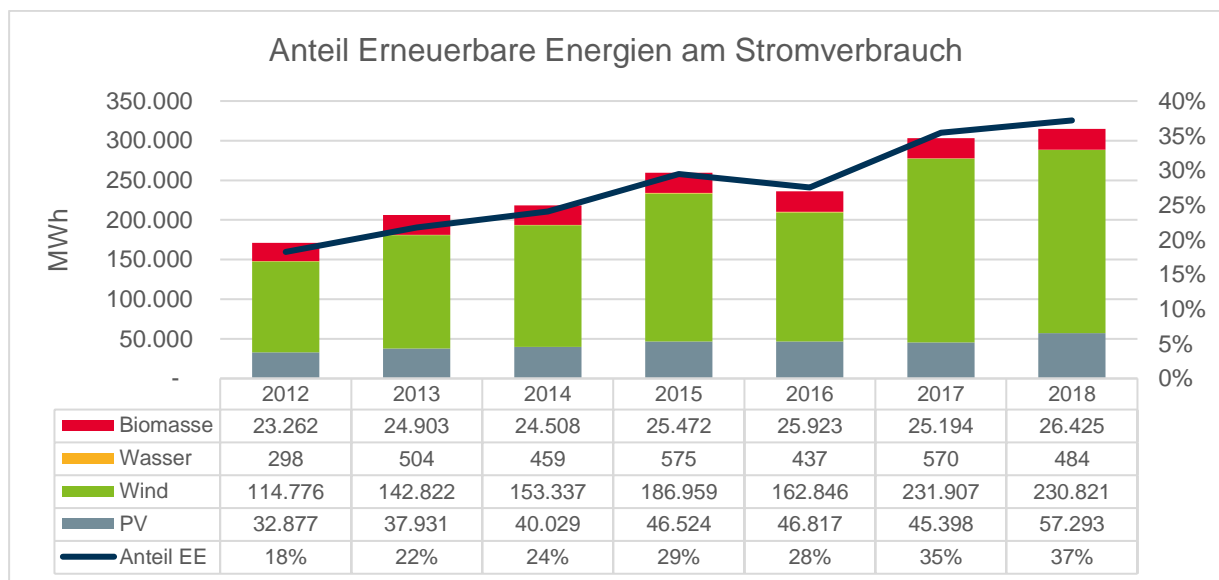


Abbildung 13: Stromerzeugung aus EE- und KWK-Anlagen im Stadtgebiet Paderborn

Die Erzeugungsstruktur gründet sich im Jahr 2018 mit einem hohen Anteil von 73 % auf die Windkraft. Es folgen mit 18 % Photovoltaik und mit 8 % Biogas.

Innerhalb des betrachteten Zeitraums ist insbesondere beim Windstrom, aber auch beim Photovoltaik-Strom eine steigende Tendenz zu erkennen.

Für die einzelnen Erneuerbaren Energien werden nachfolgend die Anzahl der Anlagen sowie die Installierte Leistung dargestellt.

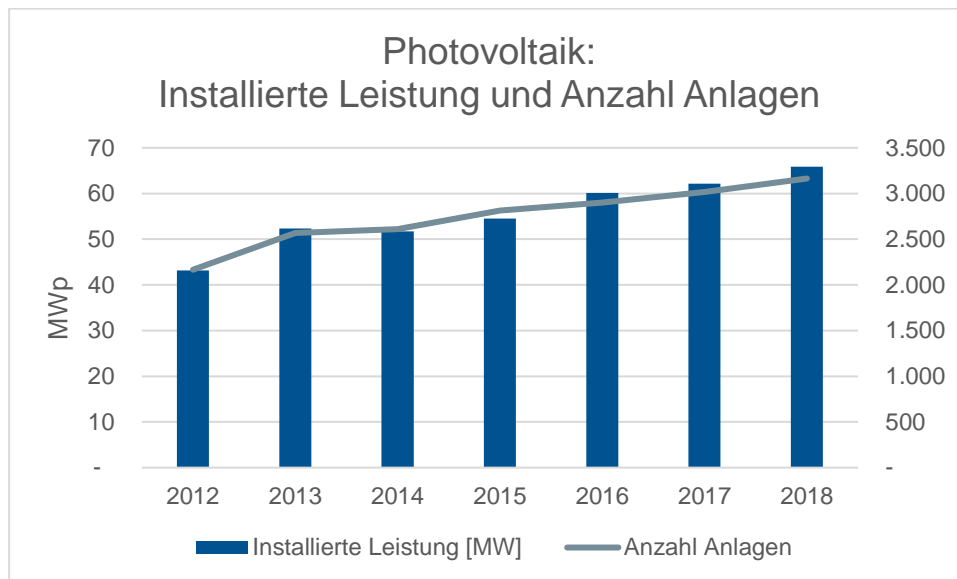


Abbildung 14: Anzahl und installierte Leistung von Photovoltaikanlagen

Das Diagramm zeigt die Anzahl der installierten Anlagen und die installierte elektrische Leistung der Photovoltaikanlagen in der Stadt Paderborn. Es ist zu erkennen, dass Anzahl und Leistung annähernd proportional zueinander steigen. Die Größe der installierten Anlagen liegt je nach Jahr zwischen 19,9 und 20,8 kWp.

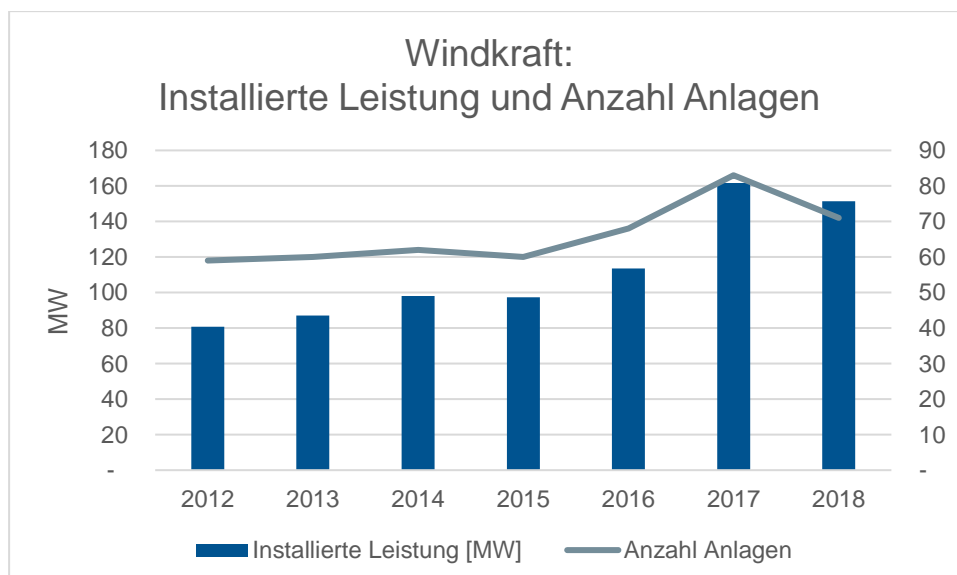


Abbildung 15: Anzahl und installierte Leistung von Windkraftanlagen

Das Diagramm zeigt die Anzahl der installierten Anlagen und die installierte elektrische Leistung der Windkraftanlagen in der Stadt Paderborn. Es ist zu erkennen, dass die Anzahl der Anlagen langsamer steigt als die Leistung. Dies liegt daran, dass zu Beginn kleinere Anlagen installiert wurden. Mit steigendem technischen Fortschritt wurde die Leistung der

Anlagen immer weiter erhöht und so steigt die installierte Leistung im Verlauf der Jahre stärker als die Anlagenzahl. In 2018 ist ein Rückgang um 12 zu erkennen, während die Leistung nur um 11 MW sinkt. Dieser Effekt ist auf Repowering zurückzuführen, bei dem mehrere Altanlagen mit geringer Leistung durch wenige Neuanlagen mit hoher Leistung ausgetauscht werden. Die durchschnittliche Leistung der installierten Anlagen steigt zwischen 2012 und 2018 von 1,4 MW auf 2,1 MW.

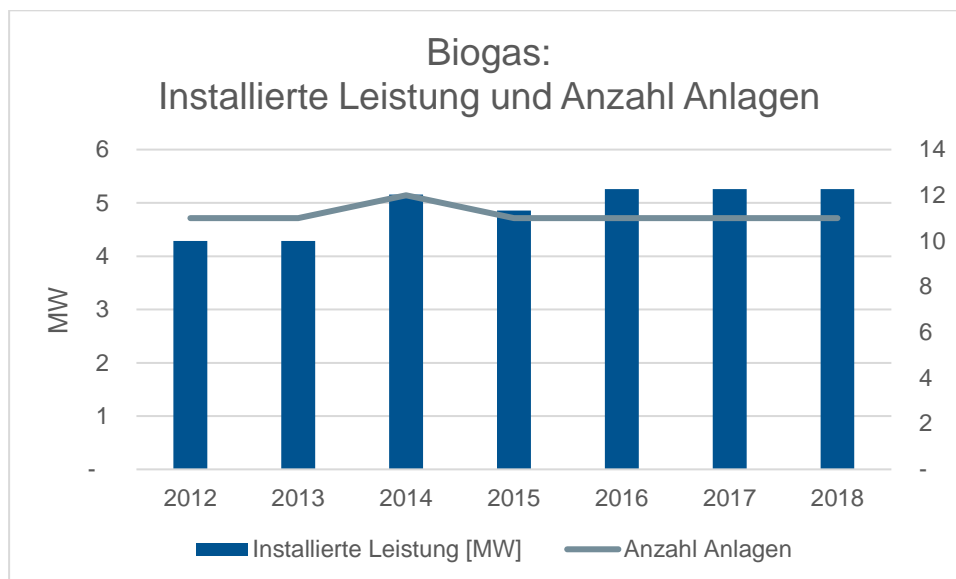


Abbildung 16: Anzahl und installierte Leistung Biogasanlagen

Das Diagramm zeigt die Anzahl der installierten Anlagen und die installierte elektrische Leistung der Biogasanlagen in der Stadt Paderborn. Es ist zu erkennen, dass die Anzahl der Anlagen zu Beginn langsamer steigt als die Leistung. Dies liegt daran, dass anfangs kleinere Anlagen installiert wurden. Mit steigendem technischem Fortschritt wurde die Leistung der Anlagen immer weiter erhöht und so steigt die installierte Leistung zwischen 2012 und 2014 stärker als die Anlagenzahl. In 2015 ist sogar ein Rückgang um eine Anlage zu erkennen. Dabei sinkt auch die installierte Leistung leicht ab. In 2016 steigt die Leistung bei gleichbleibender Anlagenzahl. Dies liegt daran, dass eine Altanlage mit geringer Leistung zurückgebaut und stattdessen eine neue Anlage mit höherer Leistung zugebaut wurde. In den Jahren 2016 bis 2018 bleiben Leistung und Anlagenanzahl konstant.



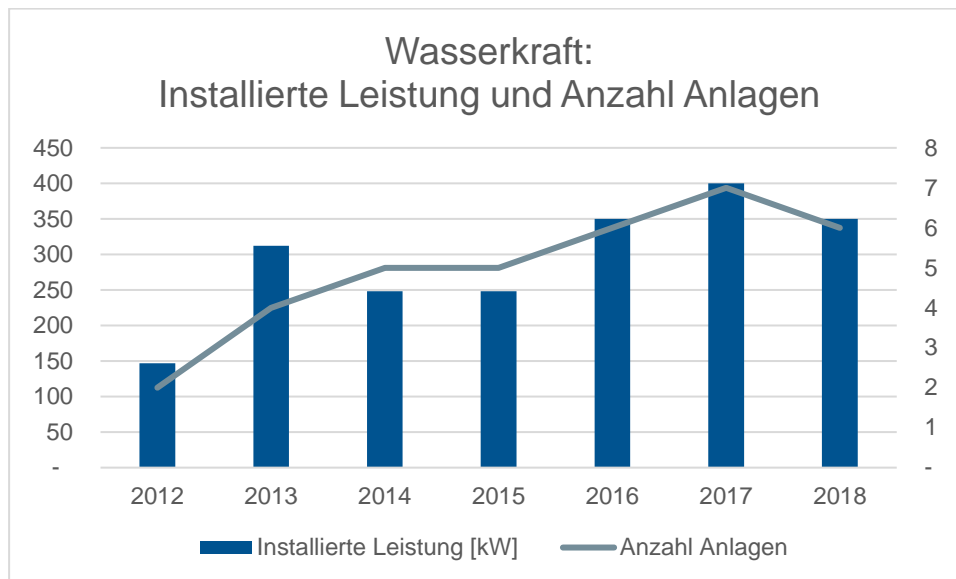


Abbildung 17: Anzahl und installierte Leistung von Wasserkraftanlagen

Das Diagramm zeigt die Anzahl der installierten Anlagen und die installierte elektrische Leistung der Wasserkraftanlagen in der Stadt Paderborn. Es ist zu erkennen, dass die Anzahl der Anlagen zu Beginn langsamer steigt als die Leistung. Dies liegt daran, dass anfangs kleinere Anlagen installiert wurden. Mit steigendem technischem Fortschritt wurde die Leistung der Anlagen immer weiter erhöht und so steigt die installierte Leistung im Verlauf der Jahre stärker als die Anlagenzahl. In 2017 und 2018 ist sogar ein Rückgang der Anzahl zu erkennen, während die Leistung annähernd gleichbleibt. Dies liegt daran, dass eine Altanlage mit geringer Leistung zurückgebaut wurde.

### 2.2.5 Zusammenfassung

Der Endenergieverbrauch in der Stadt Paderborn beträgt 3.914.111 MWh im Jahr 2018. Die Verteilung des Endenergieverbrauchs zeigt, dass der Sektor Industrie mit 38 % den größten Anteil ausmacht.

Die Aufschlüsselung des Energieträgereinsatzes für die Gebäude und Infrastruktur (umfasst die Sektoren Wirtschaft, Haushalte und Kommune) ergab für den Energieträger Strom im Bilanzjahr 2017 einen Anteil von rund 21 %. Daraus resultiert ein Brennstoffanteil von 79 %. Bei den Brennstoffen kommt vorrangig Erdgas zum Einsatz.

Die aus dem Endenergieverbrauch der Stadt Paderborn resultierenden Emissionen summieren sich im Bilanzjahr 2018 auf 1.296.790 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Die Anteile der Sektoren korrespondieren in etwa mit ihren Anteilen am Endenergieverbrauch. Werden die THG-Emissionen auf die Einwohner bezogen, ergibt sich ein Wert von 8,6 t/a. Damit liegt die Stadt Paderborn unter dem bundesweiten Durchschnitt von 9,5 t/a.

Die Stromproduktion aus dezentralen Quellen im Stadtgebiet nimmt, verglichen mit dem Stromverbrauch der Stadt Paderborn, einen Anteil von 37 % im Jahr 2018 ein, wobei Windkraft

den größten Anteil beisteuert. Mit einem Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung von 37 % liegt Paderborn im Bundesschnitt von 38 %, was für eine Stadt dieser Größe beachtlich ist und vor allem darauf zurückzuführen ist, dass Paderborn ländliche Bereiche hat, die die Installation von Windkraft- und Biogasanlagen erlauben.

## 2.3 Wärmebilanz

Im folgenden Kapitel wird die Ausgangssituation der Wärmeversorgung der Stadt Paderborn dargestellt. Diese Ergebnisse der Wärmebilanz können in den Abwägungsprozess von Projekten integriert und für die Kommunikation mit Bürger\*innen und Trägern öffentlicher Belange genutzt werden. Zudem stellt diese Bestandsaufnahme die Basis für eine systematische kommunale Wärmeplanung dar.

Eine übergeordnete kommunale Wärmeplanung kann als strategisches Instrument ungenutzte Potentiale aufdecken und für die Abstimmung und methodische Betrachtung von Umsetzungsmaßnahmen verwendet werden. Wärmeplanung ist somit ein Teil des Energiemanagements, welcher auf die Reduktion des Energieverbrauchs und die Erhöhung der Energieeffizienz im Wärmesektor abzielt, um ökonomische und ökologische Ziele zu erreichen. Hierbei ist wichtig, dass die Wärmeplanung zum Ziel hat, eine effiziente und sichere Wärmeversorgung zu erreichen, welche nicht nur zu einer besseren Klimabilanz führt, sondern auch stabile Wärmeenergiekosten für die Bevölkerung erzielt. Grundlage für die Planung von Energieeinsparmaßnahmen im Wärmesektor sind Informationen über den aktuellen Stand der Wärmeversorgung, die im Folgenden in einer Wärmebedarfsanalyse für die Stadt Paderborn vorgenommen wurde. Auf Basis dieser Bestandsaufnahme werden Eignungsgebiete für unterschiedliche Wärmeversorgungslösungen festgelegt und Entwicklungspfade für die Stadt Paderborn beschrieben.

Bei einer Betrachtung der Wärme-Verbrauchergruppen dominiert mit 51 % des gesamten Wärmebedarfs die Gruppe Gewerbe und Industrie. Die Haushalte sind mit rund 47 % am gesamten Wärmebedarf beteiligt. Die kommunalen Liegenschaften spielen mit rund 2 % eine untergeordnete Rolle.

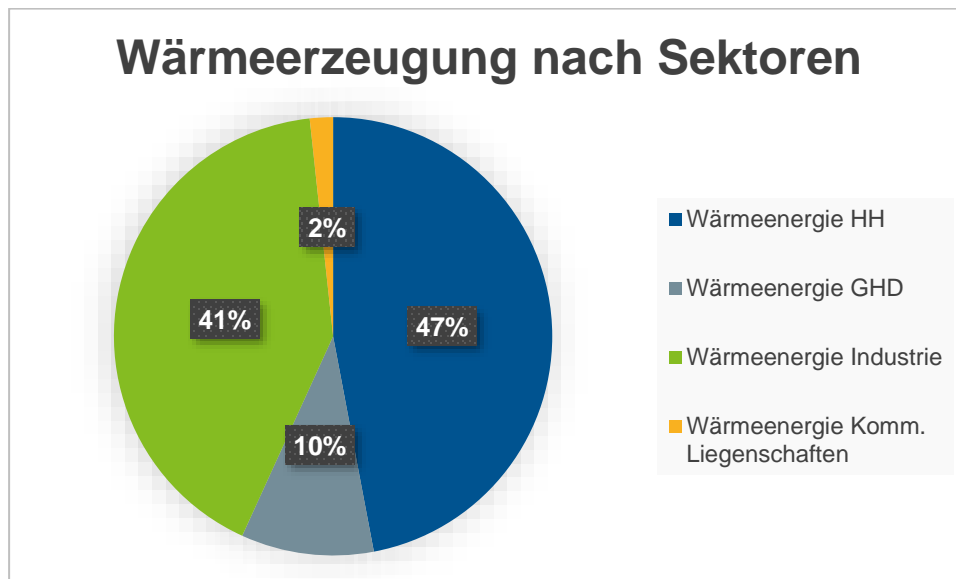


Abbildung 18: Wärmeerzeugung in Paderborn nach Sektoren

Bei der Verteilung der Energieträger zur Wärmeerzeugung in privaten Haushalten wird ersichtlich, dass rund 97 % durch fossile Energierohstoffe bereitgestellt werden. Ca. 88 % des Wärmebedarfs der Stadt werden über Erdgas und 6 % über Erdöl gedeckt. Die erneuerbaren Energieträger aus Umweltwärme, Sonnenkollektoren und Biomasse tragen nur zu rund 3% zur Wärmebereitstellung bei.

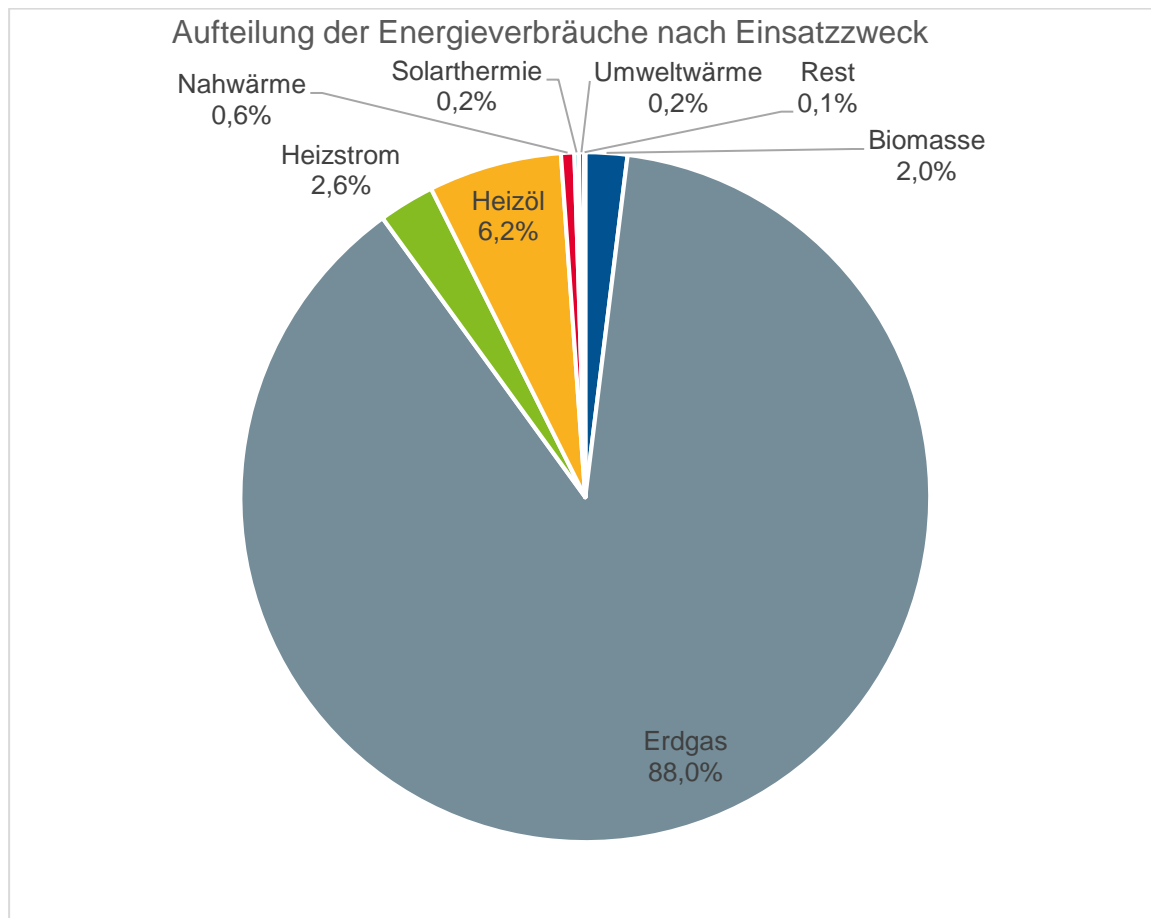


Abbildung 19: Wärmeerzeugung in Paderborn nach Energieträgern

### 2.3.1 Wärmebedarfsdichte

Die Ermittlung der Wärmebedarfsdichten ist ein zentrales Element der Wärmebilanz, sie ermöglicht einen guten Überblick über die Verteilung und Konzentration des Wärmebedarfes in der Stadt. Für die Darstellung der Wärmebedarfsdichten wurden Daten beim Landesamt für Natur Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) angefordert, denen ein Modell des Wärmebedarfs auf Basis der für den Zensus 2021 erhobenen Daten zugrunde liegt. Für Wohngebäude wurde darin der Raumwärmebedarf inkl. Warmwasser erhoben, bei den Nichtwohngebäuden wird ausschließlich der Raumwärmebedarf ausgewiesen, auch der Prozesswärmebedarf der Industrie wird nicht berücksichtigt. Daher eignet sich das verwendete Modell vor allem für einen ersten Überblick darüber, wo sich der Raumwärmebedarf konzentriert und in welcher Dimension dieser liegt. Im Einzelfall ist für die weitere Planung und Ausgestaltung der vorgeschlagenen Maßnahmen eine Untersuchung der Gegebenheiten vor Ort und die Verwendung von Daten der Energieversorger unerlässlich.

Die folgenden Kartenausschnitte geben einen Überblick über die Wärmebedarfsdichten im Paderborner Stadtgebiet.

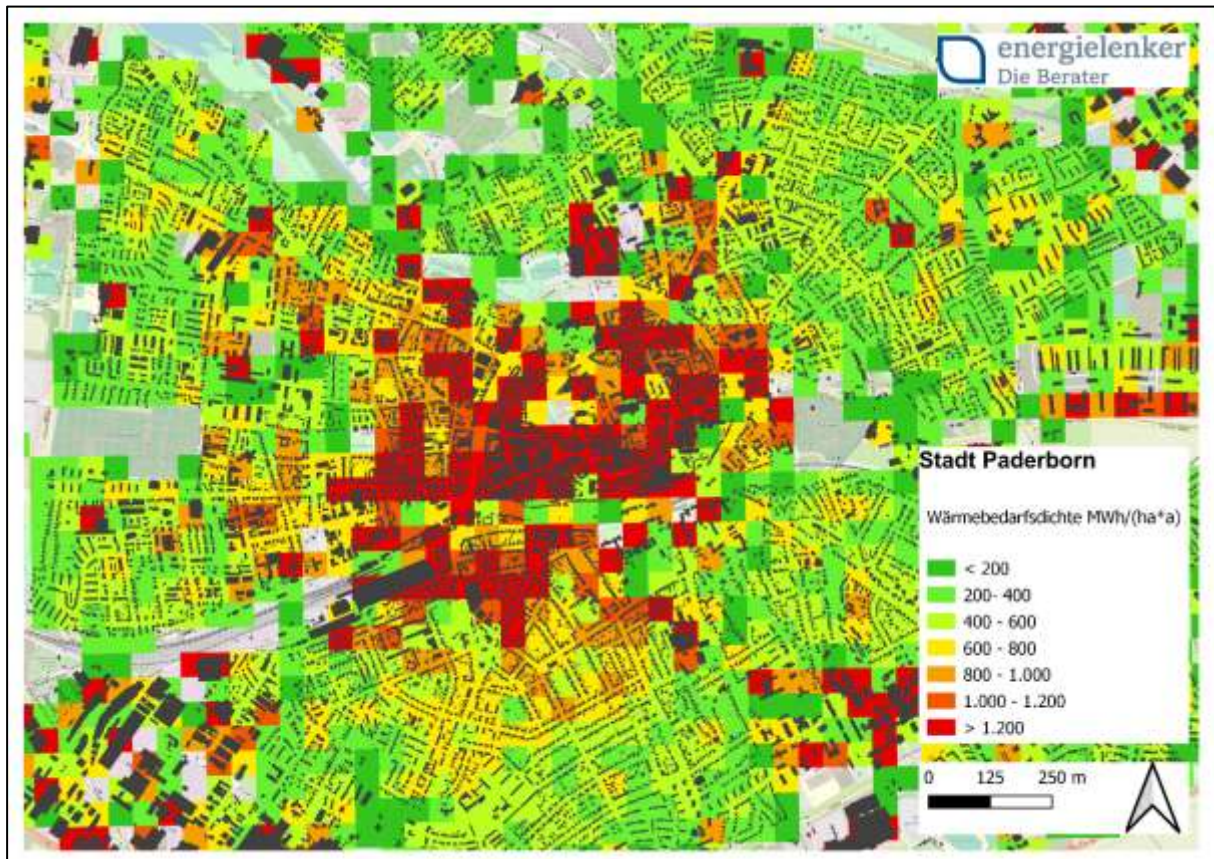


Abbildung 20: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Paderborner Kernstadt (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Innerhalb des Stadtrings der Paderborner Kernstadt aber auch in den außerhalb des Stadtrings angrenzenden Bereichen liegt die Wärmebedarfsdichte flächendeckend über 800 MWh/(ha\*a). In den außerhalb liegenden Stadtteilen liegt die Wärmebedarfsdichte dagegen überwiegend unter 600 MWh/(ha\*a), lediglich im Bereich öffentlicher Gebäude oder an Industrie- und Gewerbestandorten werden hier punktuell Werte oberhalb von 600 MWh/(ha\*a) erreicht.

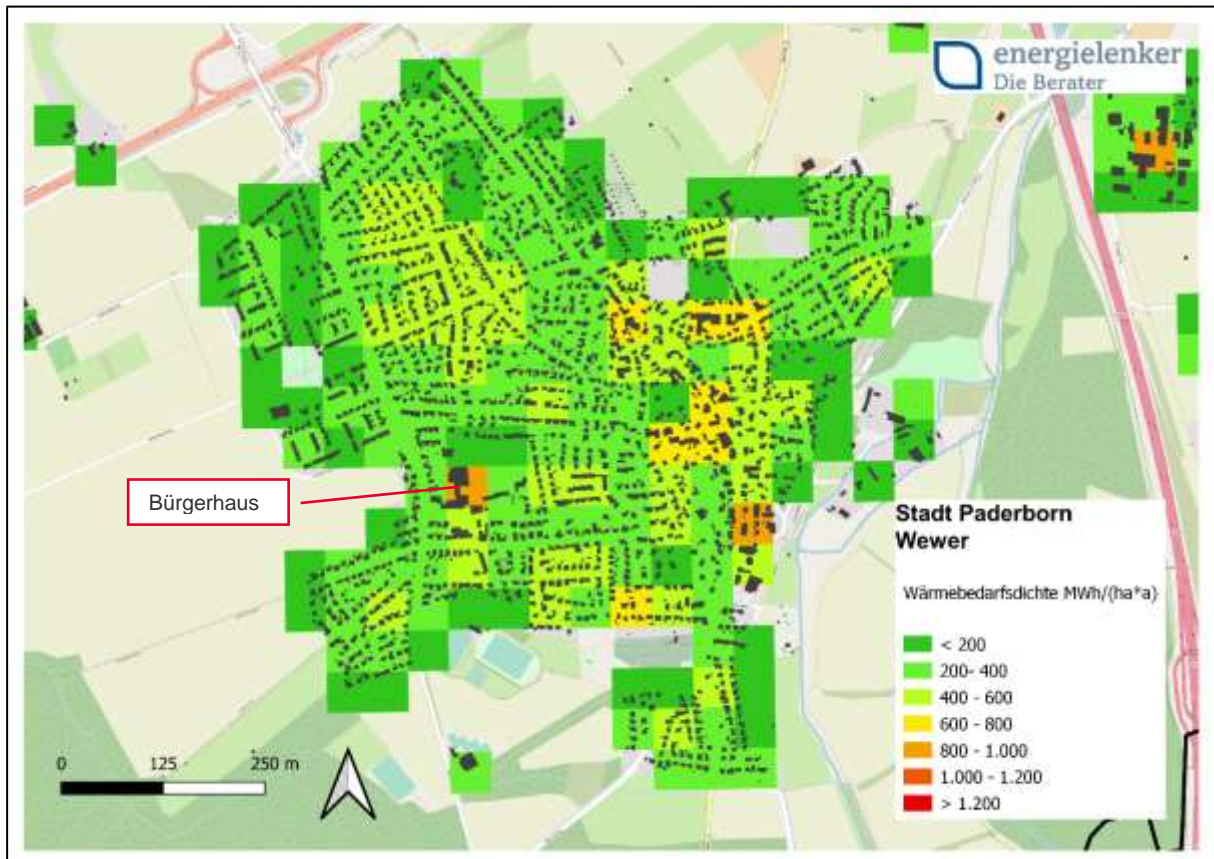


Abbildung 21: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Wewer (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Der Ortsteil Wewer liegt im Südwesten von Paderborn und hat rund 7100 Einwohner. Die lockere Bebauung mit größtenteils Einfamilienhäusern weist eine niedrige Wärmebedarfsdichte in großen Teilen von unter 400 MWh/(ha\*a) auf. Lediglich im Bereich des Bürgerhauses sowie einiger Bereiche im Ortskern liegt die Wärmebedarfsdichte höher.

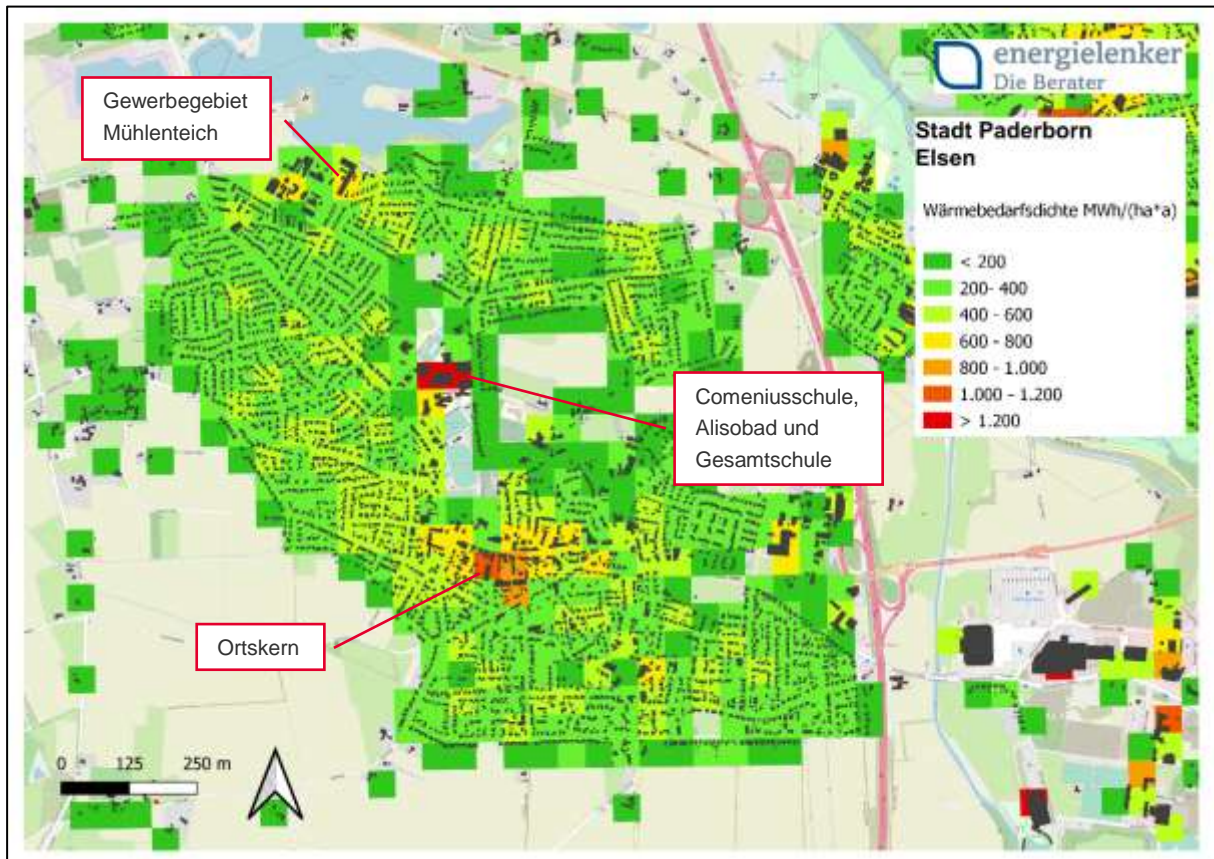


Abbildung 22: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Elsen (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Elsen liegt nördlich des Paderborner Stadtzentrums und hat rund 16.000 Einwohner. Der Großteil der locker bebauten Wohnquartiere ist geprägt von Einfamilienhäusern. Dementsprechend ist die Wärmebedarfsdichte überwiegend gering, Ausnahmen bilden der Ortskern, der Bereich Comeniuschule, Alisobad und der Gesamtschule Paderborn-Elsen sowie im Norden das Gewerbegebiet am Mühlenteich.

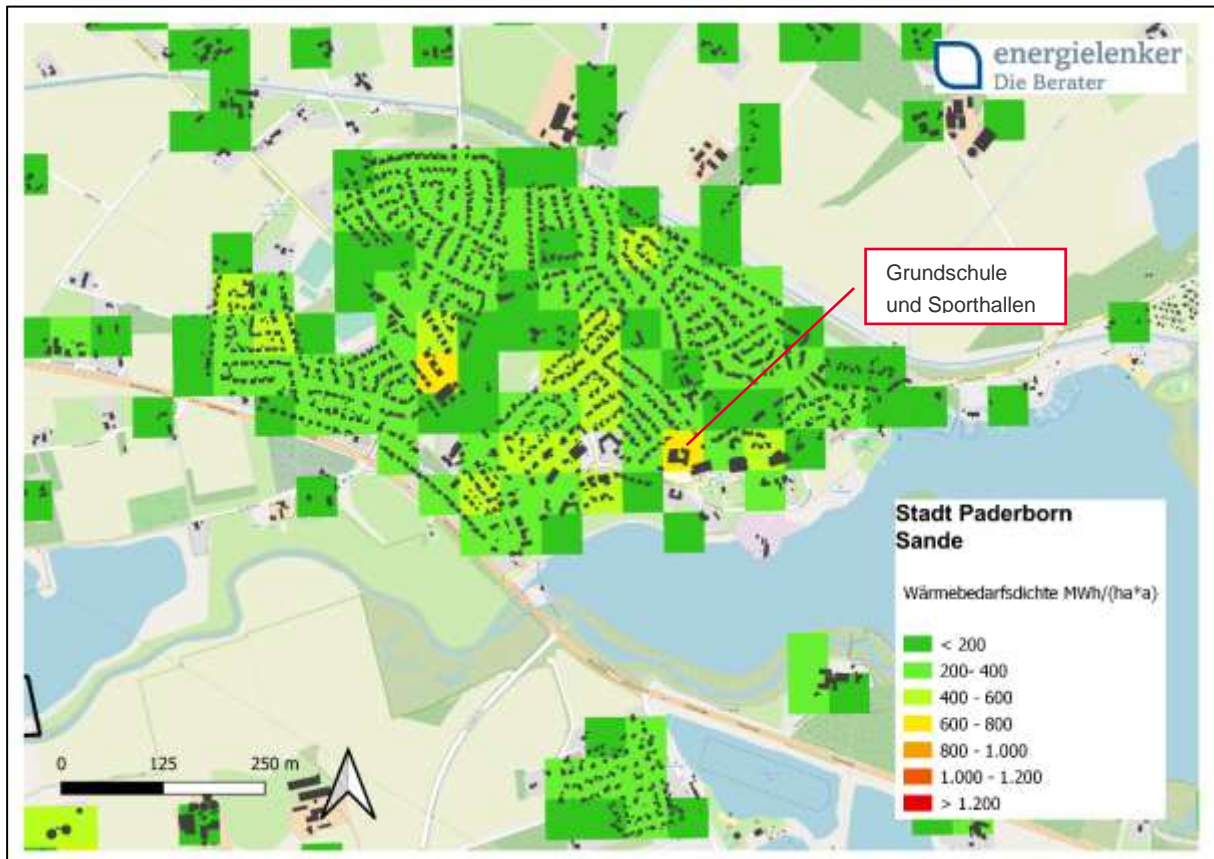


Abbildung 23: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Sande (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Auch Sande ist von lockerer Einfamilienhausbebauung geprägt. Der Ortsteil hat rund 6.000 Einwohner und liegt nördlich von Elsen am Lippesee. Höhere Wärmebedarfsdichten sind in Sande im Bereich der Grundschule, des Kindergartens St. Marien sowie der Sporthalle und der Mehrzweckhalle zu erkennen.



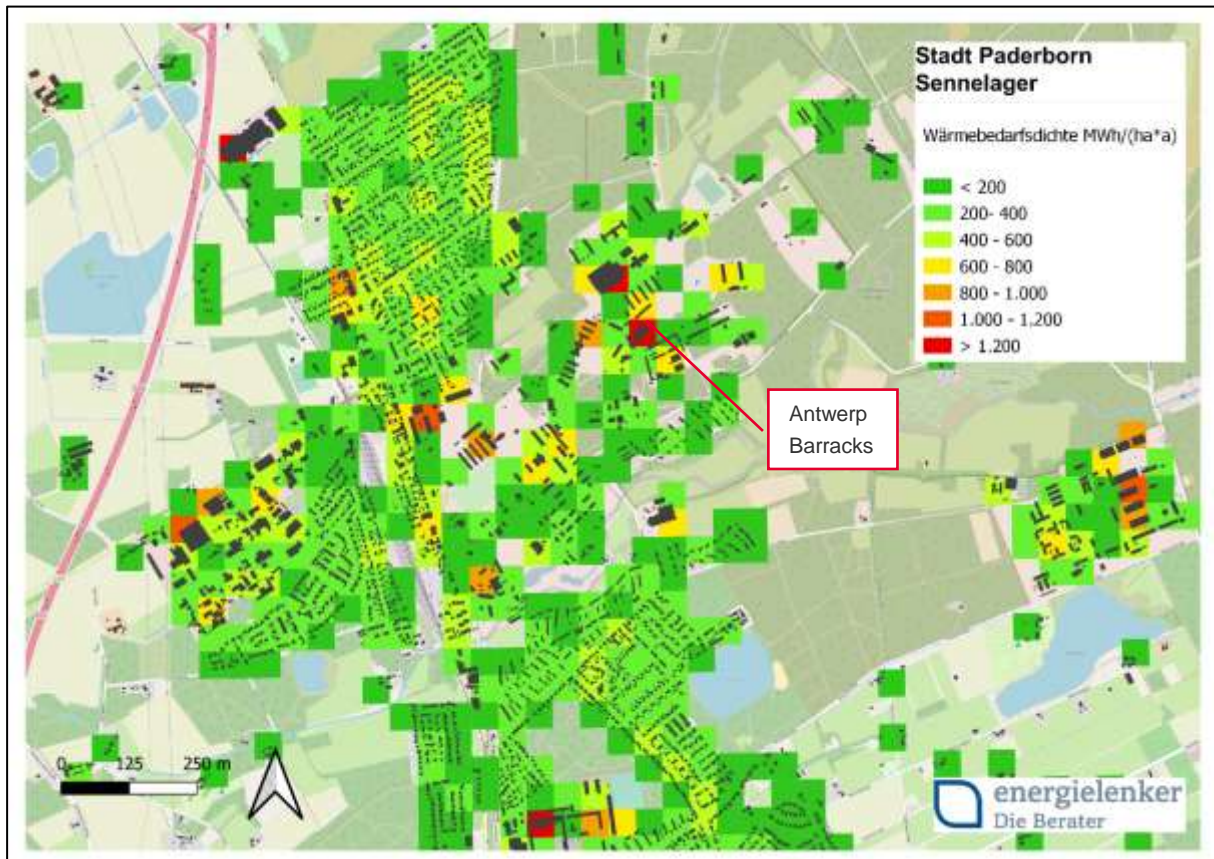


Abbildung 24: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Sennelager (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Sennelager liegt am nördlichen Stadtrand von Paderborn. Der Stadtteil ist geprägt durch lockere Einfamilienhausbebauung mit niedrigen bis mittleren Wärmebedarfsdichten. Am östlichen Rand des Stadtteils liegen Gewerbebetriebe mit teilweise hohem Wärmebedarfe. Auf der westlichen Seite des Stadtteils liegt das Militärgelände Antwerp Barracks mit einigen Gebäuden mit hohem Wärmebedarf.

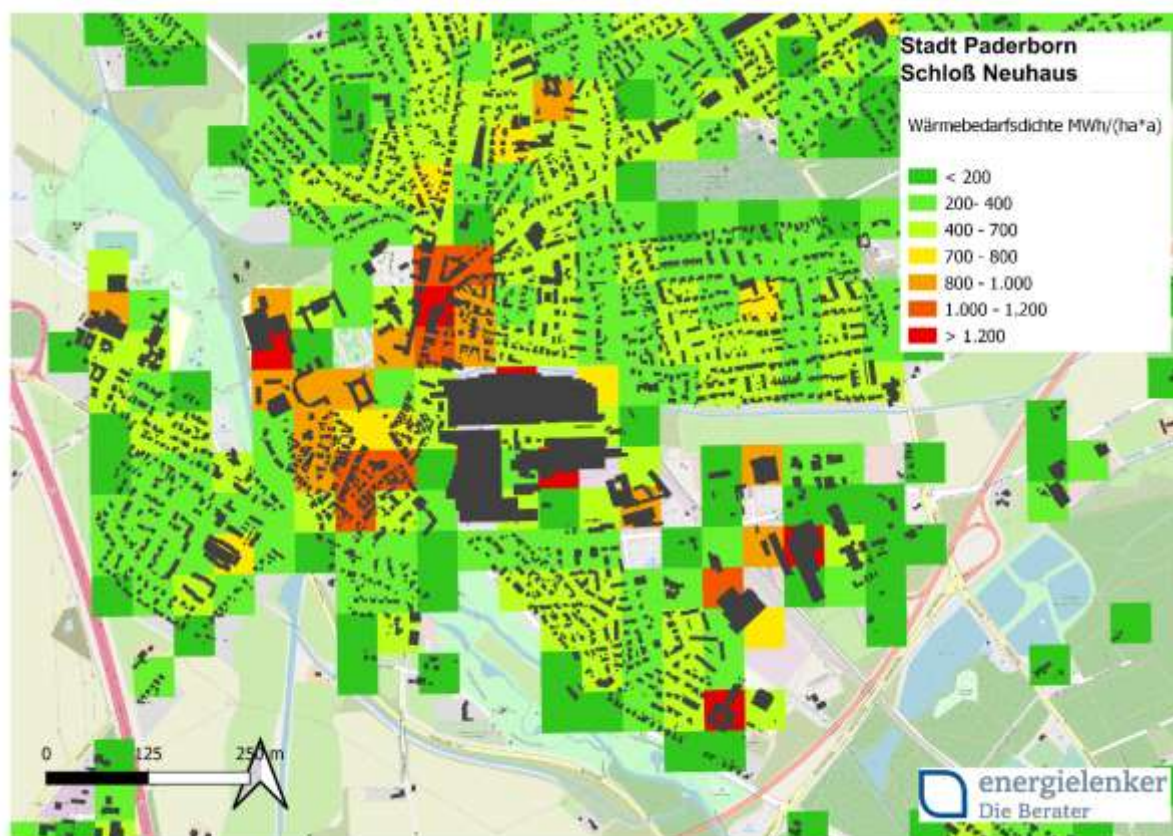


Abbildung 25: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Schloß Neuhaus (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Schloß Neuhaus, benannt nach dem historischen Wasserschloß, liegt im Norden der Stadt und ist mit 25.533 Einwohnern verhältnismäßig groß. Im Gewerbegebiet, relativ zentral im Ort liegt ein Werk von Benteler Steel/ Tube, dessen Abwärme teilweise bereits in das vorhandene Wärmenetz eingespeist wird und u.a. das Schloss mit Wärme versorgt. Hohe Wärmeverbräuche lassen sich im gesamten Zentrum des Ortes sowie in einzelnen öffentlichen Gebäuden, Gewerbebetrieben und Wohnkomplexen im gesamten Ortsgebiet erkennen.

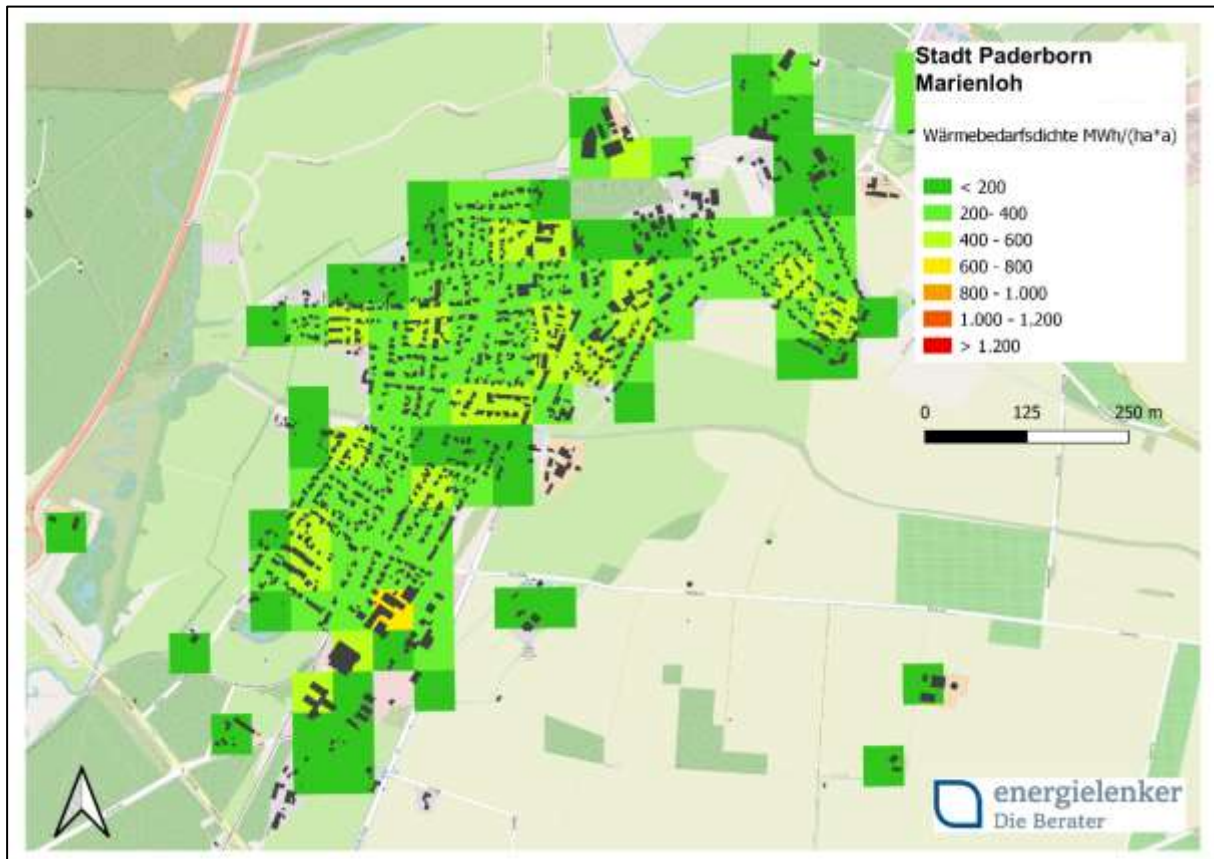


Abbildung 26: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Marienloh (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Marienloh im äußersten Nordosten der Stadt Paderborn ist ein dörflich geprägter kleiner Stadtteil mit etwa 2900 Einwohnern. Höhere Wärmebedarfsdichten finden sich lediglich kleinflächig im Gewerbegebiet am Südrand des Stadtteils.

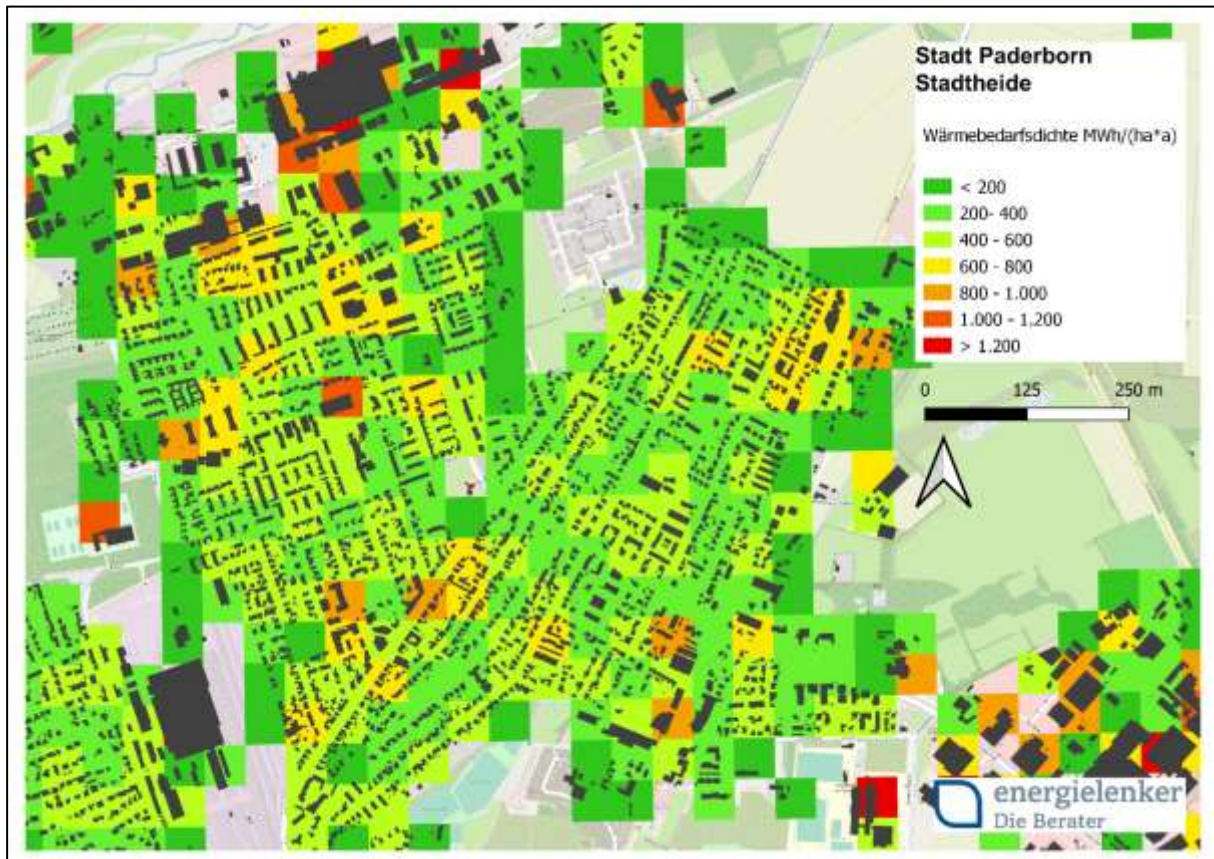


Abbildung 27: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Stadttheide (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Der Stadtteil Stadttheide liegt ca. 2 km nördlich der Kernstadt und überwiegende Wohnnutzung und ein Gewerbegebiet im nördlichen Teil gekennzeichnet. Die Gebäudetypen der Wohnbebauung reichen von Einfamilien- und Reihenhäusern bis zum Geschosswohnungsbau und weist insgesamt eine hohe Wohndichte auf. Dementsprechend gibt es in den Wohngebieten mehrere Zonen mit höheren Wärmebedarfsdichten. Im Gewerbegebiet liegt neben weiteren Betrieben ein Werk von Benteler Automobiltechnik mit hohem Wärmebedarf.

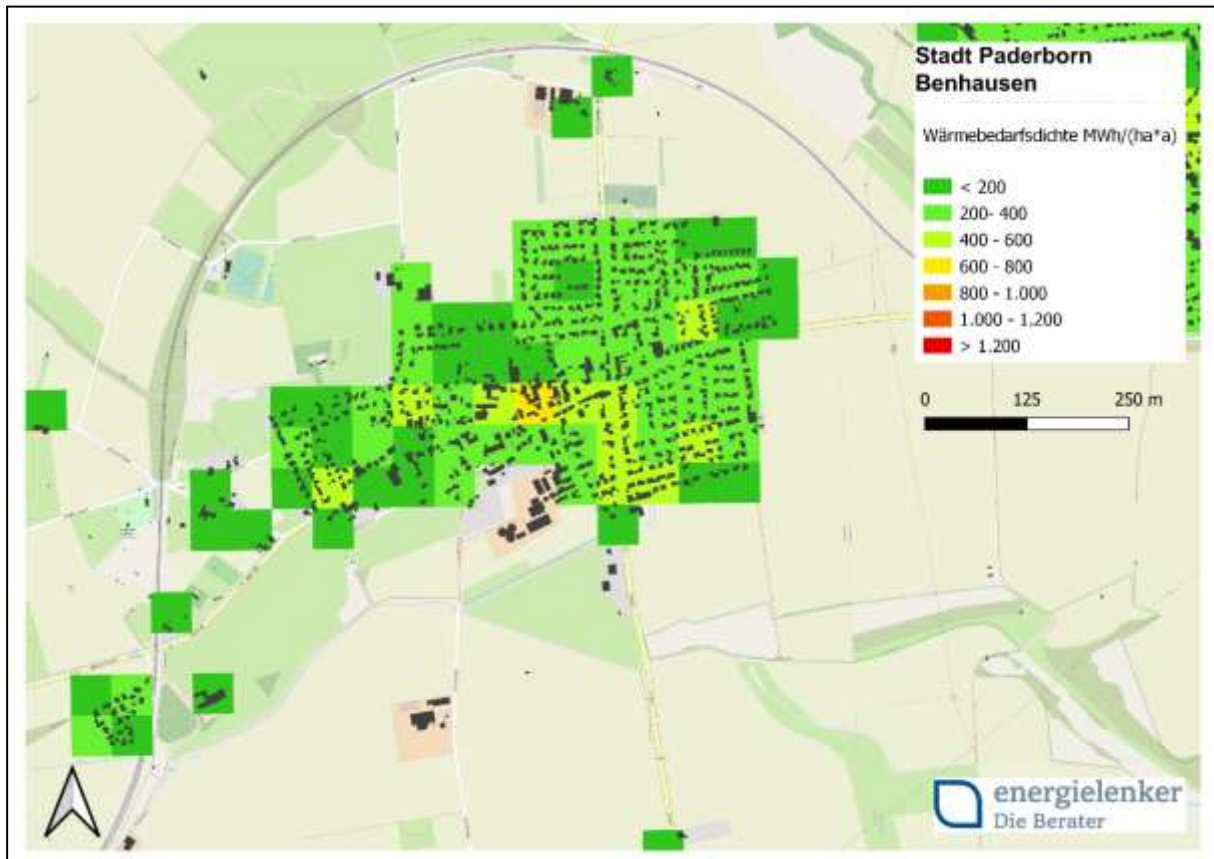


Abbildung 28: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Benhausen (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Der dörfliche Stadtteil Benhausen ist mit 2300 Einwohnern einer der kleinsten Stadtbezirke von Paderborn. Wärmebedarfsdichten von über 600 MWh/(ha\*a) finden sich hier nur in einer kleinen Zone im Ortszentrum.

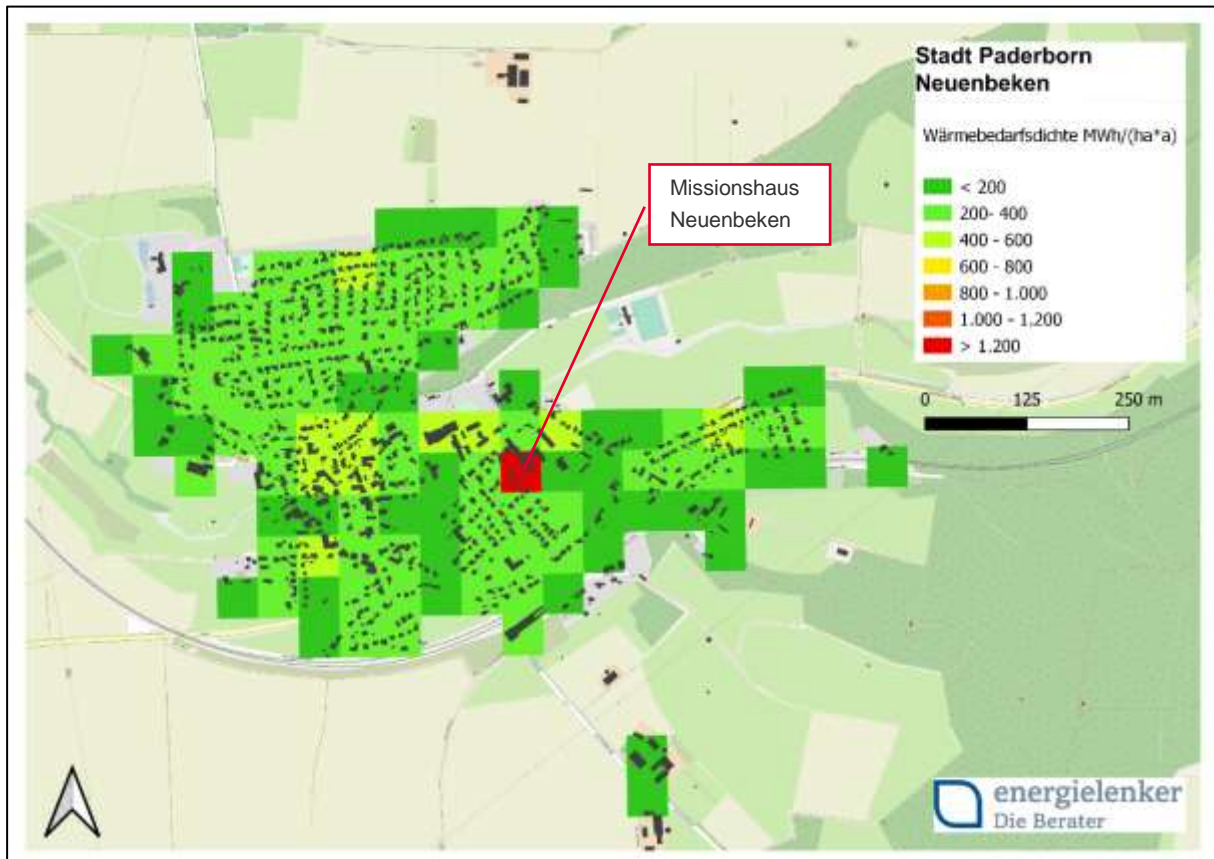


Abbildung 29: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Neuenbeken (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Der Stadtteil Neuenbeken mit 2300 Einwohnern liegt am westlichen Rand des Stadtgebietes. Der Stadtteil weist überwiegend niedrige Wärmebedarfsdichten auf. Lediglich das Missionshaus Neuenbeken fällt durch einen hohen Wärmebedarf auf.

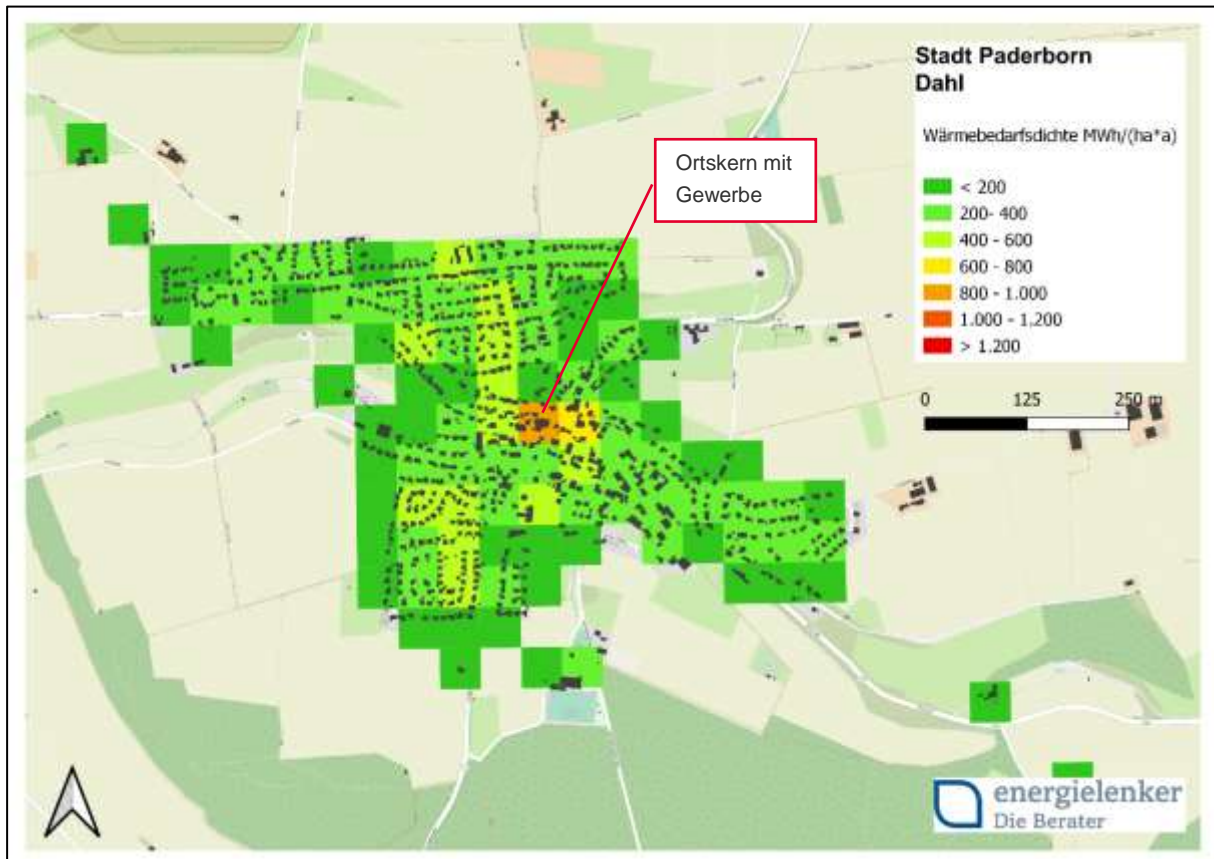


Abbildung 30: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Dahl (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Der Stadtteil Dahl im Südosten von Paderborn hat ca. 2800 Einwohner und ist, wie die anderen kleinen Stadtteil eher dörflich geprägt mit überwiegend niedrigen Wärmebedarfsdichten. Lediglich im Zentrum liegen die Wärmebedarfsdichten in einem kleineren Bereich über 800 MWh/(ha\*a).

