

Landeshauptstadt Dresden
Stabsstelle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung



Dresden.
Dresdner

Perspektiven für ein klimaneutrales Dresden

Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept
Band I – Konzeptband

Autoren Band I, Band II und Band III:

- Linda Hentschel (Projektleitung ab März 2023)
- Dirk Hladik
- Cornelia Kurbjuhn
- Thomas Pluntke
- Albrecht Seifert
- Nora Zentner

Mitautoren

- Anna Ebeling, SachsenEnergie AG (Wärmebedarf- und modellierung, Fernwärmenetz Bestand und Dekarbonisierung, Beschreibung Reduktionspfade, Band I und Band III: Kapitel 5.2.1, 5.4.1, 10.2.1.1, 10.2.1.2, 10.5, 11.2, 11.3, 11.4)
- Margit Haase (Handlungsfeld Mobilität, Kapitel 8.3)
- Moritz Knobloch, BLS Energieplan GmbH (technische Beschreibung der Umweltwärme-Potentialermittlung und Bestimmung Wärme-/Stromlastprofile, in Band III: Kapitel 10.2.1.1, 10.2.1.3, 10.3.2.1, 10.3.2.2)
- Regine Kramer (EU-Städtemission, in Kapitel 16)
- Franziska Reinfried (Abgrenzung und Schnittmenge zur Klimaanpassung, Kapitel 4.3)
- Ralf-Uwe Syrbe, Leibniz Institut für Ökologische Raumentwicklung (CO₂-Senken, Kapitel 8.5)
- Frank Wustmann, SachsenEnergie AG (Fernwärmenetz Bestand und Dekarbonisierung, Band I Kapitel 5.4.1, 10.5)

Das vorliegende Konzept stellt eine Weiterentwicklung des Standes der Fortschreibung des Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepts dar, für das im Zeitraum von Dezember 2020 bis April 2022 das Konsortium bestehend aus der Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft, Jung Stadtkonzepte Partnergesellschaft, BTU Cottbus und AGFW-Projektgesellschaft mbH beauftragt war.

Stand der Bearbeitung: 11.01.2024

Danksagung

Im besonderen Maße danken wir den nachfolgenden Institutionen, Organisationseinheiten sowie Personen:

- SachsenEnergie AG und hier insbesondere Herrn Frank Wustmann, Frau Anna Ebeling, sowie Herrn Dr. Carl-Philipp Anke, für den umfangreichen und intensiven fachlichen Austausch u.a. im Rahmen der Gebäudepotentialstudie (PotEEGeb), sowie Zuarbeiten aus dem Dekarbonisierungskonzept und dem Wärmetransformationsplan für das Fernwärmenetz,
- SachsenNetze GmbH für Zuarbeiten von Netzdaten, sowie fachlicher Rückkopplung zu den Textteilen für den Netzbestand (Erdgas, Strom) und die dazugehörigen Planungen (GTP, NAP),
- Stadtentwässerung Dresden GmbH für ihre Zuarbeit und fachliche Rückkopplung,
- Ämter und Eigenbetriebe für die Mitarbeit in der Projektgruppe IEK und die Zuarbeit der Maßnahmensteckbriefe sowie den fachlichen Austausch und das Gegenlesen der relevanten Kapitel,
- Runder Tisch und Wissenschaftlicher Beirat für die kritische Auseinandersetzung mit dem Konzept und den Input, der auch wenn er nicht vollständig im Konzept Eingang finden konnte, sehr wertvoll war,
- Prof. Dr. Martin Behnisch, Markus Münzinger, Anna Poglitsch (IÖR) für die intensive Zusammenarbeit im Rahmen der PV-Gebäudepotentialstudie und daraus genutzten Daten und Grafiken,
- Ralf-Uwe Syrbe und Dr. Markus Egermann (IÖR) für die Zuarbeit und den fachlichen Austausch,
- Prof. Dr. Clemens Felsmann, Prof. Dr. John Grunewald, Prof. Dr. Tobias Zschunke, Prof. Dr. Dominik Möst, Dr. Christian Korndörfer, Dr. Carl-Philipp Anke, Frank Wustmann im Rahmen Ihrer beratenden Tätigkeit und dem fachlichen Austausch in der Kompetenzgruppe Wärme.