### 2.3.2 Wärmeliniendichte

Zur Abschätzung der Wärmenetz-Potentiale, wird nachfolgend die Wärmeliniendichte in der Stadt Paderborn analysiert (s. Abbildung 31). Dazu werden die Gasverbräuche je Straße aufgezeigt, wobei zur Untersuchung die Straßen im unbebauten und sehr lückenhaft bebauten Gebiet herausgeschnitten worden sind und der Gasverbrauch auf die Meteranzahl der Straße gerechnet worden ist. Dadurch ergibt sich eine Wärmeliniendichte mit der Berechnung der MWh pro Meter im Jahr (MWh/m/a). Zudem ist die Flächennutzung hinterlegt, um eine Trennung zwischen Gewerbe/Industrie und Wohnbaufläche visuell darzustellen.

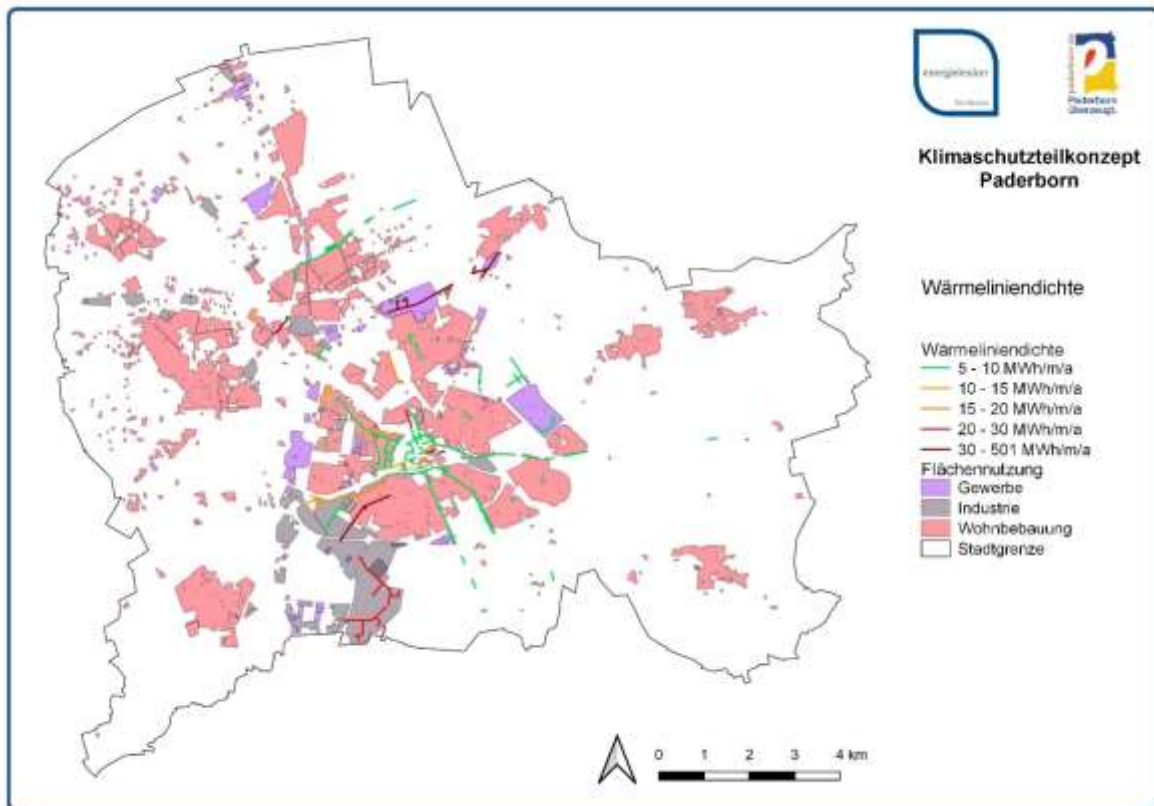


Abbildung 31: Übersichtskarte von Paderborn mit der Wärmeliniendichte (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Erkennbar ist, dass die überwiegende Anzahl der Straßen einen Gasverbrauch unter 5 MWh/m/a hat und sich ein höherer Verbrauch hauptsächlich auf Kernzonen konzentriert. Daher wurden in den folgenden Abbildungen die Straßen mit einem Verbrauch unter 5 MWh/m/a nicht weiter abgebildet, sondern sich auf die Straßen mit höheren Verbräuchen konzentriert.

Auf der Übersichtskarte für die Innenstadt von Paderborn (s. Abbildung 32) ist der Gasverbrauch je Straße ab 5 MWh/m/a in detaillierter Ansicht erkennbar. Die Gebäudenutzung wurde in Wohngebäude, öffentliche Gebäude und Gewerbe untergliedert, da von erhöhten Verbräuchen seitens des Gewerbes ausgegangen werden kann. Dies lässt sich außerhalb des Innenstadtbereiches bestätigen, aber auch innerhalb der Innenstadt mit dichter Bebauung und Mischnutzung sind die Gasverbräuche deutlich über 5 MWh/m/a. Detailansichten von den einzelnen Straßen werden weiter unten aufgeführt.



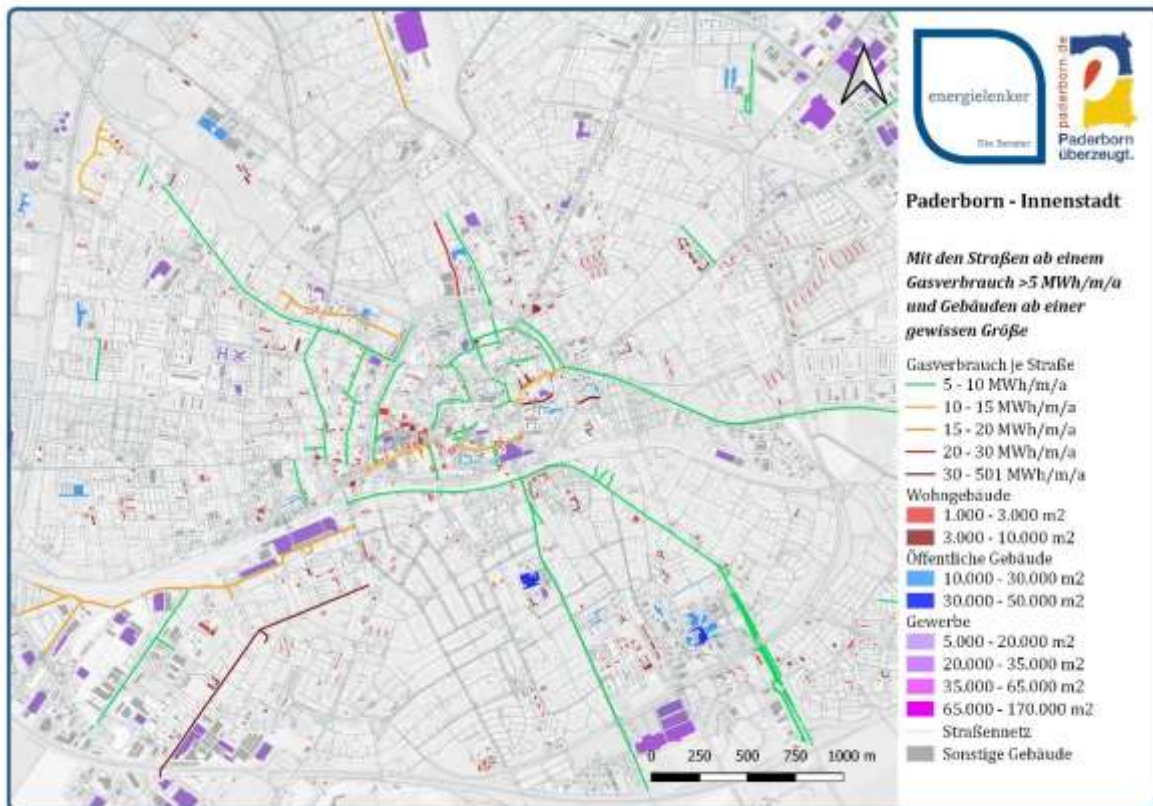


Abbildung 32: Übersichtskarte von Paderborn - Innenstadt [eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © 2020 Bezirksregierung Köln, Datengrundlage: © Openstreetmap]

### 2.3.3 Sonstige Daten der Wärmeversorgung

Neben der Höhe der Wärmebedarfe und deren räumliche Verteilung im Stadtgebiet sind weitere strukturelle Informationen für die kommunale Wärmeplanung von Bedeutung. Dieses sind beispielsweise Informationen über bereits vorhandene Wärmenetze, die Verteilung von genehmigungsbedürftigen Großfeuerungsanlagen oder die Abnahmestellen für Wärmestrom, Gas und Strom städtischer Liegenschaften.

Folgende Wärmenetze sind in Paderborn bereits in Betrieb:

Wärmenetz Schloß Neuhaus

- Alter Netzabschnitt: Baujahr 1992, 1,5 km, versorgt zahlreiche öffentliche Gebäude, darunter Schulen, Sporthallen, Verwaltungsgebäude, eine Polizeiwache, ein Schwimmbad und das historische Schloss
- Wärmeversorgung ausschließlich mit Erdgas-Brennwertkesseln
- Erweiterung 2019: Neubau einer 650 m langen Wärmeleitung, ein Teil der Wärme wird aus der Abwärme eines Rohrwerks der Firma Benteler gespeist.

- Wärmetauscher 600 KW, voraussichtlich bis zu 3,5 Mio. kWh/a, (70% des Wärmebedarfs)

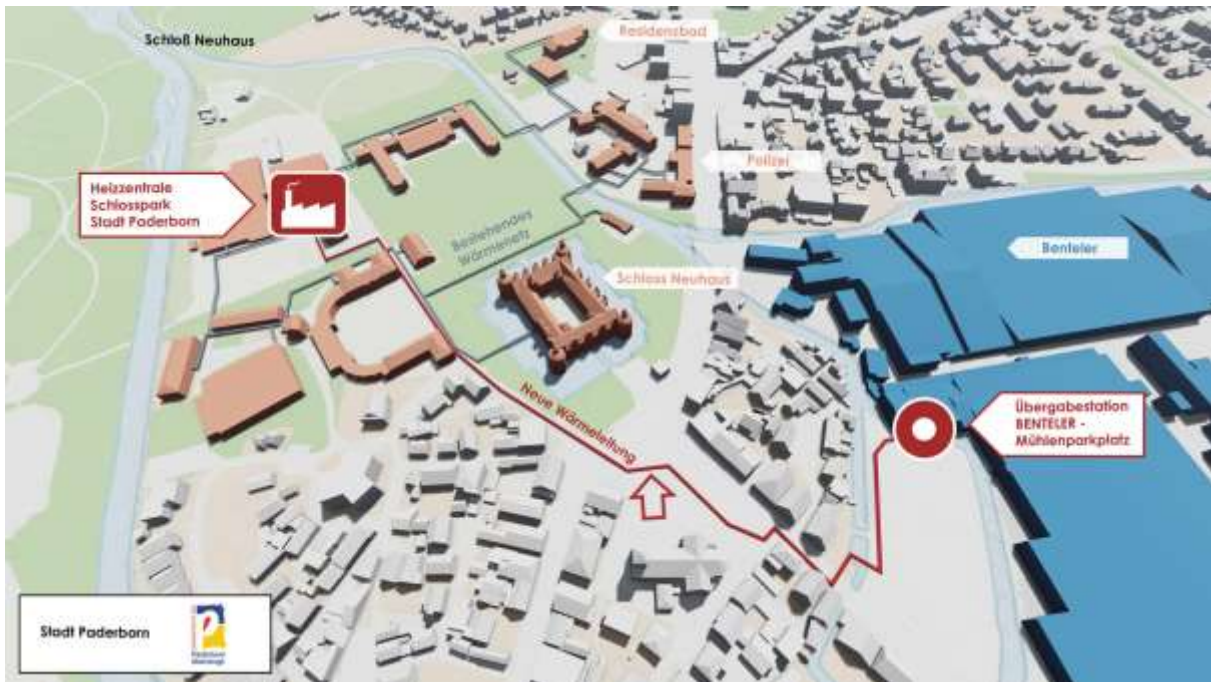


Abbildung 33: Übersicht Wärmenetz in Schloß Neuhaus (Quelle: [www.paderborn.de/wohnen-soziales/umwelt-gruen/810-fernwaermenetz-schloss-neuhaus.php](http://www.paderborn.de/wohnen-soziales/umwelt-gruen/810-fernwaermenetz-schloss-neuhaus.php))

#### Wilhelmshöhe

- Betreiber ESW, Biomethan BHKW, 360 Wohneinheiten in Ein- und Zweifamilienhäusern
- Ausbaupotential: unklar

#### Springbachhöfe

- Betreiber: ESW
- Wärmeerzeuger: Biomethan BHKW
- Neubaugebiet, ca. 5 Jahre alt, Wärmenetz verlegt aber wegen fehlendem Anschluss- und Benutzungszwang niedrige Anschlussquote (ca. 30%)
- Ausbaupotential: Überkapazität vorhanden

#### Kaltwassernetz Innenstadt

- Seit den 90er Jahren wird Wasser aus der Pader zur Kühlung verwendet, seit einigen Jahren auch zur Beheizung der Gebäude, zwei Kaltwassernetze, Wassertemperatur ca. 11°, ca. 1400m Rohrleitungssystem, 430m<sup>3</sup> pro Stunde

- Ausbaupotential: ja; Nutzung von Umweltwärme durch Wärmepumpe in größerem Umfang denkbar.
- Um die teils älteren Bestandsgebäude zu beheizen sind Netztemperaturen von min. 55°C Vorlauf notwendig.

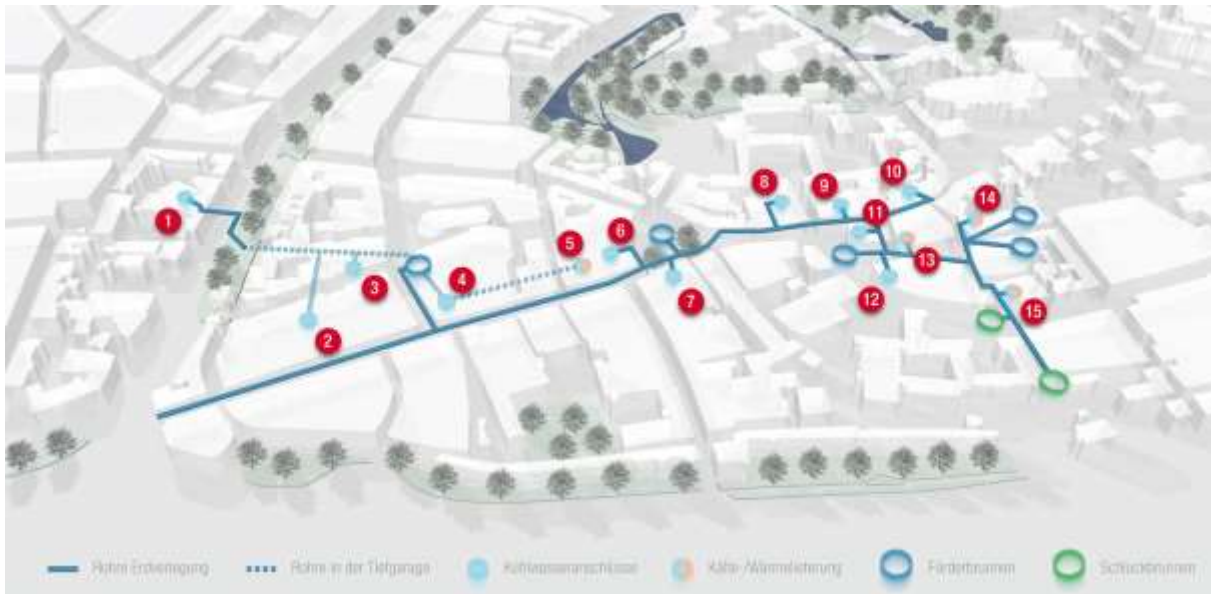


Abbildung 34: Übersicht Wärmenetz in der Paderborner Kernstadt ([www.paderborn.de/wohnen-soziales/umwelt-gruen/energetische-nutzung-von-grundwasser-in-der.php](http://www.paderborn.de/wohnen-soziales/umwelt-gruen/energetische-nutzung-von-grundwasser-in-der.php))

### Uni Wärmenetz

- Derzeit Wärmeerzeugung über KWK und Spitzenastkessel
- zukünftig soll in der Heizperiode Abwärme des neuen Rechenzentrums in das Netz der Uni Paderborn eingespeist werden. Im Sommer wird die Abwärme des Rechenzentrums über das Dach an die Umgebung abgegeben.

### Nahwärmenetz Schwimmoper

- Neben der Schwimmoper sind das Ludwig Erhard Berufskolleg, das Helene Weber Berufskolleg und Paderhalle an das Netz angeschlossen
- Wärmeerzeuger: Gas BHKWs
- Betreiber ESW

In Abbildung 35 sind genehmigungsbedürftige Großfeuerungsanlagen abgebildet. Zusätzlich sind noch die Gebäude mit gewerblicher Nutzung eingezeichnet, weil es sich bei den meisten genehmigungsbedürftigen Anlagen auch um gewerblich genutzte Gebäude handelt. Der Zusammenhang zwischen genehmigungsbedürftigen Anlagen und einem hohen

Gasverbrauch in der Straße lässt sich sofort erkennen. Diese Anlagen verursachen eine hohe Gasnachfrage und es resultiert ein hohes Abwärmepotential. Aufgrund dessen, sind die Betreiber\*innen entsprechender Anlagen für Akteur\*innengespräche vorgesehen.

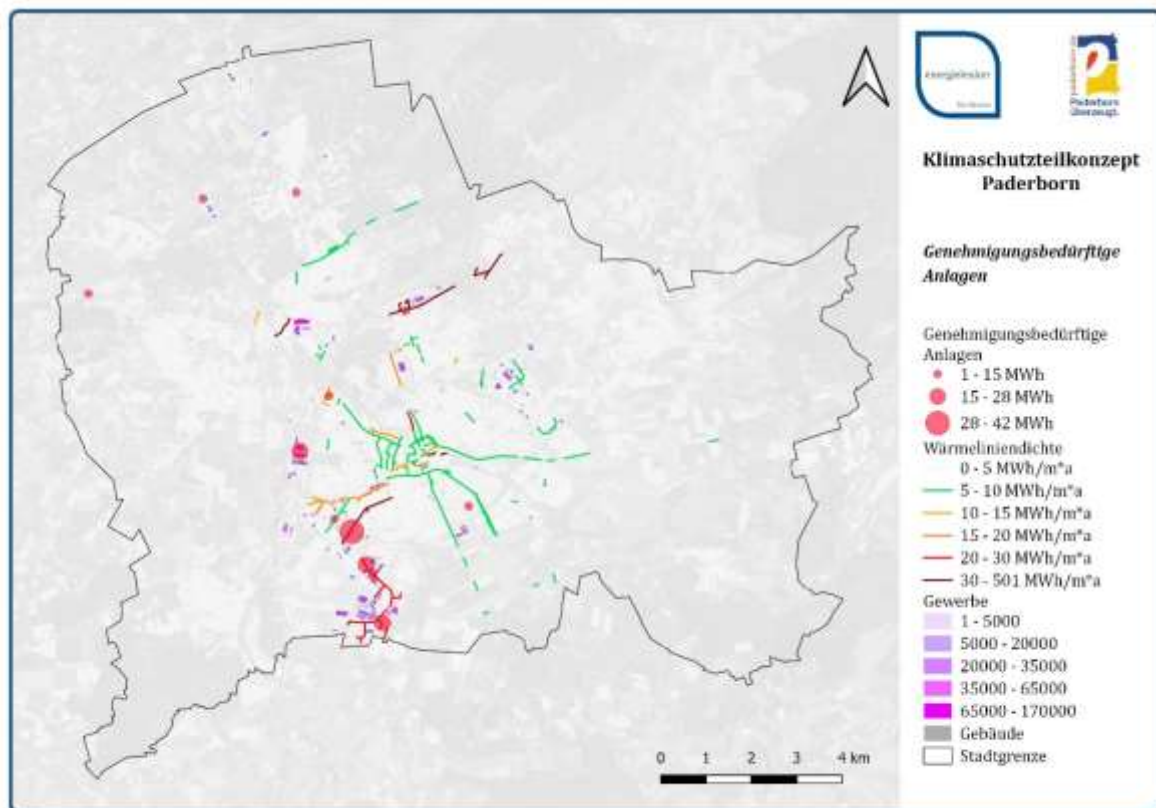


Abbildung 35: Genehmigungsbedürftige Anlagen im Paderborner Stadtgebiet (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Abbildung 36 zeigt die Abnahmestellen für Wärmestrom, Gas und Strom städtischer Liegenschaften. Die Abnahmestellen für Gas verteilen sich relativ homogen in Paderborn. Diese Liegenschaften bieten das Potential als Wärmesenken für ein potenzielles Wärmenetz genutzt zu werden und entsprechende Maßnahmen können hier entwickelt werden. Die Abnahmestellen für Wärmestrom zeigen eine deutliche Konzentration im Innenstadtbereich, an diesen Stellen wurde bereits eine effizienzsteigernde Energieversorgung durchgeführt, weiterer Handlungsbedarf besteht an diesen Standorten dem entsprechend nicht, da die Technik, wie Wärmepumpen, bereits installiert wurde. Die Abnahmestellen für Strom konzentrieren sich auf zwei Kernzonen, die eine liegt in der Innenstadt und die andere im Bereich des Schlosses. Diese großen Stromabnehmer sind prädestiniert für die Installation von KWK- oder Photovoltaikanlagen.

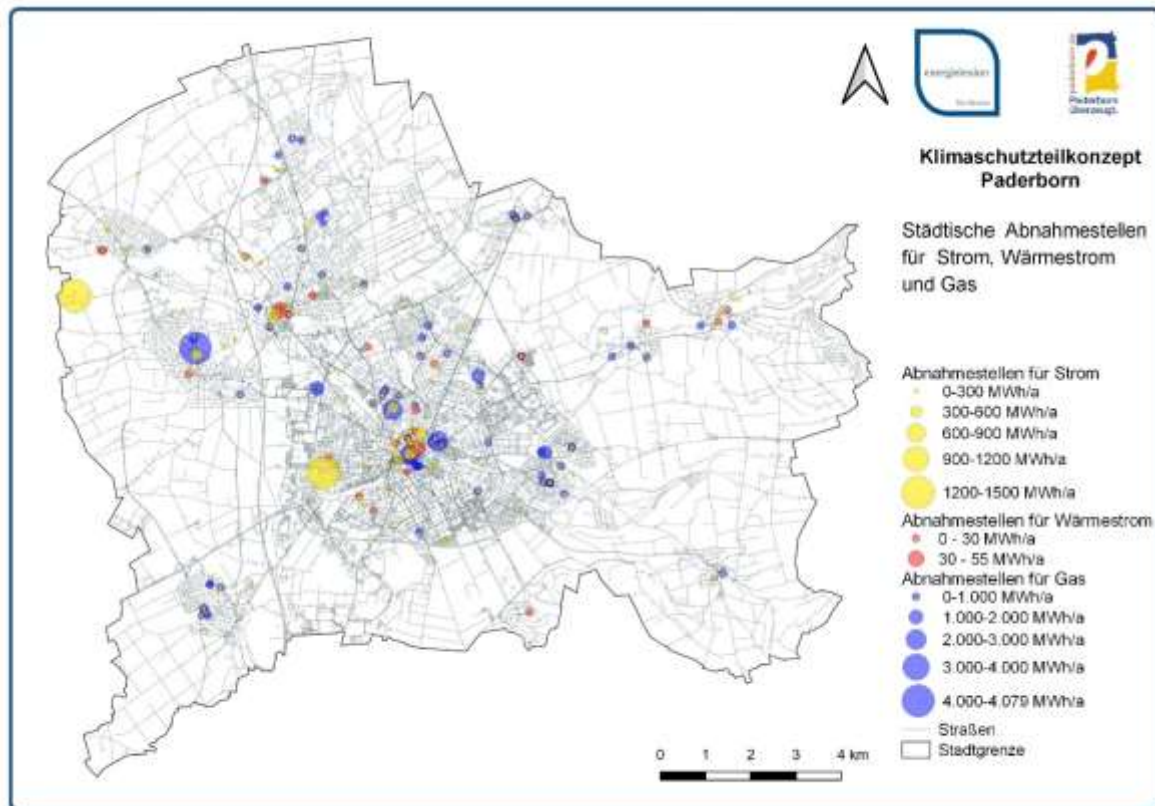


Abbildung 36: Städtische Abnahmestellen für Strom, Wärmestrom und Gas (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

### 2.3.4 Kommunale Wärmeplanung

Je nach Siedlungstypologie sind unter dem Gesichtspunkt der wirtschaftlichen und ökologischen Nachhaltigkeit unterschiedliche Wärmeversorgungslösungen sinnvoll. In eher dünn besiedelten Stadtgebieten kommen beispielsweise nur dezentrale Einzellösungen in Frage, während sich dichter besiedelte Gebiete mit höheren Wärmeverbräuchen für verschiedene Formen von Wärmenetzen eignen können.

Für die strategische kommunale Wärmeplanung werden auf Basis der Indikatoren Wärmebedarfsdichte und Wärmelinien-dichte Wärmeklassen definiert, die es ermöglichen, im gesamten Stadtgebiet Aussagen darüber zu treffen, welche Art der Wärmeversorgung lokal geeignet sein kann. Auf diese Weise lassen sich Hotspots definieren, an denen aufgrund hoher Wärmebedarfe sowie deren starker räumlicher Konzentration die Versorgung über Wärmenetze grundsätzlich sinnvoll ist. Überlagert man diese Daten mit weiteren Informationen, beispielsweise über die Nutzung oder die Eigentumsstruktur, erhält man Hinweise für konkrete Entwicklungspotentiale.

Wesentlich ist, dass diese Vorgehensweise nicht nur Aufschluss über Eignungsgebiete für Wärmenetze gibt, sondern ebenso zeigt, in welchen Bereichen andere dezentrale Wärmeversorgungs-lösungen sinnvoller sind (Wärmeklasse 0). Auch wenn hier die Einflussmöglichkeiten der Stadt geringer einzuschätzen sind, ist es für die Dekarbonisierung der Gesamtstadt wichtig auch für diese Bereiche Strategien zu entwickeln den Wärmebedarf weiter zu senken und den Anteil der erneuerbaren Wärme zu erhöhen.

Um entscheiden zu können, welche Schwellenwerte für die Errichtung eines Wärmenetzes als sinnvoll anzusehen sind, wurden verschiedene Studien betrachtet. Es zeigt sich, dass die Einschätzungen darüber, ab welchem Schwellenwert der Wärmebedarfsdichte und der Wärmelinien-dichte ein Gebiet für eine zentrale Wärmeversorgung geeignet ist, sich in den Fachkreisen stark unterscheiden. Die Tabellen 6 und 7 geben eine Übersicht über die von den verschiedenen Quellen definierten Schwellenwerte für die Indikatoren Wärmebedarfsdichte und Wärmelinien-dichte.

Tabelle 5: Übersicht Wärmebedarfsdichten für die Eignung für Wärmenetze

<b>geeignet ab</b>	<b>nicht geeignet bis</b>	<b>Quelle</b>
700	500	QM Fernwärme, Planungshandbuch Fernwärme, Energie Schweiz (vgl.Nussbaumer et al. 2018, 106)
700	k.A.	K. GREENTECH GmbH (z.B. Klimaschutzteilkonzept Radolfzell) (vgl. K.GREENTECH 2016:60)
Mind. 500, besser 700	300	C.A.R.M.E.N., Merkblatt Nahwärmenetze und Bioenergieanlagen (vgl. C.A.R.M.E.N. e.V. o.J.c:5)
500	k.A.	Leitfaden Kommunale Wärmeplanung Niedersachsen (vgl. KEAN 2019a:4f)
400	k.A.	KEA-BW Studie (vgl.Peters 2020)
300	150	Ifeu für Heinrich-Böll-Stiftung (vgl. Hertle et.al. 2015:16)
150	k.A	Leitfaden Energienutzungsplan Bayern (vgl. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit et al. 2011:48)
150	k.A	Die kommunale Wärmeplanung Schleswig Holstein (vgl. EKI 1014:14)

---

100

k.A

*Energienutzungsplan Konstanz (vgl. Stadt Konstanz 2018:35)*

---

Tabelle 6: Übersicht Wärmelinienindicht für die Eignung für Wärmenetze

<b>geeignet ab</b>	<b>nicht geeignet bis</b>	<b>Quelle</b>
3	k.A.	<i>K.GREENTECK GmbH (z.B. Klimaschutzteilkonzept Radolfzell) (vgl. k.GREENTECH 2016:60)</i>
1,8 1,5 (Frankreich)	k.A.	<i>Guide to Heat Mapping HeatNet NWE (vgl. Lefrère 2019:32)</i>
1,8	0,8	<i>Energieagentur Regio Freiburg (vgl. Neumann 2014:3)</i>
1,5	k.A.	<i>Leitfaden Kommunale Wärmeplanung Niedersachsen (vgl. KEAN 2019a:4)</i>
1,5	k.A.	<i>C.A.R.M.E.N., Merkblatt Nahwärmenetze und Bioenergieanlagen (vgl. C.A.R.M.E.N. e.V. o.J.c:3)</i>
1,3	k.A.	<i>KEA-BW Studie (vgl. Peters 2020)</i>
0,5	k.A.	<i>Die kommunale Wärmeplanung Schleswig-Holstein (vgl. EKI 1014:14)</i>
0,5	k.A.	<i>KfW (vgl. KfW 2020:3)</i>

Es kann festgehalten werden, dass ein Gebiet, welches eine Wärmebedarfsdichte von unter 100 Megawattstunden pro Hektar und Jahr aufweist, nicht zur weiteren Planung eines Wärmenetzes in Betracht gezogen werden sollte, da in keiner der Quellen davon ausgegangen wird, dass ein Wert darunter als ökonomisch und ökologisch sinnvoll für die Errichtung eines Wärmenetzes angesehen werden kann. Ab einem Wert von 700 Megawattstunden pro Hektar und Jahr wird einheitlich davon ausgegangen, dass eine Wärmeversorgung mit einem Wärmenetz effektiv ist. Somit scheint eine Wärmebedarfsdichte, welche größer ist, Sinn zu ergeben für die konkrete Planung eines Wärmenetzes. Wenn die Wärmebedarfsdichte eines Gebietes zwischen den beschriebenen Schwellenwerten liegt, sollten weitere Indikatoren untersucht werden, um eine Entscheidung für oder gegen die Errichtung eines Wärmenetzes zu treffen. Dies ist im nächsten Schritt die Bewertung der Wärmelinienindichte. Diese zeigt, wie viel Wärme bezogen auf eine bestimmte Länge der Wärmetrasse abgegeben werden kann, z.B. als gesamte Abnahmemenge von Wärme in einer Straße.



Auch hier sind die ermittelten Werte der einzelnen Quellen zum Teil sehr unterschiedlich. Insgesamt kann anhand der Daten jedoch davon ausgegangen werden, dass die Errichtung eines Wärmenetzes bei einem Wert ab 3 Megawattstunden pro Meter Trasse und Jahr effizient ist und ein Wert, welcher niedriger als 0,5 Megawattstunden pro Meter und Jahr ist, dafür spricht, erneuerbare Individuallösungen zu bevorzugen.

Beide Methoden, sowohl die Flächenbetrachtung, als auch die Linienbetrachtung weisen einzeln Schwächen auf. Zusammen betrachtet können sie den Wärmebedarf jedoch gut abbilden und ein schnelles Ausschließen von nicht geeigneten Gebieten ermöglichen und gleichzeitig potenzielle Gebiete für Wärmenetze aufdecken. Dazu wird mit Hilfe der beiden Indikatoren die besiedelte Stadtfläche nach Wärmeklassen charakterisiert. Das Schema der Einteilung in Wärmeklassen wird in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 7: Einteilung Wärmeklassen

<b>Wärmeklasse</b>	<b>Wärmebedarfsdichte</b> <i>(MWh/ (ha*a))</i>	<b>Wärmeliniedichte</b> <i>(MWh/(m*a))</i>	<b>Beispiele</b>
0	< 100	< 0,5	Aussiedlerhöfe, dünn besiedelte Einfamilienhaussiedlungen, Passivhausquartiere
1	100 < 700	>0,5 < 1	Siedlungen mit dörflichem Charakter, dicht bebaut
2	100 < 700	>1 < 2	Kleinstadt-Innenstädte mit Wohn- und Gewerbenutzung
3	100 <700	> 2 < 3	Geschlossene Mehrfamilienhaussiedlungen, Wohnblocks
4	>700	>3	Denkmalgeschützte Altstädte, unsanierte Mehrfamilienhaussiedlungen

Die Einteilung der Wärmeklassen kann dazu genutzt werden, eine erste Entscheidung darüber zu treffen, welche Wärmeversorgungslösung für ein Gebiet in Frage kommen kann. In der Wärmeklasse 0 ist davon auszugehen, dass ein Wärmenetz grundsätzlich nicht sinnvoll ist. In

den Wärmeklassen 1 bis 3 ist die Eignung für ein Wärmenetz abhängig von weiteren Parametern wie dem Temperaturniveau des Wärmenetzes und bei Wärmeklasse 4 kann grundsätzlich eine Eignung des Gebietes für Wärmenetze unterstellt werden. Abbildung 37 zeigt, wie aus der Höhe des Wärmebedarfs Schlüsse für die Entwicklung der Wärmeversorgung in einem Gebiet gezogen werden können. Verschiedene Anschlussquoten und Sanierungs- oder Effizienzmaßnahmen werden in der späteren, detaillierteren Betrachtung auf der Ebene von definierten untersuchungsgebieten berücksichtigt.

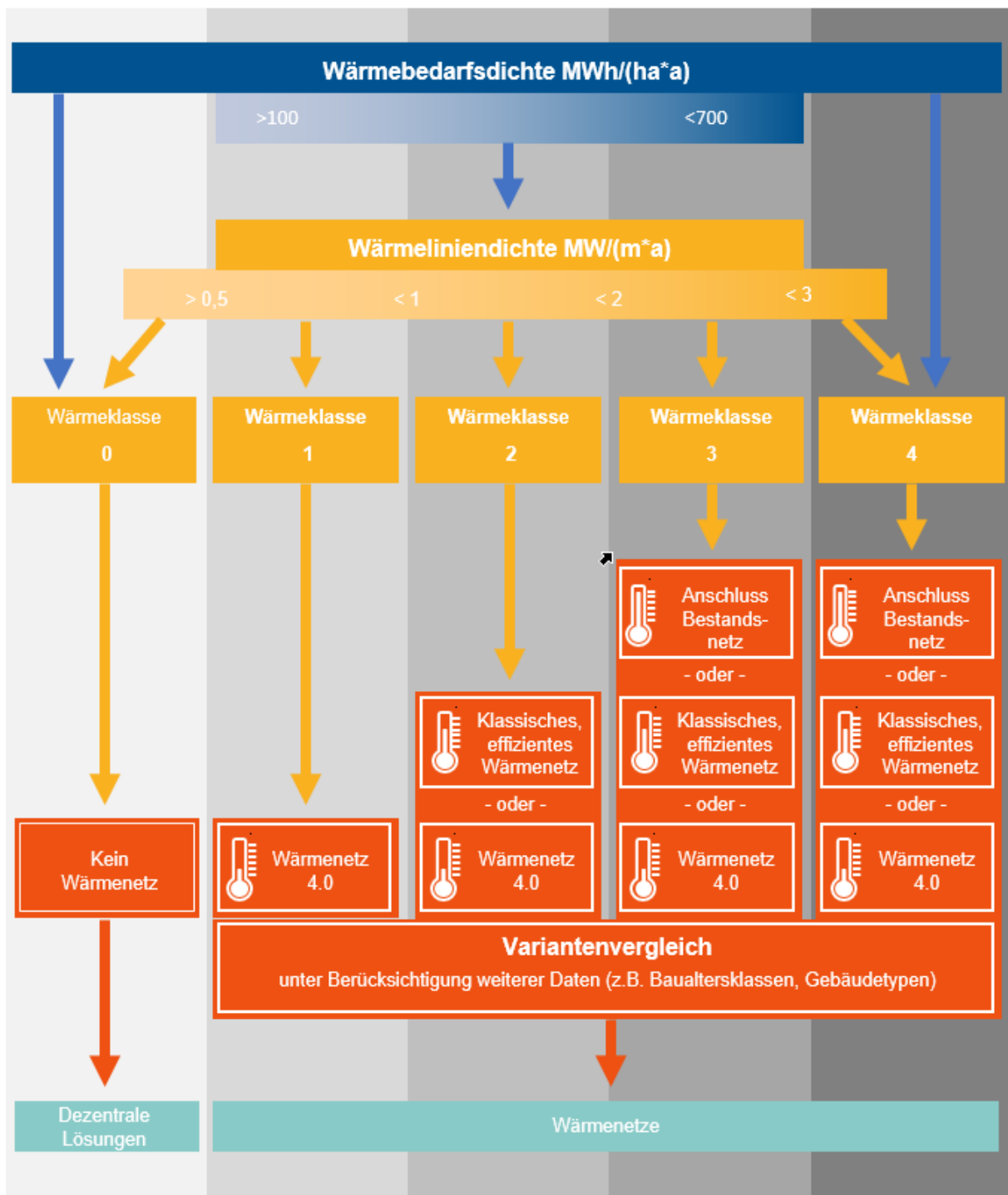


Abbildung 37: Methode für die kommunale Wärmeplanung

In Gebieten, in denen eine hohe Eignung für Wärmenetze festgestellt wurde, bieten diese großen Chancen für die Dekarbonisierung des Wärmesektors. Sie ermöglichen sektorübergreifende Lösungsansätze, denn sie eignen sich als Bindeglied zwischen Strom- und Wärmemarkt und schaffen die Grundlage, um Erneuerbare Energien bestmöglich zu nutzen.

In Energiesystemen mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien bieten insbesondere Wärmenetze mit niedrigen Netztemperaturen folgende Vorteile

- Möglichkeit Abwärme und Umweltwärme aller Art nutzen zu können
- Integration kostengünstiger und effizienter thermischer Speicher in die Wärmenetze. KWK-Anlagen können dadurch flexibel betrieben werden und Residuallasten für die Stromversorgung bereitstellen.
- Erweiterung der Sektorenkopplung durch die Integration großer Wärmepumpen und Gewährleistung eines Marktes für PtH

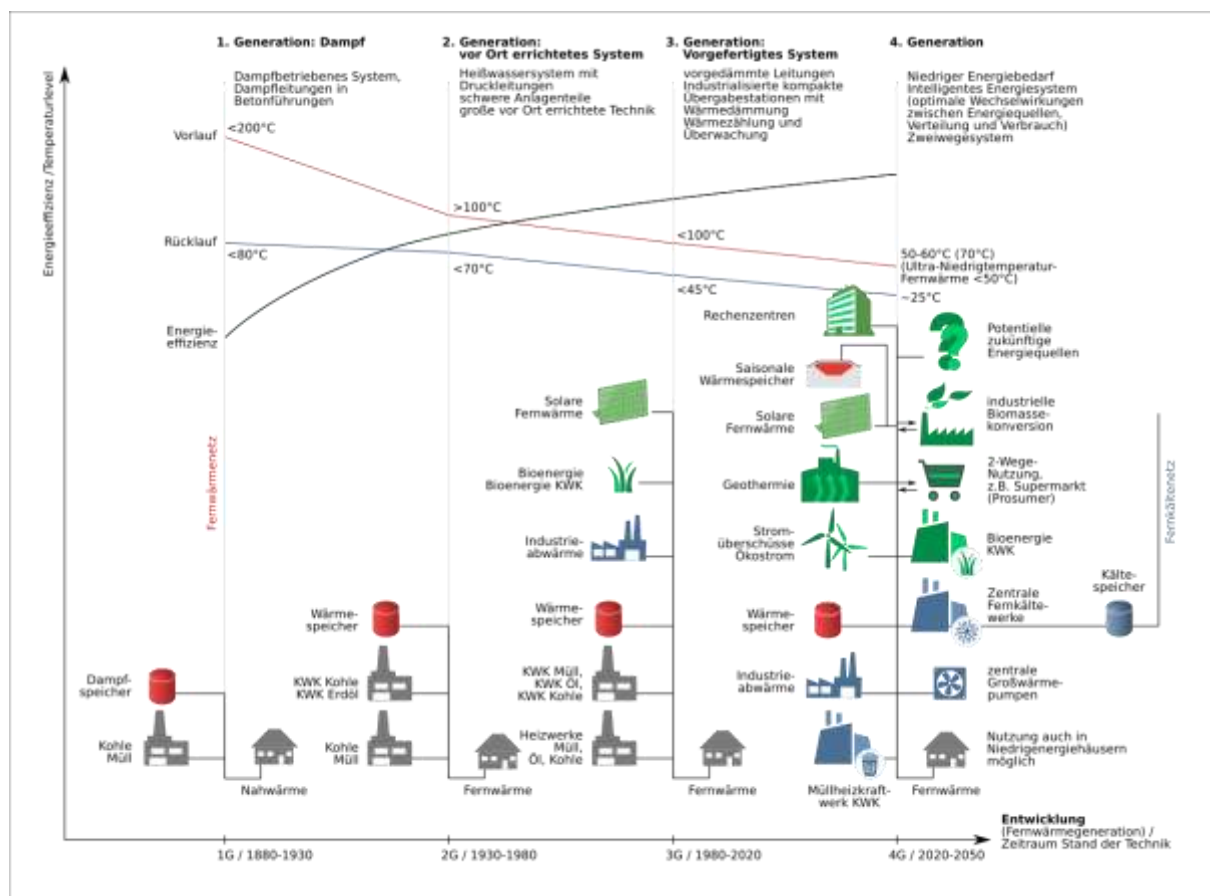


Abbildung 38: Evolution der Wärmenetze (Quelle: 4th Generation District Heating (4GDH), 2014)

### 2.3.5 Identifikation der Hotspots für Wärmebedarfe im Stadtgebiet

Die folgenden Abbildungen zeigen im Detail die Straßen oder Straßennetze mit den höchsten Gasverbräuchen/m/a auf. Auf den Detailkarten lassen sich Zusammenhänge und Strukturen für mögliche Projekte bestmöglich erkennen.

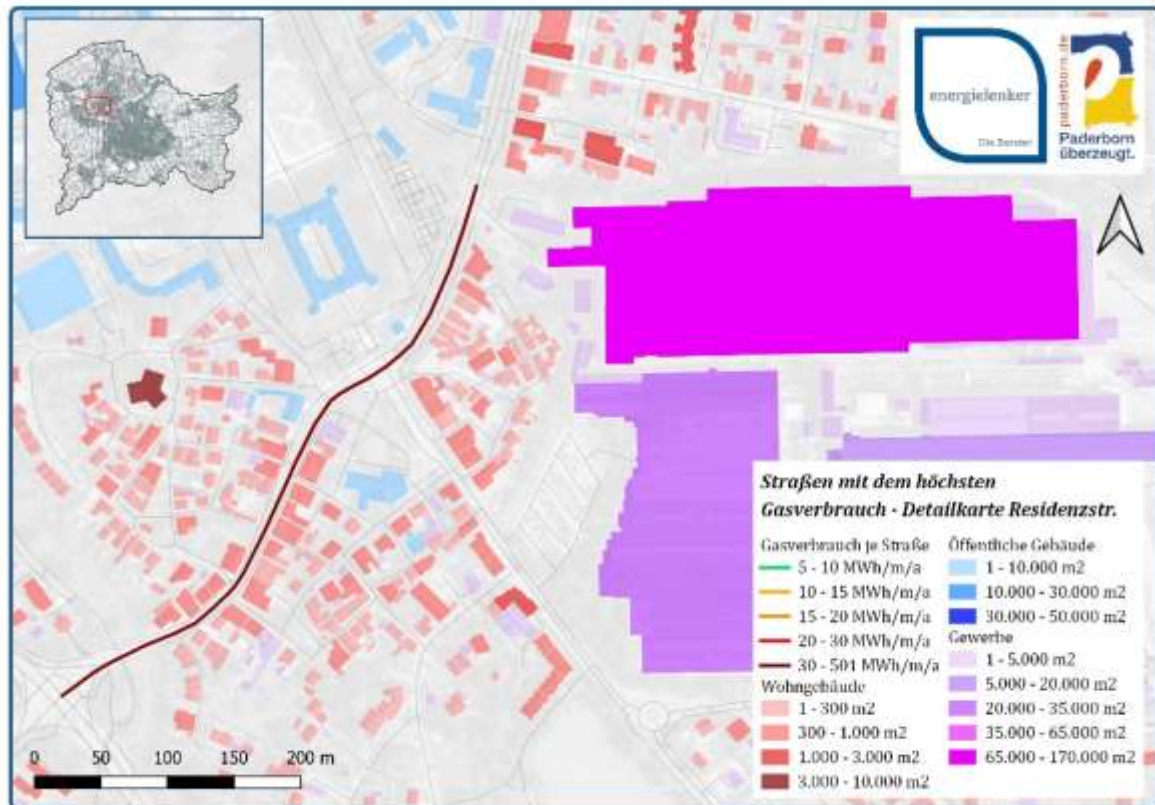


Abbildung 39: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – Residenzstraße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Die Residenzstraße hat den mit Abstand höchsten Gasverbrauch in Paderborn. Dies liegt an dem Bentelerwerk mit seiner Stahl- und Rohrproduktion. Neben der Fläche, die alle anderen Gewerbebetriebe in Paderborn um ein Vielfaches übersteigt, ist der Gasverbrauch der Residenzstraße um eine Zehnerpotenz über den Verbräuchen der anderen Straßen. Das Bentelerwerk ist bereits teilweise an ein Wärmenetz angeschlossen, bietet aber weiteres Ausbaupotential.

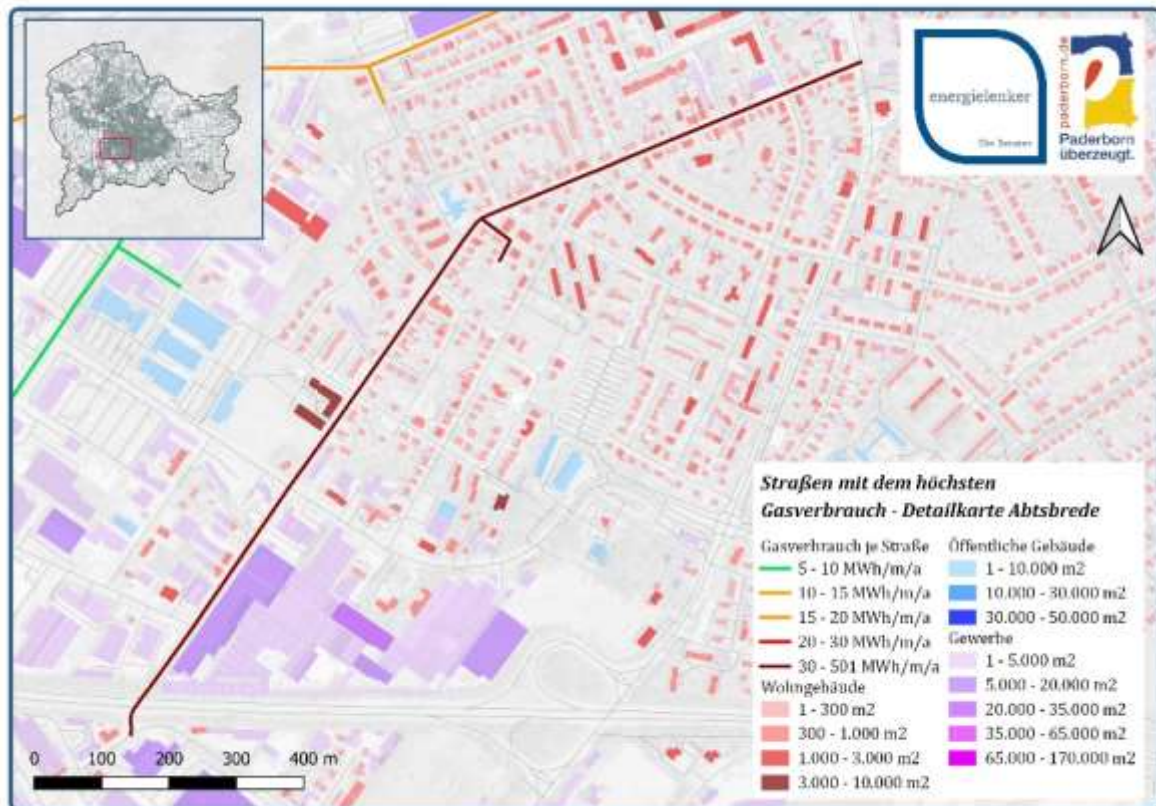


Abbildung 40: Detailkarte zur Wärmeliniendichte – Abtsbreite (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Die Straße Abtsbreite gehört in Paderborn zu den Straßen mit den höchsten Verbräuchen. Der nördliche Teil der Straße wird hauptsächlich von Wohnbebauung umrahmt, aber im Süden sind einige Gewerbeflächen entlang der Straße, u.a. sind die Stute Nahrungsmittelwerke dort mit einem großen Betrieb angesiedelt. Weitere kleine Gewerbebetriebe und ein Berufsbildungszentrum leisten zudem ihren Beitrag.

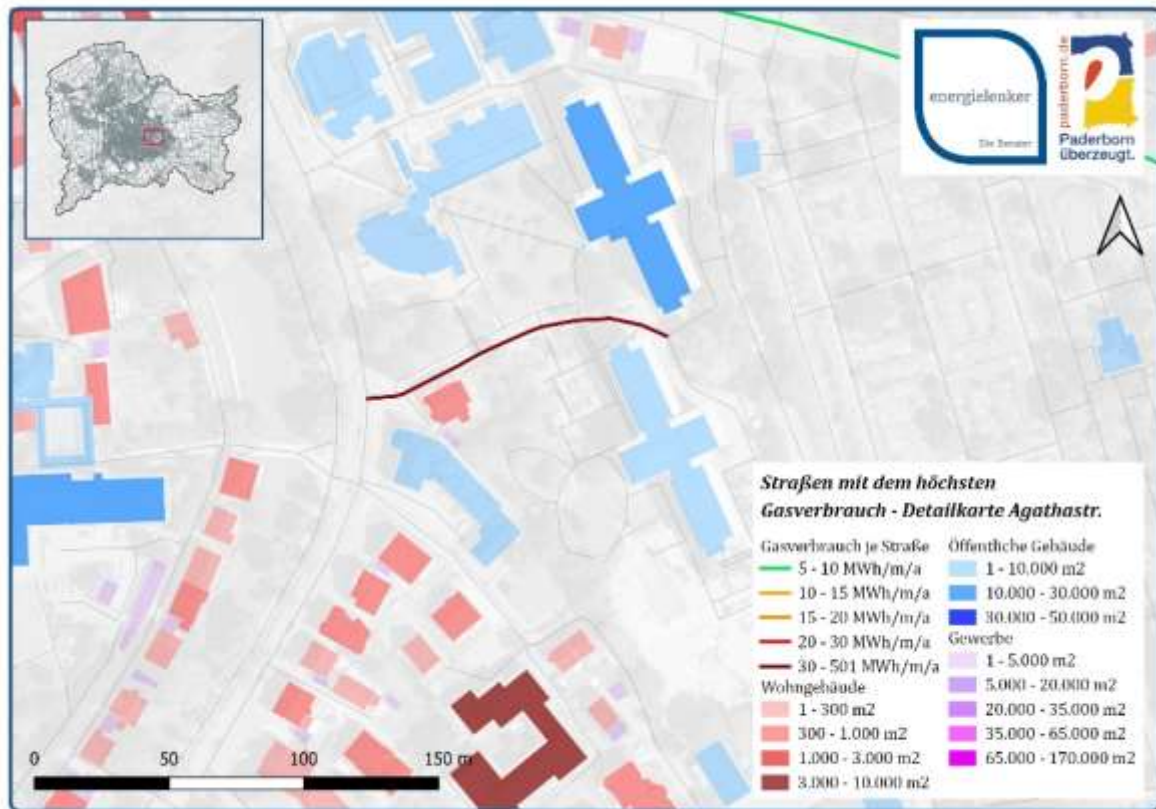


Abbildung 41: Detailkarte zur Wärmeliniendichte – Agathastraße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Die Agathastraße ist mit ca. 110 m sehr kurz, hat aber die große LWL-Klinik direkt angrenzend. Dies führt insgesamt zu einem hohen Gasverbrauch/m/a.

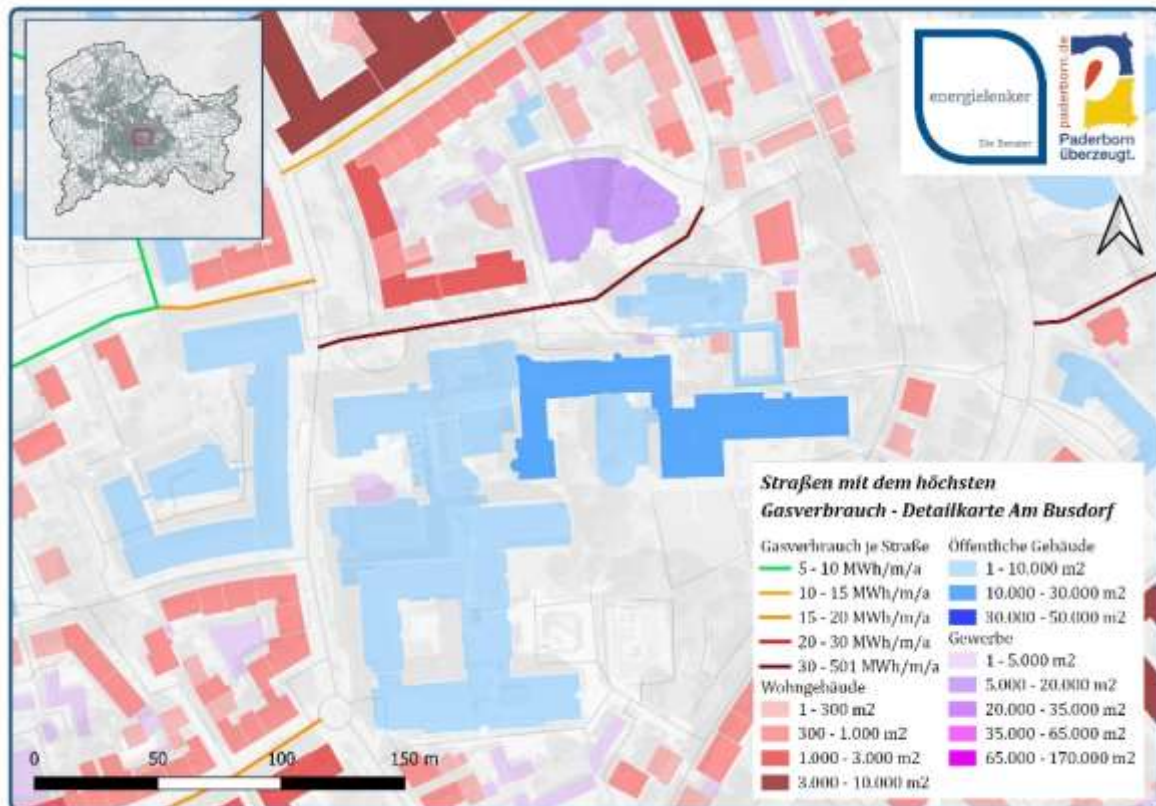


Abbildung 42: Detailkarte zur Wärmeliniendichte – Am Busdorf (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Die Straße Am Busdorf liegt zentral in Paderborn. Die sehr hohen Verbräuche resultieren aus dem angrenzenden Hotel Aspelthera, dem St. Vincenz-Krankenhaus und dem Mutterhaus der Barmherzigen Schwestern. Somit befinden sich an der gerade mal ca. 110 m langen Straße mehrere Einrichtungen mit einem erhöhten Gasbedarf, was die MWh/m/a in die Höhe treiben.



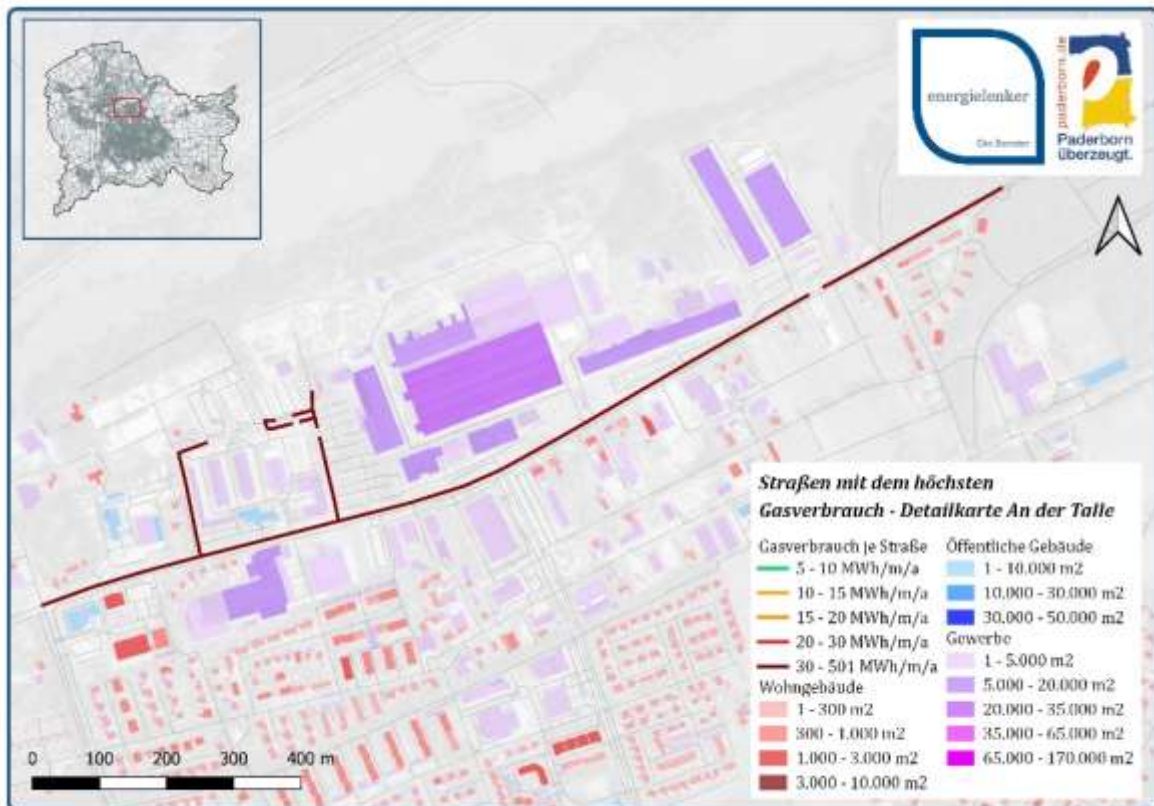


Abbildung 43: Detailkarte zur Wärmeliniendichte – An der Talle (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Die Straße an der Talle befindet sich nördlich des Innenstadtbereichs und ist durch Gewerbeflächen geprägt. Den Großteil auf der nördlichen Straßenseite nimmt Benteler mit seinem Branchenzweig der Automobiltechnik ein. Auch kleinere Gewerbebetriebe sind hier ansässig als auch Verwaltungsgebäude, wie die Kfz-Zulassungsstelle und das Straßenverkehrsamt.

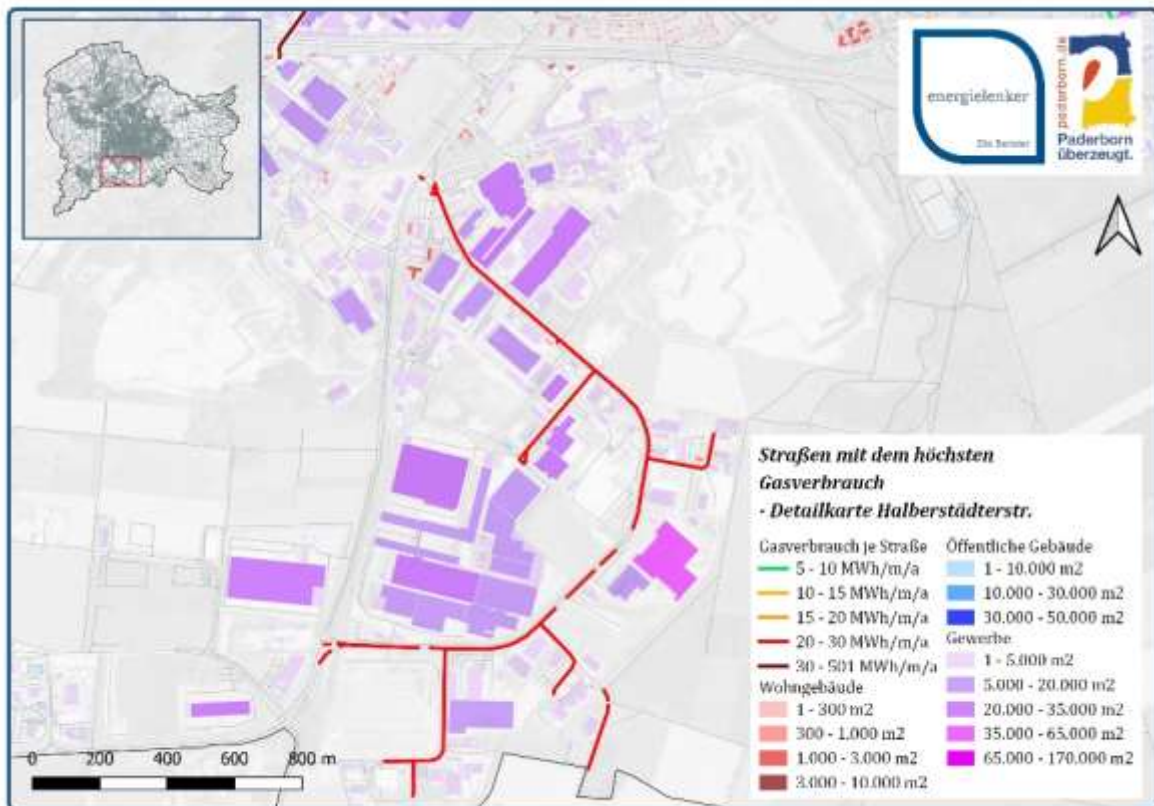


Abbildung 44: Detailkarte zur Wärmeliniendichte – Halberstädterstraße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Im Süden vom Paderborner Stadtgebiet ist die Halberstädterstraße gelegen. Sie ist komplett durch Gewerbeflächen geprägt. Neben diversen Gewerbebetrieben, von einem Brauereibetrieb über verarbeitendes Gewerbe bis zu Industrietechnik, ist hier ein großes Stute-Werk angesiedelt.

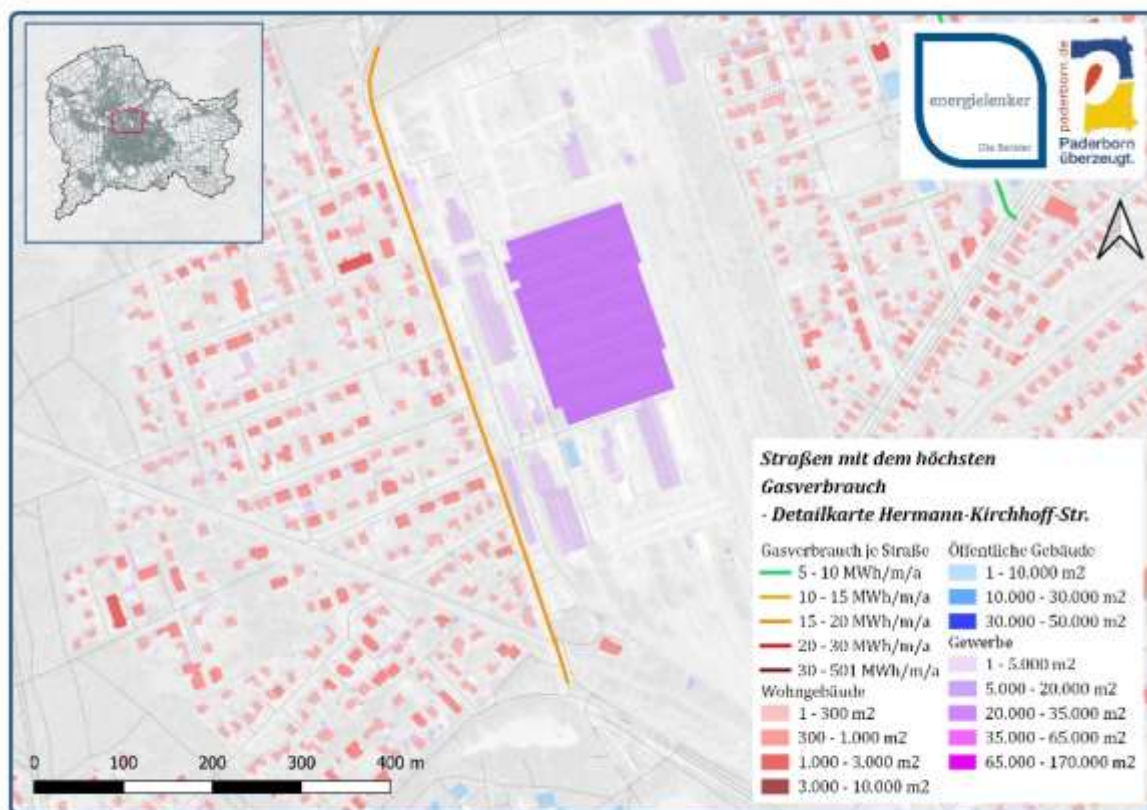


Abbildung 45: Detailkarte zur Wärmelinienichte – Kirchhoff-Straße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Die Hermann-Kirchhoff-Straße wird im Osten von einem Ausbesserungswerk gesäumt. Dies führt zu einem sehr hohen Gasverbrauch /m/a.

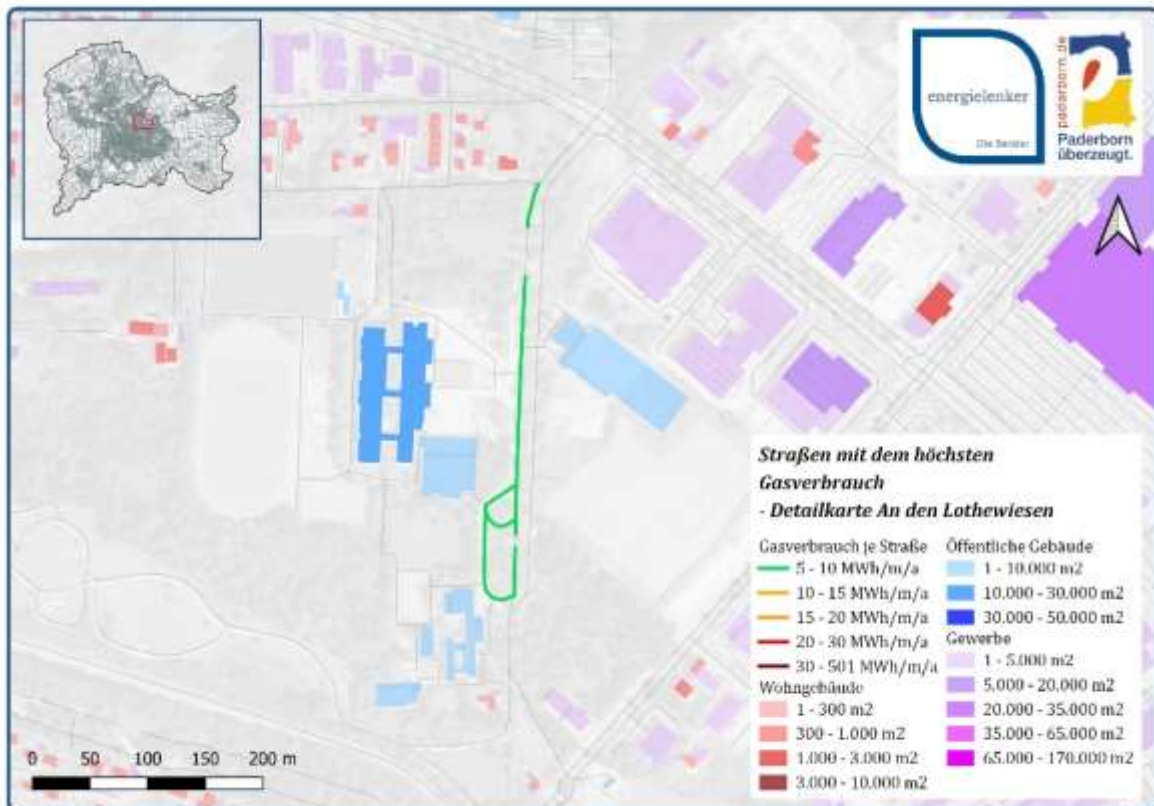


Abbildung 46: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – An den Lothenwiesen (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Die Straße An den Lothenwiesen ist eine Sackgasse und hat überwiegend öffentliche Gebäude angrenzend. Diese umfassen zum einen die Heinz-Nixdorf-Gesamtschule und zum anderen ein Fitnessstudio mit einem angrenzenden Fußballverein.

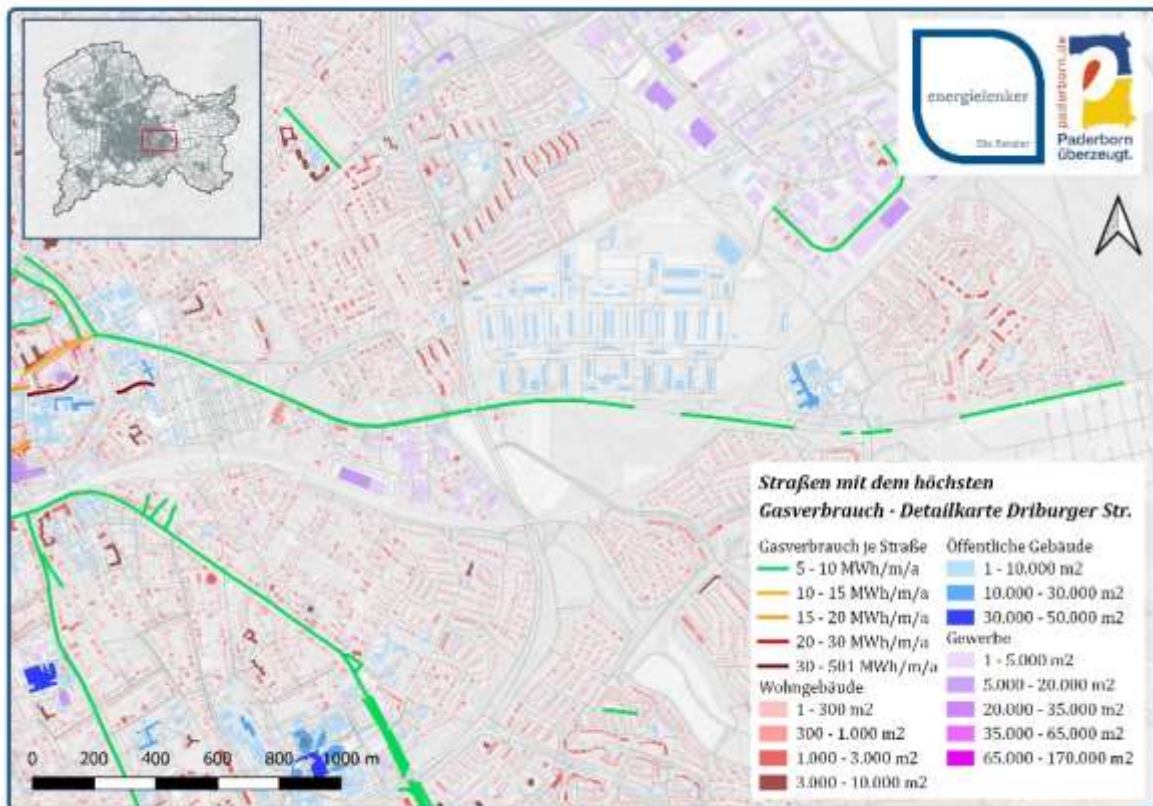


Abbildung 47: Detailkarte zur Wärmeliniedichte – Driburger Straße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Die Driburgerstraße ist insgesamt sehr lang und ist daher von unterschiedlichsten Bebauungsstrukturen gesäumt. Der überwiegende Teil wird von Wohnbebauung eingenommen, an Gewerbe gibt es nur einen Autoankauf und einen Supermarkt. Die größeren Gebäudekomplexe stellen öffentliche Gebäuden dar. Im Westen befindet sich das Reismann-Gymnasium. Es ist anzunehmen, dass der größte Verbrauch durch das Barker Areal zu verzeichnen ist. Im Osten des britischen Militärs liegt noch die Grundschule Kaukenberg.



Abbildung 48: Detailkarte zur Wärmeliniendichte – Eggertstraße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap)

Die Eggertstraße wird von einer Vielzahl von diversen Gewerbeflächen dominiert. Das Angebot reicht von einem Echolotzentrum über ein Sanitätshaus bis zu einem Kfz-Fachbetrieb. Auf Grund der hohen Anzahl an Gewerbeflächen kommt es insgesamt zu einem hohen Gasverbrauch in dieser Straße.

### 3 Potentiale zur Energieeinsparung

Folgend werden die Einsparpotentiale der Stadt Paderborn in den Bereichen private Haushalte, Wirtschaft und Verkehr betrachtet und analysiert.

#### 3.1.1 Private Haushalte

Gemäß der Energiebilanz der Stadt Paderborn fallen ca. 29 % der Endenergie auf den Sektor der privaten Haushalte. Ein erhebliches THG-Einsparpotential der privaten Haushalte liegt in den Bereichen Gebäudesanierung, Heizenergieverbrauch und Einsparungen beim Strombedarf.

##### Gebäudesanierung

Das größte Potential, im Sektor der privaten Haushalte, liegt im Wärmebedarf der Gebäude. Durch die energetische Sanierung des Gebäudebestands können der Endenergiebedarf und damit der THG-Ausstoß erheblich reduziert werden. Die nachfolgende Abbildung 49 stellt die Einsparpotentiale von Gebäuden nach Baualtersklassen dar.

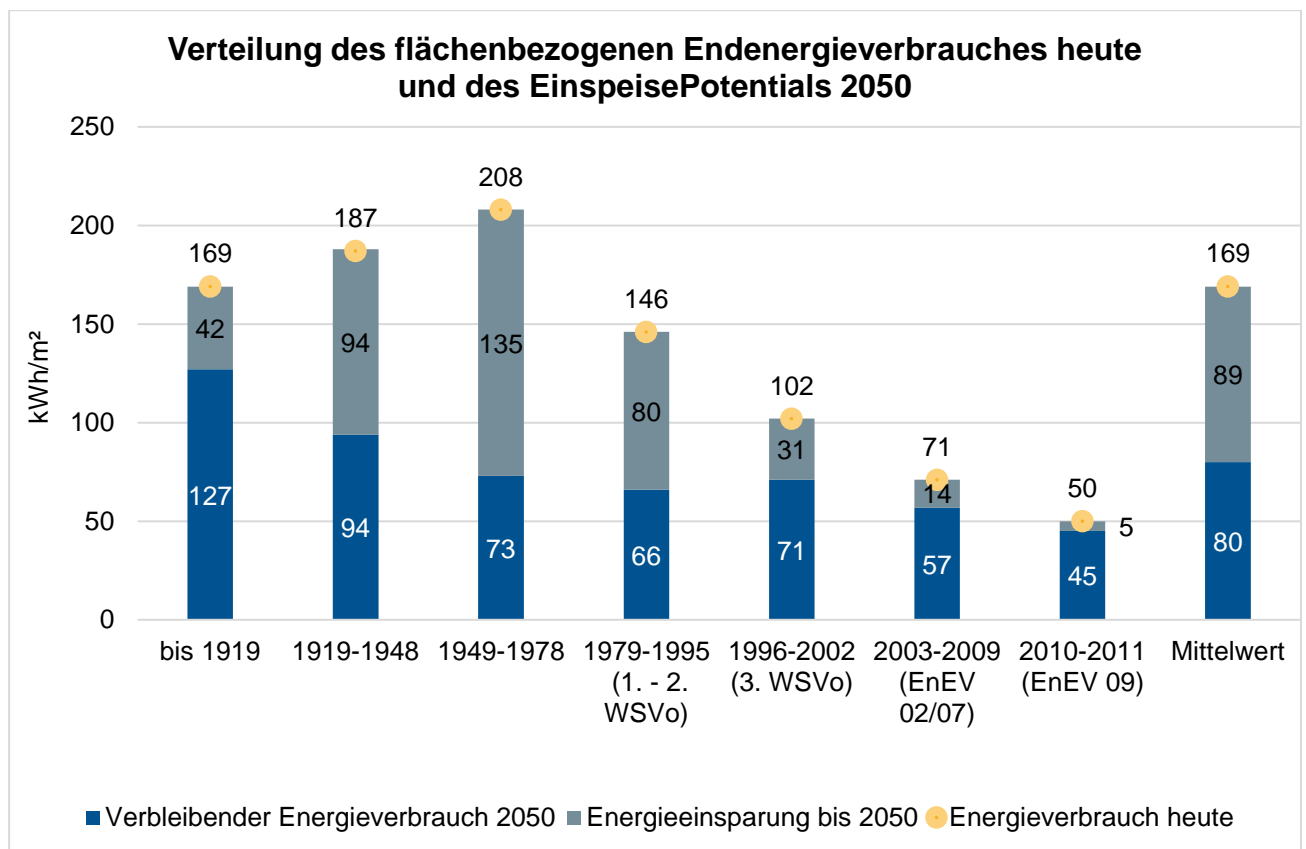


Abbildung 49: Verteilung des flächenbezogenen Endenergieverbrauches heute und des EinspeisePotentials 2050 [kWh/m²] (BMW, 2014)

Der zukünftige Heizwärmebedarf der Wohngebäude in Paderborn wird auf Grundlage des berechneten Ist-Heizwärmebedarfes dargestellt und wurde mittels Zensus-Daten (2011) zu den Gebäudetypen und Gebäudegrößen sowie Heizwärmebedarfen aus der Gebäudetypologie Deutschland (IWU, 2015) hochgerechnet.

Für die Berechnung des zukünftigen Heizwärmebedarfes werden jeweils drei Korridore für die zwei Sanierungsszenarien „Trend“ und „Klimaschutz“ angegeben. Die drei Korridore definieren sich über folgende unterschiedliche Sanierungsraten:

1. Variante: Sanierungsrate linear bis 100%: Beschreibt das Ziel der Vollsanierung von 100 % der Gebäude bis zum Jahr 2050 und nimmt eine lineare Sanierungstätigkeit an (→ Sanierungsquote beträgt hier: 3,1 % pro Jahr)
2. Variante: Sanierungsrate linear: Legt die Annahme einer Sanierungsrate von 0,8 % im Trendszenario und 1,5 % im Klimaschutzzenario pro Jahr zu Grunde. Damit wären im Jahr 2050 25,6 % bzw. 48 % saniert. Diese Variante weist damit die geringsten Einsparpotentiale auf.
3. Variante: Sanierungsrate variabel: Beschreibt ebenfalls wie Variante 1 das Ziel der Vollsanierung von 100 % der Gebäude bis zum Jahr 2050, nimmt aber eine gestaffelt steigende Sanierungstätigkeit an, so dass die Sanierungsquoten von 0,8 % pro Jahr bis zu 5 % zwischen 2045 und 2050 reichen.

Für den Wohngebäudebestand in Paderborn ergeben sich daraus für die Sanierungsvariante des konventionellen Szenarios folgende Einsparpotentiale:

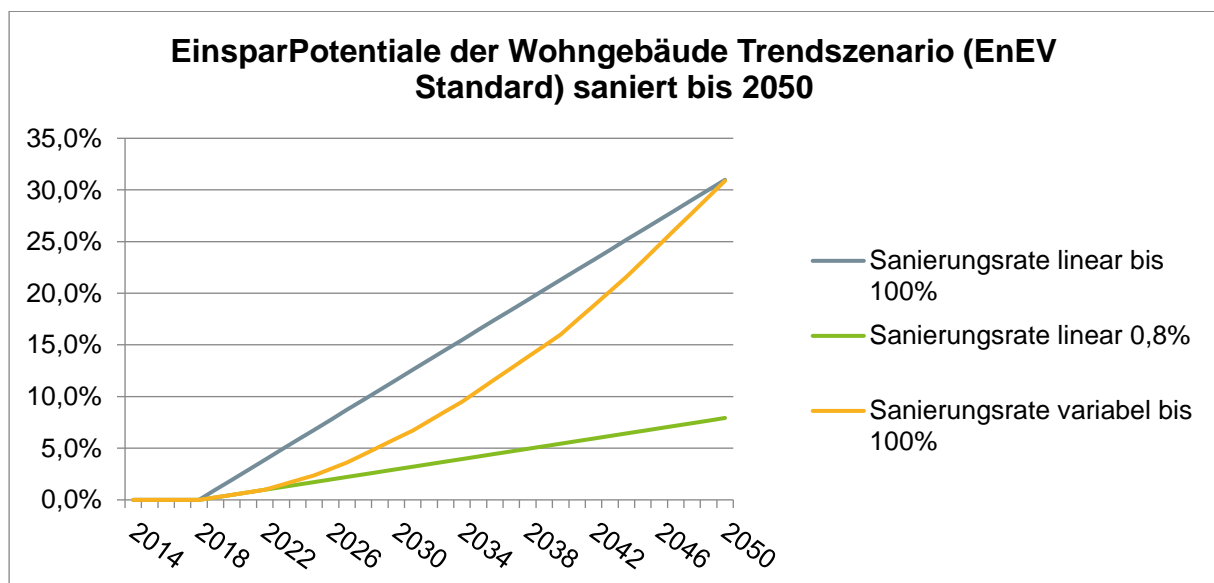


Abbildung 50: Einsparpotentiale der Wohngebäude Trendszenario saniert bis 2050 (Quelle: eig. Darstellung und Berechnung)

Für die Sanierungsvariante des Trendszenarios ergeben sich damit Einsparpotentiale bis 2050 von 31 %.



Des Weiteren ergeben sich für den Wohngebäudebestand in der Stadt Paderborn für die Sanierungsvariante des Klimaschutzszenarios (Passivhausstandard) folgende Einsparpotentiale:

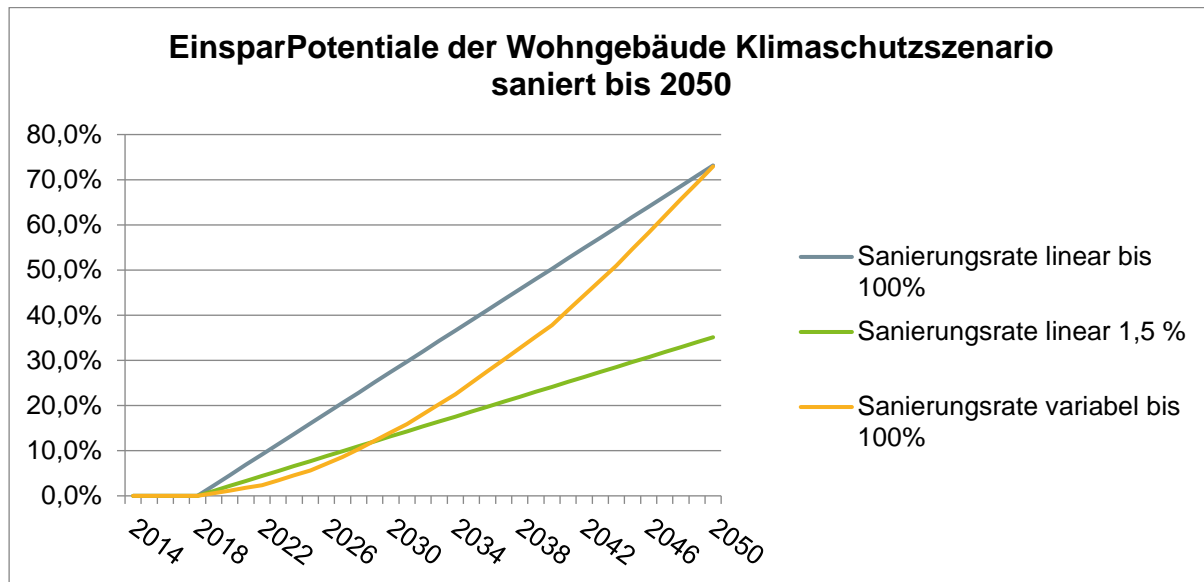


Abbildung 51: Einsparpotentiale der Wohngebäude Klimaschutzszenario saniert bis 2050 (Quelle: eig. Darstellung und Berechnung)

Für die Sanierungsvariante des Klimaschutzszenarios ergeben sich damit Einsparpotentiale bis 2050 von bis zu 73,2 %.

Um die Potentiale zu heben, muss die Sanierungsquote stark gesteigert werden (aktuelle bundesweit etwa 0,8%). Da hier kein direkter Zugriff durch die Stadtverwaltung möglich ist, müssen die Eigentümer\*innen zur Sanierung motiviert werden. Dies geht vor allem über Öffentlichkeits- und Netzwerkarbeit, Ansprache von Akteur\*innen (Handwerkerinnen und Handwerker, Beraterinnen und Berater, Wohnungsgesellschaften). Ein weiterer Ansatzpunkt wäre die finanzielle Förderung von privaten Sanierungsvorhaben. In diesem Bereich sind jedoch eher Land oder Bund (über die KfW) tätig und zur Absenkung bürokratischer Hürden bei Antragstellung und Förderung gefordert.

#### Strombedarf

Zukünftig wird sich durch die steigende Energieeffizienz der Geräte und durch sich stetig änderndes Nutzer\*innenverhalten der Strombedarf in den Haushalten verändern.

Die hier angewandte Methodik zur Berechnung des Gerätebestandes basiert auf der „Bottom-Up-Methodik“. Dabei wird aus der Zusammensetzung des durchschnittlichen Gerätebestandes eines Haushaltes auf die Anzahl für das gesamte Stadtgebiet hochgerechnet. Als Grundlage der Haushaltsgrößen wurden kommunale Daten aus dem Jahr 2011 zugrunde gelegt. Die Anzahl der Haushalte beläuft sich für die Stadt Paderborn auf 67.335 (vgl. Zensus 2011).

Zur Berechnung der Stromverbräuche der Haushalte wurden die verschiedenen Geräte zu Gerätegruppen zusammenzufasst:

Tabelle 8: Gruppierung der Haushaltsgeräte

Gerätegruppe	Beispiel
<b>Bürogeräte</b>	PC, Telefoniegeräte, IKT-Geräte, ISDN-Anlagen, Router
<b>TV</b>	TV, Beamer
<b>Unterhaltungskleingeräte</b>	Receiver, DVD-/Blue-Ray-/HDD-Player, Spiele-Konsolen
<b>Kochen und Backen</b>	Elektroherd, Backofen
<b>Kühlen und Gefrieren</b>	Kühlgeräte, Kühl- und Gefrierkombinationen, Gefriergeräte
<b>Licht/ Beleuchtung</b>	diverse Leuchtmittel
<b>Wasserversorgung</b>	Zirkulationspumpe Trinkwarmwasser
<b>Waschen/ Trocknen/ Spülen</b>	Waschmaschine, Spülmaschine, Trockner, Waschtrockner
<b>Haushaltskleingeräte</b>	Haartrockner, Toaster, Kaffeemaschine, Bügeleisen

Es wird angenommen, dass die Haushaltsgeräte, stetig durch neuere Geräte mit höherer Effizienz ersetzt werden. Durch die jeweilige Anpassung des Effizienzsteigerungsfaktors kann so der jeweilige spezifische Strombedarf für die kommenden Jahre errechnet werden.

Für den spezifischen, durchschnittlichen Haushaltsstrombedarf in der Stadt Paderborn ergibt sich folgende Darstellung:

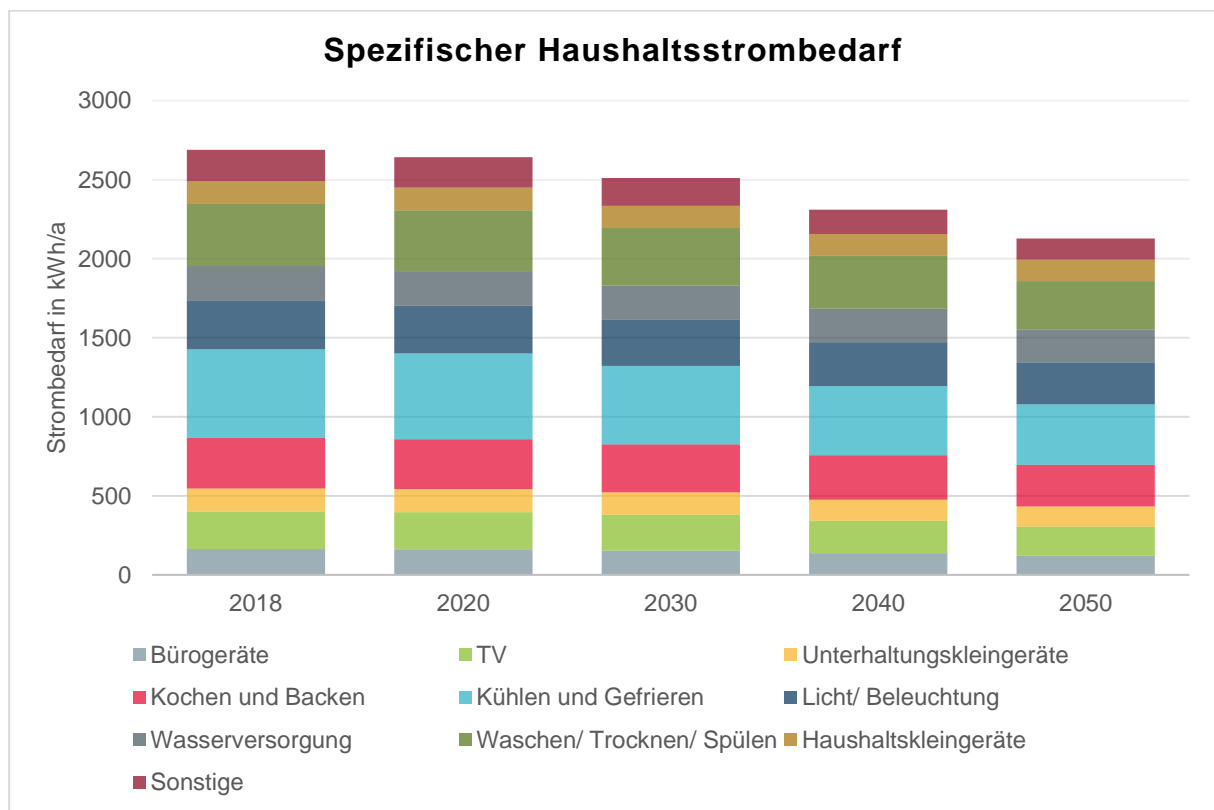


Abbildung 52: Spezifischer Haushaltsstrombedarf in kWh pro Jahr und Haushalt in Paderborn (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung)

Für das Jahr 2030 ergibt sich ein gesamter Haushaltsstrombedarf von rund 172.435 MWh, was eine Reduzierung des Strombedarfs gegenüber der aktuellen Situation von etwa 8.679 MWh bedeutet. Der Haushaltsstrombedarf der privaten Haushalte liegt im Jahr 2050 bei rund 149.202 MWh. Dies entspricht einer Einsparung von über 31.912 MWh gegenüber dem Ausgangsjahr 2018.

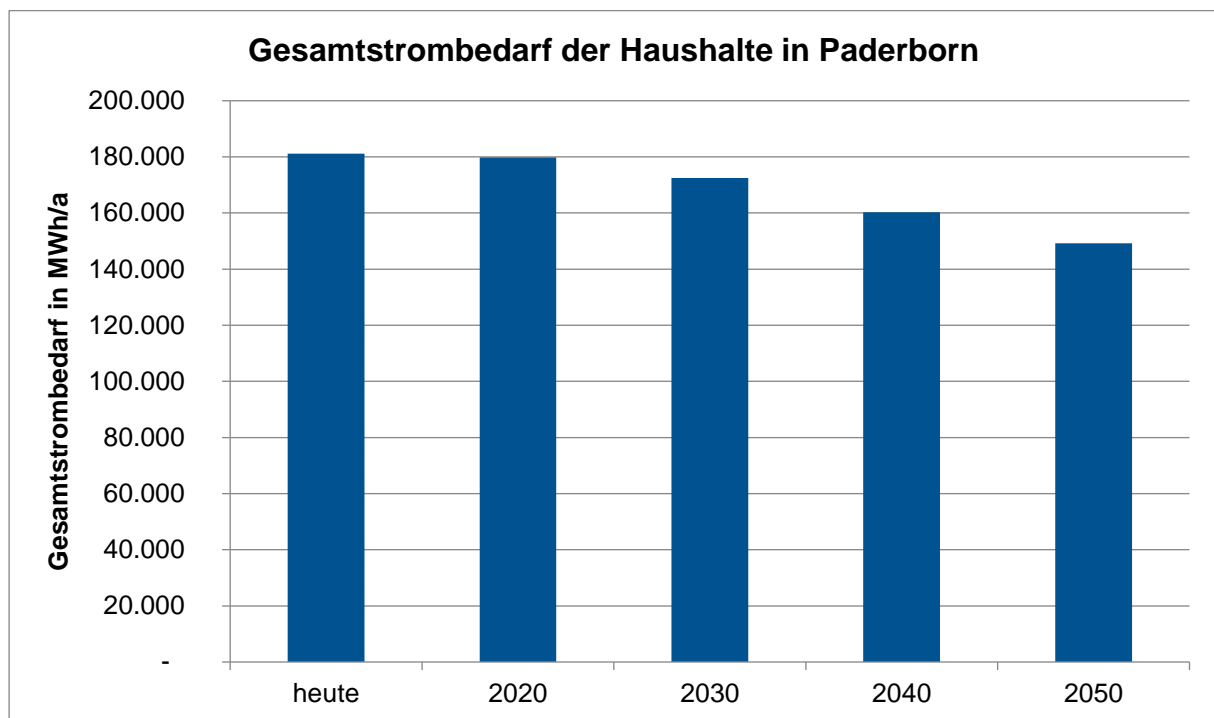


Abbildung 53: Gesamtstrombedarf der Haushalte der Stadt Paderborn

#### *Einfluss des Nutzer\*innenverhaltens (Suffizienz)<sup>2</sup>*

Das Endenergieeinsparpotential durch die Effizienzsteigerung der Geräte kann jedoch durch die Ausstattungsraten und das Nutzer\*innenverhalten begrenzt werden.

In der Realität zeigt sich, dass besonders effiziente Geräte zu sogenannten Rebound-Effekten führen. Das bedeutet, dass mögliche Stromeinsparungen durch neue Geräte, beispielsweise durch die stärkere Nutzung dieser oder durch die Anschaffung von Zweitgeräten (Beispiel: der alte Kühlschrank wandert in den Keller und wird dort weiterhin genutzt), begrenzt oder sogar vermindert werden (Sonnberger, 2014). Andererseits kann auch das Gegenteil eintreten, wobei energieintensive Geräte weniger genutzt werden. Des Weiteren ist es bei einigen Geräten auch schlichtweg nicht möglich, große Effizienzsteigerungen zu erzielen. Deshalb ist der Strombedarf in der Zielvision für 2050 nicht um ein Vielfaches geringer als in der Ausgangslage.

---

<sup>2</sup> Suffizienz steht für das „richtige Maß“ im Verbrauchsverhalten der Nutzerinnen und Nutzer und kann auf alle Lebensbereiche übertragen werden.

Bei einem Ansatz, der die Suffizienz berücksichtigt, würde davon ausgegangen werden, dass die privaten Haushalte Elektrogeräte abschaffen oder weniger nutzen, um mit ihrem Nutzer\*innenverhalten, den Strombedarf zu senken.

### 3.1.2 Wirtschaft

Im industriellen Bereich liegen die Einsparpotentiale vor allem im effizienteren Umgang mit Prozesswärme (Brennstoffe) und mechanischer Energie (Strom). Im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) wird dagegen ein großer Teil der Energie zur Bereitstellung von Raumwärme sowie zur Beleuchtung und Kommunikation eingesetzt. Abbildung 54 zeigt die unterschiedlichen Einsparpotentiale nach Querschnittstechnologien.

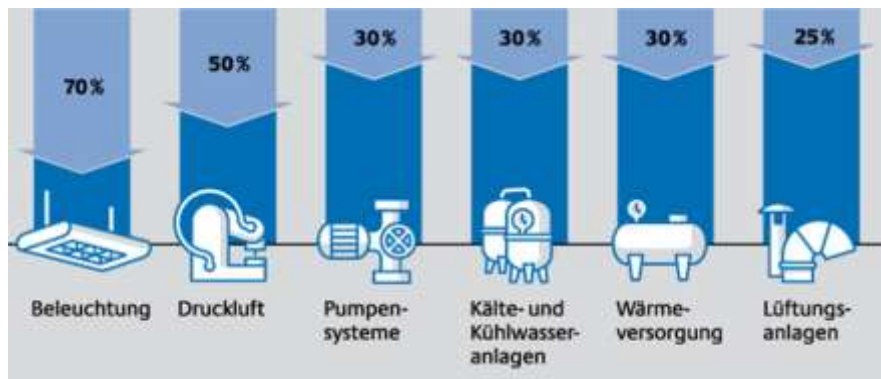


Abbildung 54: Energieeinsparpotentiale in der Wirtschaft nach Querschnittstechnologien (dena, 2014)

Für die Ermittlung der Einsparpotentiale von Industrie und GHD wird auf eine Studie des Institutes für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IREES, 2015) zurückgegriffen. Diese weist in den zwei verschiedenen Szenarien Potentiale für die Entwicklung des Energiebedarfes in Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistung aus. Für die Berechnung werden folgende Größen verwendet:

- Spezifischer Effizienzindex: Entwicklung der Energieeffizienz der entsprechenden Technologie bzw. der Effizienzpotentiale im spezifischen Einsatzbereich.
- Nutzungsintensitätsindex: Intensität des Einsatzes einer bestimmten Technologie, bzw. eines bestimmten Einsatzbereiches. Hier spiegelt sich in starkem Maße auch das Nutzer\*innenverhalten oder die technische Entwicklung hin zu bestimmten Anwendungen wider.
- Resultierender Energiebedarfsindex: Aus der Multiplikation von spezifischem Effizienzindex und Nutzungsintensitätsindex ergibt sich der Energiebedarfsindex. Mit Hilfe dieses Wertes lassen sich nun Energiebedarfe für zukünftige Anwendungen berechnen. Dies geschieht, indem der heutige Energiebedarf mit dem resultierenden Energiebedarfsindex für 2050 multipliziert wird.

Nachfolgend werden die der Entwicklung der Bedarfe zugrundeliegenden Werte in der Tabelle 9 dargestellt. Hierbei werden den zwei Szenarien „Trend“ und „Klimaschutz“ ein

Wirtschaftswachstum von 10 % bis 2050 zur Seite gestellt. Diese Wachstumsrate der Wirtschaft ist hier als Beispiel zu interpretieren. Es soll zeigen, dass bereits ein geringes Wirtschaftswachstum einen hohen Unterschied in der Energie- und THG Bilanz ausmacht.

Wie zu erkennen ist, werden, außer bei Prozesswärme und Warmwasser, in sämtlichen Bereichen hohe Effizienzgewinne angesetzt.

Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) wird eine stark steigende Nutzungsintensität prognostiziert. Die übrigen Bereiche werden in der Nutzung gleichbleiben oder abnehmen.

Tabelle 9: Grundlagendaten für Trend- und Klimaschutzszenario

Grundlagendaten Trendszenario					
	Energiebedarfsindex in 2010	Spezifischer Effizienzindex in 2050	Nutzungsintensitätsindex in 2050	Resultierender Energiebedarfsindex in 2050	+ 10% Wirtschaftswachstum
Prozesswärme	100%	95%	90%	86%	86%
Mech. Energie	100%	80%	90%	72%	72%
IKT	100%	67%	151%	101%	101%
Kälteerzeuger	100%	75%	100%	75%	75%
Klimakälte	100%	75%	100%	75%	75%
Beleuchtung	100%	55%	100%	55%	55%
Warmwasser	100%	95%	100%	95%	95%
Raumwärme	100%	60%	100%	45%	60%

**Grundlagendaten Klimaschutzscenario**

	Energiebe- darfsindex in 2010	Spezifischer Effizienzindex in 2050	Nutzungs- intensitäts- index in 2050	Resultierender Energiebedarfsi- ndex in 2050	+ Wirtschaftswachs- tum 10%
Prozesswärme	100%	95%	90%	86%	86%
Mech. Energie	100%	67%	90%	60%	60%
IKT	100%	67%	151%	101%	101%
Kälteerzeuger	100%	67%	100%	67%	67%
Klimakälte	100%	67%	100%	67%	67%
Beleuchtung	100%	55%	100%	55%	55%
Warmwasser	100%	95%	90%	86%	86%
Raumwärme	100%	45%	100%	45%	45%

Die oben dargestellten Parameter werden nachfolgend auf die Jahre 2018 bis 2050 in Dekadenschritten hochgerechnet. Dabei wird vor allem für die letzte Dekade ein Technologiesprung angenommen, der zu einer Beschleunigung der Energieeinsparungen führt. Nachfolgende Abbildung 55 zeigt die addierten Ergebnisse der Berechnungen für GHD und Industrie und damit für den gesamten Wirtschaftssektor.

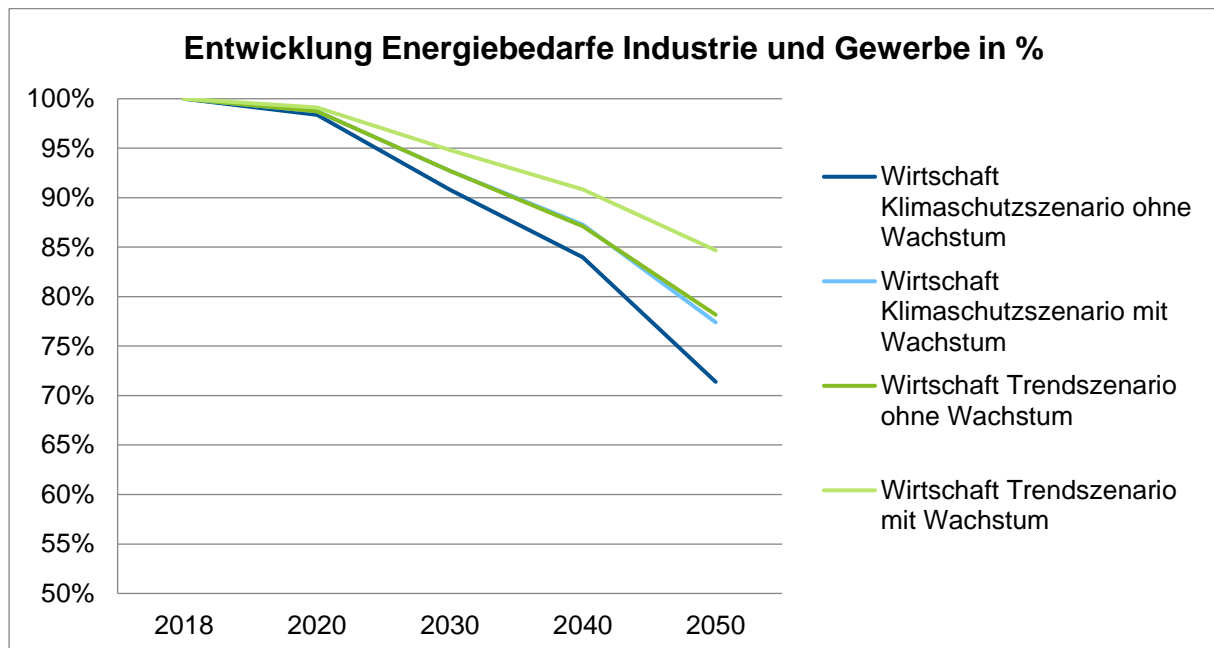


Abbildung 55: Entwicklung der Energiebedarfe von Industrie und Gewerbe der Stadt Paderborn in Prozent

Im Klimaschutzscenario ohne angesetztes Wirtschaftswachstum können bis zu 29 % Endenergie eingespart werden. Das Trendszenario führt zu Einsparungen von 22 %. Wenn 10 % Wirtschaftswachstum eingerechnet werden, steigt der Energiebedarf jeweils um etwa 7 % was das Klimaschutzscenario mit Wirtschaftswachstum mit dem Trendszenario ohne Wirtschaftswachstum bereits annähernd gleichsetzt.

Die Potentiale können auch nach Anwendungsbereichen und Energieträger (Strom oder Brennstoff) aufgeteilt dargestellt werden. Die folgende Abbildung zeigt die Strom- und Brennstoffbedarfe nach Anwendungsbereichen für das Jahr 2018 sowie das Jahr 2050 in den verschiedenen Szenarien.



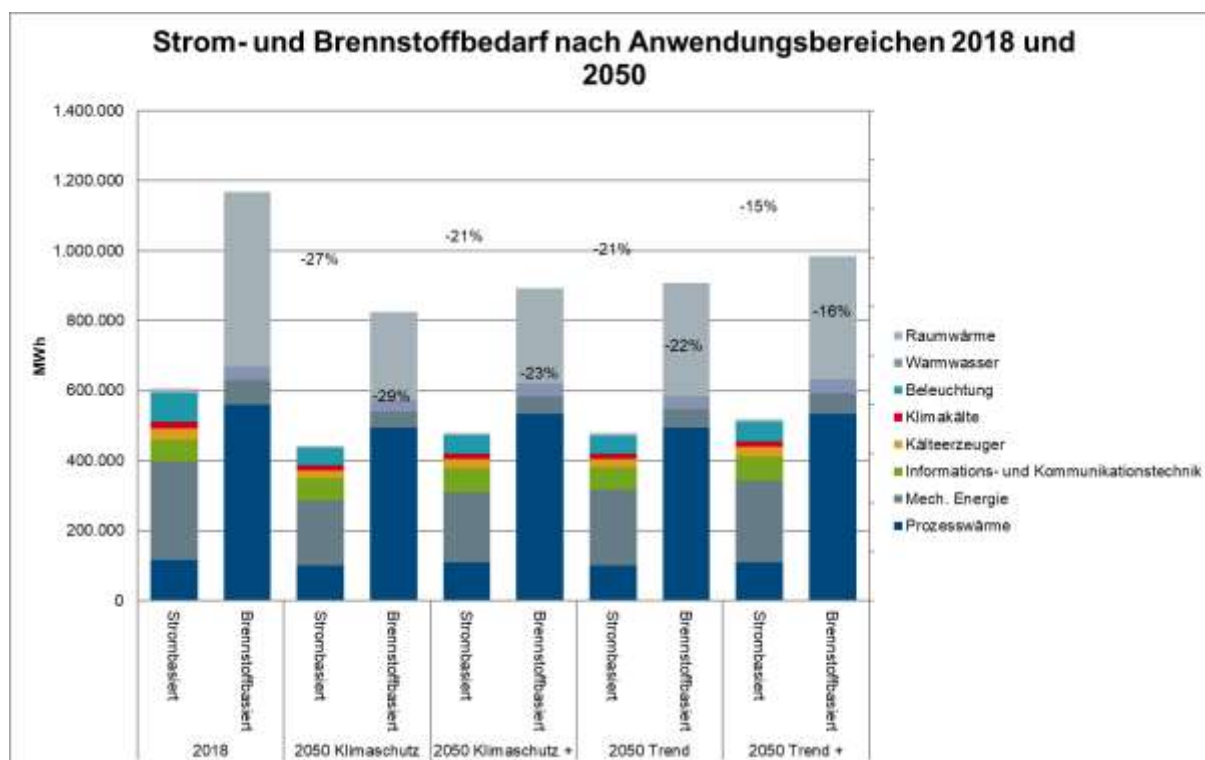


Abbildung 56: Strom- und Brennstoffbedarf nach Anwendungsbereichen 2018 und 2050

Es wird ersichtlich, dass in der Stadt Paderborn auch im Wirtschaftssektor vor allem Einsparpotentiale im Bereich der Raumwärme liegen. So können im Klimaschutzenszenario ohne Wirtschaftswachstum allein 260.000 MWh Raumwärmebedarf eingespart werden.

Über alle Anwendungsbereiche hinweg können insgesamt bis zu 170.000 MWh Strom eingespart werden. Hierbei zeigen sich mit 102.000 MWh möglicher Reduktion vor allem Einsparpotentiale im Bereich der mechanischen Energie. Dies vor allem durch den Einsatz effizienter Technologien zu erreichen.

Um besonders das Potential der Räumwärme zu heben, sollte die Sanierungsquote gesteigert werden. Da auch hier kein direkter Zugriff durch die Stadtverwaltung möglich ist, müssen die Unternehmen zur Sanierung motiviert werden. Dies geht vor allem über Öffentlichkeits- und Netzwerkarbeit, Ansprache von Akteur\*innen (Handwerkerinnen und Handwerker, Beraterinnen und Berater, Wohnungsgesellschaften). Ein weiterer Ansatzpunkt wäre die finanzielle Förderung von Sanierungsvorhaben. In diesem Bereich sind jedoch eher Land oder Bund (über die KfW) tätig und zur Absenkung bürokratischer Hürden bei Antragstellung und Förderung gefordert.

Über gesetzgeberische Aktivitäten ließen sich zudem Standards für Energieeffizienz anheben. Auch hier sind Land, Bund oder EU aufgefordert, aktiv zu werden.

Ein zusätzlicher Anreiz zu energieeffizienter Technologie und rationellem Energieeinsatz können künftige Preissteigerungen im Energiesektor sein. Dies wird jedoch entweder über die

Erhebung zusätzlicher bzw. Anhebung von bestehenden Energiesteuern erreicht, oder über Angebot und Nachfrage bestimmt.

### 3.1.3 Verkehrssektor

Der Sektor Verkehr bietet in Paderborn langfristig hohe Einsparpotentiale. In naher Zukunft sind diese vor allem über Wirkungsgradsteigerungen konventioneller Antriebe absehbar. Je nach Szenario sind bis 2030 10 % bis 20 % THG-Einsparungen im Verkehrssektor zu erreichen (Öko-Institut, 2012). Bis zum Zieljahr 2050 ist jedoch davon auszugehen, dass ein Technologiewechsel auf alternative Antriebskonzepte (z. B. E-Motoren, Brennstoffzellen) stattfinden wird. In Verbindung mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien im Stromsektor (entweder im Stadtgebiet gewonnen oder von außerhalb zugekauft) kann dadurch langfristig von einem hohen Einsparpotential ausgegangen werden. Die Stadtverwaltung Paderborn kann neben der Öffentlichkeitsarbeit zur Nutzung des ÖPNV und eine höhere Auslastung von Pendlerfahrzeugen (Fahrgemeinschaften) sowie der Schaffung planerischer und struktureller Rahmenbedingungen Einfluss auf die Entwicklungen in diesem Sektor nehmen. Hier sind unter anderem folgende Beispiele zu nennen: autofreie Quartiere und Quartiersgaragen, Umwidmungen in Spielstraßen, Reduktion von Stellplätzen, Grüne Welle für Radfahrer, Fahrradschulen und Sicherheitstraining an Schulen. Generell ist auf eine Bewusstseinsänderung in Bezug auf Mobilität hinzuwirken, um sowohl die Anzahl der Wege zu verringern als auch die Auslastung der Fahrzeuge zu erhöhen und den Umweltverbund zu stärken.

Aufbauend auf einer Mobilitätsstudie des Öko-Instituts (Öko-Institut, 2015) wurden die Entwicklung der Fahrleistung sowie die Entwicklung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte für zwei unterschiedliche Szenarien hochgerechnet. Dabei werden vorhandene Daten, wie zurückgelegte Fahrzeugkilometer und der Endenergieverbrauch des Sektors Verkehr, verwendet. Des Weiteren werden für die Verkehrsmengenentwicklung und die Effizienzsteigerungen je Verkehrsmittel Faktoren aus der Studie „Klimaschutzszenario 2050“ (vgl. (Öko-Institut, 2015) 223ff) herangezogen.

Die Potentialberechnungen erfolgen für ein Trend- und für ein Klimaschutzszenario. Für das Trendszenario werden die Faktoren aus dem „Aktuelle-Maßnahmen-Szenario“, für das Klimaschutzszenario Faktoren aus dem „Klimaschutzszenario 95 (KS95)“ des Öko-Instituts verwendet (vgl. (Öko-Institut, 2015) 223 ff). Dabei stellt das Klimaschutzszenario jeweils die maximale Potentialausschöpfung dar.

Randbedingungen „Aktuelle-Maßnahmen-Szenarios“

Zum besseren Verständnis werden nachfolgend die Randbedingungen des „Aktuelle-Maßnahmen-Szenarios“ für die landgebundenen Verkehrsmittel zusammengefasst.

Die Personenverkehrsnachfrage steigt in Summe bis 2050 im „Aktuelle-Maßnahmen-Szenario“ an und wird durch zwei Aspekte, bestimmt:

1. Die Kraftstoffpreise für Benzin und Diesel steigen nur in geringem Maße an (ca. 0,8 % / a)  
→ führt bei höherer Fahrzeugeffizienz und steigendem Wohlstand der Bevölkerung zu einer verbilligten individuellen Mobilität.
2. Der Anteil an Personen mit einem Zugang zu einem Pkw nimmt zu, wodurch die Möglichkeit zur Wahrnehmung des verbilligten individuellen Mobilitätsangebotes steigt.  
→ führt zum Anstieg der täglichen Fahrten mit dem Pkw bis 2050.

Für die Verkehrszwecke Freizeit und Beruf wird eine Zunahme der Fahrten mit Distanzen unter 100 km angenommen. Dieser Effekt verlangsamt sich allerdings bis 2030 durch die nachlassende Steigerungsrate und die sinkenden Einwohnerzahlen, bis er im Jahr 2050 nicht mehr sichtbar ist. (vgl. (Öko-Institut, 2015) 223).

Randbedingungen „Klimaschutzszenario 95“

Das „Klimaschutzszenario 95“ beschreibt eine umfassendere Änderung des Mobilitätsverhaltens jüngerer Menschen, die immer weniger einen eigenen Pkw besitzen und stattdessen vermehrt Carsharing-Angebote nutzen. Damit ist auch die Erhöhung des intermodalen Verkehrsanteils verbunden, bei dem das Fahrrad als Verkehrsmittel eine zentrale Rolle spielt. Es wird davon ausgegangen, dass dieses Mobilitätsverhalten auch im weiteren Altersverlauf der Personen noch beibehalten wird (vgl. (Öko-Institut, 2015) 233).

Des Weiteren wurden für dieses Szenario veränderte Geschwindigkeiten, eine erhöhte Auslastung der Pkw (erhöhte Besetzungsgrade) und die Verteuerung des motorisierten Individualverkehrs angenommen. Dadurch geht die Personenverkehrsnachfrage gegenüber dem „Aktuelle-Maßnahmen-Szenario“ zurück. Dabei bedeutet die abnehmende Personenverkehrsnachfrage nicht gleichzeitig eine Mobilitätseinschränkung, denn es findet eine Verkehrsverlagerung zum Fuß- und Radverkehr statt.

Der Endenergiebedarf im Verkehrssektor liegt im Klimaschutzszenario 95 deutlich unter den Werten des „Aktuelle-Maßnahmen-Szenarios“. Zurückzuführen ist dies insbesondere auf die Veränderungen bei der Verkehrsnachfrage und die Elektrifizierung des Güterverkehrs (→ Oberleitungs-Lkw) (vgl. (Öko-Institut, 2015) 233).

Bis zum Jahr 2030 ist die Reduktion des Endenergiebedarfes vor allem auf die Effizienzsteigerung der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor im Personen- und Güterverkehr und die Verlagerung von Gütertransporten auf die Schiene und die Reduktion des motorisierten Individualverkehrs (MIV) zurückzuführen. Die Elektrifizierung des Verkehrssektors findet größtenteils später, zwischen 2030 und 2050 statt (vgl. (Öko-Institut, 2015) 236).

Nachfolgend sind die Fahrleistungen für das Trend- und das Klimaschuttszenario bis 2050 berechnet worden. Daran schließen sich die Ergebnisse der Endenergiebedarfs- und Potentialberechnungen für den Sektor Verkehr an. Es ist zu beachten, dass sich die Linien für LKW und leichte Nutzfahrzeuge auf Grund des Maßstabes der Abbildung überlagern.

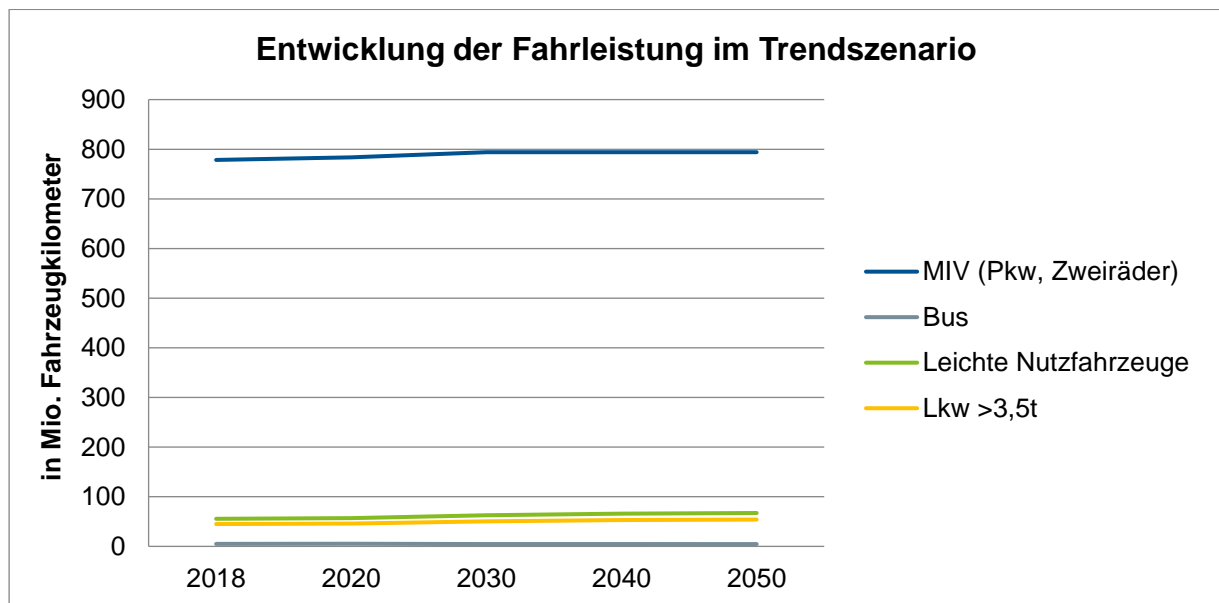


Abbildung 57: Entwicklung der Fahrleistungen in Paderborn bis 2050 in Millionen Fahrzeugkilometer nach dem Trendszenario (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung)

Die Entwicklung der Fahrleistungen im Trendszenario zeigen eine leichte Zunahme der Fahrleistungen im MIV und bei den Lkw sowie eine leichte Abnahme der Fahrleistung bei den Bussen bis 2050.

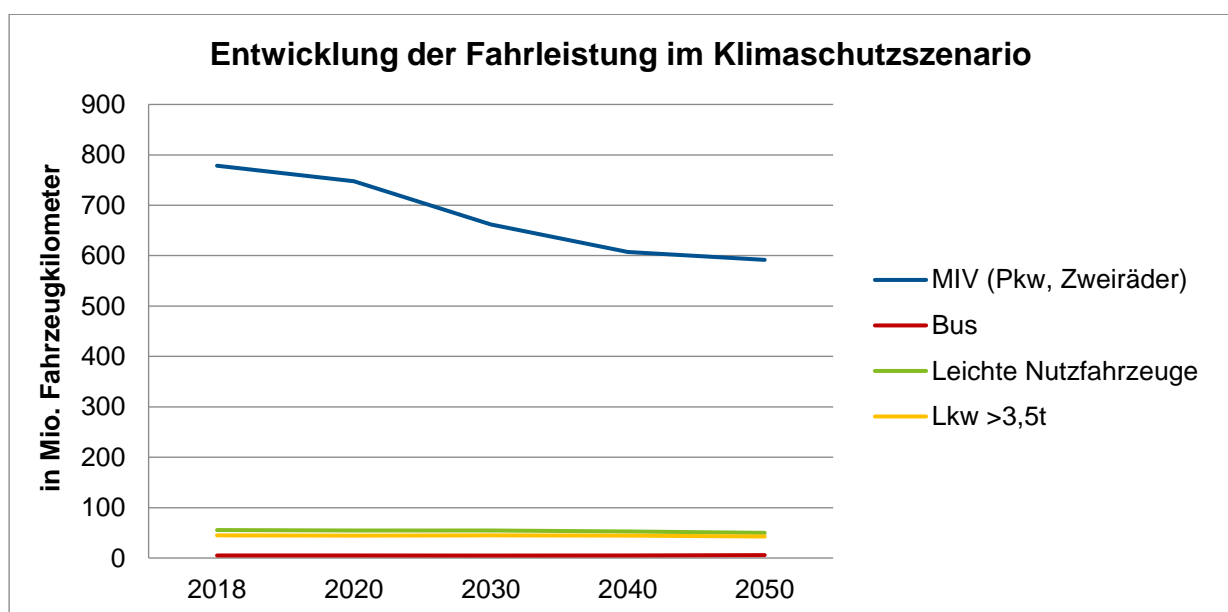


Abbildung 58: Entwicklung der Fahrleistungen in Paderborn bis 2050 in Millionen Fahrzeugkilometer nach dem Klimaschuttszenario (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung)

Die Entwicklung der Fahrleistungen im Klimaschutzscenario hingegen zeigen eine Abnahme der Fahrleistungen im MIV und eine leichte Abnahme bei den Lkw und leichten Nutzfahrzeugen sowie eine Zunahme der Fahrleistung bei den Bussen bis 2050.

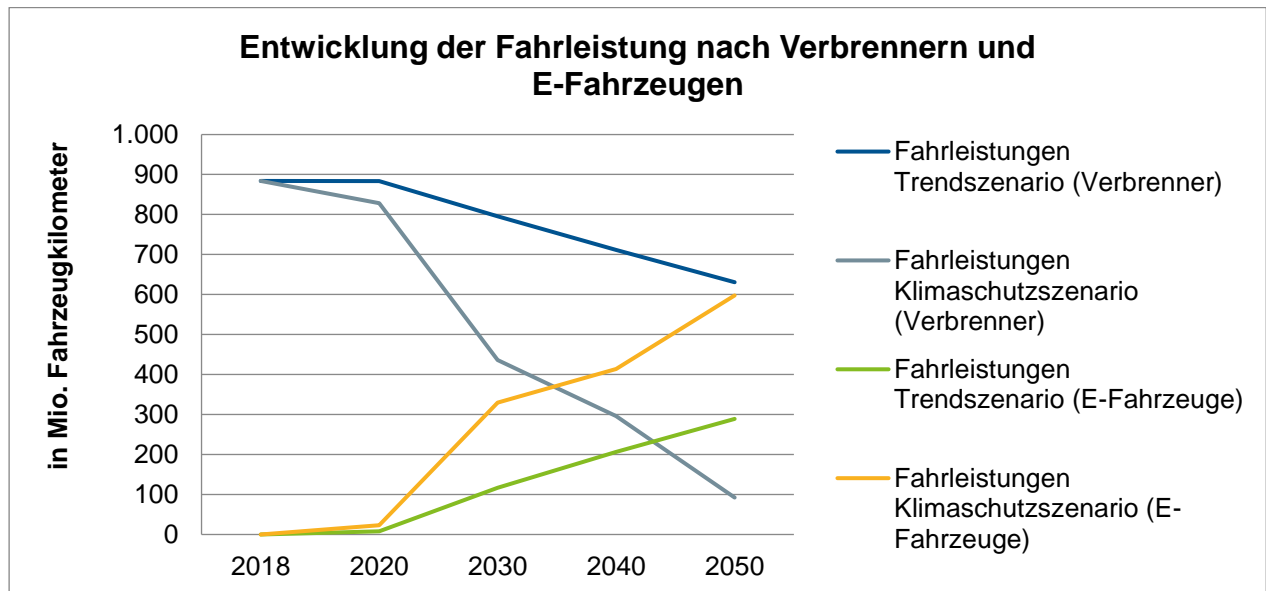


Abbildung 59: Entwicklung der Fahrleistungen in Paderborn bis 2050 in Millionen Fahrzeugkilometer nach Verbrennern und E-Fahrzeugen (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung)

Neben der Veränderung der Gesamtfahrleistung im Verkehrssektor verschiebt sich auch der Anteil der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor zugunsten von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb. Im Klimaschutzscenario ist zu erkennen, dass ab 2040 die Fahrleistung der E-Fahrzeuge die Fahrleistung der Verbrenner übertrifft. Die Werte sind aus dem Ladeinfrastrukturkonzept übernommen und betragen für den MIV und leichte Nutzfahrzeuge 47 % E-Mobilität in 2030 und 60 % in 2040. Für 2050 wird von 88 % ausgegangen. Der Busverkehr wird bis 2040 komplett auf alternative Antriebe umgestellt, LKW werden erst ab 2040 in größerem Maße umgestellt und haben dann 37 % Anteil alternative Antriebe und in 2050 65 %.

Für das Trendszenario gilt dies nicht. Hier ist die Fahrleistung der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor noch immer über der Leistung der E-Fahrzeuge.

Auf diesen Grundlagen werden nachfolgend die Endenergiebedarfe und Endenergieeinsparpotentiale für beide Szenarien berechnet.

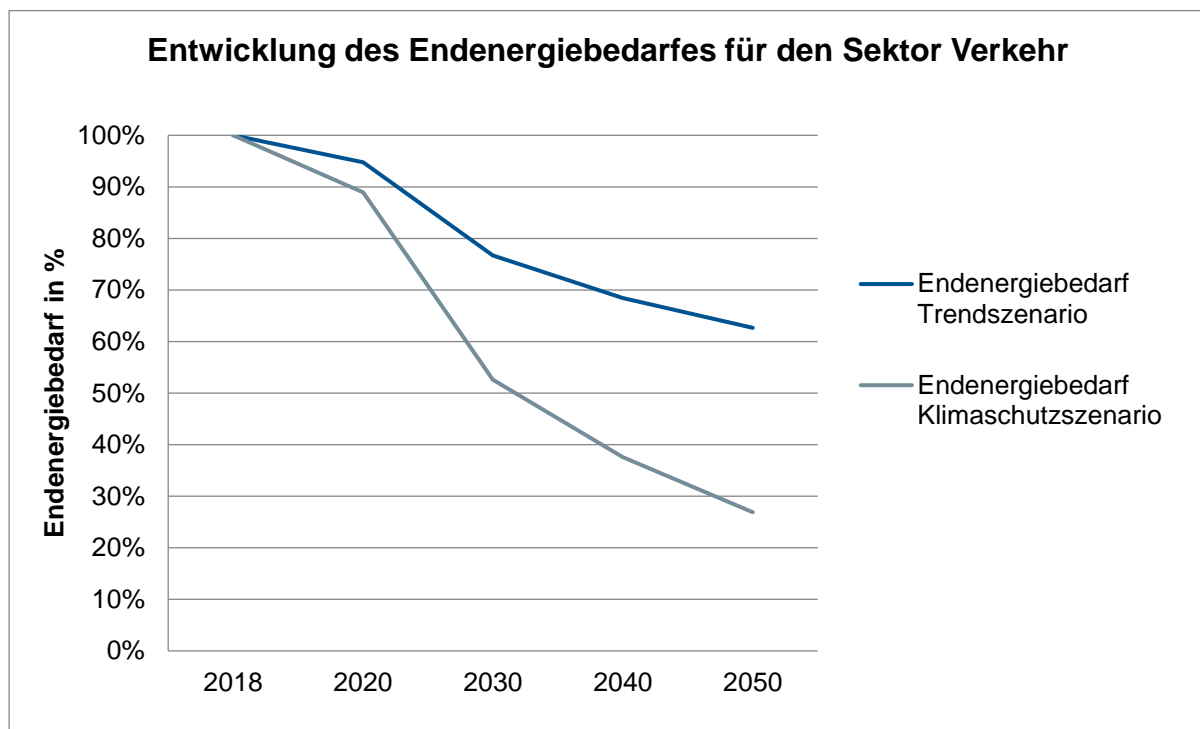


Abbildung 60: Entwicklung des Endenergiebedarfes für den Sektor Verkehr bis 2050 – Trend- und Klimaschutzscenario (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung)

Die Endenergiebedarfe für den Sektor Verkehr sind bis 2050 im Trendszenario auf 64,3 % und im Klimaschutzscenario auf 28,3 % zurückgegangen. Damit liegen die Einsparpotentiale bis 2050 im Trendszenario bei 35,7 % und im Klimaschutzscenario bei 71,7 %.

### 3.1.4 Kommunale Liegenschaften

Der Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften beläuft sich in Summe auf knapp 40.000 MWh/ a. Somit entfallen im Wärmebereich nur rund 2 % des Gesamtbedarfs auf diese Nutzer\*innengruppe. Trotz des relativ gesehen geringen Energiebedarfs ist dieses Handlungsfeld in seiner Wirkung nicht zu unterschätzen, denn hier sind die größten direkten Einflussmöglichkeiten der Stadt gegeben. Auch im Sinne einer Vorbildfunktion für andere Verbrauchergruppen ist ein hoher energetischer Standard der kommunalen Liegenschaften anzustreben. Maßnahmen hierzu ergreift die Stadt bereits über ein separates Projekt.

## 4 Potentiale für Erneuerbare Energien

### 4.1 EEG-Novelle 2021

Mit der EEG-Novelle 2021 wird erstmalig das Ziel der Klimaneutralität bis 2050 festgeschrieben. Damit ist festgelegt, dass bis zu diesem Zieljahr, Strom in Deutschland nur noch klimaneutral erzeugt werden soll. Bis 2030 sollen 65 % Strom erneuerbar erzeugt werden. Dabei wird ein bundesweiter Bruttostromverbrauch von 580 TWh zugrunde gelegt und erstmals konkrete Mengenangaben für die Ausbaupfade gemacht. Erstmals gibt es zudem eine Regelung für sog. „ausgeförderte Anlagen“ (Post-EEG-Anlagen).

Windkraftanlagen:

Es gibt die Möglichkeit, mit Post-EEG-Anlagen an Ausschreibung teilzunehmen, es werden aber vorerst auch gestaffelte Einspeisevergütungen gezahlt, die abhängig vom Monatsmarktwert des eingespeisten Stroms sind.

Im Jahr 2021 beträgt das Ausschreibungsvolumen 4.500 Megawatt zu installierender Leistung, in den darauffolgenden Jahren steigen die jährlichen Mengen von 2.900 Megawatt im Jahr 2022 bis auf 5.800 Megawatt im Jahr 2028.

Über das einstufige Referenzertragsmodell sollen auch windschwächere Standorte Berücksichtigung finden und mehr Flächen für die Windenergienutzung zur Verfügung stehen.