1 Inhalt

1	Inhalt	3
2	Vorwort	7
3	Zusammenfassung.....	9
4	Einleitung	13
4.1	Einführung	13
4.2	Aufbau des Konzepts	15
4.3	Abgrenzung und Schnittmenge zur Klimaanpassung.....	16
5	Ausgangssituation	19
5.1	Aktueller Rechtsrahmen	19
5.2	Gebäudeenergiebedarfe.....	21
5.2.1	Wärmebedarf der Gebäude	21
5.2.2	Strombedarf der Gebäude	24
5.3	Prozessenergiebedarfe in Industrie und Gewerbe	25
5.4	Leitungsgebundene Energieinfrastrukturen	27
5.4.1	Fernwärmenetz.....	27
5.4.2	Erdgasnetz.....	28
5.4.3	Stromnetz.....	29
5.5	Energiespeicheranlagen.....	30
5.6	Übersicht Stromerzeugungsanlagen Erneuerbare Energien.....	30
5.7	Aktuelle Energie- und THG-Bilanz.....	31
5.8	Erfahrungen aus dem bisherigen Klimaschutzkonzept (IEuKK 2013).....	34
6	Emissionsquellen und Bilanzierungsmethoden	37
7	Definition von Klimaneutralität	42
8	Handlungsfelder zur THG-Reduktion.....	45
8.1	Handlungsfeld Gebäudeenergieversorgung	46
8.1.1	Kommunale Wärmeplanung	46
8.1.2	Bedeutung der Gebäudeenergieversorgung und Handlungsschwerpunkte	47
8.1.3	Sektorenkopplung und strategische Klimanetzentwicklung.....	52
8.1.4	Zusammenfassung der wesentlichen Herausforderungen und Lösungsansätze.....	59
8.2	Handlungsfeld Ausbau Erneuerbarer Energien in der Fläche	60

8.3	Handlungsfeld Mobilität	64
8.4	Handlungsfeld Industrieprozesse und Produktverwendung.....	68
8.5	Handlungsfeld Land- und Forstwirtschaft sowie andere Landnutzungen.....	70
8.6	Handlungsfeld Abfall- und Abwasserwirtschaft	74
8.6.1	Abfallwirtschaft	74
8.6.2	Abwasserwirtschaft.....	78
8.7	Handlungsfeld Graue Energie, Bau, Konsum und Ernährung.....	83
8.8	Handlungsfeld Technische THG-Senken	86
8.9	Handlungsfeld Übergeordnete Organisation und Steuerung	87
8.9.1	Organisation des Klimaschutzes in der Stadtverwaltung	87
8.9.2	THG-neutrale Stadtverwaltung	91
9	Szenarien.....	96
10	Potentiale zur THG-Reduktion	100
10.1	Einordnung Potentiale.....	100
10.2	Energieeffizienzpotentiale für Gebäude- und Industrieprozesse	101
10.2.1	Entwicklung der Gebäudeenergiebedarfe und ihrer Effizienzpotentiale	101
10.2.2	Effizienz- und zukünftige Bedarfsannahmen für Prozessenergie.....	104
10.3	Lokale gebäudenahere Erneuerbare-Energien	105
10.3.1	Solare Energienutzung auf und an Gebäuden.....	106
10.3.2	Umgebungswärme an Gebäuden	115
10.3.3	Abwärme.....	120
10.3.4	Ergebnisse und zeitliche Einordnung	121
10.4	Großformatige Erneuerbare-Energien-Anlagen	123
10.4.1	PV auf Parkplatzflächen	123
10.4.2	Agri-PV	127
10.4.3	Lärmschutzinfrastruktur-PV, Floating-PV, Sonstige Freiflächen-PV	130
10.4.4	Zusammenfassung Potentiale gebäudeunabhängige-PV	137
10.4.5	Windenergie	140
10.5	Dekarbonisierung und Entwicklung des Fernwärmenetzes.....	144
10.5.1	Bedeutung der Fernwärme im zukünftigen Energiesystem	144
10.5.2	Wesentliche Potentiale zur Dekarbonisierung der Dresdner Fernwärme	145
10.5.3	Erzeugungsbilanz und Emissionspfad	148
10.5.4	Ausbau und Nachverdichtung.....	150
10.5.5	Ausblick.....	151

10.6	Einsatz von klimafreundlichem Wasserstoff.....	151
10.6.1	Farbcodes von Wasserstoff und Definition der Klimafreundlichkeit.....	152
10.6.2	Klimafreundlicher Wasserstoff: Bedeutung und Strategien.....	153
10.6.3	Klimafreundlicher Wasserstoff in Dresden	157
11	Szenarienanalyse zum Reduktionspfad.....	159
11.1	Reduktionspfadrechner.....	159
11.2	Entwicklung des Energiebedarfs und des Energieangebots	161
11.2.1	Zielszenario 2035	161
11.2.2	Zielszenario 2040	164
11.2.3	Referenzszenario 2045	166
11.3	Entwicklung der THG-Emissionen.....	168
11.3.1	Zielszenario 2035	168
11.3.2	Zielszenario 2040	169
11.3.3	Referenzszenario 2045	170
11.4	Vergleich der Szenarien.....	172
11.5	Einhaltung des CO ₂ -Budgets.....	174
12	Zielvorgabe Reduktionspfad	176
12.1	Zielstellung für Dresden.....	176
12.2	Investitionsbedarfe und Nutzen der THG-Neutralität	183
12.2.1	Investitionsbedarfe zur Erreichung der THG-Neutralität	183
12.2.2	Nutzenbetrachtung der THG-Neutralität	184
13	Maßnahmen und Maßnahmenpakete	188
13.1	Einordnung des Maßnahmenkatalogs in das IEK.....	188
13.2	Aufbau des Maßnahmenkatalogs.....	188
14	Beteiligungsprozess	190
14.1	Beratende Gremien.....	190
14.2	Beteiligung der Öffentlichkeit.....	191
14.3	Fortführung der Beteiligung	196
15	Monitoring- und Controllingkonzept	198
15.1	Erläuterungen.....	198
15.2	Monitoring der Entwicklung des Klimaschutzes (Top-down-Ansatz).....	200
15.2.1	Städtische Energie- und THG-Bilanz (BISKO).....	200
15.2.2	Indikatoren zur Überprüfung der städtischen Klimaschutzstrategie.....	201

15.2.3	THG-Bilanz für Stadtverwaltung.....	203
15.3	Controlling auf Maßnahmenebene (Bottom-up-Ansatz).....	203
15.4	Klimaschutz-Berichterstattung	205
16	Ausblick.....	206
17	Abkürzungsverzeichnis.....	210
18	Gängige physikalische Einheiten	214
19	Tabellenverzeichnis.....	215
20	Abbildungsverzeichnis.....	217
21	Glossar	221

2 Vorwort

Oberbürgermeister Herr Dirk Hilbert

Zweite Bürgermeisterin Frau Eva Jähnigen

3 Zusammenfassung

Die Fortschreibung des Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzeptes (IEuKK) aus dem Jahr 2013 wurde durch den Stadtratsbeschluss zum Antrag A0011/19 (SR/007/2020) „Fortschreibung der Klimaschutzziele der Landeshauptstadt Dresden“ vom 30. Januar 2020 eingeleitet und mit dem Stadtratsbeschluss zu V1818/22 (SR/045/2022) vom 15. Dezember 2022 „Entscheidung über die Zulässigkeit des Bürgerbegehrens DresdenZero: Klimaneutralität für Dresden bis 2035“ spezifiziert. Der **Fokus** des Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzeptes (IEK) lag dabei auf den **energetischen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen)**.

Die **Ausgangssituation** in Dresden wurde durch eine umfangreiche Bestandsaufnahme quantifiziert und beschrieben. Dies bezieht sich insbesondere auf die Energiebedarfe für Wärme, Strom und Produktionsprozesse sowie die genutzten Energieträger und –infrastrukturen. Die Wärmeversorgung der Gebäude hat einen wesentlichen Anteil am Energiebedarf. Die etwa 72.000 beheizten Gebäude in Dresden hatten in 2021 einen **Wärmebedarf** in Höhe von **4,6 TWh**. Zur Bestimmung der Wärmebedarfe wurde ein gebäudescharfes Wärmekataster genutzt. Der gesamtstädtische **Strombedarf** betrug 2021 rund **2,69 TWh** jährlich, wovon 1,41 TWh (53 Prozent) auf Prozessenergiebedarfe in der Industrie entfallen. Die zeigt bereits die hohe Relevanz der Prozessenergiebedarfe aus der Industrie. Über alle Energieträger hinweg (Strom, Gas, Fernwärme) beträgt der **Gesamtprozessenergiebedarf** etwa **3,17 TWh** in 2021. Eine besondere Bedeutung kommt der Halbleiterindustrie zu, die bereits 2018 einen Anteil von 16 Prozent am Dresdner Stromverbrauch sowie von 33 Prozent am Erdgasverbrauch hatte. Dank erfolgreicher weiterer Fabrikansiedlungen und –erweiterungen und entsprechend hohen Investitionen in Dresden ist der Anteil am Stromverbrauch von 2018 auf 2022 bereits um 29 Prozent gestiegen.¹ Dieser Trend wird sich auf Grund begonnener und abzusehender Projekte zunächst fortsetzen, jedoch auch teilweise durch Effizienzsteigerungen kompensiert werden.