Betreiber von Windenergieanlagen können künftig Standortgemeinden auf freiwilliger Basis mit bis zu 0,2 Cent pro erzeugter Kilowattstunde an den Erträgen aus dem Betrieb beteiligen.

PV-Anlagen:

Wichtige Änderungen sind beispielsweise die separate Ausschreibung von großen PV-Aufdachanlagen, die Befreiung des Eigenverbrauchs von PV-Anlagen kleiner 30 kWp bzw. 30 MWh/a von der EEG-Umlage und die Schaffung von alternativen Vermarktungsformen für Post-EEG-Anlagen (Direktvermarktung, Anschlussförderung über den Netzbetreiber nach technologieabhängigem Marktwert). Zusätzlich wurden Änderungen bei der Vergütung von Mieterstrom-Modellen und die Einführung der Möglichkeit zur Versorgung von Quartieren über diese eingeführt.

Die Anmeldung kleiner PV-Anlagen unter 10,8 kWp wird vereinfacht, ab 25 kWp müssen Anlagen fernsteuerbar und fernauslesbar sein.

Für weitere Informationen siehe:

[https://www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2014/inhalts\\_bersicht.html](https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/inhalts_bersicht.html)

## 4.2 Photovoltaik

Die Stadt Paderborn hat 2012 in Kooperation mit dem Kreis Paderborn ein Solarkataster erstellen lassen. Die Berechnung wurde von der Firma simuPLAN umgesetzt. Mit dem Solarkataster besteht eine wichtige Grundlage für die Abschätzung der Eignung von Gebäuden für die Nutzung von Sonnenenergie. Dabei ist die Auswertung nach Solarthermie und Photovoltaik möglich. Für weitere Informationen zum Solarkataster und zu der dahinterliegenden Berechnung wird an dieser Stelle auf die Seite [https://www.kreis-paderborn.de/kreis\\_paderborn/geoportal/solarkataster/seiten/solarkataster.php](https://www.kreis-paderborn.de/kreis_paderborn/geoportal/solarkataster/seiten/solarkataster.php) verwiesen. Auch wenn Daten nicht mehr aktuell sind, geben sie eine gute Orientierung und können fachlich verwendet werden.

Die Auswertung für Einzelgebäude kann online erfolgen. Ein entsprechender Auszug aus dem Kataster wird auf der nächsten Seite gezeigt.



Abbildung 61: Auszug aus dem Solarpotentialkataster (Quelle: 3)

Für das vorliegende Konzept wurden die GIS-Daten ausgewertet. Die Eignung der Gebäude wird dabei von ungeeignet (0) bis sehr gut geeignet (3) eingestuft. Nachfolgende Tabelle zeigt



die Potentiale für Photovoltaik in den Eignungsklassen 1 bis 3. Zusätzlich werden die Potentiale nach Schrägdach und Flachdach aufgeteilt.

Tabelle 10: Potentiale für die Nutzung von Photovoltaik-Anlagen

Eignung	Dachform	Fläche	Strahlungseintrag	Ertrag	THG-Minderung
1	Alle	1.288.852 m <sup>2</sup>	901 kWh/m <sup>2</sup>	167.242 MWh/Jahr	93.663 t/Jahr
2	Alle	1.198.167 m <sup>2</sup>	977 kWh/m <sup>2</sup>	168.685 MWh/Jahr	94.469 t/Jahr
3	Alle	1.796.669 m <sup>2</sup>	1.019 kWh/m <sup>2</sup>	264.448 MWh/Jahr	148.097 t/Jahr
Summe		4.283.688 m <sup>2</sup>		600.375 MWh/Jahr	336.228 t/Jahr
1	Schrägdach	1.270.006 m <sup>2</sup>	900 kWh/m <sup>2</sup>	164.697 MWh/Jahr	92.235 t/Jahr
2	Schrägdach	990.027 m <sup>2</sup>	976 kWh/m <sup>2</sup>	139.235 MWh/Jahr	77.972 t/Jahr
3	Schrägdach	829.088 m <sup>2</sup>	1.018 kWh/m <sup>2</sup>	121.674 MWh/Jahr	68.142 t/Jahr
Summe		3.089.121 m <sup>2</sup>		425.606 MWh/Jahr	238.349 t/Jahr
1	Flachdach	18.846 m <sup>2</sup>	937 kWh/m <sup>2</sup>	2.546 MWh/Jahr	1.428 t/Jahr
2	Flachdach	208.140 m <sup>2</sup>	978 kWh/m <sup>2</sup>	29.450 MWh/Jahr	16.497 t/Jahr
3	Flachdach	967.581 m <sup>2</sup>	1.021 kWh/m <sup>2</sup>	142.774 MWh/Jahr	79.955 t/Jahr
Summe		1.194.567 m <sup>2</sup>		174.769 MWh/Jahr	97.879 t/Jahr

Bei den Daten zu den Flachdächern ist jedoch zu beachten, dass diese auf eine Südausrichtung der Module ausgerichtet ist, wie es nach damaligen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen das Optimum darstellte.

Mittlerweile kann auf Grund der gesunkenen spezifischen Gesamtkosten aber auch eine Ost/West-Ausrichtung der Module wirtschaftlich sein, wenn dadurch eine entsprechende Steigerung des Eigenverbrauchs realisiert werden kann. Dies würde einer Erhöhung der Installierbaren Leistung um 50% - 100% entsprechen, führt aber gleichzeitig zu einer Minderung des spezifischen Ertrags von 10% - 20%, je nach örtlichen Rahmenbedingungen.

Da diese Vorgehensweise jedoch nicht immer sinnvoll ist, wird zur Ermittlung des Gesamtpotentials für die Stadt Paderborn auf den Wert aus dem Solarkataster zurückgegriffen.

Als einschränkende Faktoren für die Nutzung von Photovoltaik sind folgende Punkte zu nennen:

- Wirtschaftlichkeit
- Statik des Daches
- Brandschutz
- Denkmalschutz
- Lebensdauer der Dachhaut

Durch diese Faktoren kann die Installation einer Anlage ganz oder teilweise verhindert oder zumindest zeitlich verzögert werden. Daher wird für die weitere Betrachtung der möglichen Gewinnung von Strom aus Photovoltaikanlagen nur ein Teil der ausgewiesenen Werte berücksichtigt.

Um einen nachvollziehbaren Wert zu generieren, wird daher lediglich das Potential für die mit Eignung 2 und 3 ausgewiesenen Dächer berücksichtigt. Damit soll eine Überschätzung des Potentials vermieden werden.

Das daraus resultierende Potential liegt bei 433 GWh/a.

### 4.3 Solarthermie

Das Solarpotentialkataster weist ebenfalls Potentiale für Solarthermie aus. Die nachfolgende Tabelle stellt die ermittelten Potentiale dar.

Tabelle 11: Potentiale für die Nutzung von Solarthermie-Anlagen

Eignung	Dachform	Fläche	Strahlungseintrag	Ertrag	THG-Minderung
1	Alle	1.833.706 m <sup>2</sup>	900 kWh/m <sup>2</sup>	827.835 MWh/Jahr	226.827 t/Jahr
2	Alle	1.264.878 m <sup>2</sup>	970 kWh/m <sup>2</sup>	614.572 MWh/Jahr	168.393 t/Jahr
3	Alle	1.466.256 m <sup>2</sup>	1.013 kWh/m <sup>2</sup>	743.613 MWh/Jahr	203.750 t/Jahr
Summe		4.564.840 m <sup>2</sup>		2.186.020 MWh/Jahr	598.969 t/Jahr
1	Schräg	1.674.009 m <sup>2</sup>	898 kWh/m <sup>2</sup>	754.760 MWh/Jahr	206.804 t/Jahr
2	Schräg	1.039.937 m <sup>2</sup>	971 kWh/m <sup>2</sup>	505.193 MWh/Jahr	138.423 t/Jahr
3	Schräg	865.945 m <sup>2</sup>	1.013 kWh/m <sup>2</sup>	439.029 MWh/Jahr	120.294 t/Jahr
Summe		3.579.891 m <sup>2</sup>		1.698.982 MWh/Jahr	465.521 t/Jahr
1	Flach	159.697 m <sup>2</sup>	909 kWh/m <sup>2</sup>	73.075 MWh/Jahr	20.023 t/Jahr
2	Flach	224.941 m <sup>2</sup>	970 kWh/m <sup>2</sup>	109.379 MWh/Jahr	29.970 t/Jahr
3	Flach	600.311 m <sup>2</sup>	1.014 kWh/m <sup>2</sup>	304.584 MWh/Jahr	83.456 t/Jahr
Summe		984.949 m <sup>2</sup>		487.038 MWh/Jahr	133.448 t/Jahr

Die Erträge von Solarthermieanlagen können im Gegensatz zu Photovoltaikanlagen bei einem Überangebot nicht in ein Netz eingespeist werden. Daher kann das hier ausgewiesene Potential nicht realisiert werden.

Zusätzlich besteht eine Flächenkonkurrenz zwischen Photovoltaik und Solarthermie. Da Photovoltaikanlagen in der Regel eine bessere Wirtschaftlichkeit aufweisen und darüber hinaus die gewonnene Energie vielfältiger einsetz- und speicherbar ist, wird davon ausgegangen, dass Solarthermieanlagen im Vergleich nur eine geringe Rolle spielen werden.

Die Nutzung im privaten Bereich wird sich auf kleine Anlagen beschränken, die heute errichtet werden, um gesetzliche Vorgaben einhalten zu können. Diese Anlagen sind in der Regel wenige m<sup>2</sup> groß und tragen daher nur zu einem geringen Anteil zur Energiegewinnung bei. Die genauen Werte werden in einem späteren Kapitel zum Thema Wärmemix (5.1) angegeben.

Im Gegensatz zu privaten Solarthermieanlagen stellt sich die Situation für große Solarthermieanlagen in Verbindung mit effizienten Wärmenetzen anders dar. Während die Wärmegestehungskosten für Solarthermieanlagen auf Hausdächern mit 14,3-18,1 ct/ kWh relativ hoch liegen, bieten große Freiflächen-Solarthermieanlagen mit Wärmegestehungskosten zwischen 3,7 und 4,6 ct /kWh die Möglichkeit einer kostengünstigen Wärmeversorgung. Die größte Herausforderung stellt dabei die Verfügbarkeit geeigneter Flächen dar. Insbesondere im verdichteten Innenstadtbereich kommen hier große Dachflächen und große Infrastrukturflächen, wie z.B. Parkplätze oder Flächen entlang von Verkehrswegen sowie Lärmschutzbauwerke in Frage.

#### 4.4 Windkraft

Die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen sind nach § 35 Abs. 1 Ziff. 5 Baugesetzbuch (BauGB) im Außenbereich privilegiert und allgemein zulässig. Das Baugesetzbuch eröffnet gleichzeitig jedoch durch die Regelung des § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB den Kommunen die Möglichkeit, durch Darstellungen im Flächennutzungsplan (FNP) die Zulässigkeit von Windenergieanlagen zu steuern und Anlagen nur an bestimmten Stellen im Gemeindegebiet zuzulassen. Nutzt eine Kommune dieses sogenannte „Darstellungsprivileg“, so hat dies zur Folge, dass Windenergieanlagen außerhalb der dargestellten Konzentrationszonen wegen des Entgegenstehens von öffentlichen Belangen in der Regel unzulässig sind.

Im Rahmen der 125. FNP-Änderung hat die Stadt Paderborn bereits von dieser Steuerungsmöglichkeit Gebrauch gemacht und ein städtebauliches Gesamtkonzept zur Darstellung von Konzentrationszonen für Windenergie im Stadtgebiet erarbeitet. Grundlage war eine Potentialflächenanalyse, in der harte und weiche Tabukriterien gemäß der damaligen Rechtsprechung ermittelt und gewichtet wurden. Dabei wurden für das gesamte Paderborner Stadtgebiet im Ausschlussverfahren und unter Berücksichtigung aller städtebaulichen wie auch umweltbedeutsamen planungsrelevanten Vorgaben / Restriktionen geeignete Suchbereiche für die Windenergienutzung ermittelt. Von den rund 17.945 ha Stadtgebiet wurden nach Abzug der harten Tabukriterien insgesamt 3.701 ha als Flächen, die generell für die Windenergienutzung zur Verfügung stehen würden identifiziert. Das bedeutet, dass die Stadt Paderborn im Rahmen der 125. FNP-Änderung etwa 15% der verfügbaren Flächen als Vorrangflächen für die Windenergienutzung ausgewiesen hat.

Insgesamt wurden 551 ha Fläche des Stadtgebiets und somit 130 ha über der bisherigen Darstellung der 107. FNP-Änderung hinaus als Konzentrationszonen dargestellt. Im Dezember 2016 hat der Rat der Stadt Paderborn die 125. FNP-Änderung beschlossen.

Diese wurde jedoch vom Oberverwaltungsgericht NRW (OVG) mit Urteil vom 17. Januar 2019 hinsichtlich der Ausschlusswirkung des § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB für unwirksam befunden.

Das Ziel der Stadt Paderborn ist es jedoch weiterhin, die Windenergie im Stadtgebiet räumlich zu steuern. Daher hat der Ausschuss für Bauen, Planen und Umwelt in seiner Sitzung am 16. Januar 2020 den Aufstellungsbeschluss für die 146. Flächennutzungsplanänderung gefasst und somit bereits vorsorglich ein neues Planverfahren zur Steuerung der Windenergie im Stadtgebiet eingeleitet. Im Dezember 2020 hat der Rat der Stadt Paderborn den Vorentwurf der 146. FNP-Änderung für die Durchführung der frühzeitigen Beteiligung gem. §§ 3 Abs. 1 und 4 Abs. 1 BauGB beschlossen.

<https://www.paderborn.de/wohnen-soziales/stadtentwicklung/Windenergie.php>

Nach Abzug der harten Tabukriterien stehen 6.703,9 ha für die Windenergienutzung zur Verfügung. Im Aufstellungsverfahren für die 146. FNP-Änderung wird im Vorentwurf davon ausgegangen, dass voraussichtlich 834 ha als Windkraftkonzentrationszonen ausgewiesen werden können und somit für die Windkraftnutzung zur Verfügung stehen. Dies bedeutet, dass 12,4 % der Potentialflächen als Konzentrationszonen ausgewiesen werden. Die 146. Änderung des Flächennutzungsplans befindet sich aktuell noch im Aufstellungsverfahren und ist noch nicht rechtswirksam, sodass sich die Flächenkulisse der Konzentrationszonen im weiteren Verfahren noch verändern kann. In dieser Studie werden sowohl die bisher bestehenden 551 ha und die 834 ha bewertet, welche sich aus der 146. Änderung des FNP ergeben würden.

Für die Potentialabschätzung wird mit folgenden Werten gerechnet: Installation von 5 MW-Anlagen, 15 ha Flächenbedarf je Anlage, 2.500 Volllaststunden pro Jahr. Damit wird bei 551 ha ein Ertrag von knapp 459 GWh und bei 834 ha 695 GWh pro Jahr erreicht.



Abbildung 29: Potential für die Windenergienutzung im Stadtgebiet Paderborn (Quelle: 146. Änderung des FNP der Stadt Paderborn, Stand Vorentwurf)

## 4.5 Biomasse

Der Einsatz von Bioenergie spielt im Rahmen der Energiewende eine wichtige Rolle, da Bioenergie polyvalent in den Bereichen Wärme, Strom und Verkehr nutzbar ist. Darüber hinaus ist Bioenergie transportierbar, lagerfähig und teilweise vor Ort einsetzbar.

Als Biomasse werden in diesem Kontext die zur Herstellung von Bioenergie verwendeten Rohstoffe bezeichnet. Diese Rohstoffe entstammen primär der Land-, Forst- und Abfallwirtschaft. Diesbezüglich ist zwischen holzartiger Biomasse, Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger aus der Landwirtschaft und biogenen Rest- und Abfallstoffen zu unterscheiden. Bioenergie kann in den Energieformen fest, flüssig und gasförmig genutzt werden. Typisch für feste Biomasse sind verschiedenste Holzbrennstoffe (u. a. Scheitholz, Holz hackschnitzel oder Holzpellets). Flüssige Bioenergien sind vor allem Biokraftstoffe wie Pflanzenöl, Biodiesel oder Bioethanol. Als gasförmige Bioenergie ist Biogas zu nennen.

Grundlage der Potentialanalyse ist vor allem Teil 3 der *LANUV Potentialstudie Erneuerbare Energien* zu dem Thema Biomasse-Energie. In der Studie wird das technische und machbare energetische Potential der Sektoren Land-, Forst- und Abfallwirtschaft ermittelt. Als technisches Potential wird dabei der mögliche Beitrag zur Energiebereitstellung, der sowohl zeit- als auch ortsabhängig aus technischer Sicht zur Verfügung gestellt werden kann, bezeichnet. Dem gegenüber umfasst das machbare Potential einen Anteil des technischen Potentials, der unter Hinzunahme spezifischer Annahmen als mögliche Zielgröße für die tatsächliche, langfristige Realisierung aufgefasst werden kann. Weiterführend wird im Rahmen des machbaren Gesamtpotentials zwischen bereits realisiertem (gebundenem) und noch verfügbarem Potential (Ausbaupotential) differenziert. Als gebundenes Potential wird dabei der Anteil bezeichnet, der ausgehend vom Anlagenbestand mit entsprechenden Kennziffern zur Anlagenleistung bereits erzeugt wird. Das gebundene Potential wird in einer Situationsanalyse ermittelt. Das Ausbaupotential hingegen wird in einer Szenarien-Betrachtung in Form von Spannweiten ausgewiesen. Die Szenarien beinhalten Variationen bzgl. Veränderungen u. a. in den Bereichen Düngerverordnung, Naturschutzanforderungen oder einer erhöhten Mengenmobilisierung. Die Kommune bildet die Bilanzgrenze der Potentialermittlung. Bezüglich der Nährstoffbilanzen wird eine Kommune als einzelner Betrieb betrachtet und zusätzlich die Begriffe Flächenpotential (unter jeweiligen Annahmen zur Verfügung stehende Fläche) und Substratpotential (Menge an Biomasse, die auf dieser Fläche unter den jeweiligen Annahmen erzeugt werden kann) verwendet.

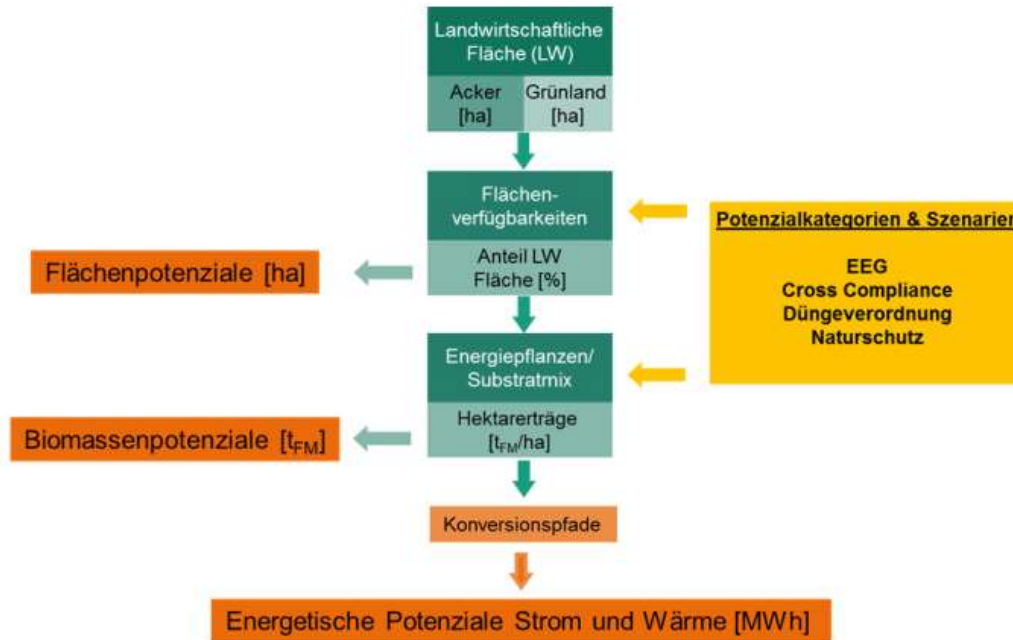


Abbildung 62: Berechnungsschema zur Bestimmung der Strom- und Wärmepotentiale über den Technologiepfad Biogas aus Anbaubiomasse

Als Gesamtpotential werden 476 GWh Strom und 983 GWh Wärme aus landwirtschaftlicher Biomasse, Forst- und Abfallwirtschaft ausgewiesen. Diese Werte werden jedoch in der Praxis nicht zu erreichen sein.



#### 4.5.1 Hölzerne Biomasse (Reststoffe)

Nachfolgend wird eine Aufstellung über die einzelnen potenziellen Herkunftsbereiche von holzartigen Reststoffen gegeben und aufgezeigt, welche Potentiale bereits genutzt werden.

Tabelle 12: Potentialerfassung Potential Stadtwälder und hölzerne Biomasse aus Pflegemaßnahmen

Potential	Quelle	Verfügbare Menge	Zusammensetzung	Nutzung / Potential
<b>Forst PB</b>	Schätzung Stadtförster  Amt für Umweltschutz und Grünflächen	1000fm Industrieholz (frisch)	70% Buche/ Eiche: Waldfrisch: mittel: 1.120 kg/m <sup>3</sup>  30% Kiefer/ Lärche: Waldfrisch <sup>4</sup> : mittel: 800 Kg/m <sup>3</sup>	Industrieholz zur stofflichen Nutzung – kein Potential zur energetischen Nutzung
<b>Straßen NRW</b>	Straßenmeisterei Salzkotten	100 fm Holz  350m <sup>3</sup> Holzhäcksel	Eschen, Pappel, Erlen, Birken (60% Hartholz)	Lokaler Vertrieb als Holzhäcksel findet bereits statt
<b>Biomasse aus Pflegemaß- nahmen auf Kreisstraßen</b>	Kreisstraßen- bauamt Kreis Paderborn			Kein Potential – wird auf der AVE thermisch verwertet

---

<sup>4</sup> Waldfrisch ist der forstfachsprachliche Ausdruck für das Holz, das nach Zwischenlagerung abtransportiert wird und eine Holzfeuchte von ca. 60 % aufweist.

<p><b>Hölzerner Biomasse aus pflegerischen Maßnahmen</b></p>	<p>Amt für Umweltschutz und Grünflächen</p>	<p>Ca. 1.000 m<sup>3</sup> frisch pro Jahr Mischholz (Häckselmaterial)</p>		<p>Pflegemaßnahmen die von externen Firmen durchgeführt werden (z.B. Schulhöfe und Straßenbegleitgrün) werden zu AVE gebracht und können wegen des hohen Anteils an Fremdstoffen auch nicht anders verwertet werden</p>
<p><b>Baumpflege</b></p>	<p>Amt für Umweltschutz und Grünflächen</p>	<p>2019 ca. 225 fm 2018: ca. 275 fm:</p>		<p>Wird bereits als Brennholz verkauft</p>

## 4.6 Geothermie

Als Geothermie wird sowohl die in der Erdkruste gespeicherte Wärmeenergie als auch deren ingenieurtechnische Nutzbarmachung bezeichnet. Die grundsätzliche geothermische Eignung hängt von der Beschaffenheit des Bodens bzw. der Temperaturen im Untergrund der Stadt Paderborn ab. Bei der Energiegewinnung aus Geothermie wird zwischen der Tiefengeothermie (petrothermale und hydrothermale Geothermie) und der oberflächennahen Erdwärmennutzung differenziert. Tiefe Geothermie bezeichnet die Nutzung geothermischer Lagerstätten unter 400 m Tiefe zur Stromproduktion und/oder Wärmebereitstellung und bietet die Möglichkeit, größere Energieversorgungsprojekte umzusetzen. Systeme zur Nutzung oberflächennaher Geothermie verwenden die thermische Energie des Untergrundes bis in eine Tiefe von 400 m zur Gebäudeklimatisierung (Heizen und / oder Kühlen).

Nachfolgende Einschätzungen und dargestellte Abbildungen basieren auf Daten des Geologischen Dienstes NRW und dienen als erste Orientierung. Sie ersetzen keine spezifische Standortbeurteilung, die im Falle konkreter Umsetzungsplanungen auf jeden Fall zusätzlich erfolgen muss.

Das LANUV weist in seiner Potentialstudie einen Wert von bis zu 1.000 GWh Ertrag jährlich und 38 % Deckungsanteil des Gebäudeenergiebedarfes in Paderborn aus. Dieser Wert ist jedoch als absolutes Maximum zu verstehen, da Erdwärme grundsätzlich nur in Gebäuden mit geeignetem energetischen Standard eingesetzt werden kann.

### 4.6.1 Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren sind eine oberflächennahe Geothermie-Technik, bei der horizontale Rohrleitungen unterhalb der Frostgrenze bis zu einer Einbautiefe von 1,5 Metern in den Boden installiert werden. Die Wärme beziehen die Kollektoren aus der eingestrahlten Sonnenwärme und über versickerndes Niederschlagswasser. Diese Technik gefährdet das Grundwasser nicht und dementsprechend ist kein wasserrechtliches Erlaubnisverfahren notwendig. Die genutzte Fläche muss jedoch das 1,5- bis 2-fache der zu beheizenden Fläche betragen.

Bei der Wärmeerzeugung mit Erdwärmesonden und -kollektoren stammt bis zu 75 % der Energie aus dem Untergrund, bei Grundwasserbrunnen bis zu 80 %. Die restliche, konventionell erzeugte Energie wird für den Betrieb der Wärmepumpen benötigt.

Die geothermische Ergiebigkeit für Erdwärmekollektoren in Paderborn kann in einigen Bereichen der nördlichen Stadtteile Schloß Neuhaus und Sande sowie teilweise westlich des Stadtzentrums, im nord-östlichen (Benhausen) und im süd-westlichen Stadtgebiet (Wewer) als „mittel“ eingestuft werden. Die übrigen Flächen auf dem Stadtgebiet sind stellenweise als „grundwassernass“ überwiegend aber als „zu flach“ bewertet (vgl. Abb. ??).

### Eignung für Erdwärmekollektoren

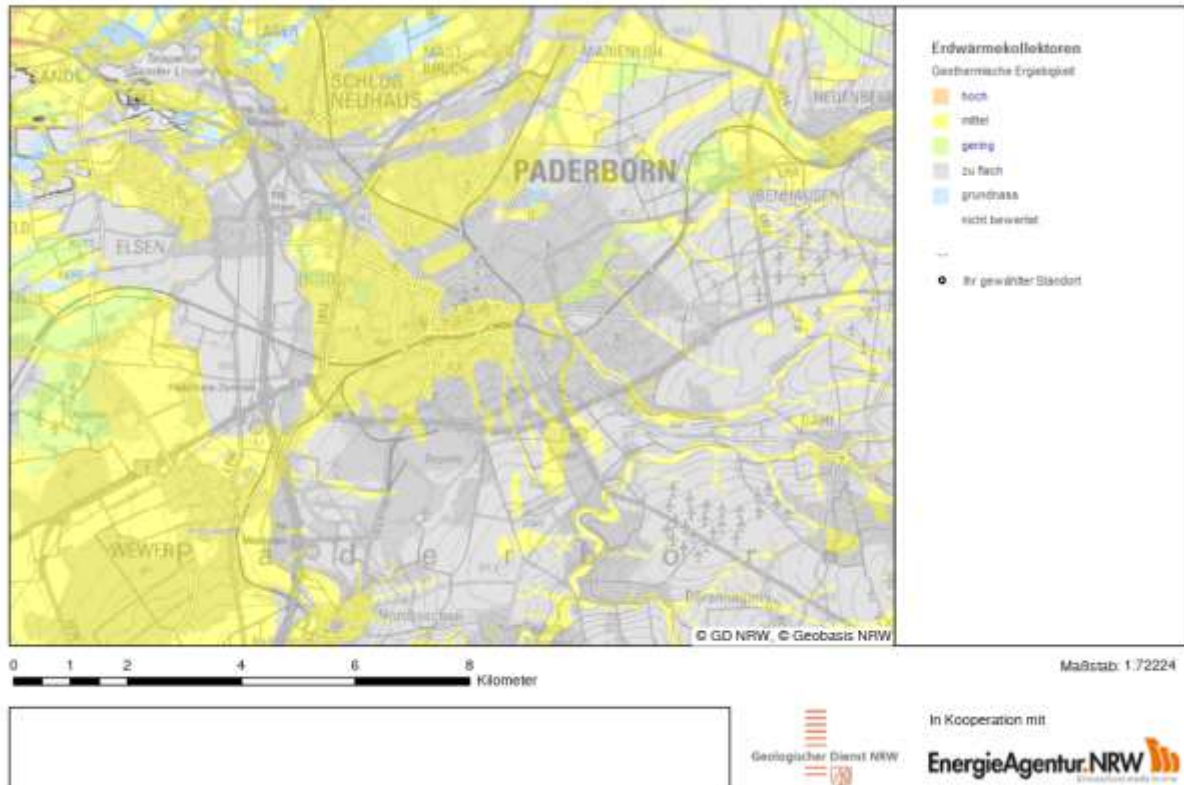


Abbildung 63: Eignung für Erdwärmekollektoren

#### 4.6.2 Erdwärmesonden

Mit Hilfe von Erdwärmesonden wird die Erdwärme nutzbar gemacht. Dazu wird eine mit einer Wärmeträgerflüssigkeit befüllte Erdwärmesonde – anders als bei Erdwärmekollektoren – vertikal oder schräg in ein Bohrloch eingebracht. Auf diese Weise wird dem umgebenden Erdreich Wärme entzogen oder zugeführt.<sup>5</sup> Die Nutzung oberflächennaher Erdwärmesonden ist daher von der geographischen Lage von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten sowie der Hydrogeologie abhängig. Bis auf einige Teilbereiche in den nördlichen Stadtteilen Paderborns fällt die hydrogeologische Standortbeurteilung für Erdwärmesonden überwiegend kritisch aus (s. Abb. ??). In einem Bereich zwischen Benhausen und Neuenbeken existiert zudem ein Heilquellenschutzgebiet.

<sup>5</sup> Bundesverband Geothermie (<https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/e/erdwaermesonde.html>)

### Schutzgebiete und hydrogeologisch kritische Bereiche

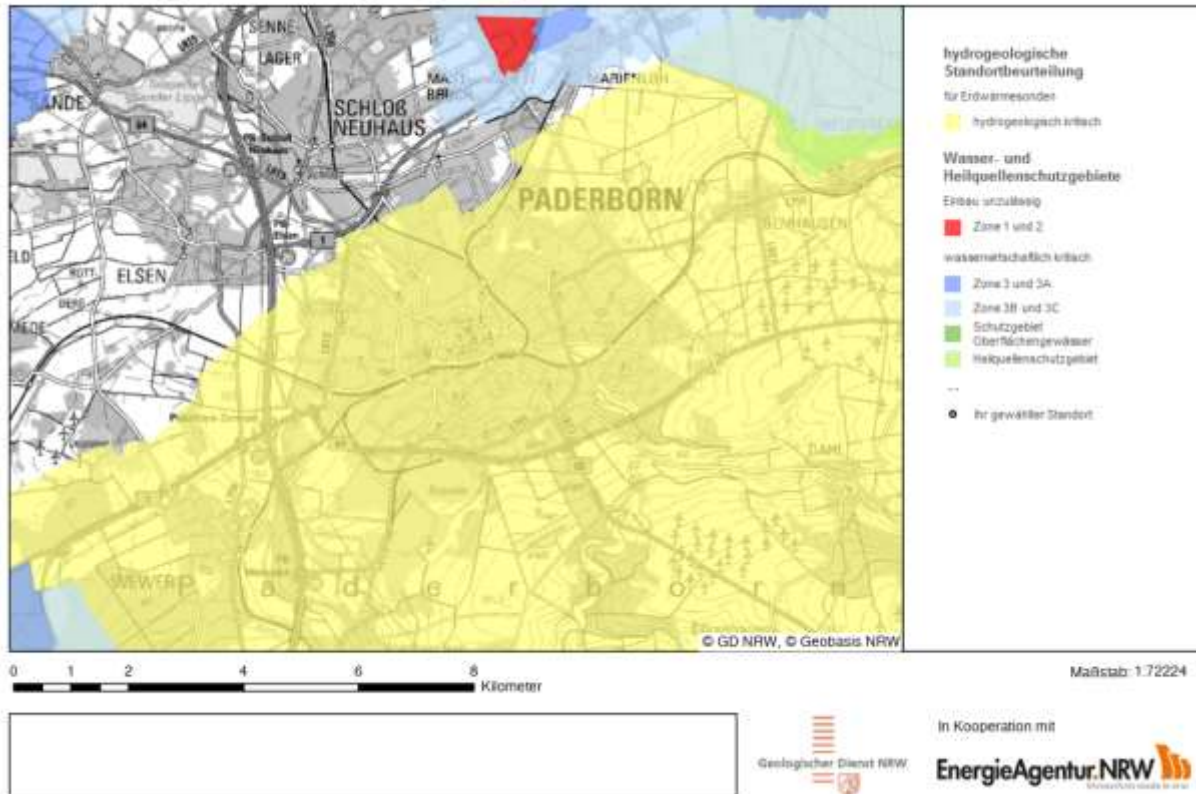


Abbildung 64: Schutzgebiete und hydrogeologisch kritische Bereiche

Je nach Beschaffenheit des Untergrundes ist die geothermische Ergiebigkeit anders. Die Ergiebigkeit wird daher differenziert. Die Klasseneinteilung beschreibt eine geothermische Ergiebigkeit von unter 60 kWh/(m·a) (Klasse 5) bis zu über 150 kWh/(m·a) (Klasse 1). Die geothermische Ergiebigkeit ist zudem wesentlich von der Tiefe der eingebrachten Sonde abhängig und kann beim Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen abgefragt werden.

In der Stadt Paderborn kann die geothermische Ergiebigkeit von Erdwärmesonden mit einer Tiefe von bis zu 40 m überwiegend als „mittel / Klasse 3 b“ bezeichnet werden. Positiv weichen von dieser Eignung einige Bereiche in den nördlichen Stadtteilen Schloß Neuhaus und Sande ab. In diesen Gebieten ist die Eignung als „mittel / Klasse 3 a“ zu bewerten. Westlich des Stadtzentrums existieren zudem einige Bereiche (u. a. Heinz-Nixdorf-Weg, Elsener Str. / Neuhäuser Str.) die für Erdwärmesonden mit einer Tiefe von bis zu 40 m ungeeignet sind. Dazu zählen u. a. auch Flächen im Bereich der Pader Entsorgung GmbH & Co. KG. (s. Abbildung 65)

### Eignung für Sonden (40m)

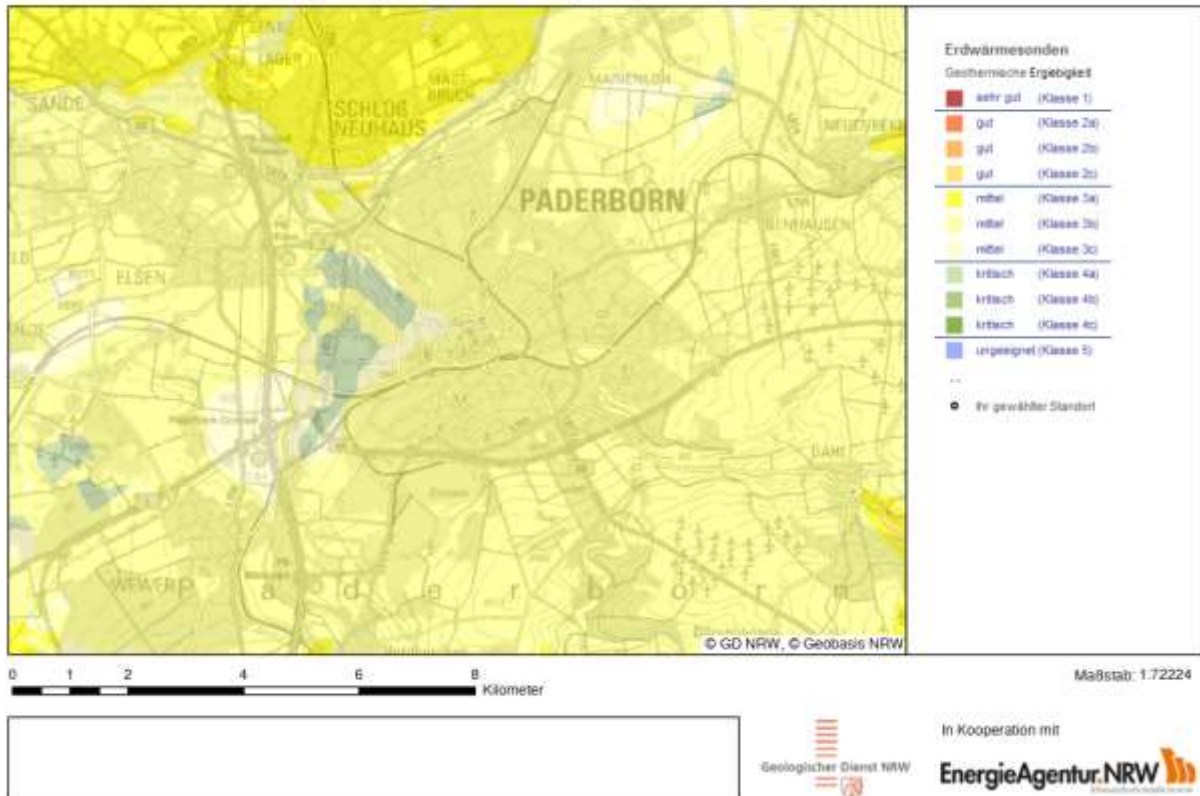


Abbildung 65: Eignung für Sonden (40m)

Die geothermische Ergiebigkeit ist wesentlich von der Tiefe der eingebrachten Sonde abhängig. Für Erdwärmesonden mit einer Tiefe von bis zu 100 m stellt sich die Bewertung der geothermischen Ergiebigkeit anders dar als für Sonden mit einer Tiefe von 40 m.

Das gesamte Stadtgebiet Paderborns lässt sich im Kontext dessen als „mittel“ bewerten. Detaillierter lässt sich das Stadtgebiet weiterhin in die Klassen 3 a (südlicher Teil) und 3 b (nördlicher Teil) einordnen. Die Zweiteilung erfolgt in etwa durch eine gedachte Linie aus Richtung Nord-Osten nach Süd-Westen (s. Abbildung 66). Eine Ausnahme von dieser Bewertung stellt ein Bereich zwischen dem Verkehrs-Dreieck Paderborn Zentrum und dem Heinz-Nixdorf-Ring im Westen des Stadtzentrums dar. Dieser Bereich wird durch den Geologischen Dienst NRW abweichend als Klasse 3 c bewertet.

### Eignung für Sonden (100m)

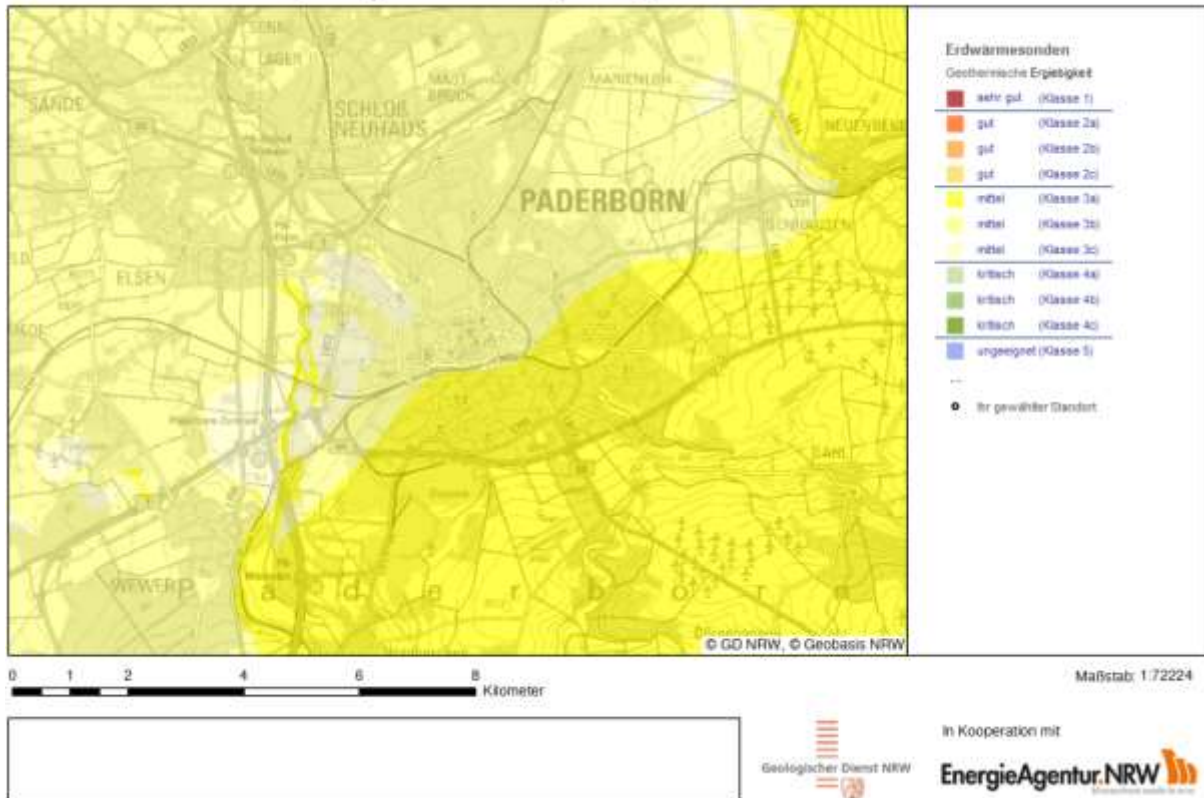


Abbildung 66: Eignung für Sonden (100m)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die effiziente Nutzung der Geothermie in der Stadt Paderborn durch den Einsatz von Erdwärmekollektoren und -sonden nur schwer möglich ist. Trotzdem belegen die oben genannten Zahlen, dass der Bau von Geothermieanlagen (Flächenkollektoren oder Erdwärmesonden bis 400 m Tiefe) grundsätzlich machbar ist. Zusätzlich wird die oberflächennahe Geothermie und die Anschaffung dazugehöriger Wärmepumpen durch umfassende Förderangebote unterstützt. Unter Berücksichtigung einer zunehmenden Nutzung regenerativer Energien, werden demzufolge beim Neubau von Einfamilienhäusern Ausbaupotentiale gesehen.

#### 4.6.3 Thermische Nutzung von Oberflächengewässern

Die Bezeichnung Oberflächengewässer umfasst alle in der Natur fließenden und stehenden Gewässer gleichermaßen (u. a. Flüsse, Seen, Übergangs- / Küstengewässer etc.). Charakteristisch für diese Gewässer ist deren Einbindung in den natürlichen Wasserkreislauf.

Oberflächengewässer existieren in verschiedensten Naturräumen und nicht zuletzt deshalb unterscheiden sich die Gewässer einerseits aufgrund der vorkommenden Tier- und Pflanzenarten und ihrer Geologie im Einzugsgebiet und andererseits aufgrund der Gewässerstruktur. Zur Differenzierung ist dementsprechend ein System entwickelt worden, mit dem es möglich ist, Gewässer sowohl entsprechend ihrer naturräumlichen Eigenschaften

als auch nach gemeinsamen Merkmalen zu Gewässertypen zusammenzufassen. Für diese Typisierung werden Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet größer 10 km<sup>2</sup>, stehende Gewässer mit einer Oberfläche von mehr als 0,5 km<sup>2</sup> und Übergangs- bzw. Küstengewässer innerhalb einer Seemeile seewärts berücksichtigt.

Für die Stadt Paderborn ist vor diesem Hintergrund die Pader von Relevanz. Die lediglich 4 km lange Pader wird mit einem Einzugsgebiet von knapp 61 km<sup>2</sup> gemäß der zuvor erläuterten Typisierung als Oberflächen-Fließgewässer betrachtet.

Die Pader entspringt in zwei großen Quellnischen aus über 200 Quellen. Daran schließen sechs Pader-Quellarme (Warme Pader, Dampfpader, Börne Pader, Rothobornpader, Dielenpader und Masperspader) an. Dabei ist die Warme Pader mit 14-16°C im Durchschnitt wärmer als die übrigen Paderarme (12-14°C).<sup>6</sup>

Aufgrund der hohen Wärmekapazität kann Wasser Wärme sehr gut speichern. Oberflächengewässer können deshalb geothermisch sowohl zum Kühlen als auch zum Heizen genutzt werden. Die Temperatur von Fließgewässern ist in den Wintermonaten tief und relativ homogen (4-10°C). Konventionelle Wärmepumpen sind technisch dennoch in der Lage Wärme zu gewinnen und die Wärmeträgerflüssigkeit auf mehr als 60°C zu erhitzen. Mit dieser Wärme können kommunale Liegenschaften beheizt werden. In den Sommermonaten können Fließgewässer als Kühlung genutzt werden (sofern Wassertemperatur niedrig genug), da die Wassertemperatur in der Regel unterhalb der Luft- / Umgebungstemperatur verortet ist.

Bisher gibt es noch nicht viele Beispiele für die Nutzung von Oberflächenwasser in großem Maßstab. Größere Anlagen sind beispielsweise in Lauterecken (CO<sub>2</sub>-Wärmepumpe, 232 kW) und Ans (Dänemark) (4 Wärmepumpen mit Isobutan als Kältemittel, insgesamt 1,2 MW) installiert. In Paderborn gibt es drei Beispiele für die Nutzung von Paderwasser. So wird das Michealiskloster, die neue Firmenzentrale der Firma Jakobi und die Stadtbibliothek mit Paderwasser geheizt. Genaue Daten sind jeweils nicht bekannt, sollten aber im Rahmen der Maßnahmenumsetzung geprüft und gegebenenfalls als gute Beispiele zum Anstoßen von Nachfolgeprojekten genutzt werden.

Bei einer Schüttung von 5.000 Liter pro Sekunde (18.000m<sup>3</sup>/h) und einer Abkühlung des Wassers um 2°K könnte eine Wärmeleistung von etwa 42 MW per Wärmeübertrager gewonnen werden. Damit könnte eine Wärmepumpe eine Wärmeleistung von etwa 42 MW

---

<sup>6</sup> [https://www.paderborn.de/tourismus-kultur/sehenswuerdigkeiten/Pader\\_Sehensw.php#Namen\\_von\\_Quellen\\_und\\_Quellarmen\\_der\\_Pader](https://www.paderborn.de/tourismus-kultur/sehenswuerdigkeiten/Pader_Sehensw.php#Namen_von_Quellen_und_Quellarmen_der_Pader)



erreichen. Bei 8.760 Volllaststunden könnten so etwa 350.000 MWh Wärme gewonnen werden

Die Berechnung wurde über folgende Formel durchgeführt:

$$\dot{Q}_{ABW} = c \cdot \rho \cdot Q \cdot \Delta T$$

$\dot{Q}_{ABW}$  = übertragene Wärmeleistung vom Wärmeübertrager [kW]

$c$  = spezifische Wärmekapazität des Abwassers (kann bei Temperaturen von 0 bis 20 °C als konstant 4,19 kJ/(kg·K) angenommen werden)

$\rho$  = Dichte des Abwassers (kann bei Temperaturen von 0 bis 20 °C als konstant 1 kg/l angenommen werden)

$Q$  = Durchfluss des Abwassers (Volumenstrom) [l/s]

$\Delta T$  = Temperaturdifferenz des Abwasserstroms infolge Wärmeentzug bzw. -eintrag [K]

Die thermische Nutzung von Fließgewässern verändert die Temperatur des genutzten Gewässers. Dies hat Auswirkungen auf das betroffene Ökosystem. Bei Fließgewässern besteht die Möglichkeit, dass die Auswirkungen des thermischen Eintrags minimiert werden. Dazu wird der Eintrag über mehrere Kilometer mit der Strömung transportiert und dadurch abgemildert. Aufgrund der geringen Länge der Pader ist diese Vorgehensweise nicht praktikabel. Der kürzeste Fluss Deutschlands ist dennoch von geothermischem Interesse, da ein permanenter und sehr schneller Austausch mit dem Grundwasser besteht und die thermischen Einwirkungen auf diese Weise reduziert werden können.

Die thermische Nutzung von Oberflächengewässern würde bedeutende Einsparungen an fossilen Brennstoffen und Elektrizität erlauben. Die vorangegangenen Einschätzungen dienen als erste Orientierung. Sie ersetzen keine spezifische Standortbeurteilung, die im Falle konkreter Umsetzungsplanungen auf jeden Fall zusätzlich erfolgen muss.

#### 4.6.4 Hydrothermale Grundwassernutzung

Die hydrothermale Grundwassernutzung ist eine Technik der Tiefengeothermie. Als hydrothermale Lagerstätten werden Bereiche in über 400 m Tiefe bezeichnet, in denen Thermalwasser zirkuliert.

Für die Nutzung der hydrothermalen Geothermie ist eine ergiebige, wasserführende Gesteinsschicht (Nutzhorizont) notwendig. Diese Schicht sollte vertikal und lateral möglichst weit ausgebreitet sein, um eine langfristige Nutzung zu gewährleisten. Das vorhandene Thermalwasser kann (abhängig von der Förderrate und Temperatur) sowohl für die Erzeugung von Strom und Wärme als auch für die Erzeugung von Wärme allein genutzt werden.

Für die Nutzbarmachung des Thermalwassers bedarf es in der Regel zwei oder mehr Bohrungen. Dabei handelt es sich mindestens um eine Förder- und eine Injektionsbohrung (Dublette).

In Deutschland existieren natürliche Reservoirs mit ausreichenden Wassermengen. Dazu zählen primär die geothermischen Provinzen des Molassebeckens im Alpenvorland, der

Oberreingraben und das norddeutsche Becken (s. Abbildung 67). Auf dem Stadtgebiet Paderborn sind möglicherweise ähnliche natürliche Reservoirs vorhanden. Allerdings ist dort die ausreichende Wassermenge nicht gewährleistet. Vor diesem Hintergrund ist die Wirtschaftlichkeit der Strom- und Wärmeerzeugung gefährdet.

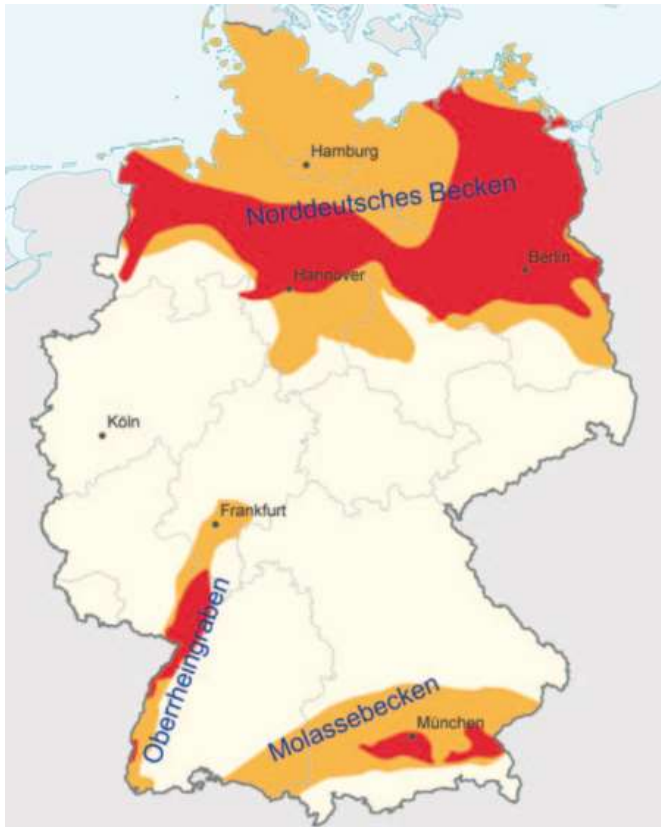


Abbildung 67: Übersicht über Gebiete, die für eine tiefe hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind (Quelle: Studie zum Grundwasser in Deutschland, S. 29)

## 4.7 Abwärmenutzung

Das Einsparpotential für Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Nutzung von industrieller Abwärme in Nordrhein-Westfalen ist enorm. Eine Studie des LANUV kam 2019 zu dem Ergebnis, dass für NRW ein technisch verwendbares Abwärmepotential in Höhe von ca. 44 bis 48 TWh/a vorhanden ist, das entspricht möglichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen von 13 Mio. t CO<sub>2</sub>/a und rund 20% der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie.

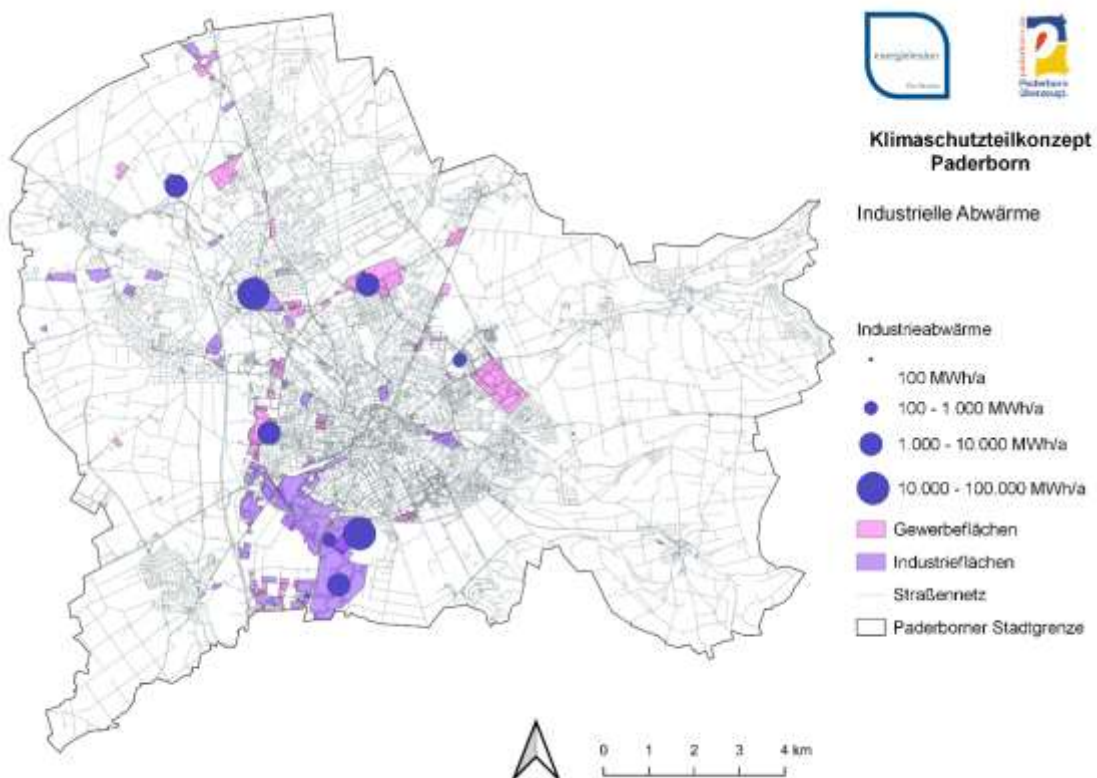


Abbildung 68: Überblick über das Abwärmequellen der Industrie- und Gewerbebestandorte in Paderborn

Auch in Paderborn sind zahlreiche Industrie- und Gewerbebetriebe ansässig, in denen teilweise größere Mengen Abwärme vorhanden sind.

Abbildung 68 zeigt einen Überblick über die Industrie- und Gewerbeflächen der Stadt Paderborn. Der überwiegende Teil der Industrie- und Gewerbebestandorte verteilt sich halbkreisförmig auf der Westseite der Stadt. Standorte mit den größten Abwärmemengen sind HeidelbergCement im Süden sowie im Nordwesten Benteler Steel/Tube GmbH. Die Quantifizierung des Abwärmepotentials der Industrie- und Gewerbebestandorte wurden dem Wärmekataster des Energieatlas NRW entnommen und werden in

Tabelle 13 und Tabelle 15 dargestellt. Für eine detaillierte Abschätzung des Abwärmepotentials sowie Nutzungsmöglichkeiten sind die Angaben aus dem Energieatlas nicht ausreichend detailliert. Hierfür sind weitere Akteur\*innengespräche mit den Betreiber\*innen der einzelnen Betriebe unerlässlich.

Folgende Einflussfaktorenspeilen spielen für die Umsetzung von Abwärmepotentialen an Industriestandorten eine Rolle:

- Abwärmemenge
- Temperaturniveau
- Chemische Zusammensetzung des Abwärmestroms
- Bündelung der Abwärmeströme am Standort
- Gleichzeitigkeit von Wärmebereitstellung und Wärmebedarf
- Nutzungsdauer
- Räumliche Nähe von Wärmequellen- und Wärmesenken

Neben technischen Voraussetzungen für eine mögliche Abwärmenutzung an Industrie- und Gewerbestandorten ist die Bereitschaft der Unternehmen Abwärme nutzbar zu machen ein entscheidender Erfolgsfaktor. Durch intensive Information und Beratung der Industriebetriebe, sowie eine systematische Wärmeplanung auf Seiten der Kommune können weitere Synergieeffekte durch Abwärmenutzung im Unternehmen identifiziert und so weitere Projekte initiiert werden.

Die Einsatzbereiche der Abwärmenutzung sind sehr vielfältig und hängen von den Branchen an den jeweiligen Standorten sowie von den lokalen Strukturen ab. Besonders hohe Relevanz für die Abwärmenutzung haben die energieintensiven Branchen. Energieintensive Branchen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie einen hohen Anteil am Gesamtenergiebedarf der Industrie besitzen und ihre anteiligen Energiekosten an den gesamten Produktionskosten deutlich über dem Durchschnitt der Industrie liegen. Zu den energieintensiven Branchen zählen insbesondere die Eisen- und Stahlindustrie, die Nichteisenmetallindustrie, die Zementindustrie, die Papierindustrie, die Glasindustrie und die Grundstoffchemie.

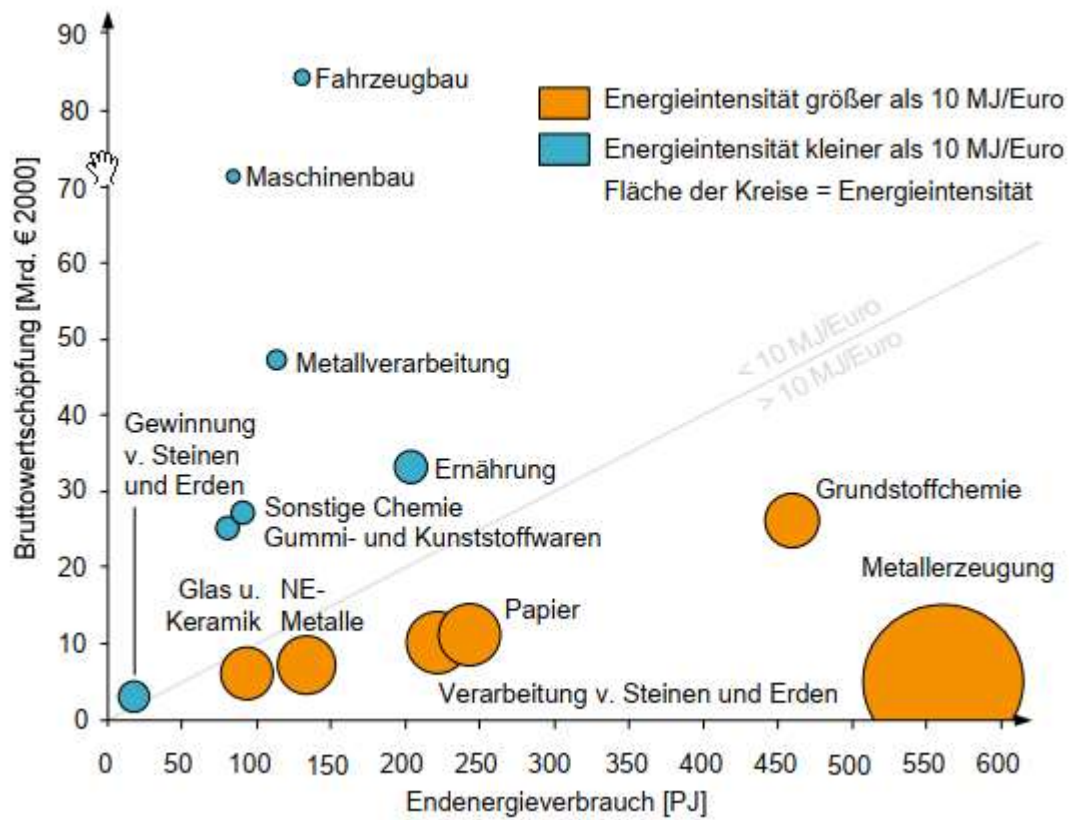


Abbildung 69: Energieintensität verschiedener Branchen (Quelle: Hirzel & Sonntag, 2013)

Tabelle 13: Abwärmequellen in Paderborn (1)

Abwärmequellen in Paderborn				
Betreiber	Wüseke, Paul Kalksandsteinwerk GmbH & Co. KG	Benteler Steel/Tube GmbH	Penn Textile Solutions GmbH	Benteler Automobiltechnik GmbH & Co.KG
Adresse	Sennelagerstr. 22 33106 Paderborn	Residenzstr. 1 33104 Paderborn	An der Talle 20 33104 Paderborn	An der Talle 27- 31 33102 Paderborn
Branche	Herstellung von Erzeugnissen aus Beton, Zement und Kalksandstein für den Bau	Herstellung von Stahlrohren, Rohrform-, Rohrverschluss- und Rohrverbindung sstücken aus Stahl	Herstellung von sonstigen Textilwaren a.n.g.	Herstellung von Schmiede-, Press-, Zieh- und Stanzteilen, gewalzten Ringen und pulvermetallurgis chen Erzeugnissen
Abwärme- menge [MWh/a]	≥1.000 – 10.000	≥10.000 – 100.000	≥1.000 – 10.000	
Leistung [kW]	≥100 - <1.000	≥100 – 10.000	≥100 - <1.000	
Temperatur	≥110	≥110	≥110	
Laufzeit	≥7.000	≥5.000 – 7.000	≥5.000 – 7.000	
Bestehende Abwärmenu tzung		Abwärme wird teilweise in ein Wärmenetz eingespeist	Abwärme wird ein Wärmenetz eingespeist	

Tabelle 14: Abwärmeequellen in Paderborn (2)

Abwärmeequellen in Paderborn			
Betreiber	Wincor Nixdorf Manufacturing GmbH Accounting	Hans Glass GmbH & Co.KG	HeidelbergCement AG Zementwerk Paderborn
Adresse	Heinz-Nixdorf-Ring 1 33106 Paderborn	Steubenstr. 27 33100 Paderborn	Am Atlaswerk 16 33106 Paderborn
Branche	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten	Herstellung von Teppichen	Herstellung von Zement
Abwärmee- menge [MWh/a]	≥1.000 – 10.000	≥100 - 1.000	100.000
Leistung [kW]	<10 – 1.000	≥100 - <1.000	≥1.000 – 10.000
Temperatur	≥60 - ≥110	≥60 - 90	≥110
Laufzeit	<3.000 – 7.000	<3.000	<3.000 – 5.000
Bestehende Abwärmee- nutzung			Interesse für Abwärmee- nutzung vorhanden

Tabelle 15: Abwärmequellen in Paderborn (3)

Abwärmequellen in Paderborn				
Betreiber	STUTE Nahrungsmittel werke GmbH	HDO Druckguß- und Oberflächen- technik GmbH	Paderborner Kühlhaus GmbH & Co.	ER & GE GmbH
Adresse	Abtsbreite 129	Halberstädter Str. 13-17  33106 Paderborn	Halberstädter Str. 60  33106 Paderborn	Halberstädter Str. 75  33106 Paderborn
Branche		Herstellung von Armaturen n.a.g.	Sonstige Verarbeitung von Obst und Gemüse	Herstellung von Platten, Folien Schläuchen und Profilen aus Kunststoffen
Abwärme- menge [MWh/a]		≤100 – 1.000	≥1.000 – 10.000	
Leistung [kW]		≤ 100 - <1.000	≥100 - <1.000	
Temperatur		≥90 - ≥110	≥90 - ≥110	
Laufzeit		<3.000	<3.000 - ≥7.000	
Bestehende Abwärmenu- tzung				



Die Zementindustrie zählt zu den energieintensivsten Industriebranchen. Der Energiekostenanteil an den Produktionskosten beträgt etwa 30 bis 40 % (vgl. Madloul et al. 2012). Die Herstellung von Zement umfasst die Förderung der Rohmaterialien, ihre Aufbereitung und Zerkleinerung zu Rohmehl, das Brennen des Rohmeihls bei rund 1450 °C in einem Drehrohrofen zu Zementklinker und das Mahlen des Klinkers. Während des Mahlens wird durch Beimischung von Zuschlagstoffen der endgültige Zement hergestellt. Der Energiebedarf für die Herstellung einer Tonne Zementklinker beträgt zwischen 3 und 6,5 GJ. Für eine Tonne Zement beträgt der Energiebedarf im Schnitt rund 3 GJ (vgl. Karellas et al. 2013).

Als einfachste Varianten zur Verwertung von Abwärme in der Zementindustrie gelten die Nutzung der Abgase des Drehrohrofens sowie des nachgelagerten Klinkerkühlers (vgl. Madloul et al. 2011). Typische Abgastemperaturen des Drehrohrofens beim überwiegend eingesetzten Trockenverfahren werden mit 450 °C angegeben (vgl. U.S. DOE 2008). Bei einer Nutzung der Abwärme zur Vorwärmung der Rohmaterialien sinkt die Temperatur abhängig von der Anzahl der Vorwärmer auf ungefähr 200 °C (5-6 Stufen) bis 340 °C (4 Stufen). Anstelle der Vorwärmung kann aus den heißen Abgasen auch Strom über den Dampfprozess erzeugt werden (vgl. U.S. DOE 2008; Madloul et al. 2011).

Daneben bietet sich eine Verwertung der Abwärme des Klinkers an, der beim Verlassen des Drehrohrofens eine Temperatur von 1200 bis 1250 °C besitzt. Im Klinkerkühler wird er auf Temperaturen von etwa 100 bis 300 °C abgekühlt. Die dabei anfallende Abwärme kann beispielsweise zur Vorwärmung von Verbrennungsluft für den Ofen oder als Trockenluft für die Aufbereitung der Rohmaterialien genutzt werden (vgl. Achternbosch et al. 2000). Daneben ist eine Abwärme zur Stromerzeugung über Dampf, ORC- oder Kalina-Prozesse denkbar (vgl. U.S. DOE 2008). Betrachtungsgegenstand von Arbeiten zur Abwärmenutzung in der Zementindustrie sind entsprechend unter anderem die Stromerzeugung (Saneipoor et al. 2011) sowie die Verwertung von Wärmeverlusten des Drehrohrofens (Caputo et al. 2011; Söğüt et al. 2010).

## 5 Szenarien zur Energieeinsparung

Nachfolgend werden zu verschiedenen Schwerpunkten Szenarien dargestellt. Dabei werden jeweils zwei verschiedene Szenarientypen (Trend- und Klimaschutzszenario) als mögliche zukünftige Entwicklungspfade für die Endenergieeinsparung und Reduktion der Treibhausgase in Paderborn aufgezeigt. Die Szenarien beziehen dabei die in Kapitel 4 und 5 berechneten Potentiale zur Nutzung erneuerbarer Energien und die Endenergieeinsparpotentiale für die Sektoren private Haushalte, Verkehr sowie Industrie und GHD (unter unterschiedlicher Nutzung der Trend- und Klimaschutzszenarien) mit ein.

Im Wirtschaftssektor werden dabei Szenarien ohne Wirtschaftswachstum herangezogen. Wie im Kapitel 4.1.2 aufgeführt, werden damit deutlich geringere Energiebedarfe und THG-Emissionen dargestellt als bei Szenarien mit einbezogenem Wirtschaftswachstum. Für eine bessere zukünftige Vergleichbarkeit wird nachfolgend jedoch auf das Einbeziehen des Wirtschaftswachstums verzichtet.

Zudem werden unterschiedliche Quellen und Studien herangezogen, welche an der jeweiligen Stelle aufgeführt werden.

### *Differenzierung Trend- und Klimaschutzszenario*

Die hier betrachteten **Trendszenarien** beschreiben dabei das Vorgehen, wenn keine bzw. gering klimaschutzfördernde Maßnahmen umgesetzt werden. Die Effizienzpotentiale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden hier nur in geringem Umfang gehoben.

Im Verkehrssektor greifen jedoch bis 2050 die Marktanreizprogramme für Elektromobilität und damit sinkt der Endenergiebedarf in diesem Sektor stark ab.

Die übrigen Sektoren erreichen auch bis 2050 keine hohen Einsparungen des Energieverbrauches, da Maßnahmen der Beratung bezüglich Sanierung und Nutzer\*innenverhalten nur eingeschränkt greifen. Effizienzpotentiale werden auch aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit nicht umgesetzt.

Folgende Rahmenbedingungen bestimmen das Trendszenario:

- Sanierungsquote: 0,8% p.a. (nach EnEV-Standard)
- Energieeffizienz in der Wirtschaft: Umsetzung „low hanging fruits“
- Wärmemix private Haushalte in 2050:
  - Heizöl: 0%, Erdgas: 42%, Leitungsgebundene Wärme: 15%, Umweltwärme / Power to Heat: 20%, Sonnenkollektoren: 10%, Heizstrom: 5%, Power to Gas: 7%
- Wärmemix Wirtschaft in 2050:
  - Heizöl: 0%, Erdgas: 55%, Leitungsgebundene Wärme: 12%, Biomasse + Biogas: 9%, Umweltwärme / Power to Heat: 6%, Sonnenkollektoren: 1%, Heizstrom: 1%, Power to Gas: 17%
- Strommix in 2050: 60% erneuerbarer Strom (342 g/kWh)
- Verkehr in 2050:
  - Fahrleistung MIV: gleichbleibend
  - Fahrleistung Güterverkehr: +20%
  - Anteil alternative Antriebe: 28% im MIV / 10% im Güterverkehr

Die **Klimaschutzszenarien** hingegen beziehen vermehrt klimaschutzfördernde Maßnahmen mit ein. Hier wird davon ausgegangen, dass Maßnahmen der Beratung

bezüglich Sanierung, Effizienztechnologien und Nutzer\*innenverhalten erfolgreich umgesetzt werden und eine hohe Wirkung zeigen. Effizienzpotentiale können aufgrund der guten Wirtschaftlichkeit verstärkt umgesetzt werden. Die Effizienzpotentiale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden in hohem Umfang gehoben.

Im Verkehrssektor greifen auch hier bis 2050 die Marktanzreizprogramme für E-Mobile und damit sinkt der Endenergiebedarf in diesem Sektor stark ab. Zusätzlich wird das Nutzer\*innenverhalten positiv beeinflusst, wodurch die Fahrleistung des motorisierten Individualverkehrs sinkt und der Anteil der Nahmobilität am Verkehrssektor steigt.

Erneuerbare Energien-Anlagen, vor allem Photovoltaik, werden mit hohen Zubauraten errichtet. Die Annahmen des Klimaschutzszenarios setzen z. T. Technologiesprünge und rechtliche Änderungen voraus.

Folgende Rahmenbedingung gelten für das Klimaschutzszenario:

- Sanierungsquote: 0,8% p.a. - 5% p.a. (Vollsanierung bis 2050 nach höchstem KfW-Standard), Erreichung von 100% Sanierung bis 2050
- Energieeffizienz in der Wirtschaft: Umsetzung aller bestehenden Effizienzpotentiale bis 2050
- Wärmemix in 2050:
  - Heizöl: 0%, Erdgas: 0%, Leitungsgebundene Wärme: 40%, Umweltwärme / Power to Heat: 43%, Sonnenkollektoren: 8%, Power to Gas: 9%,
- Strommix in 2050: 90% erneuerbarer Strom (59 g/kWh)
- Verkehr in 2050:
  - Fahrleistung MIV: -20%
  - Fahrleistung Güterverkehr: -5%
  - Anteil alternative Antriebe: 88% im MIV / 70% im Güterverkehr

## 5.1 Szenarien: Brennstoffbedarf

Die Verwendungskonzepte für die zukünftig verfügbaren Brennstoffe sind sektorenübergreifend und umfassen die Brennstoffbedarfe der Sektoren Private Haushalte, GHD und Industrie. In den nachfolgenden beiden Abbildungen ist die Entwicklung des Brennstoffbedarfes nach Energieträgern bis 2050 für das Trend- und das Klimaschutzszenario dargestellt. Bei den verwendeten Zahlen handelt es sich um witterungskorrigierte Werte. Diese können nicht eins zu eins mit den Werten aus der THG-

Bilanz verglichen werden, da dort, konform zur BSKO-Systematik, alle Werte ohne Witterungskorrektur angegeben sind.

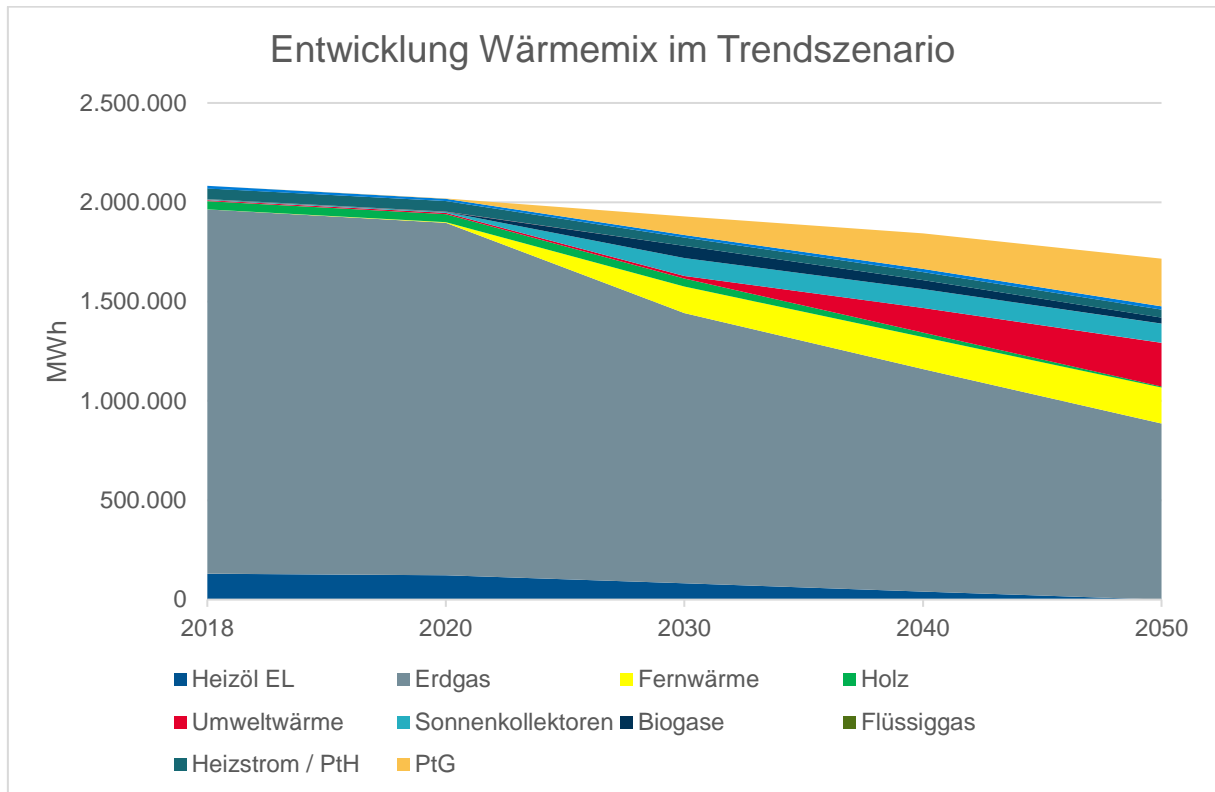


Abbildung 70: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Trendszenario (Quelle: Eigene Berechnungen 2018 auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten)

Im Trendszenario sinken der Heizöl- sowie Erdgasbedarf bis 2050 deutlich ab. Zudem fallen Steinkohle, Braunkohle, Heizstrom sowie Flüssiggas als fossile Energieträger bis 2050 weg. Der Anteil von Erdgas am Gesamtbrennstoffbedarf nimmt von 2018 bis 2050 hin stetig ab. Dafür nehmen ab 2020 die Anteile an Umweltwärme, Sonnenkollektoren, Fernwärme<sup>7</sup> und Power to Gas stark zu. Erdgas bleibt im Trendszenario anteilig der stärkste Energieträger. Durch die vermehrte Nutzung von Umweltwärme, Sonnenkollektoren, Fernwärme und Power to Gas soll zukünftig dieser Energieträger ersetzt werden. Da die Synthese von Methan (Power to Gas) aus Strom mit dem im Trendszenario hinterlegten

<sup>7</sup> Fernwärme ist im Trendszenario eine Mischung aus 20% industrieller Abwärme, 45% KWK (Erdgas und Biogas), 20% PtH und 15% Erdgas (Kessel)

Strommix zu einem höheren Emissionsfaktor als dem von Erdgas führt und damit keine Vorteile gegenüber dem Einsatz von Erdgas bestehen, wird synthetisches Methan nur zu einem geringen Anteil zur Energieversorgung eingesetzt<sup>8</sup>.

Holz wird auf Grund der bevorzugten stofflichen Nutzung von Biomasse kaum eingesetzt. Die Nutzung wird voraussichtlich als Baumaterial oder auch zur Herstellung von bzw. Mischung mit Kunststoffen (z.B. PLA: Polymilchsäure) im Bereich des 3D-Drucks geschehen.

Nachfolgend werden die installierten Leistungen für Umweltwärme, Sonnenkollektoren und PtH-Anlagen angegeben. Dabei wird für Umweltwärme eine JAZ von 4 und 1.200 Volllaststunden angenommen. Für die Berechnung der Anlagenanzahl wird von 12 MWh pro Anlage ausgegangen, da es sich vor allem um Anlagen für die Versorgung von Einzelgebäuden handeln wird. Für Solarkollektoren wird ein Ertrag von 350 kWh/m<sup>2</sup> angenommen, für PtH-Anlagen 1.200 Volllaststunden in 2020 und ab 2030 auf Grund der zunehmenden Erzeugung von Prozesswärme über PtH 3.000 Volllaststunden.

Tabelle 16: Installierte Leistung von Wärmepumpen, Sonnenkollektoren und PtH-Anlagen für 2020, 2030, 2040 und 2050

Energieträger	2020	2030	2040	2050
<b>Umweltwärme (Leistung)</b>	1,2 MW	2,9 MW	25,9 MW	45,9 MW
<b>Umweltwärme (Anzahl Anlagen)</b>	463	1.156	10.367	18.364
<b>Sonnenkollektoren</b>	14.847 m <sup>2</sup>	256.523 m <sup>2</sup>	269.099 m <sup>2</sup>	275.614 m <sup>2</sup>
<b>Heizstrom</b>	45,3 MW	14,1 MW	13,8 MW	13,5 MW

---

<sup>8</sup> Der Emissionsfaktor von synthetischen Kraft- und Brennstoffen hängt von dem eingesetzten Strommix ab. Da etwa zwei kWh Strom für die Synthese von einer kWh Methan eingesetzt werden, hat synthetisches Methan in etwa einen Emissionsfaktor, der doppelt so hoch wie der des eingesetzten Stromes ist. Damit liegt der Emissionsfaktor bei 652 gCO<sub>2</sub>eq/kWh gegenüber 232 gCO<sub>2</sub>eq/kWh für Erdgas im Jahr 2050. Durch eine Optimierung auf die Nutzung von Erneuerbaren Energien, z.B. Nutzung von Überkapazitäten der Windkraft, könnte der Emissionsfaktor PtG verringert werden.

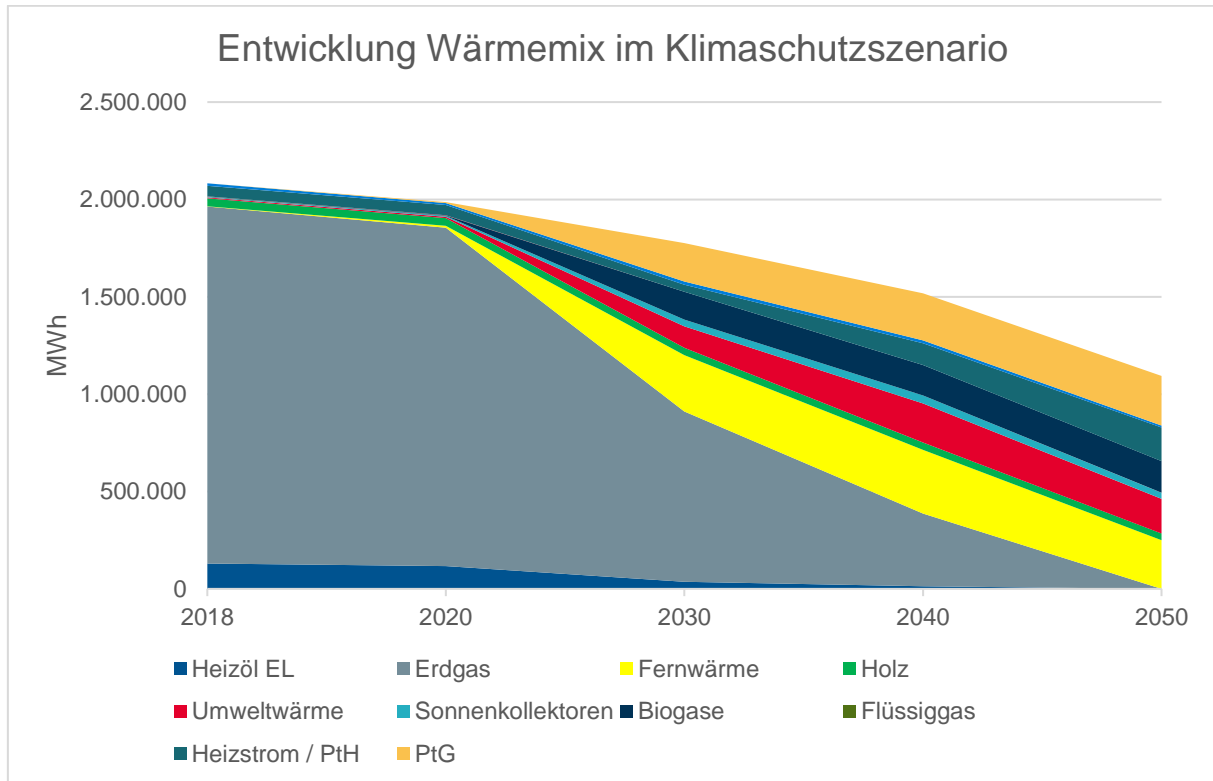


Abbildung 71: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Klimaschutzscenario (Quelle: Eigene Berechnungen 2018 auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten)

Durch die höheren Effizienzgewinne in allen Sektoren sinken die Energiebedarfe im Klimaschutzscenario deutlich stärker als im Trendszenario. Im Klimaschutzscenario fallen Flüssiggas, Steinkohle und Braunkohle als fossile Energieträger ab 2030 weg. Zudem wird bis 2050 auf den Einsatz der fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl verzichtet. Die fehlenden Energiemengen werden durch Umweltwärme, Fernwärme<sup>9</sup>, PtH und synthetisches Methan (Power to Gas) kompensiert.

Holz wird auf Grund der bevorzugten stofflichen Nutzung von Biomasse kaum eingesetzt.

Nachfolgend werden die installierten Leistungen für Umweltwärme, Sonnenkollektoren und PtH-Anlagen angegeben. Dabei wird für Umweltwärme eine JAZ von 4 und 1.200 Volllaststunden angenommen. Für die Berechnung der Anlagenanzahl wird in 2020 von 12 MWh und ab 2030 auf Grund der hohen energetischen Standards der Gebäude von

<sup>9</sup> Fernwärme ist im Klimaschutzscenario eine Mischung aus 40% industrieller Abwärme, 30%, Umweltwärme, 20% PtH und 10% KWK (PtG)

10 MWh pro Anlage ausgegangen, da es sich vor allem um Anlagen für die Versorgung von Einzelgebäuden handeln wird. Für Solarkollektoren wird ein Ertrag von 350 kWh/m<sup>2</sup> angenommen, für PtH-Anlagen 1.200 Volllaststunden in 2020 und ab 2030 auf Grund der zunehmenden Erzeugung von Prozesswärme über PtH 3.000 Volllaststunden.

Tabelle 17: Installierte Leistung von Wärmepumpen, Sonnenkollektoren und PtH-Anlagen für 2020, 2030, 2040 und 2050

<b>Energieträger</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>
<b>Umweltwärme (Leistung)</b>	1,3 MW	23,0 MW	41,6 MW	37,1 MW
<b>Umweltwärme (Anzahl Anlagen)</b>	515	11.025	19.975	17.830
<b>Sonnenkollektoren</b>	16.366 m <sup>2</sup>	97.216 m <sup>2</sup>	121.559 m <sup>2</sup>	90.121 m <sup>2</sup>
<b>Heizstrom</b>	43,8 MW	12,0 MW	37,2 MW	57,6 MW

## 5.2 Szenarien: Kraftstoffbedarf

Nachfolgend wird die Entwicklung des Kraftstoffbedarfes nach Energieträgern bis 2050 für das Trend- und das Klimaschutzenszenario dargestellt. Die Szenarien basieren jeweils auf den Potentialberechnungen des Sektors Verkehr und den jeweils damit verbundenen Annahmen. Nachfolgende Tabelle stellt die Anteile von alternativen Antrieben an der Fahrleistung für die beiden Szenarien dar.

Tabelle 18: Fahrleistungsanteile mit alternativen Antrieben

		2020	2030	2040	2050
<b>Trendszenario</b>	Pkw	1%	14%	25%	35%
	Bus	0%	1%	2%	2%
	Leichte Nutzfahrzeuge	0%	4%	10%	14%
	Lkw >3,5t	0%	1%	2%	3%
<b>Klimaschutz-szenario</b>	Pkw	1%	47%	60%	88%
	Bus	0%	20%	100%	100%
	Leichte Nutzfahrzeuge	1%	30%	52%	88%
	Lkw >3,5t	0%	5%	37%	64%

Im Rahmen dieser Studie wird davon ausgegangen, dass der Verkehrssektor elektrifiziert wird. Wasserstoff und CNG bzw. PtG werden für die Szenarien nicht als Antriebstechnologien berücksichtigt. Sollte dieser Pfad eingeschlagen werden, würde das eine Verringerung des Strombedarfes innerhalb von Paderborn bedeuten. Gleichzeitig würde der Bedarf an Gasen steigen und auch der damit verbundene Strombedarf zur Herstellung dieser Gase an den Entstehungsorten. Der Strombedarf zur Erzeugung von PtG ist etwa doppelt so hoch wie bei der direkten Nutzung von Strom in batterieelektrischen Fahrzeugen.



Im **Trendszenario** (Abbildung 72) nimmt der Endenergiebedarf im Verkehrssektor um etwa 36 % ab. Bis 2050 haben die Energieträger Diesel und Benzin weiterhin den höchsten Anteil am gesamten Endenergieverbrauch des Verkehrssektors. Der Stromanteil steigt erst ab 2030 nennenswert an und beträgt im Jahr 2050 11 %. Es wird davon ausgegangen, dass die THG-Minderungen in erster Linie über Effizienzgewinne, Veränderungen der Fahrleistung und verändertes Nutzer\*innenverhalten erfolgen.

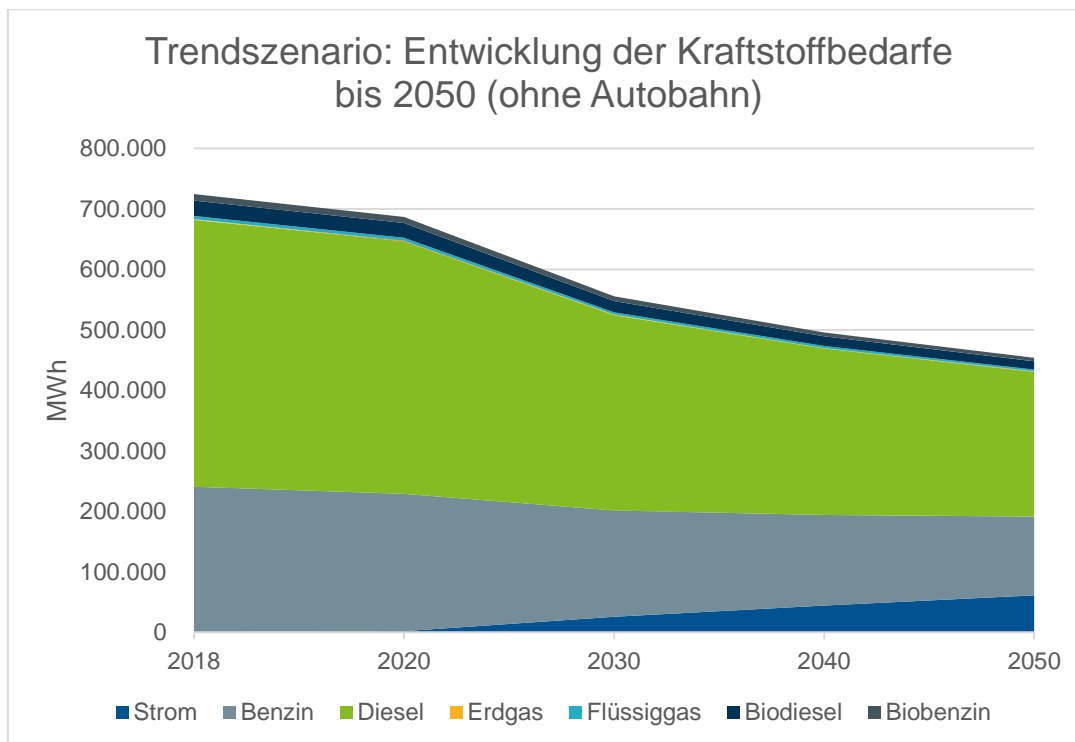


Abbildung 72: Zukünftiger Kraftstoffbedarf nach Trendszenario (Quelle: Eigene Berechnungen)

Im **Klimaschutzszenario** (Abbildung 73) nimmt der Endenergiebedarf im Verkehrssektor um ca. 72 % ab. Im Gegensatz zum Trendszenario spielen Benzin und Diesel 2050 als Kraftstoffe nur noch eine untergeordnete Rolle, da nun Strom als Kraftstoff mit einem Anteil von gut 65 % dominiert (s. Abbildung 50). Aber auch im Klimaschutzszenario steigt der Stromanteil erst ab 2030 nennenswert an und nimmt 2040 schon knapp ein Drittel des Kraftstoffbedarfes ein. Im Klimaschutzszenario wird davon ausgegangen, dass die THG-Minderungen zwar auch über Effizienzgewinne, Veränderungen der Fahrleistung und verändertes Nutzer\*innenverhalten erfolgen. Allerdings spielt hier zudem der Energieträgerwechsel hin zu strombasierten Antrieben eine erhebliche Rolle.

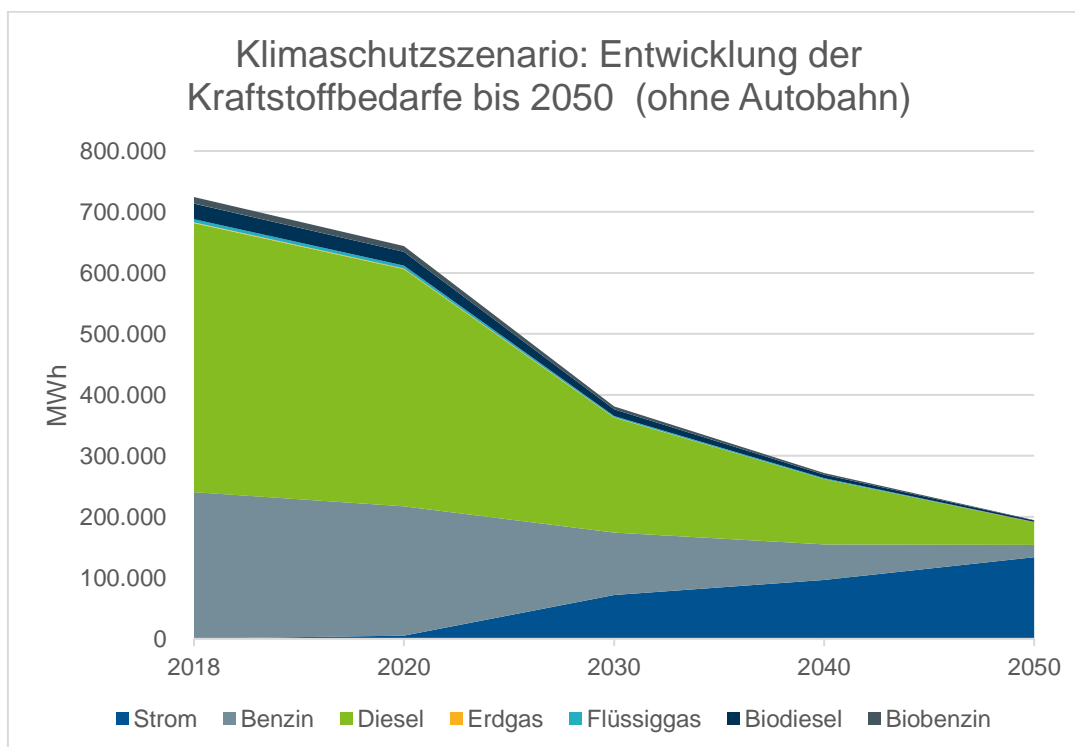


Abbildung 73: Zukünftiger Kraftstoffbedarf nach Klimaschutzszenario (Quelle: Eigene Berechnungen)

### 5.3 Szenarien: Strombedarf und erneuerbare Energien

Um zu beurteilen, ob die Stadt Paderborn ein Überschuss- oder Importstandort wird, werden nachfolgend die ermittelten EE-Potentiale mit den Strombedarfen für 2050 abgeglichen.

Im Trendszenario ist von einem sinkenden Strombedarf auszugehen (Senkung um etwa 5 %). Im Klimaschutzszenario steigt der Strombedarf gegenüber dem heutigen Niveau um etwa 20 % (siehe Abbildung 74/Abbildung 75). Dies ist darauf zurückzuführen, dass in Zukunft das Stromsystem nicht nur den klassischen Stromverbrauch, sondern auch den zukünftig anzunehmenden Strombedarf für die Sektoren Wärme und Verkehr ausgleichen muss.

Die rot gepunkteten Balken geben zusätzlich den Strombedarf für Power to Gas an. Da diese Anlagen jedoch voraussichtlich nicht auf Paderborner Stadtgebiet stehen werden, wird dieser Bedarf nur nachrichtlich angegeben. Im Trendszenario fallen so in 2050 510 GWh Strombedarf an und im Klimaschutzszenario 540 GWh.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen, dass besonders für den Sektor Verkehr durch die erhöhte Nutzung der E-Mobilität steigende Strombedarfe vorhergesagt werden. Zudem werden im Bereich der Wärmeversorgung die Gebäude zunehmend über Power to Heat mit Wärme versorgt und damit den Strombedarf erhöhen.

Im Wirtschaftssektor wird sich der Strombedarf voraussichtlich auf andere Anwendungsbereiche verschieben. Durch Prozessoptimierungen, Effizienzentwicklungen, Technologiesprünge und Innovationen wird hier ein geringerer Stromverbrauch prognostiziert. Gleichzeitig wird der Einsatz von Elektrodenkesseln, elektrischen Schweißgeräten und weiteren elektrifizierten Vorgängen die Stromverbräuche steigen lassen.

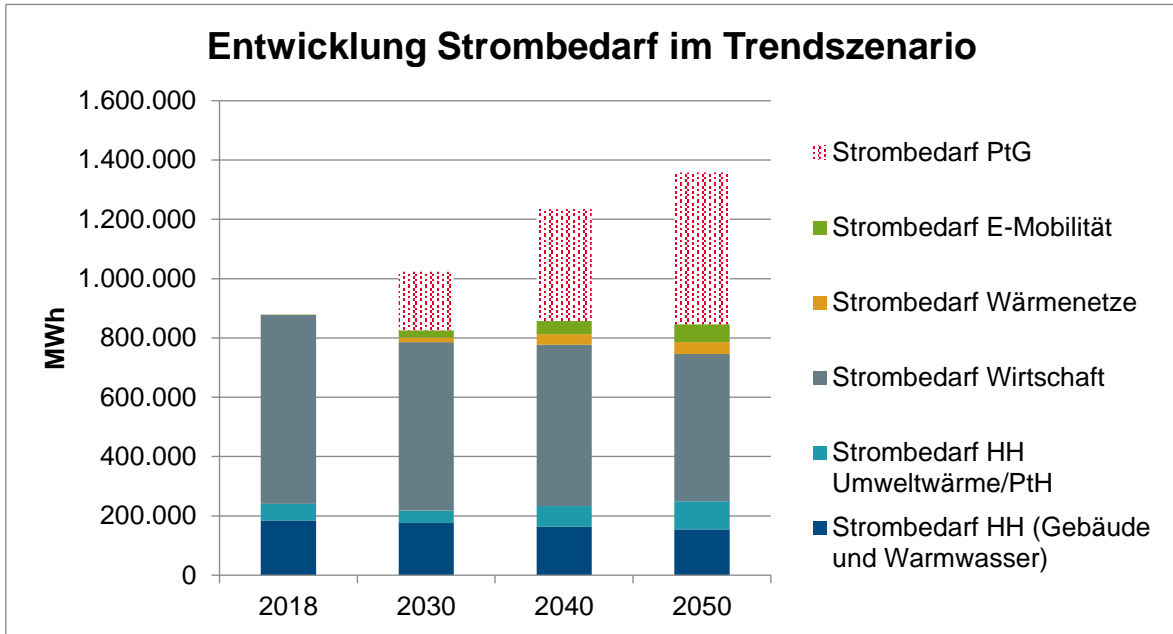


Abbildung 74: Entwicklung des Strombedarfes im Trendszenario inklusive E-Mobilität und Umweltwärme (Quelle: Eigene Abbildung)

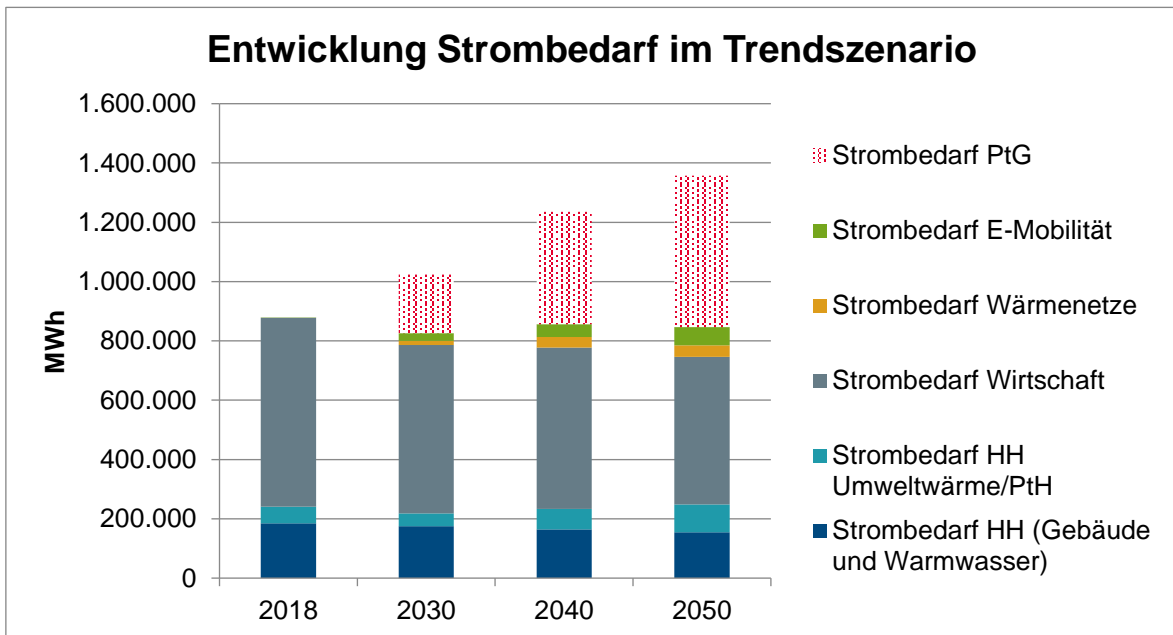


Abbildung 75: Entwicklung des Strombedarfes im Klimaschutzzenario inklusive E-Mobilität und Umweltwärme (Quelle: Eigene Abbildung)

### 5.3.1 Szenarien zur Stromgewinnung

Die EE-Potentiale belaufen sich im Jahr 2050 auf 900 GWh, womit der überwiegende Strombedarf durch erneuerbare Energien in der Stadt Paderborn für das Jahr 2050 gedeckt werden kann. Unter dieser Annahme wird die Stadt Paderborn auch den steigenden Strombedarf zu 109 % aus eigenen Quellen decken können. Diese Darstellung gilt jedoch nur bilanziell. Das heißt, dass Nachfrage und Erzeugung häufig nicht parallel zueinander stattfinden. So fallen beispielsweise die höchsten Erträge aus der Photovoltaik tagsüber im Sommer an, während die höchsten Verbräuche für Wärmepumpenstrom abends im Winter anfallen.

Durch die Kopplung verschiedener Verbrauchssektoren über das Stromnetz (E-Mobilität, Power to Heat, Power to Gas) werden Lastausgleiche stattfinden. Dennoch muss für eine erfolgreiche lokale Energiewende auf Speichermöglichkeiten und Lastmanagement gesetzt werden, um Produktion und Verbrauch ausgleichen zu können.

Die Entwicklung der eingesetzten erneuerbaren Energien der Stadt Paderborn sowie der Anteil am Stromverbrauch bis zum Jahr 2050 wird in folgender Abbildung dargestellt.

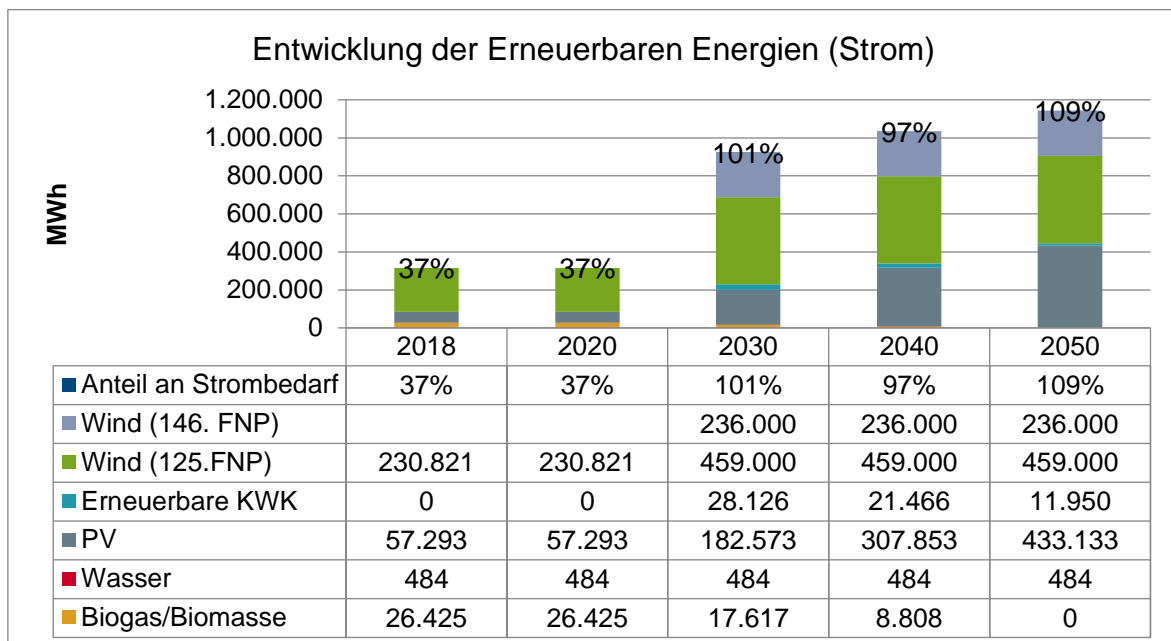


Abbildung 76: Entwicklung der erneuerbaren Energien der Stadt Paderborn im Klimaschutzenszenario (Quelle: Eigene Abbildung)

Damit die hier dargestellten Energiemengen erzeugt werden können, müssen die Erzeugungskapazitäten massiv ausgebaut werden. Nachfolgende Tabelle zeigt jeweils die notwendige installierte Leistung auf.

Tabelle 19: Installierte Leistungen in Dekadenschritten (Stromerzeugung) [MW<sub>el</sub>]

Energieträger	2020	2030	2040	2050
<b>PV</b>	65,8	214,8	362,2	509,6
<b>Wind</b>	151,3	208,6	208,6	208,6
<b>Biogas/Biomasse</b>	5,3	3,5	1,8	0,0
<b>Wasser</b>	0,4	0,4	0,4	0,4
<b>Erneuerbare KWK</b>	0,0	4,7	3,6	2,0

Wie beschrieben, muss in Zukunft das Stromsystem nicht nur die Fluktuationen durch den klassischen Stromverbrauch, sondern auch den zukünftig anzunehmenden Strombedarf für die Sektoren Wärme und Verkehr ausgleichen und somit die benötigten Strombedarfe für E-Mobilität, Umweltwärme und vor allem für Power-to-X-Anwendungen liefern.

## 5.4 Zusammenfassung und Fazit

Im Klimaschutzszenario wird die Stadt Paderborn weniger Energieimporte benötigen als heute. Die Energieverbräuche und Emissionen werden in allen Sektoren signifikant sinken, wenn die entsprechenden Potentiale genutzt werden. Dies stärkt auch die lokale Wertschöpfung und vermindert den Abfluss von finanziellen Mitteln für fossile Energieträger.

### **Strom:**

Durch einen massiven Ausbau der Photovoltaik (mehr als das Siebenfache des heutigen Wertes) und eine Verdoppelung der Erträge aus der Windkraft (durch Erschließung neuer Gebiete und Repowering der bestehenden Altanlagen) kann die Stadt Paderborn in Zukunft den gesamten Strombedarf von Haushalten und Wirtschaft bilanziell decken. Die zusätzlichen Bedarfe aus der E-Mobilität und den Wärmenetzen übersteigen jedoch die eigenen Kapazitäten auf dem Stadtgebiet, so dass zukünftig bilanziell etwa 100 GWh Strom importiert werden müssen. Damit sinkt der Import um etwa 450 GWh im Vergleich zu 2018. Um den gewonnenen Strom auch tatsächlich in Paderborn zu verbrauchen ist jedoch auf ein intelligentes Lastmanagement und den Aufbau von Speicherkapazitäten zu achten.

### **Wärme:**

Durch den Verzicht auf fossile Energieträger und die Halbierung der Wärmebedarfe wird es zukünftig möglich sein, einen großen Anteil der benötigten Wärmeenergie auf dem Stadtgebiet zu produzieren. Von den etwa 1.100 GWh Wärmebedarf werden etwa 680 GWh mit Strom aus eigener Produktion, Abwärme, Sonnenenergie oder nachwachsenden Rohstoffen aus dem Stadtgebiet gedeckt. Damit muss nur rund ein Drittel in Form von Biogas oder PtG importiert werden.

### **Verkehr:**

Durch den Umstieg auf E-Mobilität kann auch in diesem Sektor ein Großteil der benötigten Energie auf dem Stadtgebiet gewonnen werden. So müssen nur noch etwa 75 GWh Treibstoffe importiert werden, was etwa ein Drittel des gesamten Energieverbrauches des Verkehrssektors ausmacht.

## 6 End-Szenarien: Endenergiebedarf und THG-Emissionen

Folgend werden die Rahmenbedingungen aus Kapitel 5 zusammengefasst als „End-Szenarien“ dargestellt. Dabei werden die zukünftigen Entwicklungen des Endenergiebedarfes sowie der THG-Emissionen bis zum Jahr 2050 differenziert betrachtet.

### 6.1 End-Szenarien: Endenergiebedarf

Für die zukünftige Entwicklung des Endenergiebedarfes bis 2050 zeigen beide Szenarien die Entwicklung des Endenergiebedarfes nach den Verwendungszwecken Strom, Wärme, Prozesswärme und Mobilität in 10-Jahres-Schritten bis 2050 auf.

#### *Trendszenario - Endenergiebedarf*

In der nachfolgenden Grafik ist die Entwicklung des Endenergiebedarfes ausgehend vom Basisjahr 2018 dargestellt. Die Einsparpotentiale stammen dabei aus den vorangegangenen Potentialanalysen. Es zeigt sich, dass bis 2050 (bezogen auf das Bilanzjahr 2018) 21 % des Endenergiebedarfes eingespart werden kann. Die größten Einsparungen sind dabei im Bereich Wärme und Warmwasser zu erzielen.

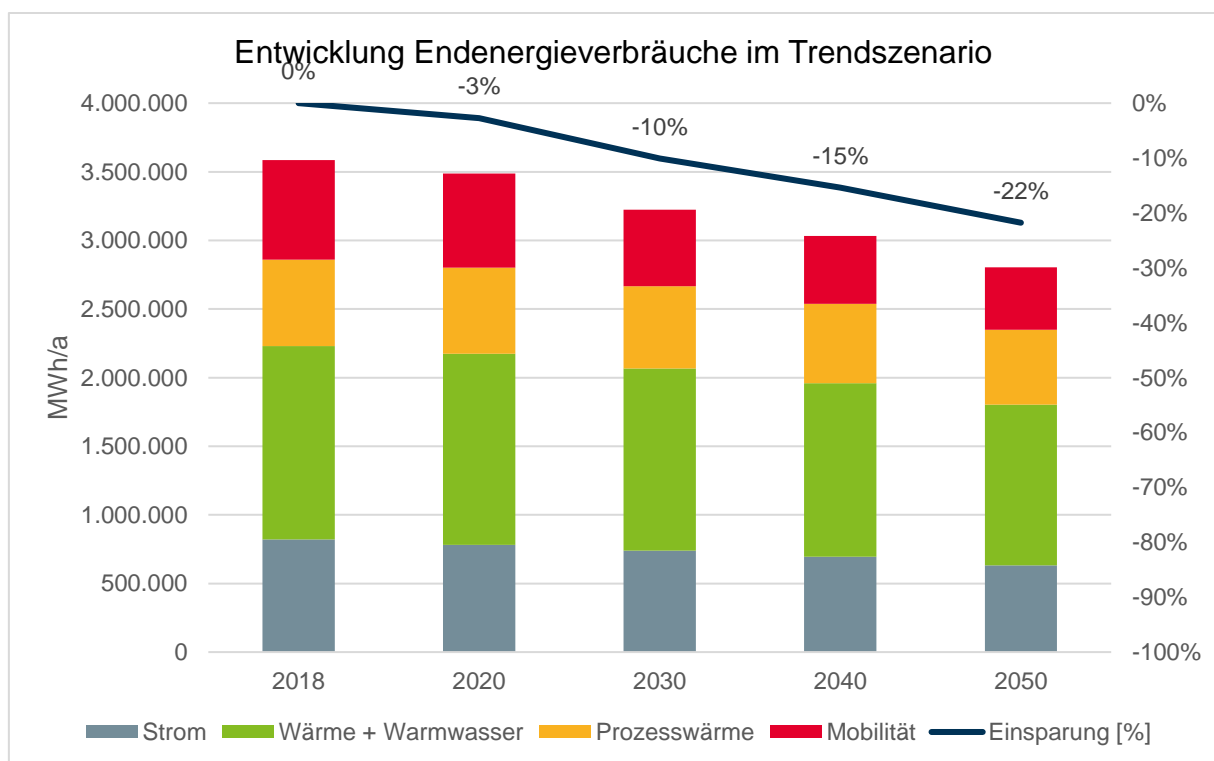


Abbildung 77: Entwicklung des Endenergiebedarfes nach Verwendung im Trendszenario (Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)



*Klimaschutzszenario - Endenergiebedarf*

Im Klimaschutzszenario zeigt sich, dass bis 2030 (bezogen auf das Bilanzjahr 2018) 18 % und bis 2050 47 % des Endenergiebedarfes eingespart werden können. Die größten Einsparungen sind ebenfalls in den Bereichen Mobilität sowie Wärme und Warmwasser zu erzielen.

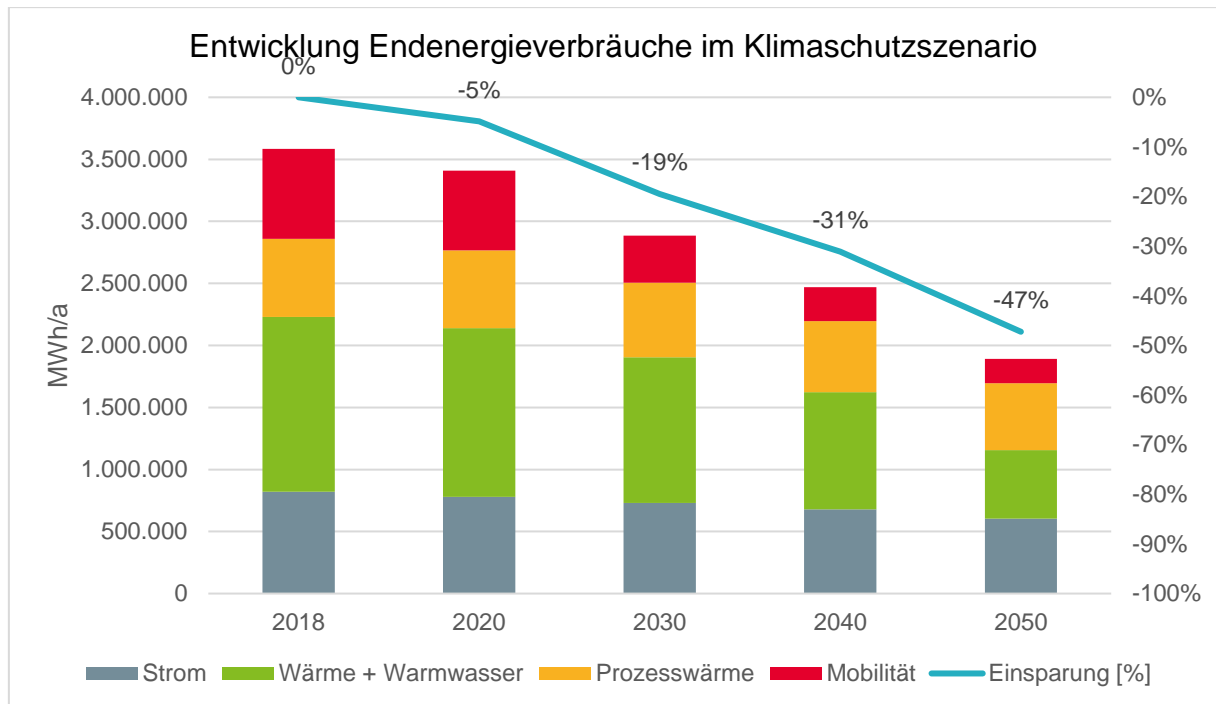


Abbildung 78: Entwicklung des Endenergiebedarfes nach Verwendung im Klimaschutzszenario (Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

## 6.2 End-Szenarien: THG-Emissionen

Für die zukünftige Entwicklung der THG-Emissionen bis 2050 zeigen beide Szenarien die Entwicklung der THG-Emissionen nach den Energieformen Strom, Brennstoff, und Verkehr in 10-Jahres-Schritten bis 2050 auf.

Zum Verständnis der unterschiedlichen LCA-Faktoren in den Szenarien wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Szenarien auf unterschiedlichen LCA-Faktoren für den Energieträger Strom basieren. Während im Trendszenario nur ein geringer EE-Anteil am Strommix und damit ein höherer LCA-Faktor angenommen wird, ist der LCA-Faktor im Klimaschutzszenario geringer, da hier der EE-Anteil am Strommix bei 80 % liegt.

### Trendszenario – THG

Für die Berechnung des Trendszenarios der Emissionen wird im Jahr 2050 ein LCA-Faktor von 307 g CO<sub>2e</sub>/kWh angenommen (Angabe ifeu und ÖKO-Institut). In der nachfolgenden Grafik ist die Entwicklung THG-Emissionen ausgehend vom Basisjahr 2018 dargestellt. Die Einsparpotentiale stammen dabei aus den vorangegangenen Potentialanalysen. Die THG-Emissionen sinken laut dem Trendszenario von 2018 um gut 35 % bis 2050. Das entspricht 6,7 t THG pro Einwohner und Jahr im Jahr 2030 und 5,2 t pro Einwohner und Jahr im Jahr 2050.

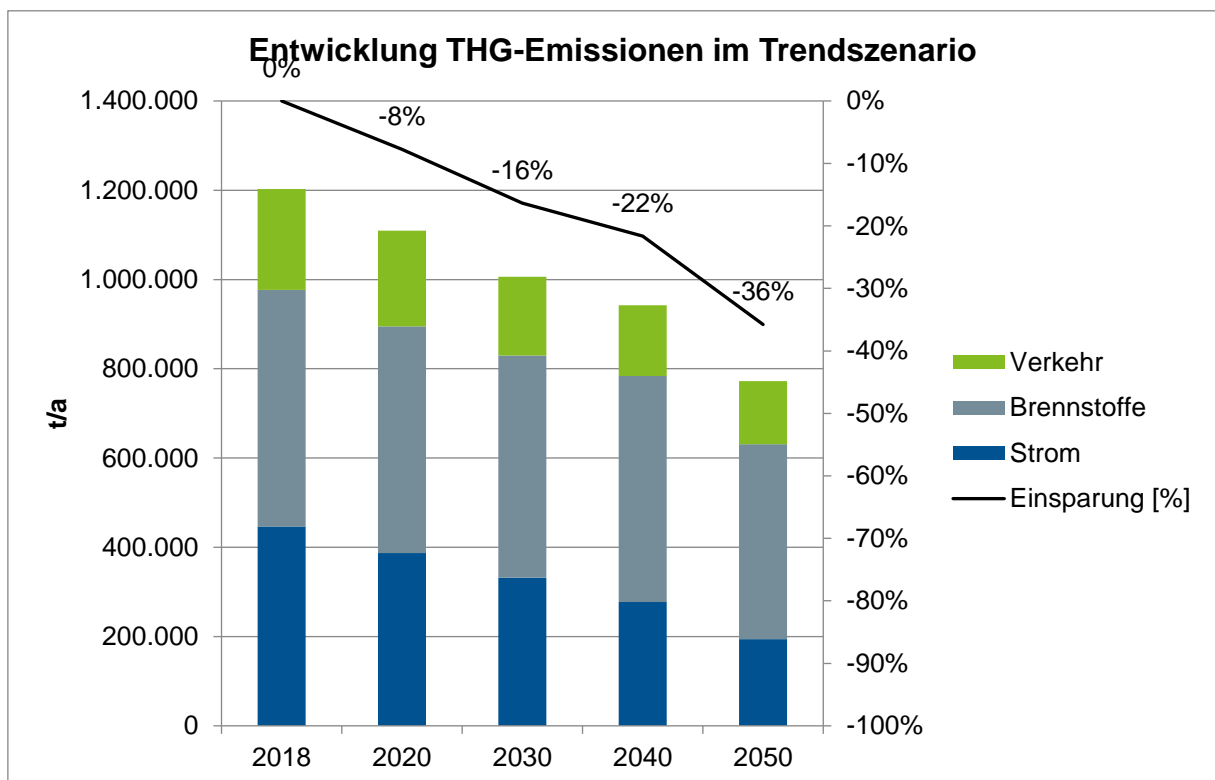


Abbildung 79: Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Verwendung im Trendszenario (Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

### Klimaschutzszenario - THG

Für die Berechnung der durch importierten Strom verursachten Emissionen innerhalb des Klimaschutzszenarios wird im Jahr 2050 ein LCA-Faktor von 30 g CO<sub>2e</sub>/kWh angenommen (Angabe ifeu und ÖKO-Institut). In der nachfolgenden Grafik ist die Entwicklung THG-Emissionen ausgehend vom Basisjahr 2018 dargestellt. Die Einsparpotentiale stammen dabei aus den vorangegangenen Potentialanalysen. Die THG-Emissionen sinken laut dem Klimaschutzszenario von 2018 um gut 32 % bis 2030 und gut 89 % bis 2050. Das entspricht 5,5 t THG pro Einwohner und Jahr im Jahr 2030 und 0,9 t pro Einwohner und Jahr im Jahr 2050.

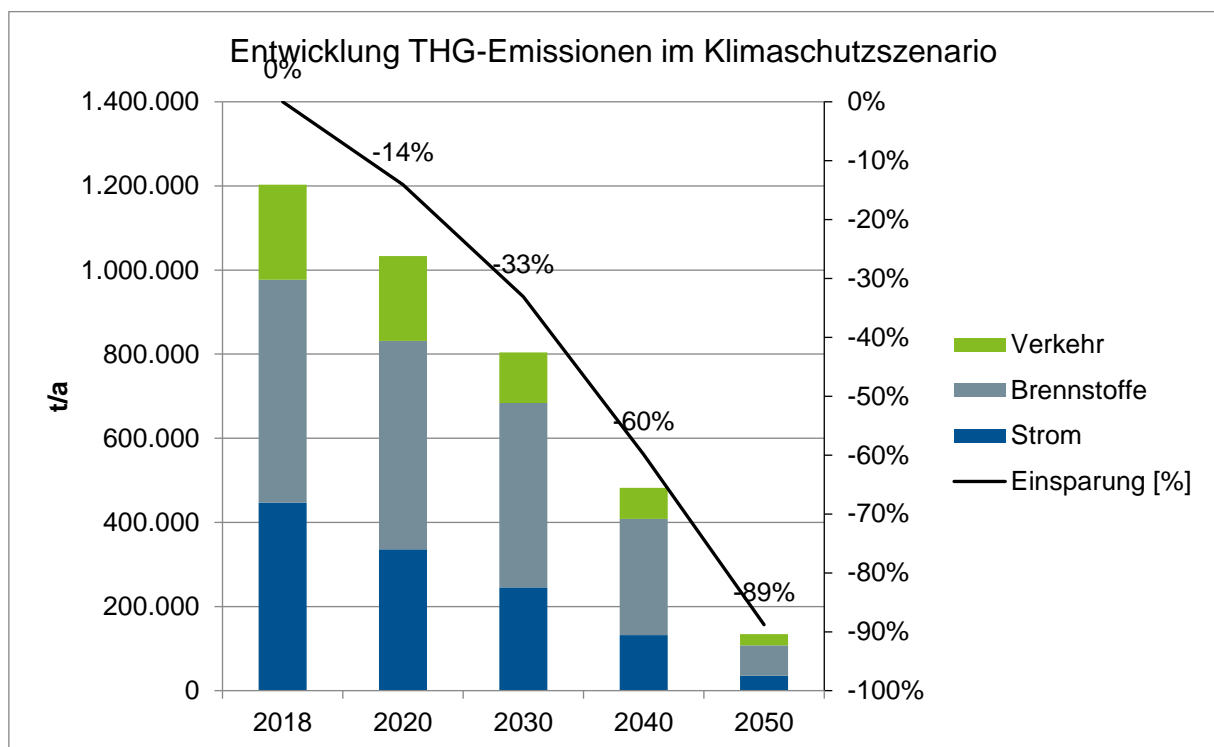


Abbildung 80: Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Verwendung im Klimaschutzszenario (Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung)

## 7 Maßnahmenkatalog

Alle im Maßnahmenkatalog beschriebenen Maßnahmen sind wichtig für die Erreichung der Klimaschutzziele. Eine zielgerichtete Umsetzung der im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes Wärmenutzung und Erneuerbare Energien der Stadt Paderborn entwickelten Maßnahmenliste erfordert daher ein geeignetes Bewertungs- und Priorisierungssystem.

Um zu einer möglichst aussagekräftigen Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen zu kommen, ist es daher zunächst wichtig, relevante Indikatoren festzulegen, die sich auf die eingangs formulierten Ziele des Konzepts fokussieren.

Folgende Indikatoren wurden für die Priorisierung der Maßnahmen ausgewählt:

- THG-Einsparpotential

Das THG-Einsparpotential ist der wichtigste Indikator, wenn es darum geht, die Leistung einer Maßnahme für den Klimaschutz zu bewerten. Das vorliegende Konzept sieht jedoch auch Maßnahmen vor, die auf die Schaffung von Voraussetzungen und politische Rahmenbedingungen für zukünftige Entwicklungen im Klimaschutz abzielen (z.B. Fortschreibung FNP). Diese Maßnahmen besitzen für sich genommen kein THG-Einsparpotential, stellen aber die Basis für zukünftige THG-Einsparungen dar. Um diese Maßnahmen bewertbar zu machen, müssen daher zusätzliche Indikatoren definiert werden.

- Lokalpolitische Rahmenbedingungen

Leistungen, die darauf abzielen, auf kommunaler Ebene Grundlagen für zukünftige Aktivitäten im Bereich Klimaschutz zu schaffen, werden mit dem Indikator Lokalpolitische Rahmenbedingungen bewertet. Die Leistungen von Maßnahmen wie Quartierskonzepte, FNP, die Erstellung von Energiekatastern und politischen Beschlüssen können mit diesem Indikator bewertet werden.

- Innovationswirkung/ Vorbildfunktion

Maßnahmen wie Modellprojekte, energetische Musterlösungen oder innovative Leuchtturmprojekte sind oft überdurchschnittlich kostenintensiv im Verhältnis zu ihrem THG-Einsparpotential. Trotzdem haben diese Maßnahmen eine große Bedeutung für den Klimaschutz. Ihre Leistung wird mit dem Indikator Innovationswirkung/ Vorbildfunktion bewertet.

- Regionale Wertschöpfung

Der Indikator Regionale Wertschöpfung erweitert die Bewertung der Maßnahmen über die ausschließliche Betrachtung der Klimaschutzleistungen hinaus um den Aspekt der Synergieeffekte mit der regionalen Wirtschaft. Während die Versorgung mit fossilen

Energieträgern i.d.R. mit einem Kapitalabfluss aus der Region verbunden ist, stärkt die Nutzung von regenerativen, lokal verfügbaren Energieträgern die regionale Wertschöpfung.

- Finanzieller und organisatorischer Aufwand

Während die vier vorgenannten Indikatoren die mit den Maßnahmen beabsichtigten Ziele bewerten, so stehen ihnen mit den Indikatoren finanzieller und organisatorischer Aufwand die Kosten gegenüber. Der finanzielle Aufwand betrachtet die Planungs- und Investitionskosten einer Maßnahme und berücksichtigt ebenfalls eine evtl. mögliche Förderung der Maßnahme. Der organisatorische Aufwand ergibt sich z.B. aus der Notwendigkeit der Verabschiedung von Beschlüssen und Gesetzen, das Führen von Verhandlungen, das Einholen von Genehmigungen, die Schaffung organisatorischer Rahmenbedingungen, durch Bürger\*innenbeteiligungen oder die interne Bearbeitung.

Neben den zu bewertenden Indikatoren muss die Bewertungs- und Priorisierungsmethode festgelegt werden. Sie sollte einheitlich für alle Maßnahmen anwendbar sowie einfach nachvollziehbar sein. Das Ziel ist es dabei die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit als auch ihrer Effizienz zu bewerten. Wirksam ist eine Maßnahme dann, wenn ein definiertes Schutzziel (THG-Einsparung) in einem möglichst großen Umfang erreicht wird. Effizient hingegen ist die Maßnahme, wenn der Nutzen der Maßnahme deren Kosten übersteigt.

Es wurde eine Methode zu Bewertung verwendet, die die Maßnahmen nur in den Bereichen bewertet, in denen sie auch wirksam sein kann. Zudem werden die Wirksamkeit und die Effizienz in einzelnen Schritten bewertet, um die Transparenz der Bewertung zu erhöhen. Die Effizienz der Maßnahmen errechnet sich nach dem in Tabelle 20 gezeigten Schema aus dem Mittelwert der Wirksamkeit der in das Verhältnis zu dem Mittelwert der Kosten gesetzt.

Tabelle 20: Schema zur Bewertung der Maßnahmen

Maßnahme	Ziele				Kosten		Bewertung	
	Ziel A	Ziel B	Ziel C	Ziel D	Kosten 1	Kosten 2	Berechnung	Wert
Maßnahme X	2	1	3	2	2	1	$\frac{(2+1+3+2)}{4}$ $\frac{(2+1)}{2}$	1,33
Maßnahme Y	1	3		2	1	2	$\frac{(1+3+2)}{3}$ $\frac{(1+2)}{2}$	1,33

Integriertes Wärmenutzungs- und  
Erneuerbare Energien-Konzept  
Stadt Paderborn



Im Maßnahmen-Steckbrief wird die Bewertung entsprechend der erläuterten Methode wie in Abbildung 81 dargestellt. Die Maßnahmen-Effizienz wird auf Grundlage der errechneten Werte in einer Skala von einem bis fünf Sternen dargestellt. Nur einen Stern erhält die Maßnahme mit einem errechneten Wert von 0,5 bis 0,9, zwei Sterne von 0,9 bis 1,3, drei Sterne von 1,3 bis 1,7, vier Sterne von 1,7 bis 2,1 und darüber fünf Sterne. Zusätzlich werden die Wirksamkeit und die Kosten in einem Balkendiagramm angegeben.



Abbildung 81: Beispiel der Darstellung der Bewertung in den Maßnahmen-Steckbriefen

Der Maßnahmenkatalog beinhaltet insgesamt 28 Maßnahmen die zur Erreichung der vorgenannten Ziele beitragen sollen. Die Maßnahmen wurden thematisch in sieben Handlungsfelder gegliedert. Die Maßnahmen in den Handlungsfeldern Windenergie, Sonnenenergie, Biomasse und Biogas sowie Umweltwärme dienen dabei einer stärkeren Nutzung von erneuerbaren Energien im Strom- und Wärmebereich.

In den Handlungsfeldern Versorgungsmodelle und Wärmenetze wurden Maßnahmen zusammengefasst, die Vorschläge zu verschiedenen Wärmenetzen und Bereichen für eine tiefere Untersuchung durch Quartierskonzepte enthalten, die zur Konzeption von Energieeinsparungen und Wärmeversorgungs-lösungen genutzt werden sollen.