Dresden verfügt zudem über eine **umfassende leitungsgebundene Infrastruktur**. Das Fernwärmenetz (630 Kilometer) versorgt etwa 45 Prozent der beheizten Gebäude zuverlässig mit Wärme. Das Erdgasnetz stellt mit einem Deckungsanteil von rund 50 Prozent des Wärmebedarfs der Dresdner Gebäude aktuell den Hauptenergieträger für Wärme bereit. Es umfasst 1.127 Kilometer an Hauptleitungen und zusätzlich 606 Kilometer an Anschlussleitungen, welche aus historischen Gründen teilweise auch im Dresdner Fernwärmegebiet liegen; wobei es auch Gebiete ohne Erdgasnetz in Dresden gibt. Das Stromnetz verfügt über eine Länge von 1.491 Kilometern im Mittelspannungsbereich und 2.757 Kilometern im Niederspannungsbereich und erreicht damit grundsätzlich alle Gebäude in Dresden. Hinzu kommen Energiespeicheranlagen sowie ein umfangreicher Bestand an Wärme- und Stromerzeugungsanlagen. Die aktuell installierte Stromerzeugungsleistung aus Erneuerbaren Energien (EE) beträgt rund 90 MW und deckt mit einer jährlichen Stromerzeugung von etwa 114 GWh derzeit bilanziell rund 4,2 Prozent des Dresdner Strombedarfes.

Die **THG-Bilanzierung** der Landeshauptstadt Dresden (LHD) wurde im Jahr 2017 auf den Bilanzierungsstandard Kommunal (BISKO) umgestellt und ermöglicht damit eine Vergleichbarkeit mit anderen Kommunen, wobei bisher nur die energetischen THG-Emissionen erfasst sind (etwa 84 Prozent der Gesamtemissionen). Das Ziel der THG-Neutralität bedeutet für die LHD, die THG-Emissionen bis zum Zieljahr um 95 Prozent des Vergleichsniveaus von 1990 zu reduzieren.

Zur Erreichung von Klimaneutralität ist auch die Reduktion von nicht-energetischen THG-Emissionen notwendig, welche derzeit (noch) nicht in der kommunalen THG-Bilanz abgebildet werden (können).

¹ Verwendet wurden die aktuellsten vorliegenden Verbrauchsdaten.

Es wurden daher **neun zentrale Handlungsfelder** identifiziert. Die Handlungsfelder definieren strategische Schwerpunkte mit entsprechenden Handlungsthemen. Im vorliegenden Konzept geschieht dies in unterschiedlichem Detailgrad, wobei der Fokus darauf liegt, zumindest einen ersten Überblick über alle relevanten Bereiche zu bieten. Diese umfassen auch nicht-energetische THG-Emissionen, für welche soweit möglich, erste Maßnahmen bestimmt; jedoch noch keine detaillierten Untersuchungen durchgeführt wurden.

Im **Handlungsfeld Gebäudeenergieversorgung** stehen Maßnahmen zur klimaneutralen Wärmeversorgung im Fokus. Die **Wärmeversorgung** der Gebäude spielt eine entscheidende Rolle in der Gesamtbilanz der THG-Emissionen. Aktuell entfallen mit ca. 1 Mio Tonnen an Treibhausgasen ca. **27 Prozent der Dresdner Gesamtemissionen** auf diesen Bereich. Gleichzeitig bietet der Gebäudebereich ein erhebliches Potential zur Nutzung von EE. Im Zuge der Konzeptentwicklung wurde eine umfassende Gebäudeenergiestudie durchgeführt, um die verfügbaren Versorgungstechnologien und lokalen Potentiale für EE an Gebäuden zu ermitteln. Hierbei untersuchte EE-Potentiale bezogen sich in erster Linie auf Umgebungswärme, wie beispielsweise oberflächennaher Geothermie sowie Umweltwärmenutzung am Gebäude durch verschiedene Arten von Wärmepumpen. Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass eine **klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2040 möglich** erscheint. Diese beruht im Wesentlichen auf einer dekarbonisierten Fernwärme in den dicht besiedelten Stadtteilen und der Nutzung von Umgebungswärmpotentialen mittels Wärmepumpen in weniger dicht besiedelten Stadtgebieten, sowie in geringen Anteilen aus Biomasse und Elektrodirektheizungen.