Der nachfolgende Maßnahmenkatalog stellt die konzipierten Maßnahmenvorschläge dar

## Maßnahmenübersicht

### ➤ Handlungsfeld 1: Windenergie

HF 1

1.1 Nutzung Überschussstrom (Power to Heat / Industrie)

1.2 Fortschreibung FNP im Hinblick auf Windkraft

### ➤ Handlungsfeld 2: Sonnenenergie

HF 2

2.1 Überarbeitung des Solarkatasters

2.2 Prüfung von Flächen auf Eignung für Freiflächen-PV

2.3 Ausbau der PV-Anlagen auf kommunalen Gebäuden

2.4 Beratung von Gewerbebetrieben zur Errichtung von PV-Anlagen

2.5 Prüfung von Solarthermiefeldern für Wärmenetze

### ➤ Handlungsfeld 3: Biomasse und Biogas

HF 3

3.1 Einbindung von bestehenden Biogasanlagen in Wärmeverbünde

3.2 Folgenutzungskonzepte für bestehende Biogasanlagen

3.3 Nutzung von Schnittmaterial aus der Landschaftspflege

### ➤ Handlungsfeld 4: Umweltwärme

HF 4

4.1 Informationskampagne zur Nutzung von Umweltwärme (GIS)

4.2 Digitale Karte zur hydrogeologischen Potentialabschätzung

4.3 Oberflächenwassernutzung für die Gebäudeheizung

4.4 Potentialermittlung Abwasserwärme

4.5 Potentialermittlung Grundwasserwärme bei Firmen mit Wasserechten



➤ Handlungsfeld 5: Versorgungsmodelle

HF 5

5.1 Prüfung eines Contracting-Angebote durch die Stadtwerke

5.2 Musterprojekt „Energieautarkes Quartier“

5.3 Abwärmeverbund im Industriegebiet „Halberstädter Straße“

➤ Handlungsfeld 6: Wärmenetze

HF 6

6.1 Erweiterung des Wärmenetzes Springbachhöfe

6.2 Eignungsgebiet Rolandbad/ Schützenhof

6.3 Ausbau des existierenden Kaltwassernetzes in der Innenstadt

6.4 Wärmenetz entlang der Husener Straße

➤ Handlungsfeld 7: Sonstiges

HF 7

7.1 Quartierskonzept Elsen

7.2 Quartierskonzept westliche Kernstadt

7.3 Quartierskonzept Energie „Zukunftsquartier“

7.4 Quartierskonzept Paderborner Südstadt

7.5 Initiierung von Klimaschutznetzwerken

7.6 Energiespeicherung zur sektoralen Vernetzung (Power to Gas / Power to Heat)

## 7.1 HF 1: Windenergie

### Nutzung Überschussstrom (Power to Heat / Industrie)

1.1

#### ➤ Handlungsfeld: Windenergie

#### Zielsetzung / Fokus

Ausgleich von Spitzenlasten der Windenergie in der Industrie

#### Beschreibung

Langfristig wird es auf Grund eines immer weiter ansteigenden Anteils volatiler erneuerbarer Energien zwingend notwendig sein, Flexibilität bei der Nutzung von Überschussstrom zu erlangen. Gleichzeitig ergibt sich über die Umwandlung und Speicherung von Strom die Möglichkeit zur Sektorenkopplung. Dies bedeutet, dass die Sektoren Strom, Mobilität und Wärme miteinander verknüpft werden. So kann Strom in Prozess- und Raumwärme oder chemische Energie (über Elektrolyse) umgewandelt werden. Ein ausreichend dimensionierter Wärmespeicher kann so beispielsweise als Wärmesenke für überschüssigen Strom durch die Windenergie genutzt werden.

Derzeit wird der Strom aus Windenergieanlagen noch von der Strombörse in Leipzig bezogen. Durch zukünftige Gesetzesänderungen kann diese Technik jedoch kurz- und mittelfristig weitere Einsatzmöglichkeiten erhalten (Vergütung von „zuschaltbaren Lasten“ zur Netzstützung).

#### Arbeitsschritte

- Bildung einer Arbeitsgruppe mit interessierten Akteur\*innen
- Regelmäßige Prüfung der bestehenden rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen
- Festlegung geeigneter Technologien und Standorte
- Detailberechnung für Dimensionierung der Anlagen
- Umsetzung bei erkennbarer Wirtschaftlichkeit

#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Ggf. Stadtwerke Paderborn und Energieservice Westfalen Weser
- Energieversorgungsunternehmen
- Windstromerzeuger
- Industrieunternehmen

Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Unwirtschaftlichkeit durch lange Amortisationszeit

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

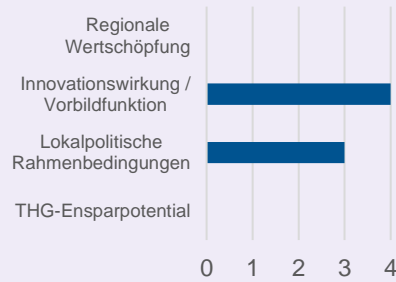
- Eigenmittel

### Bewertung

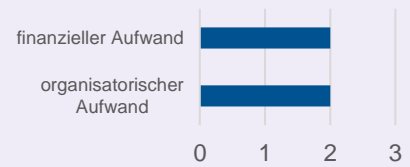
Effizienz



Wirksamkeit



Kosten



## Fortschreibung FNP im Hinblick auf Windkraft

1.2

### ➤ Handlungsfeld: Windenergie

#### Zielsetzung / Fokus

Lokalpolitische Grundlage für die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger am Stromverbrauch

#### Beschreibung

Der Einsatz von Windkraftanlagen stellt eine klimafreundliche Methode zur Energieerzeugung dar. Da diese jedoch nach § 35 Abs. 1 Ziff. 5 BauGB im Außenbereich allgemein zulässig sind und einen bedeutenden Eingriff in das Landschaftsbild darstellen können, haben die Kommunen unter Berücksichtigung von Bundes- und Landesrecht die Möglichkeit, Maßnahmen zur Steuerung der Windenergie im Außenbereich zu ergreifen. Windkraftanlagen sind grundsätzlich genehmigungsbedürftig.

Die Stadt Paderborn hat in der Vergangenheit bereits vom Flächennutzungsplan als Steuerungsinstrument Gebrauch gemacht und ein städtebauliches Gesamtkonzept zur Darstellung von Konzentrationszonen für Windenergie im Stadtgebiet erarbeitet. Die 125. FNP-Änderung wurde allerdings am 17. Januar 2019 vom OVG Münster für unwirksam erklärt (s. Punkt 5.3).

Das Ziel der Stadt Paderborn ist es jedoch weiterhin, die Windenergie im Stadtgebiet räumlich zu steuern. Daher hat der Ausschuss für Bauen, Planen und Umwelt in seiner Sitzung am 16. Januar 2020 den Aufstellungsbeschluss für die 146. Flächennutzungsplanänderung gefasst und somit ein neues Planverfahren zur Steuerung der Windenergie im Stadtgebiet eingeleitet. Die frühzeitige Beteiligung der Öffentlichkeit sowie der Behörden und Träger öffentlicher Belange fand im Januar 2021 statt. Derzeit befindet sich der FNP zur Steuerung der Windenergie in der weiteren Bearbeitung.

#### Arbeitsschritte

- Abschluss offizielles Bauleitplanverfahren
- Öffentlichkeitsarbeit nach Genehmigung und Beschluss
- Gespräche mit den Anlagenbetreiber\*innen zur Entwicklung von Geschäftsmodellen für die ortsnahe Nutzung des Stroms

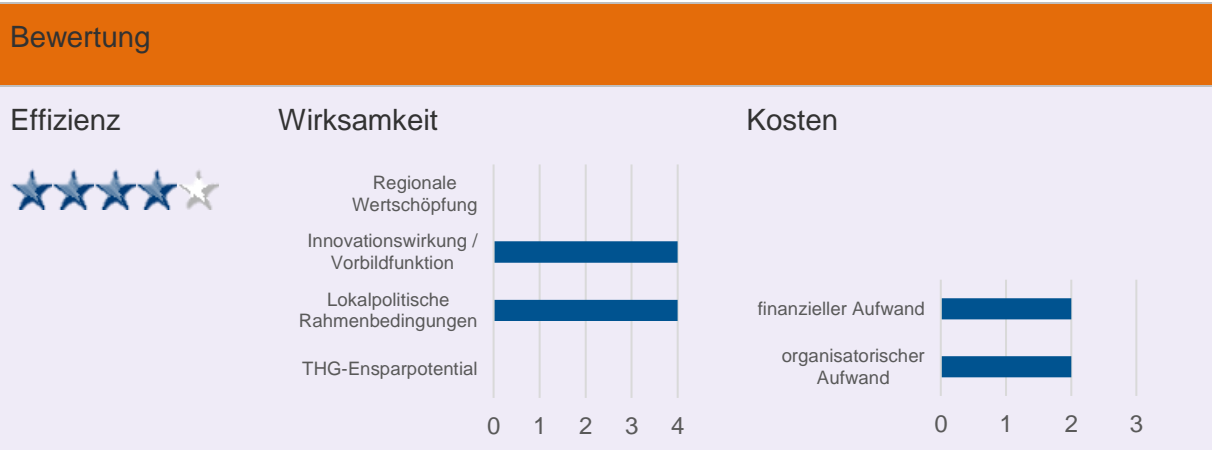
#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn

Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Widerstand der Bürgerschaft
- Keine Genehmigung der Bezirksregierung

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten      Eigenmittel



## 7.2 HF 2: Sonnenenergie

### Überarbeitung des Solarkatasters

2.1

#### ➤ Handlungsfeld: Sonnenenergie

#### Zielsetzung / Fokus

Anreizschaffung für den Ausbau von Photovoltaik und Solarthermie für private Haushalte und Unternehmen

#### Beschreibung

Das derzeitige Solarpotentialkataster der Stadt Paderborn ist langsam und nicht mehr auf dem aktuellen Stand. Das alte Design und die Geschwindigkeit wirken sich negativ auf die Wirksamkeit und Nutzung des Solarpotentialkatasters aus. Ein überarbeitetes Solarpotentialkataster, welches das Potential sämtlicher Dachflächen auf dem Stadtgebiet von Paderborn darstellt und einfach abrufbar macht, ist verhältnismäßig günstig und schnell zu erstellen. Darüber hinaus trägt es in effizienter Weise dazu bei, dass das Informationsangebot für Solarenergie nutzer\*innenfreundlich und leicht zugänglich wird. Bei Beratungsaktionen können Hauseigentümer\*innen angesprochen werden und direkt vor Ort über das Solarkataster erste Aussagen über mögliche Leistung, Erträge und Wirtschaftlichkeit der Anlage gemacht werden, um so Motivation für eine Feinplanung der Anlage zu schaffen.

Zudem bietet ein neues Solarpotentialkataster die Chance, das Gesamtpotential für Photovoltaik und Solarthermie genauer zu erfassen und kann zusammen mit dem bestehenden Förderprogramm für Photovoltaikanlagen beworben werden.

Die Stadt Paderborn nutzt derzeit das Kataster des LANUV als aktuelle Alternative zum eigenen Kataster. Dieses bietet die Möglichkeit, eine Potential- und Wirtschaftlichkeitsrechnung zu erstellen.

Falls ersichtlich wird, dass dieses Kataster ähnlich gut ist, wie eine eigene Lösung, sollte das Kataster an prominenter Stelle auf der Seite der Stadt Paderborn eingebunden und beworben werden.

Arbeitsschritte

- Prüfung der Unterschiede von LANUV-Kataster und einer neu zu erstellenden Lösung
- (Ausschreibung und Vergabe für die Erstellung eines neuen Solarpotentialkatasters)
- Bewerbung und Verlinkung über städtische Webseite

Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- LANUV
- (Externes Büro)

Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Finanzmittel werden nicht bereitgestellt

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten      Eigenmittel



## Prüfung von Flächen auf Eignung für Freiflächen-PV

2.2

### ➤ Handlungsfeld: Sonnenenergie

#### Zielsetzung / Fokus

Solarstromerzeugung aus großen Freiflächenanlagen

#### Beschreibung

Ein wesentlicher Faktor für die Errichtung von Freiflächen-PV Anlagen sind die Verfügbarkeit und die Kosten von Flächen im Stadtgebiet. Daher soll in der Stadt Paderborn systematisch geprüft werden, welche Flächen für eine PV-Nutzung grundsätzlich in Frage kommen. Dies erfordert eine erste grobe Flächenanalyse und Einschätzung der Kosten, des Energieerzeugungspotentials sowie möglicher Nutzungskonflikte (z.B. Raumordnungsrecht, Naturschutzrecht). Die Betrachtung soll sowohl Grundstücke im Besitz der Kommune aber auch weitere mögliche Standorte im Stadtgebiet mit einbeziehen. In vielen Fällen werden die in Paderborn vorherrschenden hohen Grundstückspreise zu Lasten der Wirtschaftlichkeit gehen. Wenn jedoch Grundstücke ohne weitere Nutzungsmöglichkeit gefunden werden, kann ein wirtschaftlicher Betrieb gegeben sein. Eine andere Möglichkeit ist die Doppelnutzung von Flächen, beispielsweise die Überdachung von Parkplätzen, Agro-PV oder schwimmende Anlagen auf Seen

Im Abstand von 110 Metern zu Verkehrstrassen können Freiflächenanlagen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen errichtet werden, unter der Voraussetzung, dass die planungsrechtlichen Grundlagen geschaffen werden. Auch Flächen von bestehenden oder neu geplanten Lärmschutzwänden und -wällen an Straßen- oder Schienenwegen können für die solare Stromproduktion genutzt werden. Da Lärmschutz an Bundesferntrassen im Aufgabenbereich des Bundes liegt, ist hier die enge Abstimmung mit den entsprechenden Stellen notwendig. Beim Neubau von Lärmschutzwänden können diese zugunsten einer optimierten Stromproduktion gestaltet werden.

Photovoltaikanlagen auf Baggerseen wurden bereits umgesetzt, beispielsweise in NRW: [https://www.energieagentur.nrw/eanrw/see\\_statt\\_dach\\_750\\_kilowatt\\_schwimmende\\_solar\\_anlage\\_in\\_nrw\\_installiert?cmailing=13769834&rcustomer=69211&crlink=41175622](https://www.energieagentur.nrw/eanrw/see_statt_dach_750_kilowatt_schwimmende_solar_anlage_in_nrw_installiert?cmailing=13769834&rcustomer=69211&crlink=41175622)

Zur Umsetzung können kommunale Gesellschaften, andere Projektentwickler oder auch Energiegenossenschaften auftreten.



#### Arbeitsschritte

- Prüfung des Stadtgebietes auf mögliche Flächen
- Ansprache von geeigneten Akteur\*innen für die Umsetzung
- Begleitung der Akteur\*innen im Genehmigungsverfahren
- Umsetzung
- Evaluation

#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Ggf. Stadtwerke Paderborn / PKB
- Evtl. Energiegenossenschaften
- Flächeneigentümer\*innen
- Industrieunternehmen

#### Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Wirtschaftlichkeit
- Genehmigungsverfahren

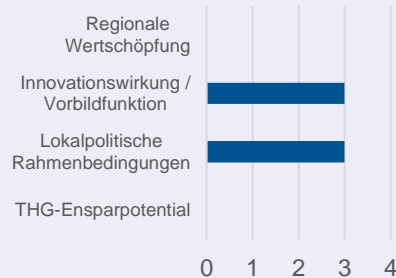
#### Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten EEG

### Bewertung

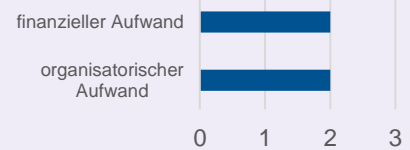
#### Effizienz



#### Wirksamkeit



#### Kosten



Ausbau der PV-Anlagen auf kommunalen Gebäuden		2.3
➤ Handlungsfeld: Solarenergie		
Zielsetzung / Fokus		
Solarstromerzeugung aus Photovoltaik auf städtischen Gebäuden, Vorbildwirkung		
Beschreibung		
<p>Großflächige Gebäude, wie Schulen und Bürogebäude, bieten große Potentiale zur Errichtung von Photovoltaikanlagen auf Dächern der kommunalen Liegenschaften in Paderborn. Durch das Gebäudemanagement der Stadt Paderborn (GMP) wird bereits intensiv am Ausbau der PV-Anlage gearbeitet. Für kommunalen Neubauten ist die Installation einer PV-Anlage bereits Pflicht.</p> <p>Eine weitere Feinplanung soll die Anlagen auf Eigenbedarfsnutzung optimieren.</p>		
Arbeitsschritte		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identifizierung und Bewertung der Potentiale zur Eigenbedarfsnutzung von PV-Strom</li> <li>▪ Feinplanung über Fachbüros</li> <li>▪ Umsetzung</li> </ul>		
Verantwortung / Akteur*innen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stadt Paderborn</li> <li>▪ Gebäudemanagement Paderborn</li> <li>▪ Fachplaner</li> </ul>	
Mögliche Umsetzungshemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Finanzmittel werden nicht bereitgestellt</li> <li>▪ Ungeeignete Standorte/Statik</li> </ul>	
Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten	Eigenmittel, Fördermittel des Bundes, Einsparung durch Selbstnutzung des Stromes	



## Beratung von Gewerbebetrieben zur Errichtung von PV-Anlagen

2.4

### ➤ Handlungsfeld: Sonnenenergie

#### Zielsetzung / Fokus

Steigerung der solaren Stromerzeugung durch Betriebe

#### Beschreibung

Paderborn ist ein attraktiver Gewerbe- und Industriestandort. Gerade im produzierenden Gewerbe besteht eine Kombination aus hohem Stromverbrauch und großen Dachflächen, die zur Errichtung von PV-Anlagen genutzt werden können. Da die Entwicklungen der Einspeisevergütung, die im EEG geregelt ist, eine sinkende Tendenz aufweist, ist die Eigenstromdeckung mit dem eigens produzierten Strom eine wirtschaftliche Alternative für diese Unternehmen.

Für den Ausbau von PV-Anlagen besteht nach wie vor ein hohes Potential, insbesondere für PV-Anlagen auf Dachflächen. Da sich allerdings die rechtlichen Rahmenbedingungen als äußerst dynamisch erweisen und vor allem durch die aktuellen Vergütungssätze des EEG eine Einspeisung des erzeugten Stroms wirtschaftlich unrentabel ist, ist mit einem beschleunigten Ausbau nicht zu rechnen. Im Eigenverbrauch sind PV-Anlagen jedoch weiterhin wirtschaftlich lohnend, weshalb im Rahmen der Energieberatung dieser Sachverhalt näher beleuchtet und Gewerbebetrieben nähergebracht werden soll. Hierbei soll vor allem über Wirtschaftlichkeitsberechnungen aufgezeigt werden, wie ein ökonomisch rentabler Betrieb einer Anlage unter den derzeit vorherrschenden Rahmenbedingungen möglich ist.

#### Arbeitsschritte

- Ermittlung des Potentials innerhalb der Kommune
- Ansprechen der Betriebe

#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Ggf. Stadtwerke Paderborn
- Wirtschaftsförderungsgesellschaft
- Gewerbe

#### Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Unwirtschaftlichkeit durch ungeeignete Standorte
- Desinteresse der Betriebe

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

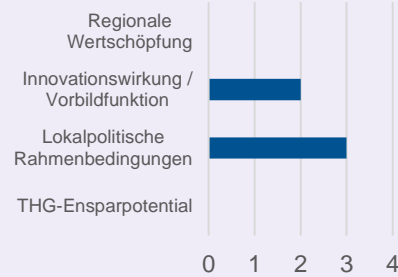
Eigenmittel, Fördermittel des Bundes,  
Einsparung durch Selbstnutzung des Stromes

Bewertung

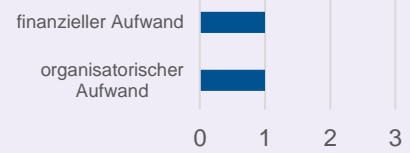
Effizienz



Wirksamkeit



Kosten



## Prüfung von Solarthermiefeldern für Wärmenetze

2.5

### ➤ Handlungsfeld: Sonnenenergie

#### Zielsetzung / Fokus

Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien in netzfernen Bereichen

#### Beschreibung

Jahr für Jahr werden mehr als 1.000 kWh kostenlose Sonnenenergie auf einen Quadratmeter Fläche eingestrahlt, davon über 70% im Sommerhalbjahr. Der mit Solaranlagen erzielbare Wärmeertrag ist pro Quadratmeter etwa 40-50 Mal höher als beim Anbau von Biomasse. Die Solarthermie ist technisch ausgereift, robust und langlebig. Um den Wärmebedarf zukünftig auf Basis erneuerbarer Energien zu decken, ist die Solarenergie unverzichtbar.

Solarthermie ist in Deutschland bisher fast ausschließlich auf Gebäudedächern im Einsatz – ganz überwiegend auf Ein- und Zweifamilienhäusern. Große Freiflächensolaranlagen, wie sie vor allem in Dänemark sehr verbreitet sind, haben in Deutschland bisher nur einen sehr geringen Marktanteil. Dies kann sich aber ändern, denn durch die geringen Wärmegestehungskosten ist diese Art der Wärmezeugung bereits heute wirtschaftlich attraktiv gegenüber fossilen Brennstoffen. Hier liegen große Potentiale für die notwendige Wärmewende zu erneuerbaren Energien und zu einer wirtschaftlichen und sozial verträglichen Energieversorgung.

Die größte Herausforderung für den Bau von Solarthermieanlagen stellt deren Flächenbedarf in der Nähe der Wärmesenken dar. In Paderborn soll daher in einem strukturierten Vorgehen geprüft werden, welche Flächen für große solarthermische Flächen in Frage kommen können. Bei diesem systematischen Flächenscreening werden energiewirtschaftliche, politische sowie rechtliche Kriterien einbezogen werden.

Zudem sollte die Suche nach möglichen Flächen für solarthermische Anlagen mit der (Ausbau-)Planung von bestehenden oder geplanten Wärmenetzen abgestimmt werden, da sich die Nutzung von Wärmenetz-Infrastrukturen zur kostengünstigen und großtechnischen Integration von Solarthermie besonders anbietet.

### Arbeitsschritte

- Durchführung eines Flächenscreenings
- Beteiligung von Behörden, Bürger\*innen und weiteren Akteur\*innen bei der Flächenfindung
- Die Entwicklung eines ökologischen Nutzungskonzeptes für die ausgewählten Flächen
- Mehrfachnutzung von Flächen prüfen (z.B. Parkplatz mit Solarthermie-Nutzung)
- Abstimmung mit der (Ausbau-)Planung von Wärmenetzen

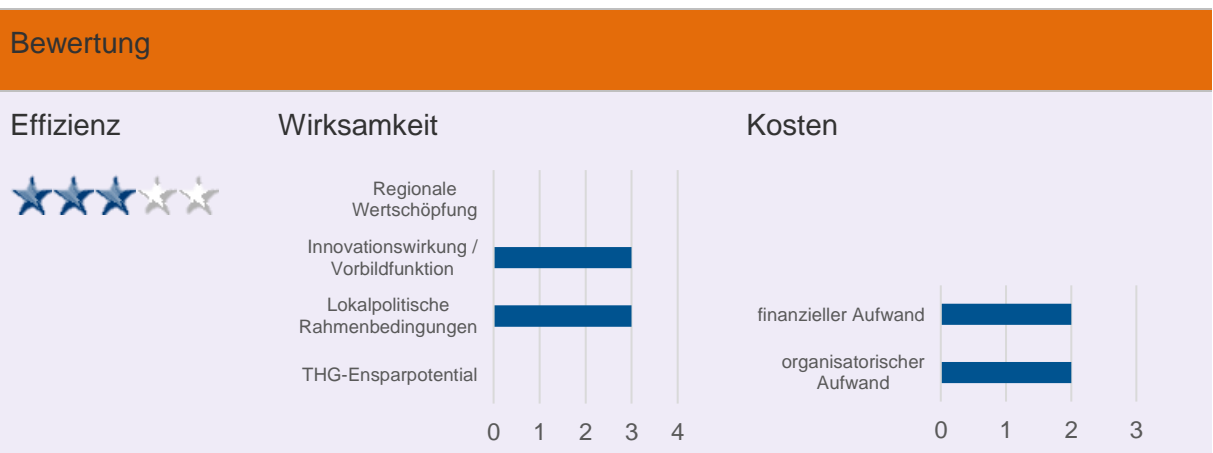
### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Evtl. externe Dienstleister

### Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Genehmigungsverfahren

### Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten      Eigenmittel



## 7.3 HF 3: Biomasse und Biogas

### Einbindung von bestehenden Biogasanlagen in Wärmeverbünde

3.1

#### ➤ Handlungsfeld: Biomasse und Biogas

#### Zielsetzung / Fokus

Steigerung der Wärmenutzung von Biogasanlagen

#### Beschreibung

Häufig wird die an installierten Biogasanlagen anfallende Abwärme nur in geringem Maße genutzt. Es ist daher sinnvoll, die Anlagenbetreiber\*innen anzusprechen und Potentiale zur Errichtung von Mikrogas- oder Nahwärmenetzen zur Versorgung von umliegenden Gebäuden zu eruieren. Es wird für manche Standorte eine Lösung über Satelliten-BHKW mit Gasversorgung aus der Biogasanlage vorgeschlagen. Diese Option ist jedoch in der Regel erst denkbar, wenn die bestehenden Anlagen aus der EEG-Förderung fallen. In der Regel ist dies in etwa in 2030 der Fall, da die Anlagen bis dahin noch EEG-Förderung erhalten.

#### Arbeitsschritte

- Möglichkeiten der Einbindung in bestehende Wärmenetze prüfen
- Ggf. neue Netze erstellen

#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Anlagenbetreiber\*innen
- Betriebe im Umkreis der Anlagen

#### Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Keine

#### Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten





## Folgenutzungskonzepte für bestehende Biogasanlagen

3.2

### ➤ Handlungsfeld: Biomasse und Biogas

#### Zielsetzung / Fokus

Nutzungskonzepte für Biogasanlagen für die Zeit nach der EEG-Festvergütung erstellen

#### Beschreibung

Für eine Vielzahl von Biogasanlagen läuft die EEG-Festvergütung bis zum Jahr 2030 aus. Für kleinere Bestandsanlagen wird empfohlen Anreize für die Substratreduktion oder zur Flexibilisierung zu setzen. Hingegen wird nur für größere Anlagen (> 250 m<sup>3</sup> Biogas/h) eine Umstellung zur Bereitstellung von Biomethan empfohlen. Des Weiteren wird für Anlagen mit hohem Gülleanteil eine Fortführung der EEG-Festvergütung bzw. eine gesetzliche Anschlussförderung empfohlen.

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass für jede vorhandene Biogasanlage individuell bzw. je nach Größe und Zweck entschieden werden muss, welches Folgenutzungskonzept umgesetzt werden sollte.

#### Arbeitsschritte

- Bestandsaufnahme/-analyse
- (individuelle) Konzepte erstellen

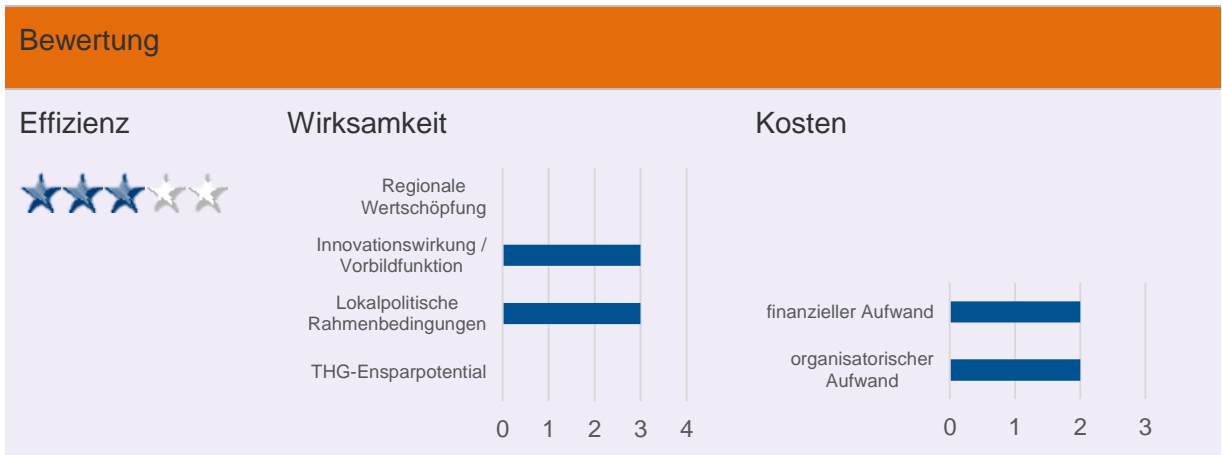
#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Anlagenbetreiber\*innen
- Gasnetzbetreiber
- Ggf. Stadtwerke Paderborn

#### Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Keine

#### Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten



## Nutzung von Schnittmaterial aus der Landschaftspflege

3.3

### ➤ Handlungsfeld: Biomasse und Biogas

#### Zielsetzung / Fokus

Nutzung der regional anfallenden Reststoffe für die lokale Energiegewinnung

#### Beschreibung

Die Analyse hat keine größeren Potentiale ergeben. Dennoch soll in einer weiterführenden Studie überprüft werden, welche Möglichkeiten für die Bündelung von Stoffströmen bestehen. Zusätzlich soll untersucht werden, welche Möglichkeiten bestehen, Grünschnitt und weitere feuchte Biomasse auf Landschaftspflegemaßnahmen zur Gewinnung von Biogas einzusetzen. Dazu sind in einem ersten Schritt die anfallenden Mengen zu erheben, auf die die Stadt Zugriff hat. Weiterhin muss geprüft werden, ob ein Verbleib der Biomasse auf den jeweiligen Flächen aus Naturschutzgründen erforderlich ist.

Die Biomasse, die tatsächlich als Potential verbleibt, könnte beispielsweise in einem Biomeiler vergoren und die anfallende Abwärme in ein Wärmenetz eingespeist werden.<sup>10</sup>

#### Arbeitsschritte

- Bestandsaufnahme/-analyse
- Erstellung eines Verwertungskonzeptes
- Planung weiterer Schritte

#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Straßen.NRW
- Ggf. Stadtwerke Paderborn

#### Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Unzureichende Mengen
- Wirtschaftlichkeit

#### Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

<sup>10</sup> Für weitere Informationen siehe <https://www.biomeiler.at>



## 7.4 HF 4: Umweltwärme

### Informationskampagne zur Nutzung von Wärmepumpen

4.1

#### ➤ Handlungsfeld: Umweltwärme

#### Zielsetzung / Fokus:

Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und Schaffung einer nachhaltigen Wärmeversorgung

#### Beschreibung

Die Förderung von Wärmepumpen ist sinnvoll, da diese etliche Vorteile mit sich bringen. Zum einen sind die Investitionskosten schnell amortisiert und die Betriebskosten nur gering. Zum anderen sind Wärmepumpen als Energielieferanten sehr umweltfreundlich und so gut wie unerschöpflich. Darüber hinaus sind sie nahezu wartungsfrei und können zum Heizen vieler Gebäudetypen verwendet werden. Zudem weisen sie eine sehr hohe Betriebssicherheit auf. Ein weiterer bedeutender Faktor ist, dass Wärmepumpen einen bis zu 90 Prozent geringeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß haben als Öl- oder Gasheizungen und im Gegensatz zu diesen nicht nur zum Heizen, sondern auch zum Kühlen verwendet werden können. Die Technologie wird von verschiedenen Stellen finanziell gefördert.

Die Voraussetzung ist jedoch, dass die Gebäude einen energetischen Standard aufweisen, der das von Wärmepumpen bereitzustellende niedrige Temperaturniveau (ca. 40°C) sinnvoll nutzbar macht.

Die Stadt Paderborn will ihre Einwohnerinnen und Einwohner sowie Betriebe auf die Möglichkeiten dieser Technologie aufmerksam machen und dazu informieren. Dies kann beispielsweise gemeinsam mit der EnergieAgentur.NRW oder der Verbraucherzentrale erfolgen.

#### Arbeitsschritte

- Ansprache möglicher Kooperationspartner
- Erstellung einer Beratungs- und Informationskampagne
- Umsetzung
- Evaluierung

#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Verbraucherzentrale
- EnergieAgentur.NRW
- Energieberater

Mögliche Umsetzungshemmnisse

■ Keine

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

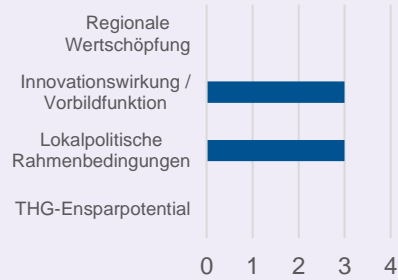
BMWi: Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer  
Energien im Wärmemarkt

### Bewertung

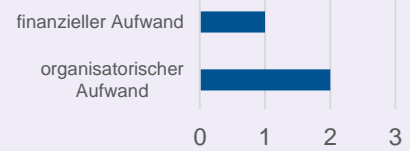
#### Effizienz



#### Wirksamkeit



#### Kosten



## Digitale Karte zur hydrogeologischen Potentialabschätzung

4.2

### ➤ Handlungsfeld: Umweltwärme

#### Zielsetzung / Fokus

Steigerung des Anteils von Erdwärme am Wärmemix

#### Beschreibung

Die Nutzung von Erdwärme stellt eine energieeffiziente Möglichkeit zur Wärmebereitstellung dar. Dazu werden bei geschlossenen Systemen mit Flüssigkeit gefüllte Rohre (Wasser oder Kältemittel/Sole) in das Erdreich eingebracht. Dieses kann auf verschiedenen Wegen erfolgen (Flächenkollektor, Ringgrabenkollektor, Bohrungen) und ist von den örtlichen Gegebenheiten (Geologie, vorhandenes Platzangebot, benötigte Energiemenge) abhängig. Als weitere Möglichkeit sind offene Systeme zu nennen, die das Grundwasser direkt ansaugen und über Schluckbrunnen wieder versickern. Durch die Nutzung des Erdreiches, sind auch im Winter hohe Wirkungsgrade der angeschlossenen Wärmepumpen erreichbar, die wesentlich höher ausfallen können als bei der Nutzung der Außenluft (bei Luft-Luft oder Luft-Wasser-Wärmepumpen). Damit lassen sich diese Systeme mit einem geringeren Primärenergiebedarf betreiben. Die Wirtschaftlichkeit hängt dabei vor allem vom Wärmebedarf des zu beheizenden Gebäudes ab, da die Installationskosten höher sind, als bei den anderen genannten Systemen, aber die Betriebskosten geringer ausfallen.

Um die Nutzung von Erdwärme weiter zu steigern und Planungsprozesse zu vereinfachen, will die Stadt eine Karte erstellen lassen, die die hydrogeologische Potentialabschätzung für die Wärmepumpennutzung ermöglicht.

Es gibt bereits für das Land NRW eine Potentialkarte, die jedoch zum Teil ungenau ist und die geologischen Gegebenheiten nicht berücksichtigt. (<https://www.geothermie.nrw.de/>)

Die Stadt Paderborn wird gemeinsam mit einem Fachbüro eine Karte erstellen, die die Nutzungsmöglichkeiten für Geothermie im Stadtgebiet darstellt und diese öffentlichkeitswirksam bewerben.

Auf diese Weise soll die Verbreitung dieser Technologie gefördert werden.

#### Arbeitsschritte

- Prüfung von Fördermöglichkeiten
- Sichtung von Bestandskarten in anderen Kommunen
- Ausschreibung / Ansprache von Fachbüros
- Umsetzung



	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Öffentlichkeitswirksame Bewerbung des Angebots</li> </ul>
Verantwortung / Akteur*innen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stadt Paderborn</li> <li>▪ Kreis Paderborn</li> <li>▪ Fachbüro</li> </ul>
Mögliche Umsetzungshemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> </ul>
Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten	



**Oberflächenwassernutzung für die Gebäudebeheizung** 4.3

➤ Handlungsfeld: Umweltwärme

Zielsetzung / Fokus  
Effiziente Nutzung der vorhandenen Wärmeströme

**Beschreibung**

Über Wärmepumpeneinsatz könnte die Wasserwärme aus Oberflächengewässern auf dem Stadtgebiet für Wärmesenken (Gebäude (bspw. Neubauten)) in der Nähe nutzbar gemacht werden. Dazu ist jedoch eine wasserrechtliche Genehmigung der zuständigen Behörde notwendig. In einem künstlichen Gewässer ist die Chance dafür höher als in einem natürlichen Gewässer. Zur Bereitstellung der Spitzenleistung kann ein Hackschnitzelkessel in einer Heizzentrale betrieben werden.

Diese Art der Umweltwärmenutzung ist noch wenig erprobt und daher als experimentell anzusehen.

**Arbeitsschritte**

- Prüfung des Oberflächenwasservolumenstroms und des Temperaturniveaus
- Ermittlung des Wärmebedarfs der umliegenden Liegenschaften
- Einbau eines Wasserwärmetauschers und Bau einer Heizzentrale
- Kontinuierliche Wartung der Anlagentechnik

**Verantwortung / Akteur\*innen**

- Stadt Paderborn
- Evtl. Fachbüro

**Mögliche Umsetzungshemmnisse**

- Oberflächenwasserwärmemengen reichen nicht aus
- zu wenige Anschlussnehmer

**Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten**      Beiträge der Wärmeabnehmer



## Potentialermittlung Abwasserwärme

4.4

### ➤ Handlungsfeld: Umweltwärme

#### Zielsetzung / Fokus

Erhöhung der Energieeffizienz von Wärmepumpen durch Nutzung geeigneter Abwärmequellen

#### Beschreibung

Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzung thermischer Energie aus dem Abwasser. Zur Bereitstellung einer nachhaltigen und effizienten Wärme sind baulich gute Rahmenbedingungen zu schaffen, um den Energiegehalt des Abwassers zur Beheizung der angrenzenden Liegenschaften zu nutzen. Hierzu muss in der Abwasserleitung ein Wärmetauscher installiert und der Energiegehalt durch eine Wärmepumpe auf ein geeignetes Temperaturniveau angehoben werden. (Hauptwassersammler Sande)

#### Arbeitsschritte

- Prüfung Durchfluss und mögliche Temperaturspreizung im Hauptwassersammler
- Ermittlung der möglichen Wärmegewinnung
- Prüfung auf mögliche Abnehmer in der Nähe
- Erstellung eines Konzeptes zur Nutzung der Abwärme

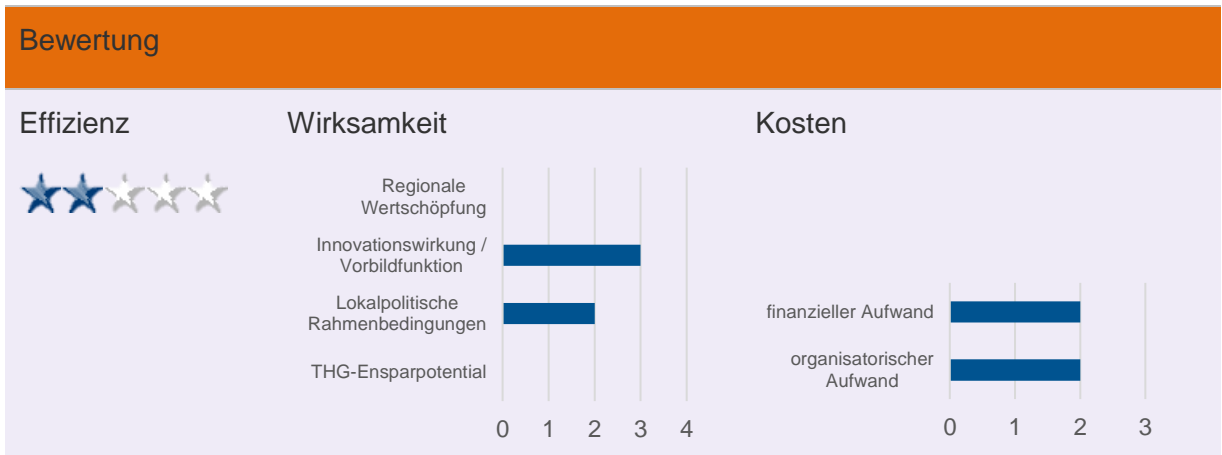
#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Mögliche Wärmeabnehmer

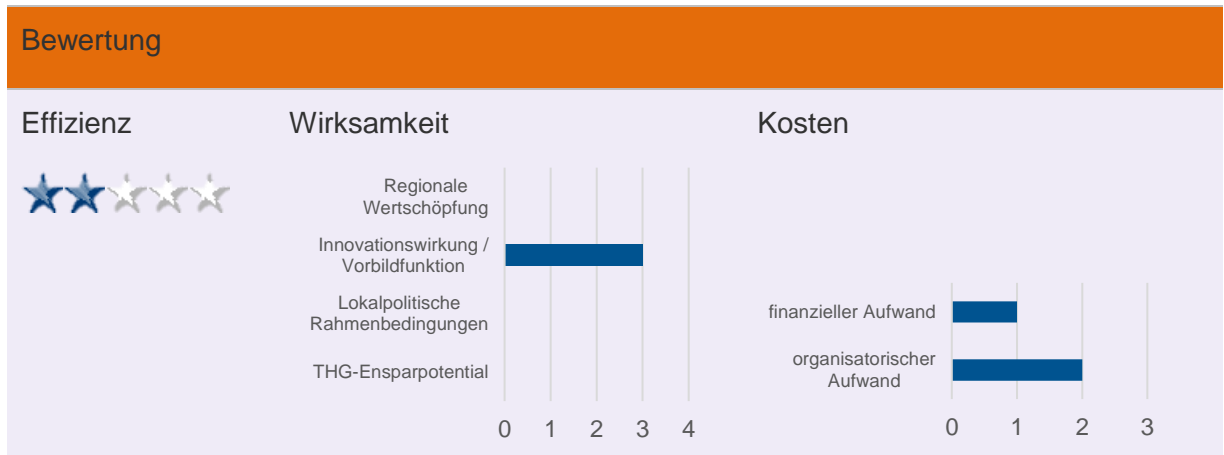
#### Mögliche Umsetzungshemmnisse

#### Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

Förderung für innovative Klimaschutzprojekte der NKI



Potentialermittlung Grundwasserwärme bei Firmen mit Wasserechten		4.5
➤ Handlungsfeld: Umweltwärme		
Zielsetzung / Fokus		
Ermittlung der Möglichkeiten zur Grundwasserwärmenutzung über bestehende Nutzungsrechte		
Beschreibung		
<p>Einige Firmen haben bereits Rechte zur Nutzung von Grundwasser. Das entnommene Wasser, kann auch zur Gewinnung von Wärme mittels Wärmepumpen genutzt werden. Es ist zu prüfen, welche Firmen ihre Rechte in welchem Maße ausnutzen und ob diese Nutzungsrechte möglicherweise auch zur Gewinnung von Wärme aus bisher ungenutztem Grundwasser gelten. Auf diese Weise könnten bestehende Strukturen mit geringem Aufwand für die Energiegewinnung nutzbar gemacht werden.</p> <p>Dazu ist mit den Unternehmen Kontakt aufzunehmen. Inhaber von Nutzungsrechten können über die wasserrechtlichen Genehmigungen ausfindig gemacht werden. Im Nachgang werden die Unternehmen angesprochen und gemeinsam geprüft, in welchem Maße Potentiale für die Wärmegewinnung bestehen. Falls Potentiale in ausreichendem Maße bestehen, sollen Geschäftsmodelle zur Nutzung der Wärme entwickelt werden. Die Nutzung kann entweder durch das Unternehmen direkt vor Ort oder von Dritten über ein Wärmenetz erfolgen.</p>		
Arbeitsschritte		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prüfung bestehender wasserrechtlicher Genehmigungen und Ansprache der Unternehmen</li> <li>▪ Eruiieren von Potentialen zur Wärmegewinnung</li> <li>▪ Entwicklung von Nutzungsmöglichkeiten der zu gewinnenden Wärme</li> <li>▪ Ggf. Umsetzung von Projekten</li> </ul>		
Verantwortung / Akteur*innen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stadt Paderborn</li> <li>▪ Inhaber von Rechten zur Grundwassernutzung</li> </ul>	
Mögliche Umsetzungshemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪</li> </ul>	
Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten		



## 7.5 HF 5: Versorgungsmodelle

### Prüfung eines Contracting-Angebote durch Stadtwerke

5.1

#### ➤ Handlungsfeld: Versorgungsmodelle

Zielsetzung / Fokus

Effizienzsteigerung der Wärmeversorgung

Beschreibung

Ein großes Hindernis für die Umstellung auf alternative Heizungssysteme stellen die hohen Anschaffungskosten dar. Durch ein Wärmecontracting könnten die Investitionskosten für den Verbraucher deutlich verringert werden und über die Stadtwerke finanziert werden.

Die Stadtwerke bieten bereits in Kooperation mit Energieservice Westfalen Weser ein Wärmecontracting an. Hier bietet sich eine Erweiterung um Angebote von erneuerbaren Energien an.

Um eine schrittweise Umstellung von konventionellen Anlagen auf erneuerbare Energien anzustoßen, sind in weiteren Schritten Finanzierung und Betrieb von Wärmepumpen in Kombination mit Photovoltaikanlagen sowie Speichereinheiten zu prüfen.

Der Zeitrahmen des Wärmecontracting beläuft sich, je nach technischem Umfang der Maßnahmen, auf 5 bis 15 Jahre.

Mit dieser Maßnahme kann die Umstellung von Gas- oder Ölheizungen auf alternative Heizungssysteme gefördert werden und so die Emissionen durch fossil betriebene Wärmebereitstellung verringert werden.

Arbeitsschritte

- Initiierung eines Pilotprojektes, z. B. im Geschosswohnungsbau
- Ausarbeitung des Contracting Angebotes der Stadtwerke
- Bewerbung und Vermarktung von Contracting Angeboten
- Nach Testphase Erweiterung des Angebots

Verantwortung / Akteur\*innen

- Ggf. Stadtwerke Paderborn
- Stadt Paderborn
- Energieservice Westfalen Weser
- Wohnungsbauunternehmen



- Mögliche Umsetzungshemmnisse
- Keine Abnahme der Contractingangebote
  - Unwirtschaftlichkeit durch sinkende Gaspreise

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten      Finanzierungsmodelle durch Stadtwerke, Land NRW, Stadt Paderborn



## Musterprojekt „Energieautarkes Quartier“

5.2

### ➤ Handlungsfeld: Versorgungsmodelle

#### Zielsetzung / Fokus

Pilotprojekt als „Blaupause“ für weitere Quartiere

#### Beschreibung

In Paderborn wird in den kommenden Jahren rege Bautätigkeit stattfinden. Neubauprojekte bieten die Chance, ein energieautarkes Quartier von der Konzeption über die Planung bis zur Baumaßnahme zu realisieren. Besonders Baufelder in den außenliegenden Stadtteilen bieten die ausreichende Größe, um eine weitestgehend energieautarke Siedlung zu planen.

Wesentliche Bestandteile eines energieautarken Stadtteils sind unter anderem: Wärme- und Stromversorgung aus erneuerbaren Energien, energetisch hochwertige Gebäude (z.B. Passivhausstandard oder KfW 40) und ein nachhaltiges Verkehrskonzept.

Aufgrund des Modellcharakters und der erhöhten Aufwendungen für dieses Projekt wird empfohlen, eine Fläche in öffentlichem Eigentum auszuwählen, bei der die Stadt Paderborn als Bauherrin auftreten kann. In Paderborn bieten sich dafür u.a. auch die Konversion militärischer Flächen, beispielsweise das Projekt „Waldkamp“ und das Zukunftsquartier (ehem. Barker-Areal) an.

Als Alternative zu der Konzeption einer energieautarken Siedlung im Neubau kann auch im Bestand ein Quartier dahingehend entwickelt werden, dass der lokale Energiebedarf vor Ort aus erneuerbaren Energien erzeugt wird.

#### Arbeitsschritte

- Auswahl eines Wohnbauprojektes
- Im Falle eines Bestandsquartiers: Ansprache der Eigentümer\*innen
- Erstellung eines Energiekonzeptes
- Umsetzung

#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn, Stadtplanungsamt
- Je nach Konzept u.U. Energieversorger,
- Wärmeservice Paderborn (WSP)
- Potenzielle Bauherren

Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Zu hohe Kosten
- Mangelnde Motivation der Eigentümer\*innen

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

KFW Förderprogramme, Eneff:Stadt Modellvorhaben



## Abwärmeverbund im Industriegebiet „Halberstädter Straße“

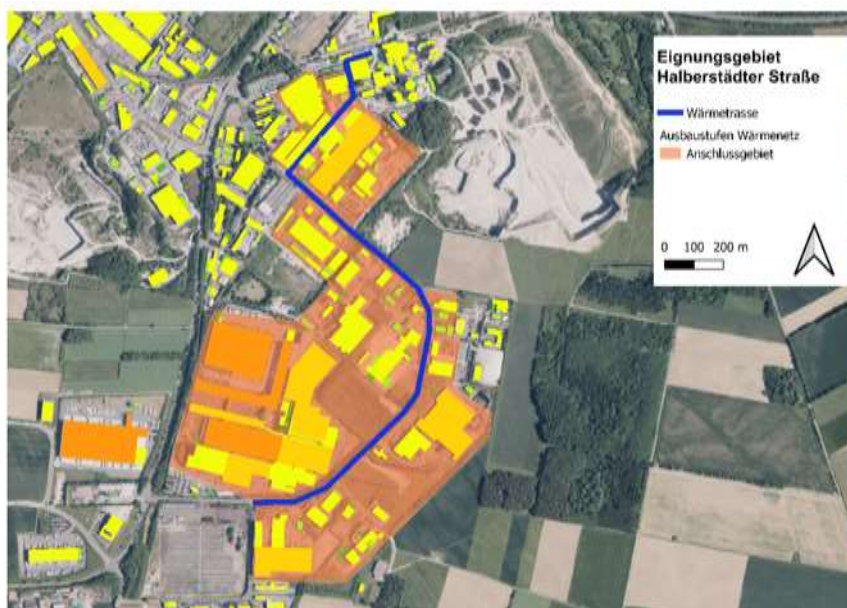
5.3

➤ Handlungsfeld: Versorgungsmodelle

Zielsetzung / Fokus

Effizienzsteigerung der Wärmeversorgung im Industriegebiet

Gebiet



Beschreibung

In Industriegebieten mit Unternehmen unterschiedlicher Branchen in denen in denen Potentiale für eine Abwärmenutzung zu erwarten sind, lohnt sich eine detaillierte Erhebung der Wärmequellen und Wärmesenken, um die Eignung für einen Abwärmeverbund zu untersuchen. Im Industriegebiet Halberstädter Straße ist mit größeren Abwärmepotentialen insbesondere der HeidelbergCement AG und der Stute Nahrungsmittelwerke GmbH & Co.KG zu rechnen, weswegen sich hier ein Pilotprojekt anbietet.

Potentiale für Wärmeverbände in Gewerbegebieten könnten im Rahmen von Klimaschutzteilkonzepten „Klimaschutz in Industrie- und Gewerbegebieten“ erhoben werden. Ein Wärmenutzungskonzept beinhaltet ein Kartenwerk, in dem alle Wärmeströme, Wärmesenken und Wärmequellen eines abgegrenzten Gebietes verzeichnet sind. Hierzu bedarf es einer detaillierten Bestandsaufnahme der Wärmebedarfe und der Abwärmepotentiale in den Unternehmen.

Antragsberechtigt sind hierfür nicht nur Kommunen, sondern auch die Betriebe als Zusammenschluss selbst.

Arbeitsschritte

- Ermittlung des Interesses der anliegenden Unternehmen
- Machbarkeitsstudie Abwärmeverbund

Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn, Stadtplanungsamt
- Ggf. Stadtwerke Paderborn und Energieservice Westfalen Weser
- Industriebetriebe

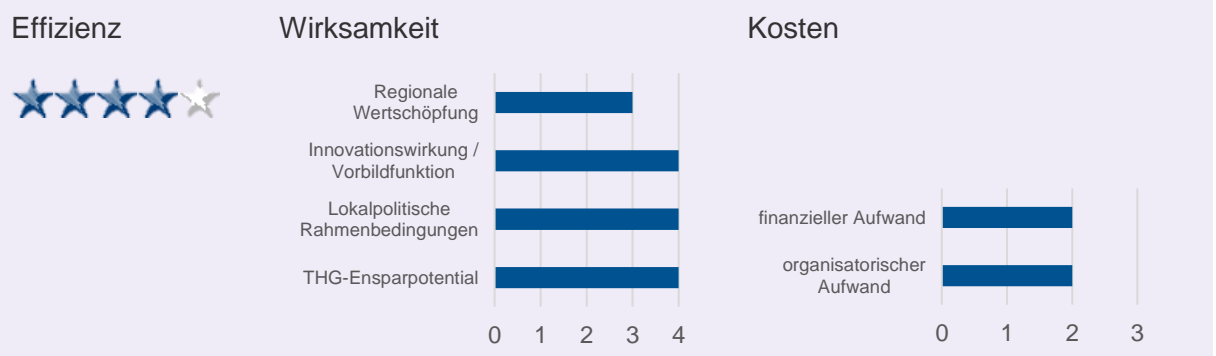
Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Zu hohe Kosten
- Mangelnde Motivation der Industriebetriebe

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

50 % Förderung über die nationale Klimaschutzinitiative des BMUB als Klimaschutzteilkonzept „Klimaschutz in Industrie- und Gewerbegebieten“

**Bewertung**



## 7.6 HF 6: Wärmenetze

Auf Basis der ermittelten Wärmedichten im Stadtgebiet (vgl. Abbildung 37: Methode für die kommunale Wärmeplanung) wurden potenzielle Nahwärmeeignungsgebiete identifiziert, die in den folgenden Steckbriefen kurz beschrieben werden. Voraussetzung für eine sinnvolle und wirtschaftliche Nutzung von Nahwärme ist allgemeingültig ein ganzjährig hoher Wärmebedarf in einem Netz mit begrenzter Ausdehnung. Entsprechend ist auch die Siedlungsstruktur bezüglich ihrer Bebauungsdichte, Gebäudegröße und verschiedenen Nutzungen ein wesentlicher Erfolgsfaktor für den Betrieb eines Nahwärmenetze. Die vorgeschlagenen Gebiete wurden auf Grundlage der im Kapitel 2.3.4 und 2.3.5 beschriebenen Methode ausgewählt.

### Erweiterung des Wärmenetzes Springbachhöfe

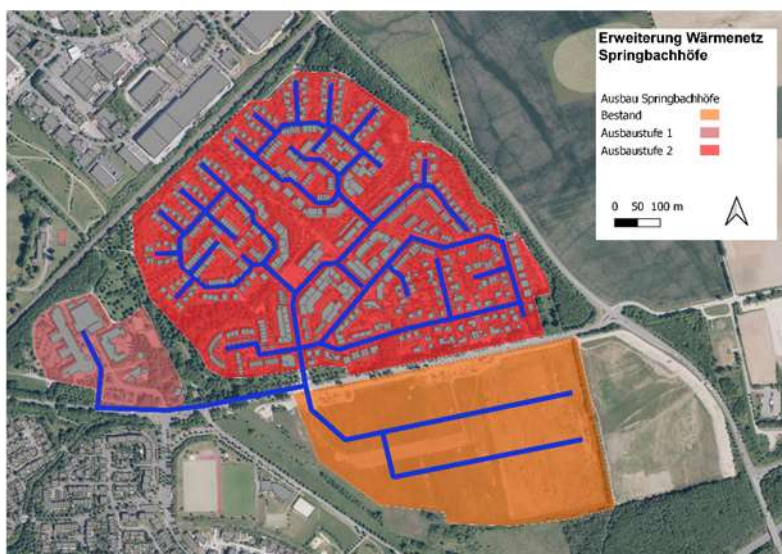
6.1

#### ➤ Handlungsfeld: Wärmenetze

#### Zielsetzung / Fokus

Bessere Ausnutzung der vorhandenen Kapazitäten / Anschluss weiterer Wohngebäude /  
Erhöhung des Anteils erneuerbarer Wärme

#### Gebiet



---

#### Trassenlänge

Ausbaustufe 1: 640m

Ausbaustufe 2: 5,6 km

---

#### Anschlüsse

Ausbaustufe 1: 8 Gebäude

Ausbaustufe 2: 288 Gebäude

---

#### Wärmebedarf im Gebiet

Ausbaustufe 1: 3,67 Mio. kWh/a

Ausbaustufe 2: 13,98 Mio. kWh/a

---

#### Wärmebelegung

---

#### Beschreibung

Durch eine niedrige Anschlussquote im Neubaugebiet Springbachhöfe sind die Kapazitäten der Heizzentrale nicht ausgelastet. Als Erweiterungsgebiete bieten sich die Kaukenbergschule sowie das auf der gegenüber liegender Seite der Driburger Straße gelegene Wohngebiet Kaukenberg an.

---

#### Arbeitsschritte

- Detailprüfung der identifizierten Netztrasse auf Machbarkeit
  - Kontaktierung der Gebäudeeigentümer\*innen zur Einschätzung des Anschlussinteresses und Erhöhung des Anschlussgrades
- 

#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
  - Energieservice Westfalen Weser GmbH
  - Private Haushalte im Projektgebiet
- 

#### Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Anschlussbereitschaft
-

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten      Eigenmittel, gegebenenfalls Förderung durch Bund oder Land (s. Anhang1: Übersicht über Förderungen für Wärmenetze)





## Eignungsgebiet Rolandbad / Schützenhof

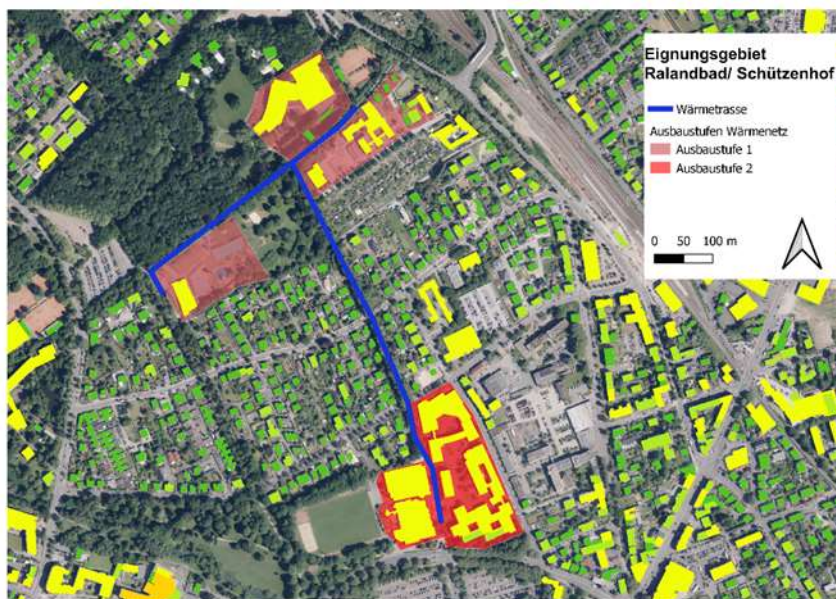
6.2

➤ Handlungsfeld: Wärmenetze

Zielsetzung / Fokus

Aufbau eines Nahwärmenetzes zur gemeinsamen Wärmeversorgung des Rolandbades, des Schützenhofes und evtl. weiterer Gebäude

Gebiet



Trassenlänge

Ausbaustufe 1: 490 m

Ausbaustufe 2: 670 m

Anschlüsse

Ausbaustufe 1: 16 Gebäude

Ausbaustufe 2: 13 Gebäude

---

#### Wärmebedarf im Gebiet

Ausbaustufe 1: 3,26 Mio. KWh/a

Ausbaustufe 2: 9,1 Mio. KWh/a

---

#### Beschreibung

Das Rolandbad und der in der Nähe liegende Schützenhof benötigen aktuell eine neue Wärmeversorgung. Hier bietet sich eine gemeinsame Lösung an, da das Freibad insbesondere in den Sommermonaten einen hohen Wärmebedarf hat, während der Schützenhof im Winter die meiste Wärme benötigt.

Eine gemeinsame Wärmeversorgung in einem Nahwärmenetz könnte zukünftig zur „Keimzelle“ für den Ausbau des Netzes und dem Anschluss weiterer Wärmeabnehmer in der näheren Umgebung werden. Mögliche Wärmeabnehmer für eine zukünftige Erweiterung wären evtl. das Edith-Stein Berufskolleg, das Helene-Weber Berufskolleg und das Ludwig Erhard Berufskolleg.

---

#### Arbeitsschritte

- Detailprüfung der identifizierten Netztrasse auf Machbarkeit
  - Kontaktierung der Gebäudeeigentümer\*innen und Betreiber\*innen zur Einschätzung des Anschlussinteresses
- 

#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
  - Energieservice Westfalen Weser GmbH
  - Vertreter der Unternehmen / Schulen
- 

#### Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Anschlussbereitschaft
- 

#### Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

Eigenmittel, gegebenenfalls Förderung durch Bund oder Land (s. Anhang Anhang1: Übersicht über Förderungen für Wärmenetze)

---



## Ausbau des existierenden Kaltwassernetzes in der Innenstadt

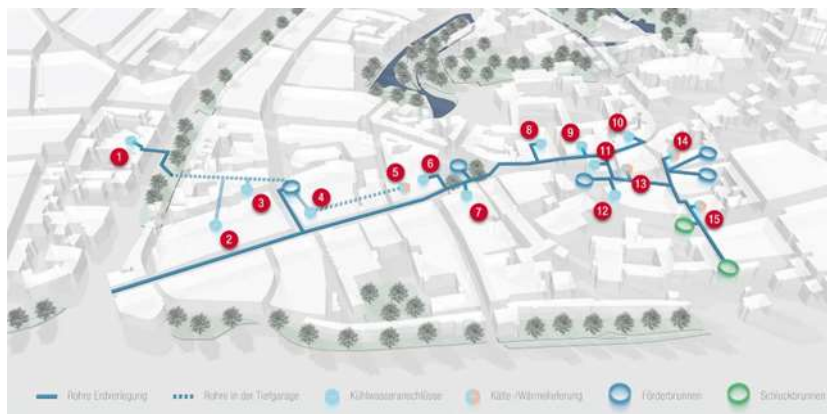
6.3

### ➤ Handlungsfeld: Wärmenetze

Zielsetzung / Fokus

Effizienzsteigerungen / Anschluss weiterer Wohngebäude / Erhöhung des Anteils erneuerbarer Wärme

Gebiet



Trassenlänge

k.A.

Anschlüsse

k.A.

Wärmebedarf im Gebiet

k.A.

Wärmebelegung

---

k.A.

---

### Beschreibung

Seit 1992 wird in der Paderborner Innenstadt Grundwasser zur energiesparenden Kühlung in Gebäuden genutzt. In Weiterentwicklung dieser regenerativen Energiegewinnung wird seit einigen Jahren das Wasser gleichzeitig auch zur Beheizung von Gebäuden verwendet.

Das Wasser stammt aus der Grundwasserabsenkung unter einem Parkhaus. Bisher wird nur die Hälfte des Wassers für das Kaltwassernetz genutzt

Hier soll geprüft werden, ob für einen Ausbau des Netzes Anschlussinteresse für die umliegenden Gebäude für eine Kälte- bzw. Wärmenutzung besteht, und ob eine Netzerweiterung wirtschaftlich umsetzbar ist.

---

### Arbeitsschritte

- Ermittlung von Anschlussinteresse von potenziellen Wärme- und Kältekunden in der näheren Umgebung
- Machbarkeitsstudie zum Ausbau des Kaltwassernetzes

---

### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Energieservice Westfalen Weser GmbH
- Private Haushalte im Projektgebiet

---

### Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Anschlussbereitschaft

---

### Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

Eigenmittel, gegebenenfalls Förderung durch Bund oder Land (s. Anhang Anhang1: Übersicht über Förderungen für Wärmenetze)

---



## Neues Wärmenetz entlang der Husener Straße

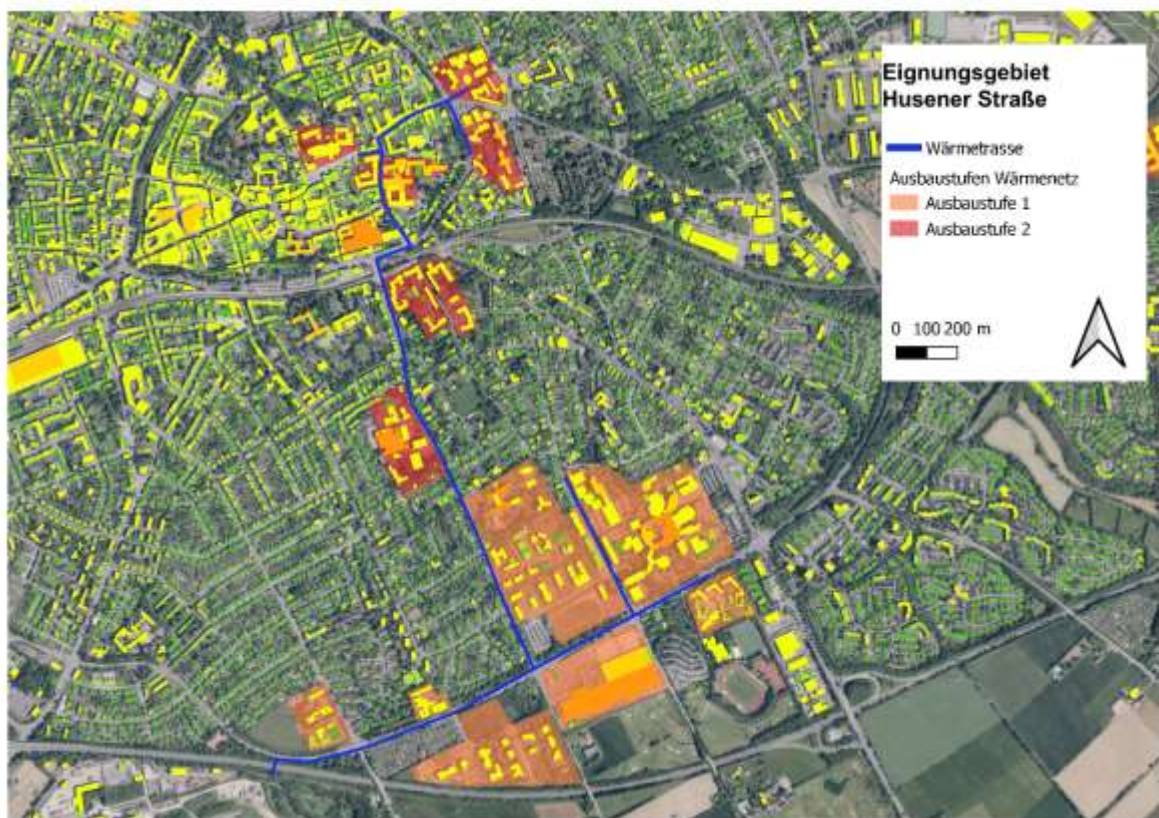
6.4

➤ Handlungsfeld: Wärmenetze

Zielsetzung / Fokus

Effizienzsteigerungen / Anschluss weiterer Wohngebäude / Erhöhung des Anteils erneuerbarer Wärme

Gebiet



Trassenlänge

Ausbaustufe 1: ca. 3,3 km

Ausbaustufe 2: ca. 1,5 km

---

#### Anschlüsse

Ausbaustufe 1: ca. 151 Gebäude

Ausbaustufe 2: ca. 113 Gebäude

---

#### Wärmebedarf im Gebiet

Ausbaustufe 1: 63,55 Mio. KWh/a

Ausbaustufe 2: 52,97 Mio. KWh/a

---

#### Beschreibung

Entlang des Südrings und im südlichen Teil der Husener Straße befinden sich einige größere, teilweise kommunale Wärmeabnehmer, die durch ein Wärmenetz u.a. mit Abwärme von in der Nähe liegenden Industrieunternehmen klimafreundlich mit Wärme versorgt werden können.

Weitere Ausbaustufen entlang der Husener Straße in Richtung der Innenstadt und der Wohngebiete östlich und westlich der Husener Straße sind aufgrund der hohen Wärmebedarfsdichte in diesem Gebiet voraussichtlich wirtschaftlich umsetzbar. Eine Wärmetrasse vom südlichen Stadtrand bis in die Innenstadt hinein könnte darüber hinaus zukünftig den Grundstein dafür darstellen, das Anschlussgebiet zukünftig in die Wohngebiete östlich und westlich der Husener Straße hinein zu erweitern

Als ein möglicher Ankerkunde im Stadtzentrum könnte das Erzbistum Paderborn fungieren. Für die Domplatte wurde bereits berechnet, dass unter bestimmten Rahmenbedingungen die Errichtung eines Wärmenetzes wirtschaftlich sein kann. Da das Erzbistum derzeit prüft, wie die Ertüchtigung der dort vorhandenen Wärmeerzeuger umgesetzt werden kann, sollten kurzfristig Gespräche geführt werden. Eine erste Kontaktaufnahme ist bereits im Rahmen der Konzepterstellung erfolgt.



Arbeitsschritte

- Detailprüfung der skizzierten Netztrasse auf Machbarkeit
- Ermittlung des Anschlussinteresses der vorgesehenen Wärmeabnehmer
- Prüfung weiterer regenerativer Wärmequellen (z.B. Biomasse-HKW, Solarthermieanlage im Bereich südlich des Südrings)

Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Energieservice Westfalen Weser GmbH
- Ggf. Stadtwerke Paderborn
- Externe Dienstleister

Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Anschlussbereitschaft
- Finanzierung der Investitionskosten

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

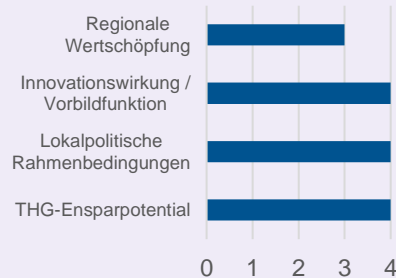
Eigenmittel, gegebenenfalls Förderung durch Bund oder Land (s. Anhang1: Übersicht über Förderungen für Wärmenetze)

Bewertung

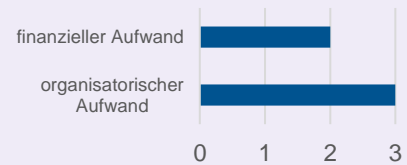
Effizienz



Wirksamkeit



Kosten



## 7.7 HF 7: Sonstiges

In Bestandsquartieren mit hoher Wohn- und Wärmedichte, in netzfernen Bereichen, machen oftmals Verbundlösungen für den Einsatz erneuerbarer Energien Sinn. Die Umstellung auf einen alternativen Energieträger (z. B. Biomasse, Biomethan) in Verbindung mit der energetischen Ertüchtigung der Gebäude auf Quartiersebene hat sich oftmals als erfolgreich herausgestellt.

Die KfW fördert im Rahmen des KfW-Programmes 432 die Erstellung von integrierten energetischen Quartierskonzepten und die Einstellung eines Sanierungsmanagers zur späteren Umsetzung des Konzeptes. Im Rahmen eines integrierten energetischen Quartierskonzeptes werden Anforderungen an energetische Gebäudesanierungen, effiziente Energieversorgungssysteme und den Ausbau regenerativer Energien mit demografischen, ökonomischen, städtebaulichen und wohnungswirtschaftlichen Belangen verknüpft. Besonders in aktuellen oder abgeschlossenen Sanierungsgebieten kann ein energetisches Quartierskonzept eine sinnvolle Ergänzung darstellen, um Synergieeffekte zwischen Städtebau, barrierefreiem Wohnen und Energieversorgung aufzuzeigen und bestehende Netzwerke und Strukturen zu nutzen.

Für Paderborn werden daher folgende vier Quartierskonzepte vorgeschlagen.

## Quartierskonzept Elsen

7.1

➤ Handlungsfeld: Sonstiges

Zielsetzung / Fokus

Nachhaltige Gestaltung des demografischen Wandels in Paderborns Stadtteilen

Gebiet



Beschreibung

Der Stadtteil Elsen ist geprägt von ausgedehnten Wohngebieten mit vorherrschender Einfamilienhaus-Bebauung. Ein großer Anteil dieser Gebäude entstand im Zeitraum zwischen 1975 und 2000 überwiegend als Wohnraum für Familien. Durch den Auszug der inzwischen erwachsenen Kinder sind heute über 80% der Haushalte Ein- oder Zweipersonenhaushalte. Hier ist mit einem Generationswechsel in den kommenden Jahren zu rechnen, der durch ein Quartierskonzept nachhaltig und generationengerecht gestaltet werden soll.

---

Daher soll für den Stadtteil Elsen ein Energetisches Quartierskonzept erstellt werden, das die demografische Entwicklung im Quartier mit den Herausforderungen der energetischen Stadtsanierung verbindet. Im Rahmen des Quartierskonzeptes sollen dabei Lösungen erarbeitet werden, die auch auf andere Stadtteile mit vergleichbaren Strukturen und Entwicklungen übertragen werden können.

Schwerpunkt des Quartierskonzeptes sind u.a. Mehrgenerationen-Wohnprojekte, altersgerechtes Wohnen, generationengerechte Verkehrsangebote, Anpassung an die zunehmende Hitzebelastung im Hochsommer, aber auch die Erhöhung der Sanierungsquote der Bestandsgebäude.

---

#### Arbeitsschritte

- Auswahl des Quartiers
  - Antragsstellung zur KfW-Förderung
  - Konzepterstellung unter Einbindung aller relevanter Akteur\*innen (s.u.)
  - Bausteine integrierter energetischer Quartierskonzepte
  - Ggf. Beantragung eines Sanierungsmanagers zur Koordinierung der Konzeptumsetzung
  - Sanierungsmanager Monitoring und Evaluierung
- 

Verantwortung / Akteur*innen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stadt Paderborn</li> <li>▪ Wohnungsbaugesellschaften</li> <li>▪ Energieversorger</li> <li>▪ Lokale Architekten, Planer und Energieberater</li> </ul>
------------------------------	---

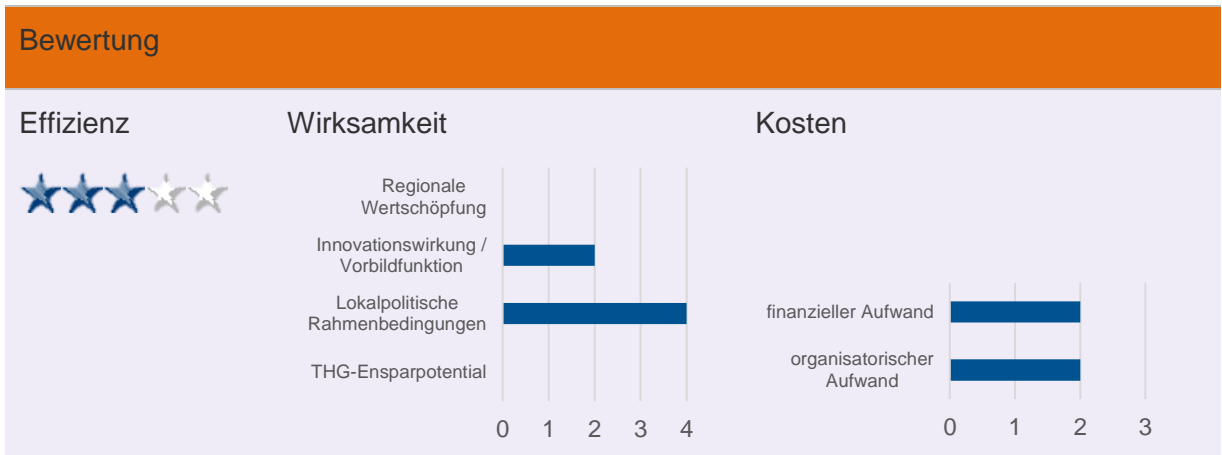
---

Mögliche Umsetzungshemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hoher Aufwand</li> </ul>
------------------------------	---

---

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten	KfW-Programm	432	Energetische Stadtsanierung und Eigenmittel der Stadt
--	--------------	-----	---

---



## Quartierskonzept westliche Kernstadt

7.2

### ➤ Handlungsfeld: Sonstiges

Zielsetzung / Fokus

Energetische Sanierung der Paderborner Kernstadt

Gebiet



Beschreibung

Die Kernstadt ist der Bereich in Paderborn, der aufgrund der hohen Bebauungsdichte und der hohen Geschossfläche die höchsten Wärmebedarfe und den größten Energiebedarf für die Kühlung der Gebäude aufweist. Gleichzeitig stammen viele der Gebäude in der westlichen Kernstadt aus der Nachkriegszeit und haben großes Potential für Energieeinsparungen. Für das Gebiet der westlichen Kernstadt wird daher die Erstellung eines Quartierskonzeptes empfohlen um Gebäudeeigentümer\*innen, Mieter\*innen und weitere Nutzer\*innen gezielt über die Chancen und Möglichkeiten der energetischen Gebäudesanierung zu informieren und dieses Thema mit weiteren Aspekten wie u.a. einer nachhaltigen Stadtentwicklung und Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung zu verbinden.

Ein Ansatzpunkt für eine klimaneutrale Versorgung der Gebäude in der westlichen Kernstadt stellt u.a. eine mögliche Erweiterung des bestehenden Kaltwassernetzes dar.

Arbeitsschritte

- Auswahl des Quartiers
- Antragsstellung zur KfW-Förderung
- Konzepterstellung unter Einbindung aller relevanter Akteur\*innen (s.u.)
- Bausteine integrierter energetischer Quartierskonzepte
- Ggf. Beantragung eines Sanierungsmanagers zur Koordinierung der Konzeptumsetzung
- Sanierungsmanager Monitoring und Evaluierung

Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Wohnungsbaugesellschaften
- Energieversorger
- Lokale Architekten, Planer und Energieberater

Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Hoher Aufwand

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

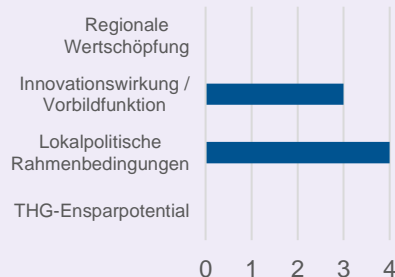
KfW-Programm 432

Bewertung

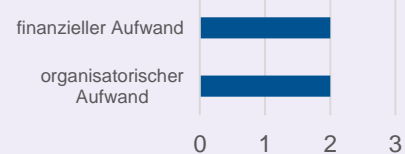
Effizienz



Wirksamkeit



Kosten



## Quartierskonzept Energie „Zukunftsquartier“

7.3

➤ Handlungsfeld: Sonstiges

Zielsetzung / Fokus

Energetisches Modellprojekt bei der Revitalisierung von Konversionsflächen

Gebiet



Beschreibung

In Paderborn gibt es zahlreiche militärische Liegenschaften, die nach dem 2. Weltkrieg vom britischen Militär genutzt wurden. Durch die Freigabe dieser Flächen steht die Stadt Paderborn in den nächsten Jahren vor der großen Chance diese Flächen und Gebäude für eine Nachnutzung neu In-Wert setzen zu können.

Für das Zukunftsquartier (ehem. Barker Areal.) hat die Stadt Paderborn bereits vorgesehen, einen Modellstadtteil mit neuen Formen der Nutzungsmischung sowie einer ganz eigenen Form der Urbanität zu entwickeln. Der Stadtteil soll die Chancen digitaler Technologien für die Entfaltung neuer urbaner Praktiken nutzen und somit zu einer smarten Stadtentwicklung beitragen.



Durch die Erstellung eines energetischen Quartierskonzeptes bietet sich hier die Chance das Thema der energetischen Stadtsanierung, der zu erhaltenden Bestandsgebäude, von Beginn an in die Planungen einzubeziehen und die verschiedenen sektoralen Entwicklungsziele integriert zu betrachten.

Arbeitsschritte

- Auswahl des Quartiers
- Konzepterstellung unter Einbindung aller relevanter Akteur\*innen (s.u.)
- Umsetzung des Energieversorgungskonzeptes

Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Wohnungsbaugesellschaften
- Energieversorger
- Architekturbüros, Planungsbüros und Energieberater

Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Hoher Aufwand
- Kosten

Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

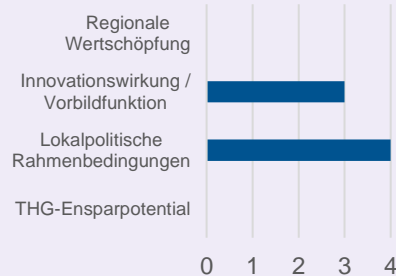
Ggf. KFW-Programm 432

Bewertung

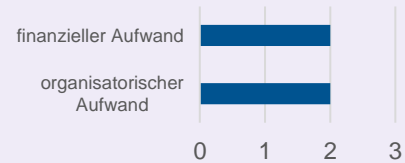
Effizienz



Wirksamkeit



Kosten



## Quartierskonzept Paderborner Südstadt

7.4

➤ Handlungsfeld: Sonstiges

Zielsetzung / Fokus

Erhöhung der Sanierungsquote, nachträgliche Dämmung von Gebäuden mit zweischaligem Mauerwerk

Gebiet



Beschreibung

In der Paderborner Südstadt liegen ausgedehnte Wohnbereiche mit überwiegend Ein- und Zweifamilienhäusern und einigen Mehrfamilienhäusern. Ein größerer Anteil dieser Gebäude hat Außenwände aus zweischaligem Mauerwerk. Dabei hat die Innenschale die tragende Funktion, die Außenschale aus Vormauerziegel, Klinker oder Handformziegel dem Wetterschutz. Durch eine nachträgliche Dämmung des meistens zwischen 1,5 und 10 cm breiten Zwischenraum kann die Dämmeigenschaft der Wand schnell und relativ kostengünstig verbessert werden. Durch ein integriertes Quartierskonzept sollen die Gebäudeeigentümer\*innen über diese und weitere Sanierungsmaßnahmen informiert werden.

Ein weiteres Instrument, um die Sanierungsquote in der Paderborner Südstadt zu erhöhen, ist der Ansatz der seriellen Sanierung. Dabei werden Synergieeffekte genutzt, die durch die gemeinsam geplanten und gleichzeitig durchgeführten Sanierungsarbeiten an mehreren ähnlichen Gebäuden möglich werden, beispielsweise durch die Nutzung von industriell vorgefertigten Werkstücken.

#### Arbeitsschritte

- Auswahl des Quartiers
- Antragsstellung zur KfW-Förderung (KfW 432)
- Konzepterstellung unter Einbindung aller relevanter Akteur\*innen (s.u.)
- Bausteine integrierter energetischer Quartierskonzepte
- Ggf. Beantragung eines Sanierungsmanagers zur Koordinierung der Konzeptumsetzung (KfW 432)
- Sanierungsmanager Monitoring und Evaluierung

#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Wohnungsbaugesellschaften
- Energieversorger
- Lokale Architekten, Planer und Energieberater

#### Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Hoher Aufwand

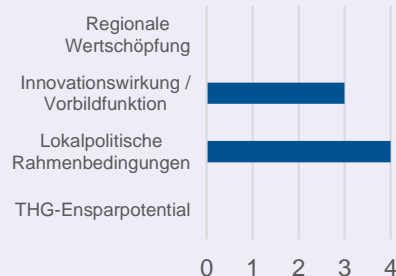
#### Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten KfW-Programm 432

### Bewertung

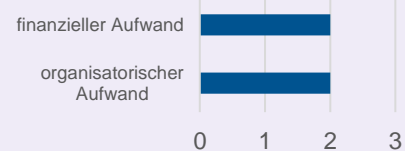
#### Effizienz



#### Wirksamkeit



#### Kosten



## Initiierung von Klimaschutznetzwerken

7.5

### ➤ Handlungsfeld: Sonstiges

#### Zielsetzung / Fokus

#### Beschreibung

Ein Klimaschutz-Netzwerk kann durch die Zusammensetzung seiner Netzwerkteilnehmer Einfluss auf den regionalen Klimaschutz nehmen. Dabei können kommunale Akteur\*innen und die Privatwirtschaft in einem Klimaschutz-Netzwerk zusammenarbeiten.

Projekte können so definiert werden, dass sie einen möglichst breiten Bedarf in der Kommune oder der ganzen Region abdecken. Die Kommunalrichtlinie gibt ein Themenspektrum vor, das eine große Bandbreite an Projekten ermöglicht. Dadurch kann jedes Klimaschutz-Netzwerk exakt auf die Themenfelder ausgerichtet werden, deren Bearbeitung in der Kommune als wichtig empfunden wird. Für Paderborn wird angestrebt, Klimaschutznetzwerke mit dem Zweck der Entwicklung von Wärmeverbänden zu etablieren. Hier sind insbesondere die Unternehmen bzw. Akteur\*innen anzusprechen, die in möglichen Gebieten für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung ansässig sind. Dies können in der Innenstadt beispielsweise Kliniken, Einrichtungen der Universität Paderborn, das Erzbistum oder auch größere Einkaufszentren sein. Weiterhin bieten sich einige Gewerbegebiete zur Einrichtung solcher Netzwerke an.

Die Kommunalrichtlinie schreibt vor, dass die fachliche Betreuung und Beratung des Klimaschutz-Netzwerks durch ausgewiesene Experten zu erfolgen hat. Ein Berater ist fest vorgeschrieben, weitere Experten können während der Netzwerklaufzeit hinzugezogen werden. Damit ist eine kontinuierlich gecoachte Auseinandersetzung mit den relevanten Themen gegeben.

#### Arbeitsschritte

- Prüfung möglicher Themen für Klimaschutz-Netzwerke
- Ansprache und Information möglicher Netzwerk-Teilnehmer

Verantwortung / Akteur*innen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stadt Paderborn</li> <li>▪ Weitere Akteur*innen aus der Kommune oder der Privatwirtschaft</li> <li>▪ Externer Berater</li> </ul>
Mögliche Umsetzungshemmnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mangelnde Motivation möglicher Netzwerk-Partner</li> </ul>
Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten	70% Förderung durch die Kommunalrichtlinie



## Energiespeicherung zur sektoralen Vernetzung (Power to Gas / Power to Heat)

7.6

### ➤ Handlungsfeld: Sektorkopplung

#### Zielsetzung / Fokus

Erhöhung des EE-Anteils aller Sektoren durch Speicherung und Umwandlung überschüssigen Stroms zur Wärmebereitstellung und Mobilität

#### Beschreibung

Langfristig wird es auf Grund eines immer weiter ansteigenden Anteils volatiler erneuerbarer Energien zwingend notwendig sein, Flexibilität bei der Nutzung von Überschussstrom zu erlangen. Gleichzeitig ergibt sich über die Umwandlung und Speicherung von Strom die Möglichkeit zur Sektorkopplung. Dies bedeutet, dass die Sektoren Strom, Mobilität und Wärme miteinander verknüpft werden. So kann Strom zum Betrieb von E-Fahrzeugen dienen, diese wiederum können als sekundäre Speicher von elektrischer Energie dienen. Die Umwandlung von Strom in Wärme oder chemische Energie (über Elektrolyse) wiederum ermöglicht dann die Kopplung von Strom- und Wärmesektor.

Weitere Power to Heat Anlagen können als Ergänzung an den verschiedenen Standorten der Wärmeerzeugung errichtet werden. In Frage kommen hier vor allem die Standorte mit KWK-Anlagen. Die Nutzung von Anlagen mit hoher Effizienz sollte hier Vorrang haben. Daher ist vor allem auf den Einsatz von Wärmepumpen zu setzen. Elektrodenkessel oder ähnliche direkte Umwandlung von Strom in Wärme sollten nur dort eingesetzt werden, wo hohe Temperaturen, bspw. für Prozesswärme, benötigt werden.

So genannte Power to Gas Anlagen setzen elektrische Energie in Wasserstoff um. Dieser kann wiederum zu synthetischem Methan oder flüssigen Treibstoffen (Power to Liquid) umgewandelt werden. So kann überschüssige elektrische Energie beispielsweise im Gasnetz gespeichert werden.

Es sollte ein Konzept für das Stadtgebiet erstellt werden, das die verschiedenen Technologien sinnvoll in die bestehende Infrastruktur einbindet. Gasnetz und Fernwärmenetz sowie die auszubauende Infrastruktur für Elektromobilität müssen dazu in ein Gesamtkonzept einbezogen und die Möglichkeiten zur Einbindung verschiedener

Akteur\*innen (z. B. Infrastrukturbetreiber\*innen für E-Mobilität, ggf. Stadtwerke, Wärmecontractoren) untersucht werden.

#### Arbeitsschritte

- Regelmäßige Prüfung der bestehenden rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen
- Festlegung geeigneter Technologien und Standorte
- Detailberechnung für Dimensionierung der Anlagen
- Umsetzung bei erkennbarer Wirtschaftlichkeit

#### Verantwortung / Akteur\*innen

- Stadt Paderborn
- Energieservice Westfalen Weser
- Weitere Betreiber\*innen von KWK-Anlagen

#### Mögliche Umsetzungshemmnisse

- Lange Amortisationszeit

#### Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten

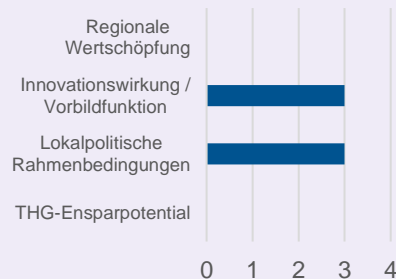
Eigenmittel, gegebenenfalls Förderung durch Bund oder Land

### Bewertung

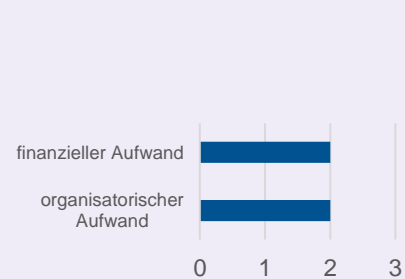
#### Effizienz



#### Wirksamkeit



#### Kosten



## 8 Umsetzungskonzept

### 8.1 Kommunikationsstrategie

Die Kommunikationsstrategie dient der Ansprache weiterer Akteur\*innen im Anschluss an die Erarbeitung des Konzeptes (Umsetzungsphase). Die Ansprache verfolgt dabei die unterschiedlichen Zielsetzungen „Informieren“ - „Beteiligen“ - „Kooperieren“.

Im Rahmen der Kommunikationsstrategie wird ein auf den lokalen Kontext zugeschnittenes Vorgehen erarbeitet, welches aufzeigt, wie einerseits die Inhalte der vorliegenden Konzeption in der Bevölkerung sowie bei weiteren relevanten Akteur\*innen verbreitet und andererseits für die Umsetzung der dort entwickelten Maßnahmen ein breiter Konsens und aktive Mitarbeit erreicht werden können.

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Zielgruppen beinhaltet die Kommunikationsstrategie auch Wege der Ansprache für die relevanten Akteursgruppen, um auf ihre spezifischen Interessen, Bedürfnisse und Möglichkeiten einzugehen.

Die bereits heute vielfältigen Kommunikationswege der Stadt Münster dienen als Grundlage der zu erarbeitenden Kommunikationsstrategie.

Hierzu finden insbesondere die örtlichen Medien und Verteiler ihre Berücksichtigung, die für Kampagnen genutzt werden und über die spezifische Informationen verbreitet oder bestimmte Zielgruppen erreicht werden sollen.

#### 8.1.1 Netzwerke

Dem schrittweisen Ausbau der Kooperation mit den örtlichen Akteur\*innen ist eine zielgruppenorientierte Ansprache voranzustellen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass durch den unterschiedlichen Beratungsbedarf das Zusammenfassen von Akteur\*innen zu Gruppen sinnvoll und zielführend ist (DIFU 2011, S. 167).



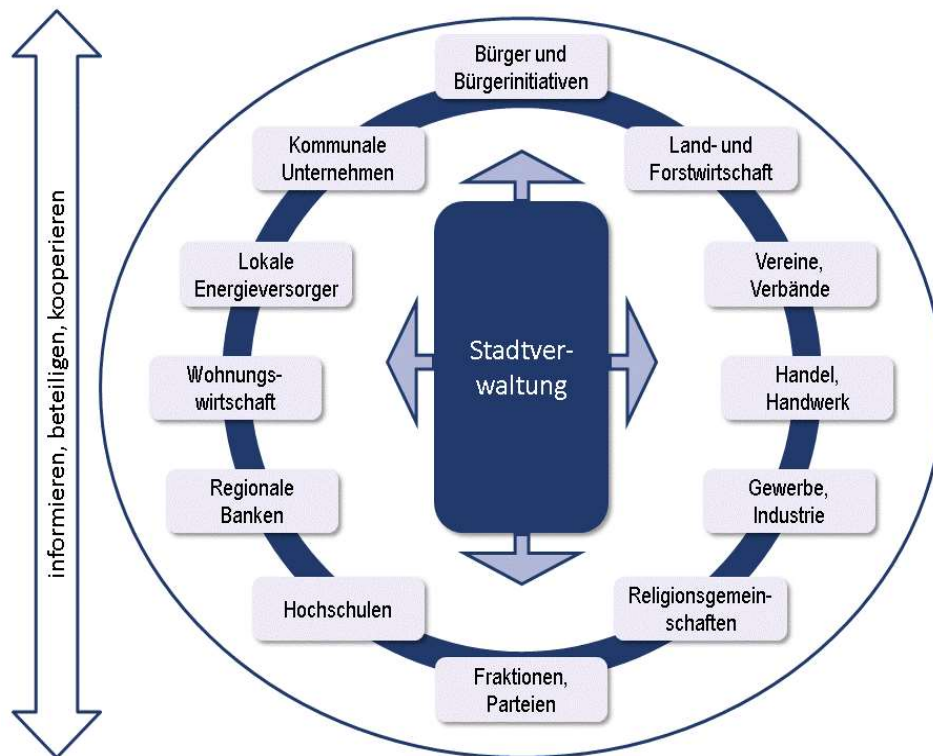


Abbildung 82: Akteur\*innennetzwerk (DIFU 2011)

Der Fokus der Partizipationsaktivitäten im Bereich der Maßnahmen zum Ausbau der erneuerbaren Energien und der Nutzung von Potentialen zur klimaschonenden Wärmebereitstellung auf dem Stadtgebiet Paderborn ist vielschichtig. Insbesondere die folgenden Zielgruppen unterliegen einer besonderen Fokussierung:

- Wohnungswirtschaft
- Private Hauseigentümer\*innen
- Industrie und Gewerbe

Die Vernetzung der Akteur\*innen untereinander ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für ihre Partizipation. Durch die Transparenz zwischen allen Mitwirkenden können Innovationen angeregt und gegenseitiges Verständnis bei Umsetzungsproblemen geweckt werden.

Neben der klassischen zielgruppenorientierten Ansprache der Akteur\*innen ist es wichtig, dass die Stadtverwaltung Paderborn als Gesamtkoordinator und Vermittler auch innerhalb der eigenen Strukturen gut vernetzt ist. Die verschiedenen Bereiche, Ämter sowie städtischen Gesellschaften müssen untereinander in hohem Maße im Austausch stehen und kommunizieren.

Die bestehende AG Klimaschutz und die Projektgruppe zur Umsetzung der klimaneutralen Stadtverwaltung sollten diese Rolle übernehmen.

Die Akteursnetzwerke dienen als Multiplikator und Ideengeber. Abbildung 83 zeigt den Aufbau der zielgruppenorientierten Ansprache über Netzwerkstrukturen.

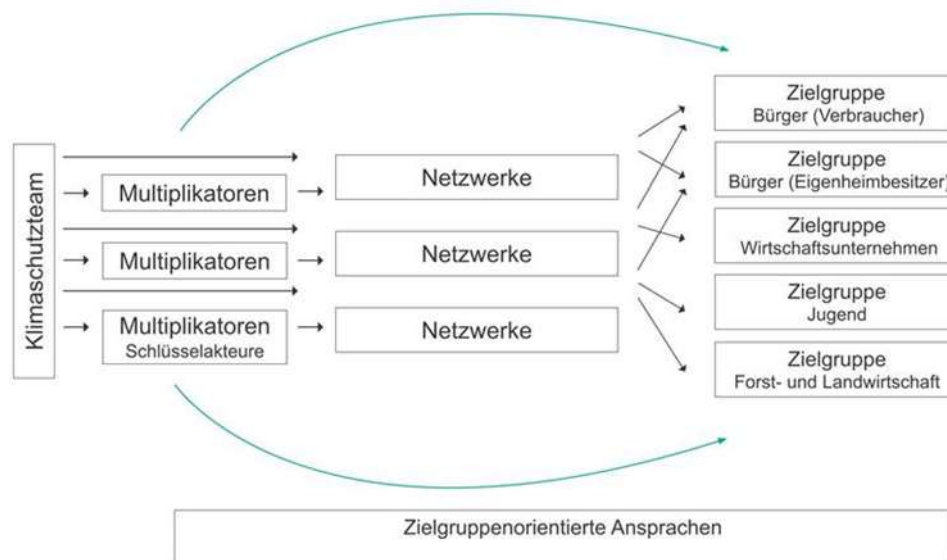


Abbildung 83: Struktur der Netzwerkarbeit (eigene Abbildung)

### 8.1.2 Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungsprozesse

Bezogen auf die Akteursgruppen existiert eine unterschiedliche Einbindungsintensität (Abbildung 84). Von der Information und Motivation über die Beteiligung bis hin zur Kooperation mit unterschiedlichen Akteur\*innen kann die Öffentlichkeitsarbeit und Akteur\*innenbeteiligung reichen (DIFU 2011, S. 133). Je nachdem, welche Einbindungsintensität angestrebt wird, können verschiedene Methoden für den Beteiligungsprozess herangezogen werden.



Abbildung 84: Einbindungsintensität in der Öffentlichkeitsarbeit (DIFU 2011)

### 8.1.3 Empfehlung für die Umsetzungsphase des Klimaschutzteilkonzepts „Erneuerbare Energien“

Die Empfehlungen für die Kommunikationsstrategie der Ergebnisse des Klimaschutzteilkonzepts „Erneuerbare Energien und integrierte Wärmenutzung“ richten sich an drei Gruppen von Akteur\*innen/Interessierten.

- bisher in den Aufstellungsprozess involvierte Akteur\*innen
- „neue“ Akteur\*innen für den Umsetzungsprozess
- „breite“ Öffentlichkeit (insb. Bürger\*innen/Unternehmen)

Im Rahmen der Aufstellungsphase des Klimaschutzteilkonzepts konnten zahlreiche Akteur\*innen angesprochen werden, die allesamt der Gruppe der „Fachexperten“ und „potenziellen Umsetzer“ von Maßnahmen zuzuordnen sind. Gleichzeitig können sie als Multiplikatoren wahrgenommen werden. Daher ist es zwingend notwendig, diese Akteursgruppen weiterhin in den Prozess der Konzeptumsetzung eng einzubinden, gemäß der Vorgabe aus Abbildung 84 „Informieren“ - „Beteiligen“ - „Kooperieren“ mit dem Fokus auf Beteiligen und Kooperieren.

#### **Konkrete Empfehlungen:**

##### 1. Lenkungsgruppe etablieren

Im Rahmen regelmäßiger Treffen der städtischen Lenkungsgruppe (2 x pro Jahr als Empfehlung) kann ein Austausch und eine enge Vernetzung der Akteur\*innen ämterübergreifend sichergestellt werden. Zudem wird der Ideenaustausch gestärkt.

##### 2. Expertengespräche fortsetzen

Wiederholungen der Expertengespräche in regelmäßigen Abständen mit dem Ziel einer engen Bindung der Experten an den Gesamtprozess und zum Ideenaustausch untereinander.

### 3. Workshops mit Fachgruppen

Ergebnispräsentation Klimaschutzteilkonzept in Workshoprunden mit themenspezifischen Fachakteur\*innen mit dem Ziel einer engen Bindung der Fachgruppen an den Gesamtprozess und zum Ideenaustausch untereinander. Dies können sein: Energieversorger/Anlagenbetreiber\*innen, potenzielle Abwärmelieferanten, potenzielle Großabnehmer/Ankerkunden für Wärmenetze, Energieberater/Fachfirmen mit den Themen Sanierung und Erneuerbare Energien.

### 4. Ergebnisse Klimaschutzteilkonzept der Öffentlichkeit vorstellen

Die Zielgruppe der „breiten“ Öffentlichkeit (Bürger\*innen/Unternehmen) gilt es, erstmalig über die Ergebnisse des Klimaschutzteilkonzepts zu informieren und zu begeistern, damit es zu weiteren Projektumsetzungen kommt („Informieren“ - „Beteiligen“ - „Kooperieren“).

### 5. Realisierte Projekte aus dem Klimaschutzteilkonzept regelmäßig kommunizieren

Über einen E-Mail-Verteiler können umgesetzte Projekte aus dem Klimaschutzteilkonzept an alle bis dato involvierten Akteur\*innen kommuniziert werden.

Der Umsetzungsstand des Klimaschutzteilkonzepts kann auf der städtischen Homepage dargestellt werden.

Für das Jahr 2022 sollte ein „Status Quo-Treffen“ aller bis dato involvierten Akteur\*innen und der neu hinzugekommenen Akteur\*innen einberufen werden, um über den Projektfortschritt zu berichten, neue Projektansätze zu diskutieren und zu motivieren, weitere Maßnahmen umzusetzen.

### 6. Ergebnisse des Klimaschutzteilkonzepts (Maßnahmenkatalog) in die Fortschreibung des Klimaschutzkonzeptes einbinden

Die Maßnahmen aus dem Klimaschutzteilkonzept bilden eine wichtige Grundlage für den Maßnahmenkatalog des Prozesses „Fortschreibung des Klimaschutzkonzeptes“ der Stadt Paderborn. Daher sollte der Maßnahmenkatalog Diskussionsgegenstand bei der Aufstellung des Konzeptes werden.

## 8.1.4 Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen der Maßnahmenumsetzung

Wie bereits beschrieben, ist die aktive Netzwerkarbeit und Aktivierung eine wichtige Stütze für die Öffentlichkeitsarbeit und Aktivierung von Akteur\*innen.

Marketingmaßnahmen können auch durch die Kooperation mit bereits bestehenden

Projekten und Netzwerken weiter ausgebaut werden. Ein Austausch mit Koordinator\*innen diverser Projekte sowie der jeweiligen Ansprechpersonen im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit (bspw. Klimaschutzkonzept, Wirtschaftsförderung, Solarkataster), kann zu erfolgversprechenden Synergien führen und Möglichkeiten der Öffentlichkeitsarbeit aufzeigen. Da alle Projekte im Klimaschutz über die Wortbildmarke „Klimaschutz Paderborn“ gebündelt kommuniziert werden, werden in diesem Kapitel Möglichkeiten der Kommunikation nach außen aufgezeigt und empfohlen, die sich bietenden Möglichkeiten der gebündelten Informationsweitergabe bestmöglich zu nutzen.

### **Übergreifende Maßnahme**

Die als übergreifend bezeichnete Maßnahme ist für verschiedene Zielgruppen relevant. So spricht das Solarkataster überwiegend private Nutzer\*innen an, ist aber gleichzeitig auch ein Werkzeug mit dessen Hilfe große Gewerbeimmobilien identifiziert werden können.

Da Photovoltaik für urban geprägte Räume wie die Stadt Paderborn in der Regel die wichtigste Quelle für erneuerbaren Strom ist, ist die Maßnahme 2.1 Überarbeitung des Solarkatasters von hoher Bedeutung für die erfolgreiche Umsetzung der Erneuerbare-Energien-Strategie der Stadt Paderborn. Die Erstellung eines Katasters alleine ist jedoch nicht ausreichend, da ein Solarkataster vor allem von der Nutzung durch potenzielle Anlagenbetreiber\*innen lebt.

Maßnahme	Kommunikationsmedien / Kommunikationswege
2.1 Überarbeitung des Solarkatasters	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flyer / Newsletter</li> <li>• Informationsstände</li> <li>• Homepage der Stadt Paderborn</li> </ul>

Die Stadt Paderborn verfügt bereits seit vielen Jahren über eine internetbasierte Darstellung der Eignung von Gebäuden für Solarenergie, die regelmäßig beworben wird. Die Überarbeitung des Solarpotentialkatasters mit modernen Funktionalitäten ist aber nur der erste Schritt zur weiteren Steigerung der Nutzung von Sonnenenergie in Paderborn. Die potenziellen Anlagenbetreiber\*innen (Nutzer\*innen von Wohneigentum, Wohnungsbaugesellschaften, Unternehmen) müssen auf die Möglichkeiten des neuen Katasters aufmerksam gemacht werden. Über die Homepage und neu aufzulegende zielgruppenspezifische Flyer und Newsletter kann das Update des Solarkatasters breit beworben werden. Die direkte Ansprache von Bürger\*innen ist zusätzlich wichtig, um die erste Hürde, nämlich das Aufrufen des Solarkatasters und die Auseinandersetzung mit den gegebenen Möglichkeiten, zu überwinden. Hierzu können Informationsstände eingesetzt werden, die vor allem bei publikumsintensiven Veranstaltungen und Informationsevents genutzt werden sollten. Das Kataster wird dabei direkt vor Ort zur Beratung der Interessierten eingesetzt. Hier bieten sich Markttag, Stadtteilstände oder Libori an. Über das Kataster können auch geeignete Gewerbeimmobilien identifiziert werden, deren Nutzer\*innen daraufhin gezielt angesprochen werden können. Mit Hilfe des Katasters lassen sich erste Analysen sowie eine grobe Wirtschaftlichkeitsberechnung erstellen, anhand derer die Potentiale auf den einzelnen Dachflächen bereits abgeschätzt werden können. Dies erleichtert die Ansprache der gewerblichen Nutzer\*innen.

### **Bürger\*innen**

Neben Maßnahmen, die bereits durchgeführt werden, müssen Möglichkeiten geschaffen werden, die es Interessierten ermöglichen, auf einfache Weise zum Klimaschutz beizutragen. Angebote zur Beschaffung von CO<sub>2</sub>-armen Energieträgern kommen hier in Frage. In der Regel sind diese bereits verfügbar (z. B. Ökostromangebote diverser Anbieter). Um eine weitere Erschließung der Marktpotentiale in diesem Bereich anzugehen, sollen regionale Angebote weiter ausgebaut werden. Indem erneuerbare Energien regional erzeugt und verkauft werden, wird die Identifikation mit den angebotenen Produkten erhöht.

In Paderborn sind bereits vielfältige Beratungsangebote vorhanden. Diese sollen zukünftig fortgesetzt werden und besonders auf die Vorteile von erneuerbaren Energien hinweisen.

Maßnahme	Kommunikationsmedien / Kommunikationswege
4.1 Informationskampagne zur Nutzung von Umweltwärme (GIS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationsveranstaltungen</li> <li>• Informationsstände</li> <li>• Beratungsangebote</li> <li>• Flyer</li> <li>• Homepage</li> </ul>

Die bereits vorhandene Beratung und regelmäßig stattfindende Informationsstände werden weitergeführt. Bestehende Flyer und Webangebote, die auf die Möglichkeiten und Vorteile der Verwendung erneuerbarer Energien hinweisen, werden regelmäßig, insbesondere im Hinblick auf wirtschaftliche Maßnahmen, aktualisiert.

Eine der Möglichkeiten der Stadtverwaltung, auf den Ausbau von erneuerbaren Energien hinzuwirken, ist die Quartiersentwicklung. Diese sollte in Zusammenarbeit mit Wohnungsbaugesellschaften und Einwohnerinnen und Einwohnern der entsprechenden Quartiere erfolgen.

Maßnahme	Kommunikationsmedien / Kommunikationswege
5.2 Musterprojekt „Energieautarkes Quartier“	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informations- und Beteiligungsveranstaltungen</li> <li>• persönliche Ansprache / Quartiersberatung</li> </ul>
Quartierskonzepte der Maßnahmen 7.1, 7.2, 7.3, 7.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flyer</li> <li>• Plakate</li> </ul>

Da die direkte Ansprache nicht für das gesamte Stadtgebiet in Frage kommt, müssen einzelne Quartiere vorhabensbezogen bearbeitet werden. Die direkte Ansprache der Einwohner\*innen der zu betrachtenden Quartiere ist essentiell um eine möglichst hohe Umsetzungsrate von Projekten zu erreichen. Wenn die Quartiere von großen Wohnbaugesellschaften bewirtschaftet werden, ist eine zweigleisige Vorgehensweise sinnvoll. Die Ansprache der Gesellschaften, um mögliche Projekte zu identifizieren und zu initiieren und die Ansprache der Mieter\*innen, um die Akzeptanz zu erhöhen. Die Ansprache sollte dabei mit Unterstützung der Stadtverwaltung direkt über die Wohnungsbaugesellschaften erfolgen, da hier bereits eine Beziehung zu den Mieterinnen

und Mietern besteht. Gleichwohl kann über diese auch ein offizielles Anschreiben der Stadt verteilt werden, um beispielsweise eine kommende Quartiersberatung oder Informationsveranstaltungen anzukündigen.

### Wirtschaft

Die Wirtschaft spielt bei der Umsetzung von Erneuerbare-Energien-Projekten und der Nutzung von Abwärme eine bedeutende Rolle. Die Unternehmen sind einerseits als große Energieverbraucher, andererseits als mögliche Betreiber\*innen von EE-Anlagen und Lieferanten von Abwärme an der Entwicklung beteiligt.

Maßnahme	Kommunikationsmedien / Kommunikationswege
2.4 Beratung von Gewerbebetrieben zur Errichtung von PV-Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernetzung</li> <li>• Ansprache von eigenen Kunden</li> <li>• Werbeanzeigen</li> <li>• Kommunikation von guten Beispielen</li> </ul>
4.5 Potentialermittlung Grundwasserwärme bei Firmen mit Wasserechten	
5.1 Prüfung eines Contracting-Angebote durch die Stadtwerke	
5.3 Abwärmeverbund im Industriegebiet „Halberstädter Straße“	
7.5 Initiierung von Klimaschutznetzwerken	

Auf dem Stadtgebiet Paderborn gibt es bereits Angebote für Wärmecontracting. Diese sollen durch eine gezielte Ansprache von Unternehmen mit hohem Wärmebedarf nochmals verstärkt kommuniziert werden. Die Energieversorger könnten dazu über Lastprofile und Jahresverbräuche aus ihrem eigenen Kundenstamm potenzielle Interessenten herausfiltern und diese gezielt ansprechen. Dabei ist besonders auf die Wirtschaftlichkeit der Anlagen und die Vorteile für die Unternehmen durch die ausgelagerte Betriebsführung hinzuweisen. Dies kann am besten über gute Beispiele aus dem eigenen Portfolio geschehen oder wenn diese für die entsprechende Branche nicht im eigenen Bestand verfügbar sind, über Beispiele von Dritten, z. B. der IHK oder Effizienz-Agentur NRW bzw. EnergieAgentur.NRW.

Ein wichtiges Instrument zur Etablierung von möglichen Wärmenetzen ist die Einrichtung von Klimaschutznetzwerken mit ortsansässigen Unternehmen. Diese sollen jeweils für die



einzelnen Eignungsgebiet eingerichtet werden.

## 8.2 Controlling

Das Controlling umfasst die Ergebniskontrolle der durchgeführten Maßnahmen unter Berücksichtigung der festgestellten Potentiale und Klimaschutzziele der Stadt Paderborn. Neben der Feststellung des Fortschritts in den Projekten und Maßnahmen ist eine regelmäßige Anpassung an die aktuellen Gegebenheiten innerhalb der Stadt sinnvoll. Dies bedeutet, dass realisierte Projekte bewertet und analysiert werden und ggfs. erneut aufgelegt, verlängert oder um weitere Bausteine ergänzt werden. Dabei wird es auch immer wieder darum gehen, der Kommunikation und Zusammenarbeit der Projektbeteiligten neue Impulse zu geben. Um den Gesamtfortschritt beurteilen zu können, empfiehlt es sich, in regelmäßigen Abständen (jährlich) eine Prozessevaluierung durchzuführen. Dabei sollten nachstehende Fragen gestellt werden, die den Prozessfortschritt qualitativ bewerten:

**Netzwerke:** Sind neue Partnerschaften zwischen Akteur\*innen entstanden? Welche Intensität und Qualität haben diese? Wie kann die Zusammenarbeit weiter verbessert werden?

**Ergebnis umgesetzter Projekte:** Ergaben sich Win-Win-Situationen, d.h. haben verschiedene Partner von dem Projekt profitiert? Was war ausschlaggebend für den Erfolg oder Misserfolg von Projekten? Gab es Schwierigkeiten und wie wurden sie gemeistert?

**Auswirkungen umgesetzter Projekte:** Wurden Nachfolgeinvestitionen ausgelöst? In welcher Höhe? Wurden Arbeitsplätze geschaffen?

**Umsetzung und Entscheidungsprozesse:** Ist der Umsetzungsprozess effizient und transparent? Können die Arbeitsstrukturen verbessert werden? Wo besteht ein höherer Beratungsbedarf?

**Beteiligung und Einbindung regionaler Akteur\*innen:** Sind alle relevanten Akteur\*innen in ausreichendem Maße eingebunden? Besteht eine breite Beteiligung der Bevölkerung? Erfolgt eine ausreichende Aktivierung und Motivierung der Bevölkerung? Konnten weitere (ehrenamtliche) Akteur\*innen hinzugewonnen werden?

**Zielerreichung:** Wie sind die Fortschritte bei der Erreichung der Klimaschutzziele? Befinden sich Projekte aus verschiedenen Handlungsfeldern bzw. Zielbereichen in der Umsetzung? Wo besteht Nachholbedarf?

**Konzept-Anpassung:** Gibt es Trends, die eine Veränderung der Klimaschutzstrategie erfordern? Haben sich Rahmenbedingungen geändert, sodass Anpassungen vorgenommen werden müssen?

Ein effektives Controllinginstrument hat die Stadt Paderborn bereits seit Jahren implementiert: mit dem European Energy Award sind bereits wichtige Mechanismen und Grundlagen für ein effektives Controlling in die Verwaltungsabläufe integriert worden. Die umzusetzenden Maßnahmen sollten daher in den eea-Maßnahmenkatalog bzw. das energiepolitische Arbeitsprogramm aufgenommen werden und im Rahmen der regelmäßigen Teamsitzungen und Audits evaluiert werden.

#### **Gesamtcontrolling / Erfolgskontrolle der Klimaschutzarbeit**

- Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Eine Fortschreibung der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz kann als quantitative Bewertung angesehen werden, in der die langfristigen Energie- und CO<sub>2</sub>-Reduktionen erfasst und bewertet werden. Eine Fortschreibung wird hier in einem Zeitraum von drei bis fünf Jahren empfohlen, da dieses Instrument nur sehr träge reagiert und gleichzeitig keine oder nur sehr geringe Rückschlüsse auf die genauen Gründe der Veränderung zulässt. Dennoch können mit Hilfe der Bilanz und der dafür zu erhebenden Daten (z. B. Schornsteinfegerdaten) Entwicklungstrends für die gesamte Stadt oder einzelne Sektoren wiedergegeben werden, die auf andere Weise nicht erfasst werden können.

- Erhebung von installierter Leistung und erzeugter elektrischer Arbeit

Über den Netzbetreiber sind jährlich einerseits die installierten Anlagen je Anlagengröße und Energieträger zu erheben (z. B. <10 kWp / >10 kWp) und andererseits die jährlichen Einspeisemengen. Da jedoch zukünftig immer weniger Energie in das Netz eingespeist und stattdessen vor Ort verbraucht wird, werden die Angaben des Netzbetreibers im Laufe der Jahre immer weniger die tatsächliche Energieerzeugung abbilden können. Daher bieten sich drei Möglichkeiten an.

1. Berechnung der erzeugten Energiemenge anhand von durchschnittlichen jährlichen Volllaststunden. Dies ist die am praktikabelsten zu realisierende Methode.
2. Befragung der Anlagenbetreiber\*innen. Diese Möglichkeit ist sehr zeitaufwändig und gleichzeitig besteht die Gefahr, dass keine Daten eingeholt werden können, weil die Anlagenbetreiber\*innen nicht kooperieren oder keine Daten zur Verfügung stehen.
3. Nutzung von Messtechnik. Diese Möglichkeit bietet wiederum zwei Varianten. Entweder wird die Messtechnik durch den/die Betreiber\*in installiert, da dieser seine Anlagen überwacht, oder die überwachende Stelle (Stadtverwaltung) stellt die Hardware. Im zweiten Fall müsste der/die Anlagenbetreiber\*in lediglich den meist vorhandenen Internetanschluss zur Verfügung stellen. Je nach Art der Anlage und eingesetztem Fabrikat können pro Anlage Kosten von ca. 300 € bis zu mehreren tausend € entstehen (z.B. bei Windkraftanlagen oder mehreren zu überwachenden Wechselrichtern). Diese Daten könnten per Fernauslesung übertragen und aggregiert werden und so für das Controlling nutzbar gemacht werden.

### Allgemeine Indikatoren für jede Maßnahme

Im Rahmen des Controllings sind für die Maßnahmen teilweise gleichlautende Indikatoren anzusetzen, die im Folgenden genannt werden. Die Herleitung dieser Indikatoren ist jedoch auf unterschiedliche Weise zu gewährleisten. Diese wird nachfolgend je Maßnahme dargestellt.

- Energiegewinnung pro Jahr [kWh/a]

Dieser Indikator ist nicht zwingend für jede Maßnahme ermittelbar, da Maßnahmen teilweise nur mittelbaren Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen haben.

- CO<sub>2</sub>-Einsparung pro Jahr [tCO<sub>2</sub>/a]

Dieser Indikator ist nicht zwingend für jede Maßnahme ermittelbar, da Maßnahmen teilweise nur mittelbaren Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen haben.

- CO<sub>2</sub>-Einsparung pro 1.000 eingesetzten € und Jahr [kgCO<sub>2</sub>/1.000€\*a]

Für eine quantitative Bewertung werden die Finanzmittel (Eigen- und Fördermittel) für die Umsetzung von Projekten sowie ggfs. für Nachfolgeinvestitionen dargestellt und in Bezug zur Zielerreichung gesetzt.

- Erreichung von Meilensteinen

Die Erreichung eines Meilensteins ist z. B. die Erreichung einer bestimmten Zielmarke (z.B. 100 zusätzlich installierte Anlagen unter 10 kWp). Diese Zielmarke kann zusätzlich mit einem bestimmten Zeitpunkt verknüpft werden, um verbindliche Ziele zu setzen. In diesem Fall bilden die jeweiligen Zieldaten ein zeitliches Raster für die Evaluation.

Die nachfolgende Tabelle zeigt für die Maßnahmen aus dem Maßnahmenkatalog Kriterien auf, anhand derer das Controlling bzw. die Projekt- und Prozessevaluierung durchgeführt werden kann. Weitere Indikatoren können nach Notwendigkeit oder aus gemachten Erfahrungen heraus ergänzt werden.

Tabelle 21: Kriterien zur Messbarkeit der Maßnahmen

HF	Nr.	Maßnahme	Meilenstein	Messgröße / Indikator	Instrument / Basis
HF 1	1.1	Nutzung Überschussstrom (Power to Heat / Industrie)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept erstellt</li> <li>Anwendung der neuen Richtlinie in der täglichen Arbeit</li> <li>1. Quartier bearbeitet</li> <li>Gesamtes Stadtgebiet bearbeitet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl bearbeiteter Quartiere</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Projektdokumentation</li> </ul>
	1.2	Fortschreibung FNP im Hinblick auf Windkraft	<ul style="list-style-type: none"> <li>FNP rechtskräftig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausgewiesene Vorrangfläche in ha</li> <li>Anzahl und Leistung neu errichteter Anlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FNP</li> </ul>
HF 2	2.1	Überarbeitung des Solarkatasters	<ul style="list-style-type: none"> <li>20 / 50 / 100 neu errichtete Anlagen</li> <li>1 MW<sub>el</sub> neu installierte Leistung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl Clicks / Nutzer*in pro Woche</li> <li>Anzahl errichteter Anlagen / Jahr</li> <li>Neu installierte Leistung pro Jahr</li> <li>Erzeugte Energie pro Jahr</li> <li>Effizienzgewinn bzw. Energieeinsparung gegenüber bisheriger Versorgungsart in Prozent</li> <li>CO<sub>2</sub>-Einsparung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Auswertung der Webseite</li> <li>Projektdokumentation</li> <li>Abgeschlossene Verträge</li> <li>Meldungen der Anlagenbetreiber*innen / Netzbetreiber(evtl. über Online-Monitoring) oder Hochrechnung</li> </ul>
	2.2	Prüfung von Flächen auf Eignung für Freiflächen-PV	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eignungsflächen identifiziert</li> <li>Planungsrecht für neue Anlagen erteilt</li> <li>Erste Anlage errichtet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Installierte Leistung</li> <li>Eingespeiste Energiemenge pro Jahr</li> <li>CO<sub>2</sub>-Einsparung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planungsunterlagen</li> </ul>

	2.3	Ausbau der PV-Anlagen auf kommunalen Gebäuden	<ul style="list-style-type: none"> <li>Errichtung der ersten Anlage</li> <li>Ausnutzung aller Potentialflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl errichteter Anlagen pro Jahr</li> <li>Neu installierte Leistung pro Jahr</li> <li>Erzeugte Energie pro Jahr</li> <li>Effizienzgewinn bzw. Energieeinsparung gegenüber bisheriger Versorgungsart in Prozent</li> <li>CO<sub>2</sub>-Einsparung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planungsunterlagen</li> <li>Anlagenmonitoring</li> </ul>
	2.4	Beratung von Gewerbebetrieben zur Errichtung von PV-Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beratungsangebot eingerichtet</li> <li>Erste zehn Beratungen durchgeführt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl durchgeführter Beratungen pro Jahr</li> <li>Anzahl errichteter Anlagen pro Jahr</li> <li>Neu installierte Leistung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beratungsprotokolle</li> <li>Planungsunterlagen</li> <li>Meldungen der Anlagenbetreiber*innen / Netzbetreiber</li> </ul>
	2.5	Prüfung von Solarthermiefeldern für Wärmenetze	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eignungsflächen identifiziert</li> <li>Einbindung der Potentialflächen in Wärmenetze geprüft</li> <li>Anlagen errichtet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potentialfläche in ha</li> <li>Mögliche Erträge pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potentialstudie</li> <li>Planungsunterlagen</li> </ul>
HF 3	3.1	Einbindung von bestehenden Biogasanlagen in Wärmeverbände	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ansprache von Anlagenbetreiber*innen ist erfolgt</li> <li>Erste Anlage in Wärmenetz eingebunden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl angesprochener Anlagenbetreiber*innen</li> <li>Eingespeiste Energiemenge pro Jahr</li> <li>CO<sub>2</sub>-Einsparung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gesprächsprotokolle</li> <li>Planungsunterlagen</li> </ul>
	3.2	Folgenutzungskonzepte für bestehende Biogasanlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ansprache von Anlagenbetreiber*innen ist erfolgt</li> <li>Erstes Konzept erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl angesprochener Anlagenbetreiber*innen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projektdokumentation</li> </ul>
	3.3	Nutzung von Schnittmaterial aus der Landschaftspflege	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potenzielle Energieerträge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projektdokumentation</li> </ul>

HF 4	4.1	Informationskampagne zur Nutzung von Umweltwärme (GIS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informationskampagne angelaufen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl errichteter Anlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Projektdokumentation</li> </ul>
	4.2	Digitale Karte zur hydrogeologischen Potentialabschätzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Karte erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermitteltes Potential</li> <li>Anzahl errichteter Anlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Projektdokumentation</li> </ul>
	4.3	Oberflächenwassernutzung für die Gebäudeheizung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermitteltes Potential</li> <li>Anzahl zu versorgende Gebäude</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Potentialstudie</li> </ul>
	4.4	Potentialermittlung Abwasserwärme	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potenzielle Energieerträge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Projektdokumentation</li> </ul>
	4.5	Potentialermittlung Grundwasserwärme bei Firmen mit Wasserechten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Firmen mit entsprechenden Rechten eruiert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potenzielle Energieerträge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Projektdokumentation</li> </ul>
HF 5	5.1	Prüfung eines Contracting-Angebote durch die Stadtwerke	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 neue Contractingkunden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Installierte Leistung (thermisch/elektrisch)</li> <li>THG-Einsparung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Planungsunterlagen</li> </ul>
	5.2	Musterprojekt „Energieautarkes Quartier“	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quartier identifiziert</li> <li>Konzept erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl Einwohner im Quartier</li> <li>Energiebedarf</li> <li>THG-Einsparung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Projektdokumentation</li> <li> Konzept</li> </ul>
	5.3	Abwärmeverbund im Industriegebiet „Halberstädter Straße“	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alle Unternehmen angesprochen</li> <li>LOI von mindestens 5 Unternehmen</li> <li>Konzept erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzbare Abwärme pro Jahr</li> <li>THG-Einsparung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Projektdokumentation</li> <li> Konzept</li> </ul>
HF 6	6.1	Erweiterung des Wärmenetzes Springbachhöfe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl neuer Anschlüsse</li> <li>Zusätzlich erschlossene Wärmemenge</li> <li>THG-Einsparung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Konzept</li> <li> Planungsunterlagen</li> </ul>
	6.2	Eignungsgebiet Rolandbad/Schützenhof	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl Anschlüsse</li> <li>erschlossene Wärmemenge</li> <li>THG-Einsparung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Konzept</li> <li> Planungsunterlagen</li> </ul>

	6.3	Ausbau des existierenden Kaltwassernetzes in der Innenstadt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl neuer Anschlüsse</li> <li>Zusätzlich erschlossene Wärmemenge</li> <li>THG-Einsparung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept</li> <li>Planungsunterlagen</li> </ul>
	6.4	Wärmenetz entlang der Husener Straße	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anzahl Anschlüsse</li> <li>erschlossene Wärmemenge</li> <li>THG-Einsparung pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept</li> <li>Planungsunterlagen</li> </ul>
HF 7	7.1	Quartierskonzept Elsen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beschluss zur Erstellung des Konzeptes gefasst</li> <li>Konzept erstellt</li> <li>Sanierungsmanagement eingerichtet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verringerung Wärmebedarf</li> <li>Zusätzliche EE-Anlagen im Quartier</li> <li>THG-Einsparung pro Jahr</li> <li>Anzahl Beratungsgespräche pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept</li> <li>Beratungsprotokolle</li> </ul>
	7.2	Quartierskonzept westliche Kernstadt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beschluss zur Erstellung des Konzeptes gefasst</li> <li>Konzept erstellt</li> <li>Sanierungsmanagement eingerichtet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verringerung Wärmebedarf</li> <li>Zusätzliche EE-Anlagen im Quartier</li> <li>THG-Einsparung pro Jahr</li> <li>Anzahl Beratungsgespräche pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept</li> <li>Beratungsprotokolle</li> </ul>
	7.3	Quartierskonzept Energie „Zukunftsquartier“	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beschluss zur Erstellung des Konzeptes gefasst</li> <li>Konzept erstellt</li> <li>Sanierungsmanagement eingerichtet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verringerung Wärmebedarf</li> <li>Zusätzliche EE-Anlagen im Quartier</li> <li>THG-Einsparung pro Jahr</li> <li>Anzahl Beratungsgespräche pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept</li> <li>Beratungsprotokolle</li> </ul>
	7.4	Quartierskonzept Paderborner Südstadt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beschluss zur Erstellung des Konzeptes gefasst</li> <li>Konzept erstellt</li> <li>Sanierungsmanagement eingerichtet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verringerung Wärmebedarf</li> <li>Zusätzliche EE-Anlagen im Quartier</li> <li>THG-Einsparung pro Jahr</li> <li>Anzahl Beratungsgespräche pro Jahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzept</li> <li>Beratungsprotokolle</li> </ul>



7.5	Initiierung von Klimaschutznetzwerken	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Akteur*innen angesprochen</li> <li>▪ Erstes Netzwerk gebildet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anzahl Treffen pro Jahr</li> <li>▪ Anzahl erreicht Unternehmen</li> <li>▪ Anzahl gebildete Netzwerke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Projektdokumentation</li> <li>▪ Sitzungsprotokolle</li> </ul>
7.6	Energiespeicherung zur sektoralen Vernetzung (Power to Gas / Power to Heat)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Konzept erstellt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Speicherkapazität in MW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Projektdokumentation</li> </ul>

## 9 Fazit

### *Einleitung*

Das vorliegende Integrierte Wärmenutzungs- und Erneuerbare Energien-Konzept für die Stadt Paderborn gibt eine Antwort auf die Fragestellung, welcher Anteil des zukünftigen Energiebedarfs bis zum Jahr 2050 auf dem Stadtgebiet Paderborn durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann, durch welche Maßnahmen sich diese Zielsetzung vorrangig realisieren lässt und welche Akteur\*innen für die Maßnahmenumsetzungen notwendig sind.

Ziel des Konzeptes war es, nach Durchführung der Energie- und THG-Bilanz und einer Potentialanalyse einen konkreten Maßnahmenkatalog zu entwickeln, eine Kommunikationsstrategie zu erarbeiten sowie ein Controlling-Konzept zur laufenden Überprüfung, Priorisierung und Optimierung des Maßnahmenkataloges zu erstellen. Zudem wurden Ausbauszenarien für die Erneuerbaren Energien auf dem Stadtgebiet bis zum Jahr 2050 erarbeitet.

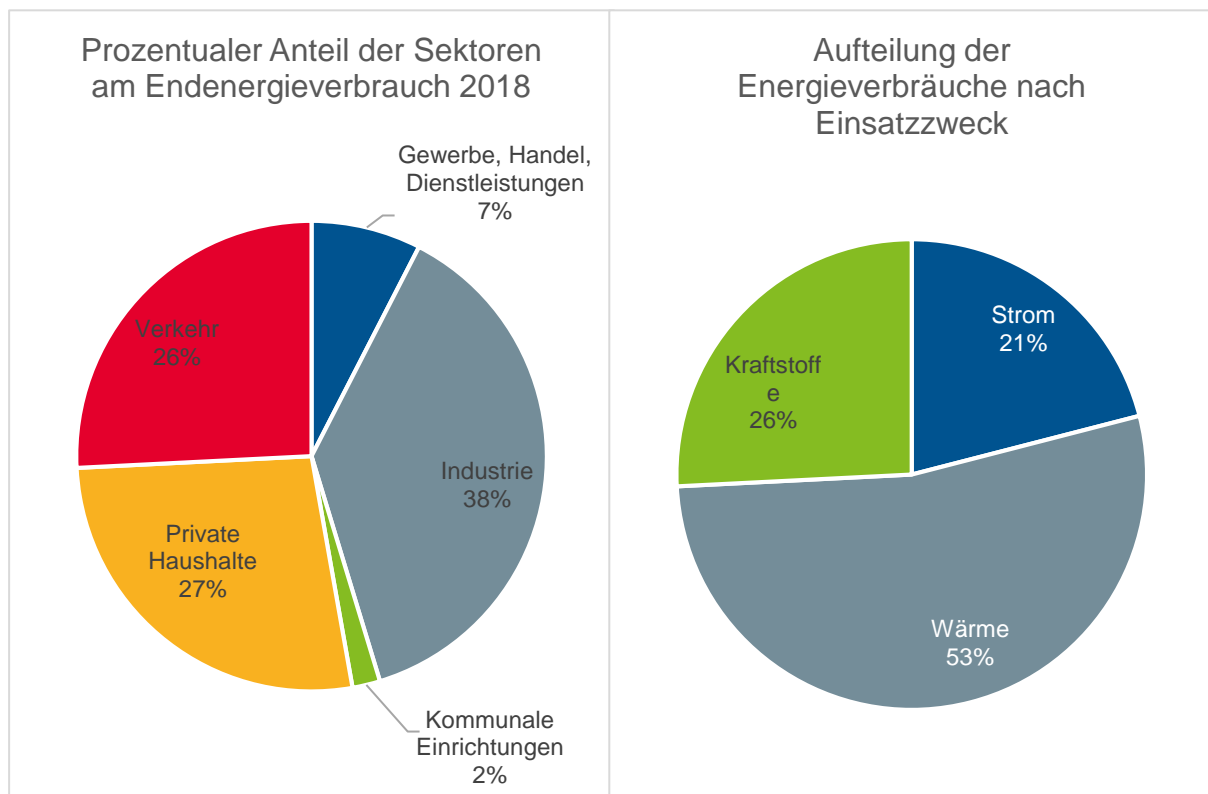
In die Analysen und Berechnungen sind dabei sämtliche Arten der Erzeugung erneuerbarer Energien eingeflossen. Um dem Anspruch der Stadt Paderborn an eine Zielvision für das Jahr 2050 gerecht zu werden, sind neben bewährten Technologien auch Zukunftslösungen wie bspw. die Sektorenkopplung und Power-to-X berücksichtigt worden.

Die Stadt Paderborn hat die Aufgabe des Klimaschutzes bereits in der Vergangenheit als eine prioritäre kommunale Aufgabe verstanden und befasst sich daher seit einigen Jahren mit Maßnahmen zur Einschränkung der Treibhausgasmissionen auf dem Stadtgebiet. Zu nennen sind hier die Teilnahme am European Energy Award (EEA) seit 2013 sowie die Erstellung des Klimaschutzkonzeptes im Jahr 2016 und die Umsetzung von darin erarbeiteten Maßnahmen. Bei einer Vielzahl von Maßnahmen arbeitet die Stadtverwaltung bereits mit einem breit aufgestellten Klimanetzwerk zusammen, welches das Thema Klimaschutz fördert. Mit den von der Stadt beschlossenen Klimazielen und der Fortführung des EEA-Prozesses stellt die Stadt Paderborn die Weichen für ein verstärktes Engagement im kommunalen Klimaschutz.

Mit dem vorliegendem **Integrierten Wärmenutzungs- und Erneuerbare Energien-Konzept** sollen neue klimapolitische Themenfelder erschlossen werden. Eine Vernetzung zwischen den relevanten Akteur\*innen und Verbrauchssektoren in Paderborn soll zu mehr Energieeffizienz sowie zur Erhöhung der Energieerzeugung aus regenerativen Energiequellen beitragen. Daher werden im Erstellungsprozess des Konzeptes verstärkt Wirtschaftsunternehmen eingebunden, die mit ihrem hohen Energiebedarf und gleichzeitiger Nähe zu anderen Energieverbrauchern und –Erzeugern, ein großes Potential für eine integrierte Wärmenutzung bieten.

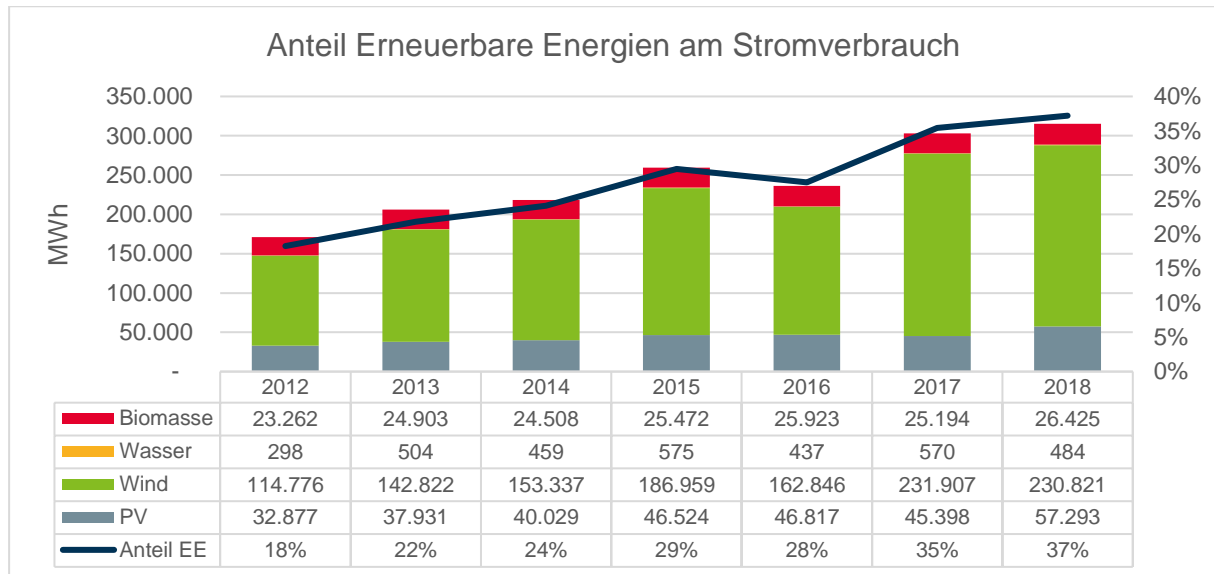
### Status Quo

Der Endenergieverbrauch in der Stadt Paderborn beträgt 3.914.111 MWh im Jahr 2018. Die Verteilung des Endenergieverbrauchs zeigt, dass der Sektor Industrie mit 38 % den größten Anteil ausmacht. Die Aufschlüsselung des Energieträgereinsatzes für die Gebäude und Infrastruktur (umfasst die Sektoren Wirtschaft, Haushalte und Kommune) ergab für den Energieträger Strom im Bilanzjahr 2017 einen Anteil von rund 21 %. Daraus resultiert ein Brennstoffanteil von 79 %. Bei den Brennstoffen kommt vorrangig Erdgas zum Einsatz.



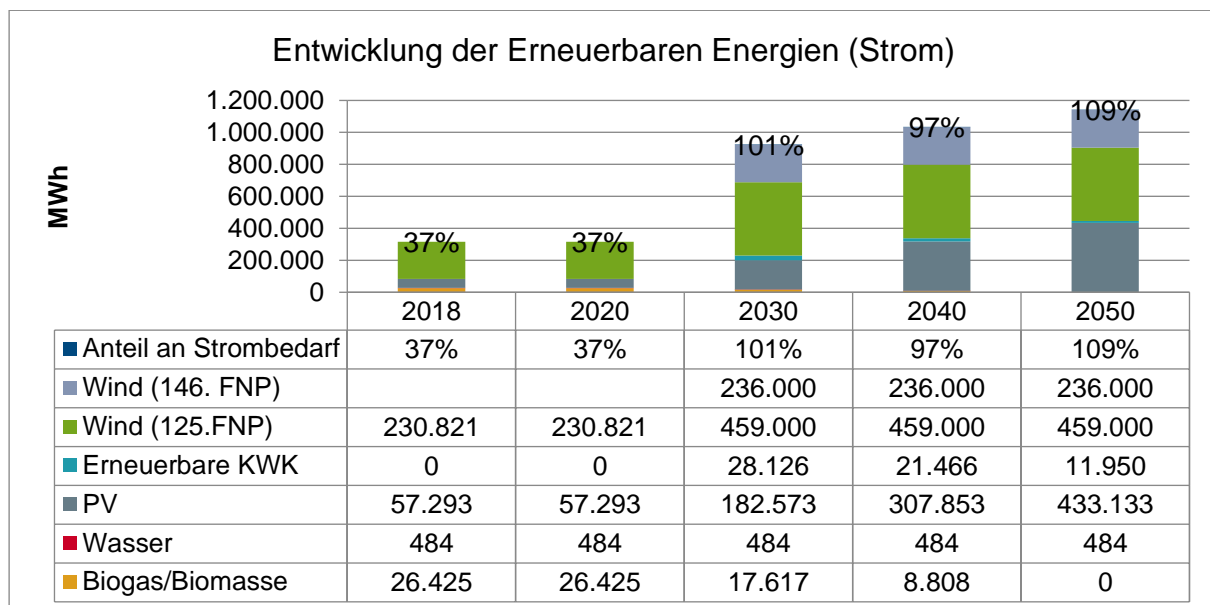
Die aus dem Endenergieverbrauch der Stadt Paderborn resultierenden Emissionen summieren sich im Bilanzjahr 2018 auf 1.296.790 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Die Anteile der Sektoren korrespondieren in etwa mit ihren Anteilen am Endenergieverbrauch. Werden die THG-Emissionen auf die Einwohner bezogen, ergibt sich ein Wert von 8,6 t/a. Damit liegt die Stadt Paderborn unter dem bundesweiten Durchschnitt von 9,5 t/a.

Die Stromproduktion aus dezentralen Quellen im Stadtgebiet nimmt, verglichen mit dem Stromverbrauch der Stadt Paderborn, einen Anteil von 37 % im Jahr 2018 ein. Damit liegt Paderborn fast im Bundesschnitt von 38 % in 2018, was für eine Stadt dieser Größe beachtlich ist und vor allem darauf zurückzuführen ist, dass Paderborn ländliche Bereiche hat, die die Installation von Windkraftanlagen in größerem Maße erlauben.



Potentiale und Szenario (Strom)

Wind und Photovoltaik werden zukünftig den größten Anteil an der Stromgewinnung im Stadtgebiet haben. Für Photovoltaik ist abzusehen, dass etwa die Hälfte des heutigen Strombedarfes bilanziell gedeckt werden kann. Windkraft kann je nach Szenario (Nutzung der Potentiale aus der 125. FNP-Änderung der 146. FNP-Änderung) 50 % bis 75 % des heutigen Strombedarfes decken. Wenn der zukünftig durch Wärmepumpen und E-Mobilität steigende Strombedarf berücksichtigt wird, ist davon auszugehen, dass dieser bilanziell durch Erneuerbare Energien auf dem Stadtgebiet gedeckt werden kann. Dazu muss jedoch ein Lastausgleich über das überörtliche Stromnetz geschaffen werden. Wenn Paderborn die Bedarfe mit tatsächlich vor Ort gewonnenem Strom decken möchte, muss massiv in Lastmanagement und Speicherlösungen investiert werden. In der Betrachtung ist der durch die Produktion von vor Ort genutzten synthetischen Gasen anfallende Strombedarf nicht eingerechnet, da davon ausgegangen wird, dass dieses nur zu einem geringen Anteil vor Ort produziert werden kann. Der Strombedarf hierfür würde etwa die Hälfte des Strombedarfes aller anderen Sektoren (Wirtschaft, private Haushalte, Mobilität) betragen.



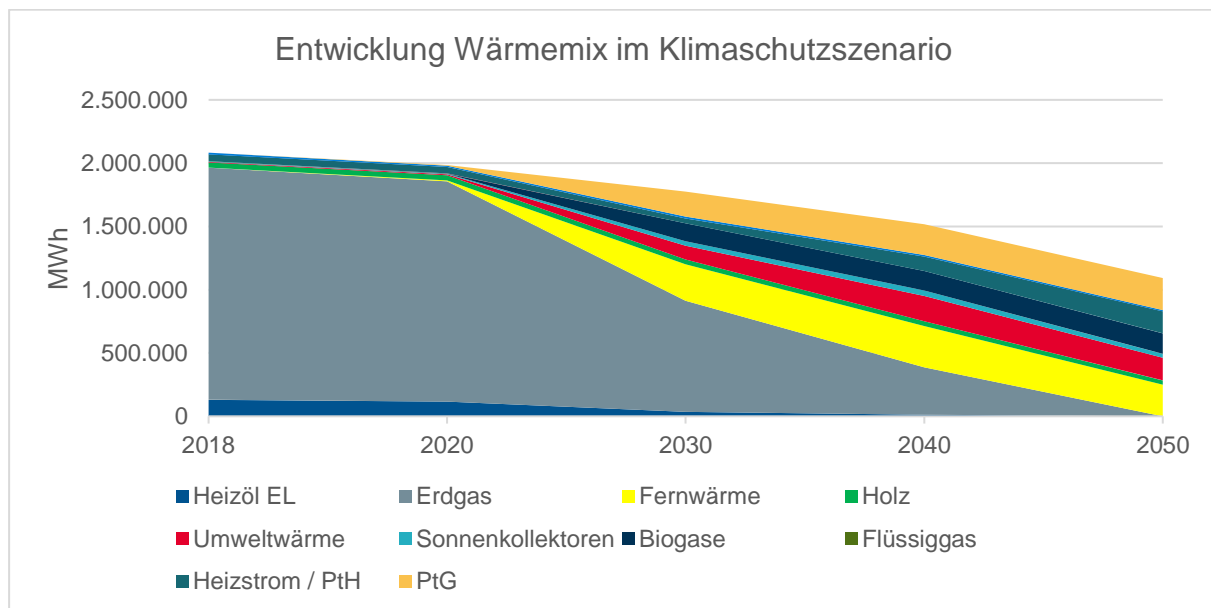
*Potentiale und Szenario (Wärme)*

Fernwärme wird für die Deckung der Wärmebedarfe zukünftig eine große Rolle spielen. Hierbei sind je nach Wärmeabnehmer unterschiedliche Temperaturniveaus und Wärmequellen zu nutzen. (Industrielle) Abwärme, Erdwärme, Abwärme aus BHKW und Power to Heat werden dabei zum Wärmemix beitragen.

Die privaten Haushalte werden künftig in verdichteten Wohngebieten vor allem mit Fernwärme versorgt, in netzfernen Bereichen ist auf Einzelgebäudelösungen oder kleinere Wärmenetze auf Basis von Erdwärme und Solarthermie zu setzen.

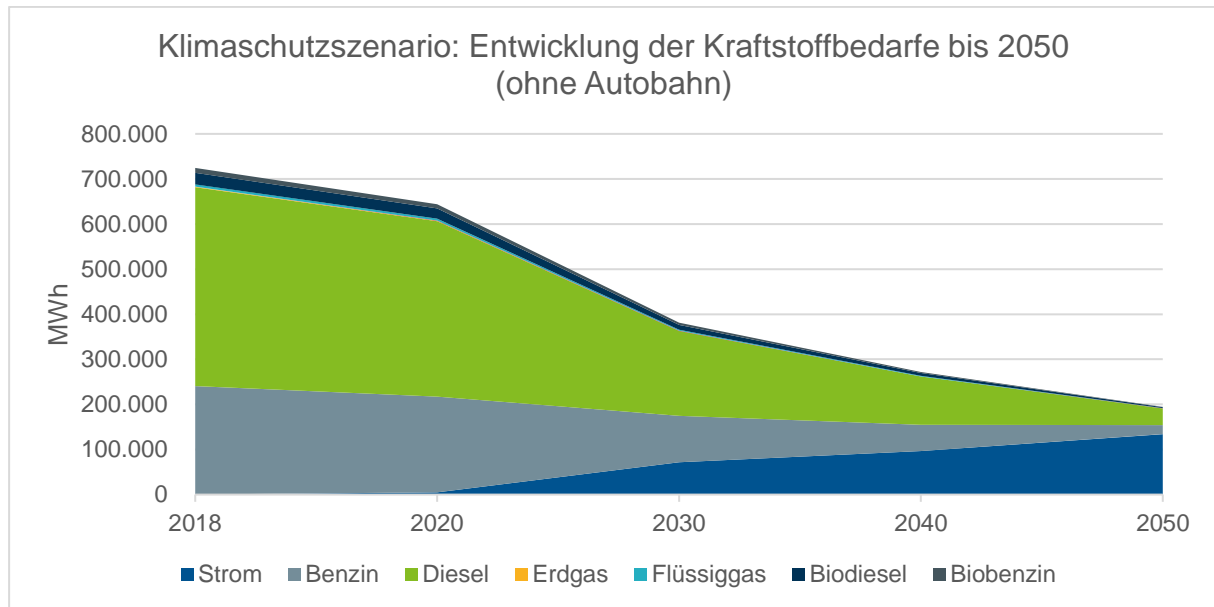
Die Wirtschaft wird auch weiterhin hochtemperierte Prozesswärme benötigen, die zukünftig über Power to Heat, die Verbrennung von synthetischen Gasen oder Biogas erzeugt wird. Die entstehende Abwärme wiederum wird effizient über Wärmenetze verteilt.

Auf fossile Energieträger wird dabei vollständig verzichtet.



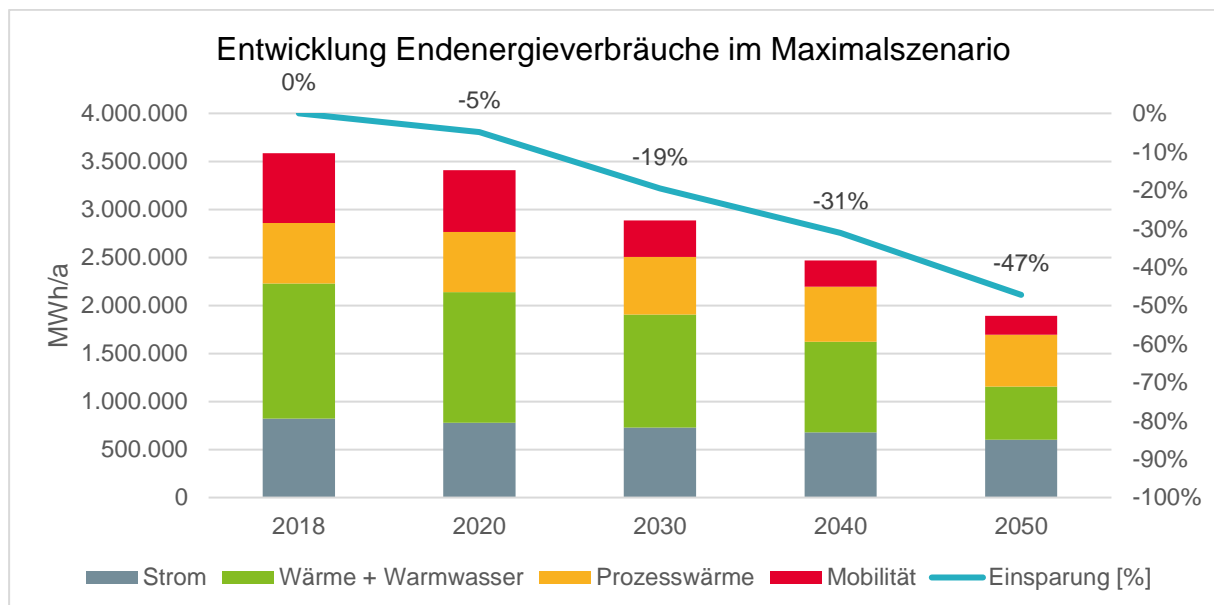
Potentiale und Szenario (Verkehr)

Der Verkehrsbereich wird zur Erreichung von ambitionierten Klimazielen zu einem großen Teil auf alternative Antriebe (E-Mobilität und Wasserstoff) umgestellt.



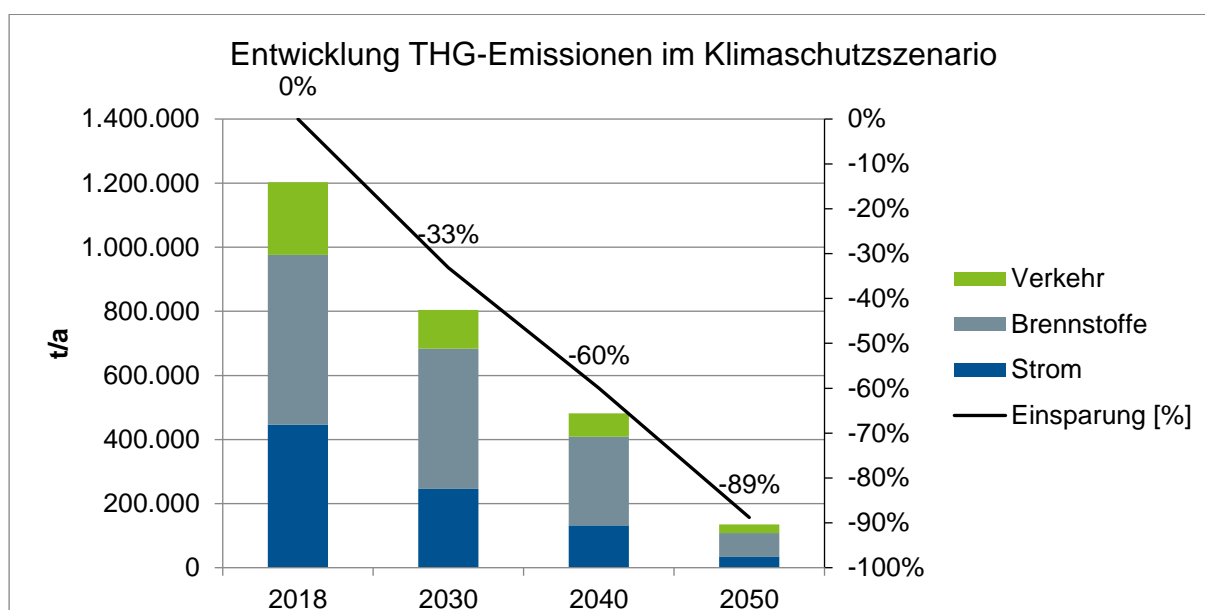
Szenario Endenergiebedarf

Der Endenergiebedarf wird durch die beschriebenen Schritte um fast 50 % reduziert. Dabei findet eine starke Verschiebung von Brennstoffen hin zu Strom statt.



### Szenario Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen)

Die Verringerung des Endenergiebedarfes und die Umstellung auf klimaschonende Energieträger bewirkt eine Reduktion der energiebedingten THG-Emissionen um fast 90% gegenüber 2018 auf 0,9 t pro Einwohner und Jahr. Dieses Einsparziel ist nicht mit den Zielen von Land, Bund und EU vergleichbar, da jene sich immer auf das Jahr 1990 beziehen. Das Ziel von unter einer Tonne THG-Emissionen je Einwohner und Jahr korrespondiert jedoch in etwa mit deren Zielen.



### Maßnahmenkatalog

Der Maßnahmenkatalog beinhaltet 28 Maßnahmen in sieben Handlungsfeldern, die zur Erreichung der vorgenannten Ziele beitragen sollen. Die Handlungsfelder lauten: Windenergie, Sonnenenergie, Biomasse und Biogas, Umweltwärme, Versorgungsmodelle, Wärmenetze und Sonstiges.

Die Maßnahmen dienen dabei im Strombereich vor allem der Stromerzeugung (Windkraft, Information und Beratung zu PV-Anlagen) und der Nutzung von Überschussstrom.

Im Wärmebereich wird vor allem auf die Nutzung von Reststoffen und Abwärme hingearbeitet und zusätzlich die energieeffiziente Gewinnung von Umweltwärme über Wärmepumpen gefördert.

Zusätzlich wurden verschiedene Wärmenetze und Bereiche für eine tiefere Untersuchung durch Quartierskonzepte vorgeschlagen, die zur Konzeption von Energieeinsparungen und Wärmeversorgungsmaßnahmen genutzt werden sollen.

Der nachfolgende Maßnahmenkatalog stellt die konzipierten Maßnahmenvorschläge dar.



## Maßnahmenübersicht

### ➤ Handlungsfeld 1: Windenergie

1.1 Nutzung Überschussstrom (Power to Heat / Industrie)

1.2 Fortschreibung FNP im Hinblick auf Windkraft

### ➤ Handlungsfeld 2: Sonnenenergie

2.1 Überarbeitung des Solarkatasters

2.2 Prüfung von Flächen auf Eignung für Freiflächen-PV

2.3 Ausbau der PV-Anlagen auf kommunalen Gebäuden

2.4 Beratung von Gewerbebetrieben zur Errichtung von PV-Anlagen

2.5 Prüfung von Solarthermiefeldern für Wärmenetze

### ➤ Handlungsfeld 3: Biomasse und Biogas

3.1 Einbindung von bestehenden Biogasanlagen in Wärmeverbünde

3.2 Folgenutzungskonzepte für bestehende Biogasanlagen

3.3 Nutzung von Schnittmaterial aus der Landschaftspflege

### ➤ Handlungsfeld 4: Umweltwärme

4.1 Informationskampagne zur Nutzung von Umweltwärme (GIS)

4.2 Digitale Karte zur hydrogeologischen Potentialabschätzung

4.3 Oberflächenwassernutzung für die Gebäudeheizung

4.4 Potentialermittlung Abwasserwärme

4.5 Potentialermittlung Grundwasserwärme bei Firmen mit Wasserechten

➤ Handlungsfeld 5: Versorgungsmodelle

5.1 Prüfung eines Contracting-Angebote durch die Stadtwerke

5.2 Musterprojekt „Energieautarkes Quartier“

5.3 Abwärmeverbund im Industriegebiet „Halberstädter Straße“

➤ Handlungsfeld 6: Wärmenetze

6.1 Erweiterung des Wärmenetzes Springbachhöfe

6.2 Eignungsgebiet Rolandbad/ Schützenhof

6.3 Ausbau des existierenden Kaltwassernetzes in der Innenstadt

6.4 Wärmenetz entlang der Husener Straße

➤ Handlungsfeld 7: Sonstiges

7.1 Quartierskonzept Elsen

7.2 Quartierskonzept westliche Kernstadt

7.3 Quartierskonzept Energie „Zukunftsquartier“

7.4 Quartierskonzept Paderborner Südstadt

7.5 Initiierung von Klimaschutznetzwerken

7.7 Energiespeicherung zur sektoralen Vernetzung (Power to Gas / Power to Heat)

## 10 Verzeichnisse

### 10.1 Abkürzungsverzeichnis

A	Autobahn
a	Jahr

Abb.	Abbildung
AG	Arbeitsgruppe
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CO <sub>2e</sub>	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
COP	Conference of the Parties
CH <sub>4</sub>	Methan
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik
ebd.	ebenda
eig.	eigene
EU	Europäische Union
eea	European Energy Award
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
F&E	Forschung und Entwicklung
GaLa-Bau	Garten- und Landschaftsbau
G7	Gruppe der Sieben
ggf.	gegebenenfalls
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
inkl.	inklusive
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JAZ	Jahresarbeitszahl
KiTa	Kindertagesstätte
m	Meter

m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
MKULNV NRW	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Mrd.	Milliarden
NRW	Nordrhein-Westfalen
o. Ä.	oder Ähnliches
o. g.	oben genannt
PKW	Personenkraftwagen
ppm	parts per million – Teile von einer Million
S.	Seite
s.	siehe
s. o.	siehe oben
s. u.	siehe unten
t	Tonnen
t/a	Tonnen pro Jahr
u. a.	unter anderem
u. U.	unter Umständen
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel

## 10.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Warming Stripes Paderborn (Quelle Zeit.de) .....	2
Abbildung 2: Projektzeitplan .....	5
Abbildung 3: Ortsteile der Stadt Paderborn (Paderborn, Ortsteile und Einwohner, 2020) .....	7
Abbildung 4: Bevölkerungsentwicklung der Stadt Paderborn (IT.NRW; Stadt Paderborn) .....	8
Abbildung 5: Überblick über die Stadt Paderborn (Webseite Stadt Paderborn; überarbeitet). .....	9
Abbildung 6: Endenergieverbrauch der Stadt Paderborn nach Sektoren .....	17
Abbildung 7: Prozentualer Anteil der Sektoren am Endenergieverbrauch 2018 .....	18
Abbildung 8: Aufteilung Endenergieverbrauch der Stadt Paderborn nach Einsatzzweck im Jahr 2018 .....	19
Abbildung 9: Endenergieverbrauch in der Stadt Paderborn der Gebäude & Infrastruktur nach Energieträgern .....	20
Abbildung 10: THG-Emissionen der Stadt Paderborn nach Sektoren .....	21
Abbildung 11: Prozentualer Anteil der Sektoren an den THG-Emissionen 2018 .....	22
Abbildung 12: THG-Emissionen Gebäude & Infrastruktur nach Energieträgern .....	23
Abbildung 13: Stromerzeugung aus EE- und KWK-Anlagen im Stadtgebiet Paderborn .....	24
Abbildung 14: Anzahl und installierte Leistung von Photovoltaikanlagen .....	25
Abbildung 15: Anzahl und installierte Leistung von Windkraftanlagen .....	25
Abbildung 16: Anzahl und installierte Leistung Biogasanlagen .....	26
Abbildung 17: Anzahl und installierte Leistung von Wasserkraftanlagen .....	27
Abbildung 18: Wärmeerzeugung in Paderborn nach Sektoren .....	29
Abbildung 19: Wärmeerzeugung in Paderborn nach Energieträgern .....	30
Abbildung 20: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Paderborner Kernstadt (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	31
Abbildung 21: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Wewer (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	32
Abbildung 22: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Elsen (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	33

Abbildung 23: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Sande (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	34
Abbildung 24: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Sennelager (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	35
Abbildung 25: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Schloß Neuhaus (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	36
Abbildung 26: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Marienloh (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	37
Abbildung 27: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Stadtheide (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	38
Abbildung 28: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Benhausen (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	39
Abbildung 29: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Neuenbeken (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	40
Abbildung 30: Detailkarte zur Wärmebedarfsdichte – Dahl (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	41
Abbildung 31: Übersichtskarte von Paderborn mit der Wärmelinien-dichte (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	42
Abbildung 32: Übersichtskarte von Paderborn - Innenstadt [eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © 2020 Bezirksregierung Köln, Datengrundlage: © Openstreetmap].....	43
Abbildung 33: Übersicht Wärmenetz in Schloß Neuhaus (Quelle: <a href="http://www.paderborn.de/wohnen-soziales/umwelt-gruen/810-fernwaermenetz-schloss-neuhaus.php">www.paderborn.de/wohnen-soziales/umwelt-gruen/810-fernwaermenetz-schloss-neuhaus.php</a> ).....	44
Abbildung 34: Übersicht Wärmenetz in der Paderborner Kernstadt ( <a href="http://www.paderborn.de/wohnen-soziales/umwelt-gruen/energetische-nutzung-von-grundwasser-in-der.php">www.paderborn.de/wohnen-soziales/umwelt-gruen/energetische-nutzung-von-grundwasser-in-der.php</a> ).....	45
Abbildung 35: Genehmigungsbedürftige Anlagen im Paderborner Stadtgebiet (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	46
Abbildung 36: Städtische Abnahmestellen für Strom, Wärmestrom und Gas (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	47
Abbildung 37: Methode für die kommunale Wärmeplanung.....	53
Abbildung 38: Evolution der Wärmenetze (Quelle: 4th Generation District Heating (4GDH), 2014).....	54

Abbildung 39: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – Residenzstraße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	55
Abbildung 40: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – Abtsbreite (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	56
Abbildung 41: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – Agathastraße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	57
Abbildung 42: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – Am Busdorf (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	58
Abbildung 43: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – An der Talle (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	59
Abbildung 44: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – Halberstädterstraße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	60
Abbildung 45: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – Kirchhoff-Straße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	61
Abbildung 46: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – An den Lothenwiesen (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	62
Abbildung 47: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – Driburger Straße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	63
Abbildung 48: Detailkarte zur Wärmelinien-dichte – Eggertstraße (eigene Darstellung unter Verwendung von Kartengrundlage: © Openstreetmap) .....	64
Abbildung 49: Verteilung des flächenbezogenen Endenergieverbrauches heute und des Einspeisepotentials 2050 [kW/m <sup>2</sup> ] (BMW <sub>i</sub> , 2014) .....	65
Abbildung 50: Einsparpotentiale der Wohngebäude Trendszenario saniert bis 2050 (Quelle: eig. Darstellung und Berechnung) .....	66
Abbildung 51: Einsparpotentiale der Wohngebäude Klimaschutzszenario saniert bis 2050 (Quelle: eig. Darstellung und Berechnung) .....	67
Abbildung 52: Spezifischer Haushaltsstrombedarf in kWh pro Jahr und Haushalt in Paderborn (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung) .....	69
Abbildung 53: Gesamtstrombedarf der Haushalte der Stadt Paderborn .....	70
Abbildung 54: Energieeinsparpotentiale in der Wirtschaft nach Querschnittstechnologien (dena, 2014).....	71

Abbildung 55: Entwicklung der Energiebedarfe von Industrie und Gewerbe der Stadt Paderborn in Prozent .....	74
Abbildung 56: Strom- und Brennstoffbedarf nach Anwendungsbereichen 2018 und 2050....	75
Abbildung 57: Entwicklung der Fahrleistungen in Paderborn bis 2050 in Millionen Fahrzeugkilometer nach dem Trendszenario (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung) .....	78
Abbildung 58: Entwicklung der Fahrleistungen in Paderborn bis 2050 in Millionen Fahrzeugkilometer nach dem Klimaschutzszenario (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung).....	78
Abbildung 59: Entwicklung der Fahrleistungen in Paderborn bis 2050 in Millionen Fahrzeugkilometer nach Verbrennern und E-Fahrzeugen (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung).....	79
Abbildung 60: Entwicklung des Endenergiebedarfes für den Sektor Verkehr bis 2050 – Trend- und Klimaschutzszenario (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung) .....	80
Abbildung 61: Auszug aus dem Solarpotentialkataster (Quelle: ) .....	82
Abbildung 62: Berechnungsschema zur Bestimmung der Strom- und Wärmepotentiale über den Technologiepfad Biogas aus Anbaubiomasse .....	90
Abbildung 63: Eignung für Erdwärmekollektoren .....	94
Abbildung 64: Schutzgebiete und hydrogeologisch kritische Bereiche.....	95
Abbildung 65: Eignung für Sonden (40m).....	96
Abbildung 66: Eignung für Sonden (100m).....	97
Abbildung 67: Übersicht über Gebiete, die für eine tiefe hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind (Quelle: Studie zum Grundwasser in Deutschland, S. 29) ...	100
Abbildung 68: Überblick über das Abwärmeequellen der Industrie- und Gewerbestandorte in Paderborn .....	101
Abbildung 69: Energieintensität verschiedener Branchen (Quelle: Hirzel & Sonntag, 2013) .	103
Abbildung 70: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Trendszenario (Quelle: Eigene Berechnungen 2018 auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten) .....	110
Abbildung 71: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Klimaschutzszenario (Quelle: Eigene Berechnungen 2018 auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten) .....	112
Abbildung 72: Zukünftiger Kraftstoffbedarf nach Trendszenario (Quelle: Eigene Berechnungen).....	115



Abbildung 73: Zukünftiger Kraftstoffbedarf nach Klimaschutzscenario (Quelle: Eigene Berechnungen).....	116
Abbildung 74: Entwicklung des Strombedarfes im Trendszenario inklusive E-Mobilität und Umweltwärme (Quelle: Eigene Abbildung) .....	118
Abbildung 75: Entwicklung des Strombedarfes im Klimaschutzscenario inklusive E-Mobilität und Umweltwärme (Quelle: Eigene Abbildung) .....	118
Abbildung 76: Entwicklung der erneuerbaren Energien der Stadt Paderborn im Klimaschutzscenario (Quelle: Eigene Abbildung) .....	119
Abbildung 77: Entwicklung des Endenergiebedarfes nach Verwendung im Trendszenario (Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung).....	122
Abbildung 78: Entwicklung des Endenergiebedarfes nach Verwendung im Klimaschutzscenario (Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung) .....	123
Abbildung 79: Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Verwendung im Trendszenario (Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung).....	124
Abbildung 80:Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Verwendung im Klimaschutzscenario (Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung) .....	125
Abbildung 81: Beispiel der Darstellung der Bewertung in den Maßnahmen-Steckbriefen...	129
Abbildung 82: Akteur*innennetzwerk (DIFU 2011).....	195
Abbildung 83: Struktur der Netzwerkarbeit (eigene Abbildung).....	196
Abbildung 84: Einbindungsintensität in der Öffentlichkeitsarbeit (DIFU 2011).....	197

## 10.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wirtschaftsbranchen in der Stadt Paderborn (MBL 2020) .....	10
Tabelle 2: Emissionsfaktoren (ifeu, 2020).....	14
Tabelle 3: Datenquellen bei der Energie- und THG-Bilanzierung.....	16
Tabelle 4: THG-Emissionen pro Einwohner/in der Stadt Paderborn .....	22
Tabelle 5: Übersicht Wärmebedarfsdichten für die Eignung für Wärmenetze .....	48
Tabelle 6: Übersicht Wärmeliniedicht für die Eignung für Wärmenetze.....	50
Tabelle 7: Einteilung Wärmeklassen.....	51
Tabelle 8: Gruppierung der Haushaltsgeräte .....	68
Tabelle 9: Grundlegenden Daten für Trend- und Klimaschutzszenario .....	72
Tabelle 10: Potentiale für die Nutzung von Photovoltaik-Anlagen.....	83
Tabelle 11: Potentiale für die Nutzung von Solarthermie-Anlagen .....	85
Tabelle 12: Potentialerfassung Potential Stadtwälder und hölzerne Biomasse aus Pflagemassnahmen .....	91
Tabelle 13: Abwärmequellen in Paderborn (1).....	104
Tabelle 14: Abwärmequellen in Paderborn (2).....	105
Tabelle 15: Abwärmequellen in Paderborn (3).....	106
Tabelle 16: Installierte Leistung von Wärmepumpen, Sonnenkollektoren und PtH-Anlagen für 2020, 2030, 2040 und 2050.....	111
Tabelle 17: Installierte Leistung von Wärmepumpen, Sonnenkollektoren und PtH-Anlagen für 2020, 2030, 2040 und 2050.....	113
Tabelle 18: Fahrleistungsanteile mit alternativen Antrieben.....	114
Tabelle 19: Installierte Leistungen in Dekadenschritten (Stromerzeugung) [MW <sub>el</sub> ].....	120
Tabelle 20: Schema zur Bewertung der Massnahmen.....	127
Tabelle 21: Kriterien zur Messbarkeit der Massnahmen.....	207

## Quellenverzeichnis

Achternbosch, M.; Bräutigam, K.-R. (2000): Herstellung von Zementklinker. Verfahrensbeschreibung und Analysen zum Einsatz von Sekundärbrennstoffen. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse. Wissenschaftliche Berichte. FZKA 6508.

BMU (2008). Grundwasser in Deutschland.

BMU (2019). *Klimaschutzprogramm 2030*.

[https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutzprogramm\\_2030\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutzprogramm_2030_bf.pdf)

Caputo, A. C.; Pelagagge, P. M.; Salini, P. (2011): Performance modeling of radiant heat recovery exchangers for rotary kilns. *Applied Thermal Engineering*, 31 (14–15), S. 2578–2589.

Söğüt, Z.; Oktay, Z.; Karakoç, H. (2010): Mathematical modeling of heat recovery from a rotary kiln. *Applied Thermal Engineering*, 30, S. 817–825

Hirzel, S., Sontag, B., Rohde, C. (2013). *Industrielle Abwärmnutzung – Kurzstudie* Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Karellas et al. (2013). Energetic and exergetic analysis of waste heat recovery systems in the cement industry.

Madloul, N. A.; Saidur, R.; Hossain, M. S.; Rahim, N. A. (2011): A critical review on energy use and savings in the cement industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, S. 2042–2060.

Madloul, N. A.; Saidur, R.; Rahim, N. A.; Islam, M. R.; Hossain, M. S. (2012): An exergy analysis for cement industries: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, S. 921–932.

Saneipoor, P.; Naterer, G. F.; Dincer, I. (2011): Heat recovery from a cement plant with a Marnoch Heat Engine. *Applied Thermal Engineering*, 31, S. 1734–1743.

U.S. Department of Energy (U.S. DOE) (Hrsg.) (2008): *Waste Heat Recovery: Technology and Opportunities in the U.S. Industry*. o. O.

Potential: Solare Fernwärme

- Günstige Wärmegestehungskosten im Vergleich zu Solarkollektoren auf Hausdächern: (Hausdächer 14,3 – 18,1 ct/ kWh, Große Dachanlagen 8,9 ct/ kWh, Große Freianlagen 3,7 – 4,6 ct/ kWh; Quelle Sandrock Hamburg Institut)
- Nutzungskonkurrenz (v.a. Landwirtschaft/ PV) Lösungsansätze: Aufwertung der Flächen, Mehrfachnutzung von Flächen (Parkplatz)

- Flächeneffizienz in der Energiegewinnung je m<sup>2</sup> Landfläche (Solarthermie gegenüber Biomasse Faktor 40-50) Mögliche Flächen: große Dachflächen, Große Infrastrukturfächen, z.B. Parkplätze, Flächen entlang von Verkehrswegen, Lärmschutzbauwerke, Flächen, die für eine andere Nutzung nicht geeignet sind (ehemalige Deponien)

## 11 Anhang1: Übersicht über Förderungen für Wärmenetze

Zur Finanzierung von Nahwärmenetzen (Leitungsnetz, Erzeuger, Speicher, Hausübergabestationen) besteht die Möglichkeit auf Förderkulissen zurückzugreifen (Auswahl).

- BAFA: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (Wärmenetzsysteme 4.0)
- Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)
- Erneuerbare Energien - Standard (270)
- Erneuerbare Energien - Premium (271, 281)
- KfW 430: Energieeffizient Sanieren
- IKK / IKU – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung (201, 202)
- Innovative KWK-Systeme
- Kommunale Klimaschutzmodellprojekte
- Progres.nrw

BAFA: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (Wärmenetzsysteme 4.0)	
Ansprechpartner	
Antragsberechtigte	kommunale Betriebe, kommunale Zweckverbände, Unternehmen, Contractoren, eingetragene Vereine, eingetragene Genossenschaften
Förderungen	Modul I: Machbarkeitsstudien Modul II: Realisierung von Wärmenetzen oder Teilnetzen Maßnahmen zur Kundeninformation

Förderhöhe	<p>1. Zuschuss bis 60 %, max. 600.000 €</p> <p>2. Zuschuss bis 50 %, max. 15 Mio. € (Grundförderung 30 %, für KMU 40 %, Nachhaltigkeitsprämie bis 10 %, Kosteneffizienzprämie bis 10 %; diverse Zusatzförderungen für Einzelkomponenten, Informationsmaßnahmen und regionale wissenschaftliche Kooperationen)</p> <p>3. bis zu 80 %, max. 200.000 €</p>
Voraussetzungen	<p>Modul II.: Realisierung von Wärmenetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mind. 50 % EE- oder Abwärme-Einsatz über einen Zeitraum von 10 Jahren</li> <li>- max. die Hälfte des EE-Anteils aus Biomasse</li> <li>- max. 10 % fossilen Energieträgern</li> <li>- mind. 100 Abnahmestellen oder 3 GWh/a (Ausnahmen sind u. a. bei Nachbarschafts- oder Quartierskonzepten möglich)</li> <li>- Niedrig temperierte Wärme- oder Kältenetzverbindungen mit 20 °C bis maximal 95 °C im Vorlauf</li> <li>- saisonale Großwärmespeichern außer bei Unwirtschaftlichkeit</li> <li>- Angeschlossene Stromverbraucher und -erzeuger weisen mindestens 1 Schnittstelle zur Sektorkopplung auf und sind auf eine Einbindung in ein intelligentes Stromnetz vorbereitet</li> <li>- Überwachung des gesamten Wärmenetzsystems durch Online-Monitoring</li> <li>- Bei überwiegender Nutzung von Abwärme und Biomasse ist mindestens ein weiteres Innovationsindiz erforderlich</li> </ul>
Kumulierbarkeit	Keine Kumulierung mit anderen öffentlichen Mitteln von Bund und Ländern
Weitere Informationen	<p>Informationen des BAFA: <a href="http://bit.ly/2w7r0U7">http://bit.ly/2w7r0U7</a></p> <p>Bekanntmachung Bundesanzeiger (pdf): <a href="http://bit.ly/2w7AXRd">http://bit.ly/2w7AXRd</a></p>

Frist	keine Fristen; Förderbekanntmachung vom 11.12.2019 mit Laufzeit bis 31.12.2022
-------	--

Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)	
Ansprechpartner	Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz
Antragsberechtigigt	Betreiber*innen von KWK-Anlagen Betreiber*innen eines neuen oder ausgebauten Wärmenetzes
Förderung	Zahlung von Zuschlägen durch die Netzbetreiber sowie die Vergütung für KWK-Strom (inkl. von Brennstoffzellen), der in ein Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist wird. Im Einzelnen Zuschlagszahlungen für  1. KWK-Strom aus neuen, modernisierten und nachgerüsteten KWK-Anlagen, der auf Basis von Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen gewonnen wird,  3. KWK-Strom aus bestehenden KWK-Anlagen, der auf Basis von gasförmigen Brennstoffen gewonnen wird,  4. den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen sowie für den Neubau von Wärmespeichern, in die Wärme aus KWK-Anlagen eingespeist wird,  5. den Neu- und Ausbau von Kältenetzen sowie für den Neubau von Kältespeichern, in die Kälte aus KWK-Anlagen eingespeist wird.
Förderhöhe	Zuschläge in Höhe von 3,1 Cent/kWh (ab 2 MW) bis 8 Cent/kWh (bis 50 kW) zzgl. 0,6 Cent/kWh bei Substitution von Braun- und Steinkohle-KWK-Anlagen  Höhe des Zuschlags für den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen:  - bis DN 100 (Mittel über Gesamtnetz) 100 Euro je laufenden Meter der neu verlegten Wärmeleitung, höchstens aber 40 Prozent der Investitionskosten

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bei mehr als DN 100 (Mittel über Gesamtnetz) 30 % der Investitionskosten</li> <li>- maximal 20 Mio. € je Projekt</li> </ul> <p>KWK-Anlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bei neuen oder modernisierten KWK-Anlagen: elektrische Leistung bis einschließlich 1 oder mehr als 50 Megawatt</li> <li>- die Anlagen gewinnen Strom auf Basis von Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen.</li> <li>- die Anlagen sind hocheffizient</li> <li>- die Anlagen verdrängen keine bestehende Fernwärmeversorgung aus KWK-Anlagen</li> <li>- die Anlagen erfüllen die Anforderungen nach § 9 Absatz 1 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes erfüllen, soweit es sich um Anlagen mit einer installierten Leistung im Sinne von § 3 Nummer 31 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes von mehr als 100 Kilowatt handelt.</li> </ul>
<p>Voraussetzungen</p>	<p>Neu- und Ausbau von Wärmenetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mindestens 75 % KWK-Wärme oder</li> <li>- mindestens 25 % KWK-Wärme, wenn 50 % oder mehr aus KWK, EE, oder Abwärme stammen</li> <li>- es handelt sich um ein öffentliches Netz (Optionen für weitere Anschlüsse)</li> </ul> <p>Wärme- und Kältespeicher:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- eine Zulassung gemäß § 24</li> <li>- Wärme des Wärmespeichers überwiegend aus KWK-Anlagen, die an das Netz der allgemeinen Versorgung angeschlossen sind und die in dieses Netz einspeisen können.</li> <li>- mittlere Wärmeverluste entsprechend einer nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erstellten Berechnung weniger als 15 Watt je Quadratmeter Behälteroberfläche</li> </ul>

Weitere Informationen	<a href="https://www.gesetze-im-internet.de/kwkg_2016/">https://www.gesetze-im-internet.de/kwkg_2016/</a>
Frist	Keine Fristen

Erneuerbare Energien - Standard (270)	
Ansprechpartner	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), KfW Bankengruppe
Antragsberechtigt	private und öffentliche Unternehmen, Contractoren, Körperschaften des öffentlichen Rechts, kommunale Zweckverbände, Genossenschaften, Stiftungen und Vereine, Privatpersonen und gemeinnützige Antragsteller, Freiberufler, Landwirte
Förderung	<p>Gefördert werden</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. die Errichtung, Erweiterung und Erwerb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien oder von Anlagen nur zur Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien,</li> <li>2. Wärme- und Kältenetze sowie Wärme- und Kältespeicher, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden und</li> <li>3. die Flexibilisierung von Stromnachfrage und -angebot bzw. die Digitalisierung der Energiewende mit dem Ziel, die erneuerbaren Energien systemverträglich in das Energiesystem zu integrieren.</li> </ol>
Förderhöhe	Zinsgünstige Darlehen in Höhe von bis zu 50 Mio. € und max. 100 % der förderfähigen Investitionen
Voraussetzungen	<p>Anlagen erfüllen die technischen Anforderungen des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - 2017), einschließlich der hierfür erforderlichen Planungs-, Projektierungs- und Installationsmaßnahmen.</p> <p>Vorhaben im Ausland:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- müssen die gesetzlich geltenden umwelt- und sozialrechtlichen Standards des Investitionslandes erfüllen</li> </ul>



	<p>- Vorhaben mit Investitionsort in Ländern, die weder EU-Mitglied noch Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung-Hocheinkommensland sind, werden von der KfW im Einzelfall geprüft</p> <p>Erwerb gebrauchter Anlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die nicht länger als 12 Monate am Stromnetz angeschlossen sind</li> <li>- die nicht bereits von der KfW gefördert wurden und zeitgleich eine Modernisierung mit Leistungssteigerung erfolgt.</li> </ul>
Kumulierbarkeit	<p>Kombination: Eine Kombination mit anderen Förderprogrammen ist möglich, sofern diese keine Beihilfe enthalten. Wenn in dem Programm Investitionen finanziert werden, die keine Förderung nach dem im Einzelfall jeweils einschlägigen Erneuerbare-Energien-Gesetz erhalten, ist eine Kombination auch mit Förderprogrammen möglich, in denen Beihilfen enthalten sind, sofern die zulässigen Beihilfeobergrenzen eingehalten werden.</p>
Weitere Informationen	<p><a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/</a></p>
Frist	Keine Fristen

Erneuerbare Energien - Premium (271, 281)	
Ansprechpartner	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), KfW Bankengruppe
Antragsberechtigigt	Kommunen, kommunale Gebietskörperschaften und Gemeindeverbände, Unternehmen, Privatpersonen und Freiberufler, Landwirte, gemeinnützige Antragsteller und Genossenschaften
Förderung	1.) Große Solarkollektoranlagen, 2.), 3.), 4.) Wärmenetze, 5.) große Wärmespeicher, 6.) Biogasleitungen 7.) große Wärmepumpen, 8.) Erschließung und Nutzung von Tiefengeothermie

Förderhöhe	Zinsgünstige Darlehen bis max. 100 % der förderfähigen Investitionen, zzgl. Tilgungszuschüssen bis zu 50 %; bis zu 25 Mio. €
Voraussetzungen	1.) Solarkollektoranlagen - mehr als 40 m <sup>2</sup> Bruttokollektorfläche - zur Warmwasserbereitung, Raumheizung oder zur kombinierten Warmwasserbereitung und Raumheizung von Wohngebäuden mit 3 und mehr Wohneinheiten oder Nichtwohngebäuden mit min. 500 m <sup>2</sup>
	2.) & 3.) große Biomasse-Anlagen und KWK-Anlagen - installierte Nennwärmeleistung von mehr als 100 kW - 3.) bis maximal 2 MW
	4.) Wärmenetze - 50 % Wärme aus EE, Wärmepumpen oder Abwärme (60 % bei Neubauten) - 20 % Solarthermie wenn Rest aus hocheffizienten KWK, Wärmepumpen oder Abwärme - im Mittel Mindestwärmeabsatz von 500 kWh pro Trassenmeter und Jahr
	5.) Große Wärmespeicher: - mehr als 10 m <sup>3</sup> - überwiegend aus erneuerbaren Energien gespeist
	6.) Biogasleitungen: - Leitungen für nicht zu Biomethan aufbereitetes Biogas - Länge von min. 300 m Luftlinie - Nutzung zur Aufbereitung in Erdgasqualität, einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Nutzung oder einer Nutzung als Kraftstoff
	7.) Große effiziente Wärmepumpen:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installierte Nennwärmeleistung von mehr als 100 kW für die kombinierte Warmwasserbereitung und Bereitstellung des Heizwärmebedarfs von Gebäuden, die Bereitstellung des Heizwärmebedarfs von Nichtwohngebäuden, die Bereitstellung von Wärme für Wärmenetze</li> </ul>
	<p>8.) Tiefengeothermie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mehr als 400 m Bohrtiefe</li> <li>- Temperatur des Thermalfluids von min. 20°C</li> <li>- geothermischen Wärmeleistung von mindestens 0,3 MW (th)</li> <li>- ausschließliche Wärmeerzeugung oder kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung</li> </ul>
	<p>1.) - 3.), 5.) - 8.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einhaltung der Bedingungen bzw. Qualitätskriterien im Antrag auf Tilgungszuschuss (Formularnummer 600 000 0204).</li> </ul>
Kumulierbarkeit	<p>Kombination: Nur mit dem KfW-Programm "Energieeffizient Bauen" möglich. Ausgeschlossen ist die Kombination eines Kredites aus Erneuerbare Energien "Premium" mit einem Kredit aus dem Programm Erneuerbare Energien "Standard" für dieselbe Investitionsmaßnahme (Ausnahme: Tiefengeothermie zur kombinierten Wärme- und Stromerzeugung).</p> <p>Vertiefende Informationen zu den beihilferechtlichen Kumulierungsvorschriften finden Sie im "Allgemeinen Merkblatt zu Beihilfen".</p>
Weitere Informationen	<p><a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-(271-281)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-(271-281)/</a></p>
Frist	Keine Fristen

KfW 430: Energieeffizient Sanieren

Ansprechpartner	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), KfW Bankengruppe
Antragsberechtigt	Natürliche Personen als Eigentümer*innen/ Ersterwerber*innen von Ein- und Zweifamilienhäusern mit maximal 2 Wohneinheiten oder Eigentumswohnungen in Wohnungseigentums-gemeinschaften
Förderung	Energetische Sanierung von bestehenden Wohngebäuden, deren Bauantrag beziehungsweise Bauanzeige vor dem 01.02.2002 gestellt wurde; KfW-Effizienzhaus als auch Einzelmaßnahmen (unter anderem Erstanschluss an Nah- oder Fernwärme)
Förderhöhe	Geförderte Kosten je Wohneinheit bis zu 48.000 Euro für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus oder 10.000 Euro für Einzelmaßnahmen, Investitionszuschuss abhängig von Maßnahme und künftiger Energieeffizienz bis zu maximal 120.000 Euro
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ein-bindung eines anerkannten Experten für Energieeffizienz, wirtschaftlich unabhängige Beauftragung</li> <li>- Bauantrag (alternativ Bauanzeige) wurde vor dem 01.02.2002 gestellt</li> <li>- bestehende Wohngebäude nach § 2 EnEV, die nach ihrer Zweckbestimmung überwiegend dem Wohnen dienen</li> <li>- für die Sanierung gelten technische Mindestanforderungen (siehe Dokumente Anlage - Technische Mindest-anforderungen und Infoblatt - Liste der Technischen FAQ)</li> <li>- Sanierung ist durch ein Fachunternehmen auszuführen</li> </ul>
Kumulierbarkeit	<p>Kombinierbar mit weiteren Fördermitteln:</p> <p>Altersgerecht Umbauen – Kredit (159) oder Barrierereduzierung – Investitions-zuschuss (455)</p> <p>Alternativ: Kreditförderung im Produkt Energieeffizient Sanieren (Produktnummern 151/152)</p>

Weitere Informationen	
Frist	Keine Fristen

IKK / IKU – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung (201, 202)	
Ansprechpartner	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), KfW Bankengruppe
Antragsberechtigigt	Kommunen, kommunale Eigenbetriebe und Zweckverbände (IKK), mehrheitlich kommunale Unternehmen (IKU), Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts mit mehrheitlich kommunalem Hintergrund, gemeinnützige Organisationsformen und Kirchen, Unternehmen
Förderung	KWK(K)-Anlagen, industrielle Abwärme, Wärme- und Kältespeicher, Wärme- und Kältenetze
Förderhöhe	Zinsgünstige Darlehen bis zu 100 % der förderfähigen Investitionen (Programm 202: max. 50 Mio. €), Tilgungszuschüsse bis zu 10 %
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quartiersbezogene Versorgung erstreckt sich über die Grundstücksgrenzen der einspeisenden Anlage</li> <li>- Mindestens ein Abnehmer muss an das Netz angeschlossen sein, der nicht gleichzeitig Eigentümer*innen oder Betreiber*innen der einspeisenden Anlage ist</li> <li>- Alle förderfähigen Investitionen müssen die Energieeffizienz verbessern</li> </ul> <p>Modul A Wärme- und Kälteversorgung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einhaltung der gesetzlichen Standards bzw. der anerkannten Regeln der Technik sind Voraussetzung für alle förderfähigen Maßnahmen</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hocheffiziente strom- oder thermisch geführte/ fuhrbare Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen auf Basis von Erd-/Biogas; nicht auf Basis von z. B. Kohle oder Öl.</li> <li>- Erzeugungsanlagen erfüllen "Hocheffizienz" gemäß Definition § 2 Absatz 8 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (2016) beziehungsweise der EU-Richtlinie 2012/27/EU Anhang II; ist bei Antragstellung zu bestätigen</li> <li>- Kälteversorgung überwiegend aus Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung</li> <li>- Mitförderung erforderlicher Anschlüsse und Übergabestationen, sofern sie Bestandteil des Investitionsvorhabens sind und keine Förderung der entsprechenden Kosten aus KfW-Programmen der energetischen Gebäudesanierung erfolgt.</li> </ul>
Kumulierbarkeit	<p>Kombination: Die Kombination mit öffentlichen Fördermitteln ist zulässig, sofern die Summe aus Krediten, Zuschüssen und Zulagen die Summe der Aufwendungen nicht übersteigt. Die Inanspruchnahme anderer Förderprogramme des Bundes für dieselbe Maßnahme ist nicht zulässig.</p> <p>Eine Kombination mit der Wärme-/ Kältenetz- beziehungsweise Wärme-/ Kältespeicherförderung nach §§ 18 bis 21 beziehungsweise §§ 22 bis 25 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz ist möglich, sofern es sich um ein Vorhaben mit hohem Quartiersbezug handelt.</p>
Weitere Informationen	<p><a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunen-(201)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunen-(201)/</a></p> <p><a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-kommunale-Unternehmen-(202)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-kommunale-Unternehmen-(202)/</a></p>
Frist	Keine Fristen

Innovative KWK-Systeme	
Ansprechpartner	Bundesamt für Wirtschaft und Ausführungkontrolle (BAFA)
Antragsberechtigt	Betreiber*innen innovativer KWK-Systeme
Förderung	Innovative KWK-Systeme
Förderhöhe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 45.000 Vollbenutzungsstunden der Gebotsmenge für KWK-Strom in der Höhe des Zuschlagswertes</li> <li>- pro Kalenderjahr höchstens 3.500 Vollbenutzungsstunden der Gebotsmenge</li> </ul>
Voraussetzungen	<p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebotsmenge muss mehr als 1.000 kW umfassen und darf 10.000 kW installierte KWK-Leistung nicht überschreiten</li> <li>- min. Komponenten: KWK- Anlage, Komponente zur Bereitstellung innovativer erneuerbarer Wärme, elektrischer Wärmeerzeuger</li> <li>- erfolgreiche Teilnahme am Ausschreibungsverfahren</li> <li>- gemeinsame Regelung und Steuerung der Komponenten</li> <li>- Anschluss der Komponenten am gleichen Wärmenetz</li> <li>- Komponenten verfügen über mess- und eichrechtskonforme Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Erfassung der eingesetzten Brennstoffe, der bereitgestellten Wärme sowie für jedes 15-Minuten-Intervall die eingesetzte und die erzeugte Strommenge</li> <li>- Eigenstromversorgungsgebot, Einspeisung des gesamten erzeugten Stroms in ein Netz der Allgemeinen Versorgung</li> </ul> <p>hocheffiziente neue und modernisierte KWK-Anlage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrische Leistung mehr als 1 MW bis einschließlich 50 MW</li> <li>- Modernisierung min. 50 % der Kosten für Neuerrichtung KWK-Anlage mit gleicher Leistung nach aktuellem Stand der Technik</li> </ul>

	<p>Komponente zur Bereitstellung innovativer erneuerbarer Wärme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrikneu</li> <li>- Min. Jahresarbeitszahl 1,25</li> <li>- kann pro Kalenderjahr min. 30 % der Referenzwärme als innovative Wärme bereitstellen</li> <li>- nur einer KWK-Anlage zugeordnet</li> </ul> <p>elektrischer Wärmeerzeuger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kann jederzeit min. 30 % der maximal auskoppelbaren Wärme der KWK-Anlage bereitstellen</li> <li>- stromseitig und unmittelbar wärmeseitig mit der KWK-Anlage verbunden</li> </ul>
Kumulierbarkeit	
Weitere Informationen	<a href="https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/kwk_merkblatt_innovative_kwk-systeme.html">https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/kwk_merkblatt_innovative_kwk-systeme.html</a>
Frist	keine Fristen; Ausschreibungen durch die Bundesnetzagentur jeweils zum 01.06 und 01.12 eines jeden Jahres

Förderaufruf Kommunale Klimaschutz-Modellprojekte	
Ansprechpartner	Projekträger Jülich (PTJ)
Antragsberechtigt	Antragsberechtigt sind Kommunen (Städte, Gemeinden und Landkreise) und Zusammenschlüsse von Kommunen sowie Betriebe, Unternehmen und sonstige Einrichtungen mit mindestens 25 Prozent kommunaler Beteiligung
Förderung	<p>Investive Modellprojekte mit weitreichender Treibhausgasminderung und Beitrag zu den Klimaschutzzielen der Bundesregierung</p> <p>Besonders förderwürdig sind Modellprojekte aus den Handlungsfeldern</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abfallentsorgung; - Abwasserbeseitigung; - Energie- und Ressourceneffizienz; - Stärkung des Umweltverbunds, grüne City-</li> </ul>



	Logistik und Treibhausgas-Reduktion im Wirtschaftsverkehr; sowie - Smart-City (Vernetzung, Integration und intelligente Steuerung verschiedener umwelttechnischer Infrastrukturen)
Förderhöhe	70% der förderfähigen Kosten; für Anträge, die zwischen dem 1.Aug. und dem 31. Dez. 2021 gestellt werden 80%; finanzschwache Kommunen bis 90%; Mindestzuwendung 200.000 Euro, max. 10 Mio. Euro
Voraussetzungen	Einreichen einer Projektskizze und Aufforderung zur Antragstellung  Der Modellcharakter der Vorhaben soll sich auszeichnen durch hohe Treibhausgasminderung im Verhältnis zur Fördersumme; die Verfolgung der klimaschutzpolitischen Ziele des Bundes; einen besonderen und innovativen konzeptionellen Qualitätsanspruch; den Einsatz bester verfügbarer Techniken und Methoden; die Übertragbarkeit beziehungsweise Replizierbarkeit des Ansatzes eine überregionale Bedeutung und deutliche Sichtbarkeit mit bundesweiter Ausstrahlung
Kumulierbarkeit	Eine Kumulierung mit Drittmitteln, Zuschussförderungen und Förderkrediten ist vorbehaltlich entgegenstehender beihilferechtlicher Vorgaben zugelassen, sofern eine angemessene Eigenbeteiligung in Höhe von mindestens 15 Prozent des Gesamtvolumens der zuwendungsfähigen Ausgaben erfolgt, bei finanzschwachen Kommunen in Höhe von 10 Prozent.
Weitere Informationen	<a href="https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative/modellprojekte">https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative/modellprojekte</a>
Frist	Antragsfristen jeweils 01.Jan und 31.Dez. eines Jahres

Progres nrw

Ansprechpartner	Projektträger Jülich (PTJ)
Antragsberechtigigt	Antragsberechtigigt sind Kommunen (Städte, Gemeinden und Landkreise) und Zusammenschlüsse von Kommunen sowie Betriebe, Unternehmen und sonstige Einrichtungen mit mindestens 25 Prozent kommunaler Beteiligung
Förderung	Investive Modellprojekte mit weitreichender Treibhausgasminderung und Beitrag zu den Klimaschutzzielen der Bundesregierung  Besonders förderwürdig sind Modellprojekte aus den Handlungsfeldern - Abfallentsorgung; - Abwasserbeseitigung; - Energie- und Ressourceneffizienz; - Stärkung des Umweltverbunds, grüne City-Logistik und Treibhausgas-Reduktion im Wirtschaftsverkehr; sowie - Smart-City (Vernetzung, Integration und intelligente Steuerung verschiedener umwelttechnischer Infrastrukturen)
Förderhöhe	70% der förderfähigen Kosten; für Anträge, die zwischen dem 1.Aug. und dem 31. Dez. 2021 gestellt werden 80%; finanzschwache Kommunen bis 90%; Mindestzuwendung 200.000 Euro, max. 10 Mio. Euro
Voraussetzungen	Einreichen einer Projektskizze und Aufforderung zur Antragstellung  Der Modellcharakter der Vorhaben soll sich auszeichnen durch hohe Treibhausgasminderung im Verhältnis zur Fördersumme; die Verfolgung der klimaschutzpolitischen Ziele des Bundes; einen besonderen und innovativen konzeptionellen Qualitätsanspruch; den Einsatz bester verfügbarer Techniken und Methoden; die Übertragbarkeit beziehungsweise Replizierbarkeit des Ansatzes eine überregionale Bedeutung und deutliche Sichtbarkeit mit bundesweiter Ausstrahlung
Kumulierbarkeit	Eine Kumulierung mit Drittmitteln, Zuschussförderungen und Förderkrediten ist vorbehaltlich entgegenstehender beihilferechtlicher Vorgaben zugelassen, sofern eine angemessene Eigenbeteiligung in

	Höhe von mindestens 15 Prozent des Gesamtvolumens der zuwendungsfähigen Ausgaben erfolgt, bei finanzschwachen Kommunen in Höhe von 10 Prozent.
Weitere Informationen	<a href="https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative/modellprojekte">https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative/modellprojekte</a>
Frist	Antragsfristen jeweils 01.Jan und 31.Dez. eines Jahres