Das zentrale Planungsinstrument für eine bezahlbare, sichere und klimaneutrale Wärmeversorgung ist die sogenannte **kommunale Wärmeplanung**, mit der der komplexe Transformationsprozess für alle Akteure einen abgestimmten Rahmen und damit erhöhte Planungssicherheit erhalten soll. Im Ergebnis dieses in Dresden bereits begonnenen Prozesses soll ein entsprechender Maßnahmenkatalog zur Umsetzung sowie eine räumliche Darstellung von Wärmeversorgungsgebieten und der für das jeweilige Gebiet bevorzugt zu nutzenden Versorgungsart stehen. In engem Zusammenhang damit steht die Dekarbonisierungsstrategie und der darauf aufbauende **Wärmetransformationsplan der SachsenEnergie AG** für eine perspektivisch THG-neutrale Fernwärmeversorgung sowie der Ausbau und die Verdichtung des bestehenden Fernwärmegebietes. In Gebieten die sich aus wirtschaftlichen Gründen nicht für eine Fernwärmeerschließung eignen, werden zukünftig neben dezentralen Wärmelösungen auch neue oder erweiterte Nahwärmenetze im Rahmen von energetischen Quartierslösungen eine wichtige Rolle spielen. Weitere wichtige Bausteine der Wärmewende sind der Gasnetzgebietstransformationsplan (Umstellung von fossilem Erdgas auf Wasserstoff), der Strom- und Netzausbauplan (aufgrund stark steigender Strombedarfe durch Industrie, E-Mobilität und (Groß-) Wärmepumpen), die steigende Bedeutung der Sektorenkopplung und stationärer Energiespeicher sowie der Einsatz von klimafreundlichem Wasserstoff.

Darüber hinaus wurde eine umfassende PV-Gebäudepotentialstudie erstellt. Im Ergebnis wurde ein Stromerzeugungspotential aus **Gebäude PV-Anlagen** von etwa **715 GWh pro Jahr** abgeschätzt. Daten zur Eignung von Dächern und Fassaden können auch gebäudescharf im Themenstadtplan der LHD öffentlich eingesehen werden.

Das **Handlungsfeld Ausbau Erneuerbarer Energien in der Fläche** beinhaltet konkrete Potentialuntersuchungen, insbesondere für PV-Anlagen und Windenergieanlagen, um die Erzeugung aus EE zu steigern. Die entsprechenden Untersuchungen ergaben Potentiale von **409 GWh/a für gebäudeunabhängige PV** sowie **315 GWh/a** für die Nutzung von **Windenergie**. Untersucht wurden im einzelnen Photovoltaik-Anlagen auf Freiflächen, auf Parkplatzflächen, Agri-PV (kombinierte Nutzung von Agrar-Flächen für Landwirtschaft und Stromerzeugung) sowie Floating-PV (PV-Anlagen auf Gewässern).

Für den **Verkehrsbereich (Handlungsfeld Mobilität)**, welcher etwa **24 Prozent der Dresdner THG-Emissionen** ausmacht, erfolgt eine vertiefte Potentialuntersuchung inklusive der notwendigen Maßnahmen-

entwicklung im Rahmen des **Dresdner Mobilitätsplanes 2035+** (DMP 2035+). Die notwendige Verknüpfung beider Konzepte wird über eine Vorgabe für den Verkehrssektor im Reduktionspfad sichergestellt, welche in die Erarbeitung des DMP 2035+ einfließt.

Im Bereich der Industrie ist sowohl die Thematik des Energieverbrauchs als auch der Aspekt der im Rahmen der Produktionsprozesse entstehende Treibhausgase von Relevanz. Das **Handlungsfeld Industrieprozesse und Produktverwendung** schafft zu diesen Themen einen ersten Überblick.

Das **Handlungsfeld Land- und Fortwirtschaft sowie andere Landnutzungen** legt den Fokus auf die nicht-energetischen THG-Emissionen aus den Bereichen Viehwirtschaft, Bewirtschaftung von Äckern, Wäldern und anderen Flächen, welche nach einer überschlägig ermittelten Rechnung von deutlich unter 20.000 t_{CO₂,äq}/a im Vergleich zu den energetischen THG-Emissionen einen relativ geringen Anteil ausweisen. Zudem dienen die Wälder und Grünflächen auf dem Gebiet der LHD als natürliche Kohlenstoffsenken. Die mittlere Speicherung von Kohlenstoff in den Ökosystemen Dresdens beträgt etwa 83 tC/ha, so dass im Jahr 2018 etwa 21.000 t/a mehr CO₂-eq in die Ökosysteme eingespeichert wurde, als diese an Treibhausgasen in die Atmosphäre abgaben.

Im **Handlungsfeld Abfall- und Abwasserwirtschaft** sind zum einen die energetischen Emissionen im Zusammenhang mit Transport und Behandlung relevant. Zum Anderen entstehen im Rahmen von aeroben oder anaeroben Zersetzungsprozessen sowie im Rahmen von Verbrennungsprozessen nichtenergetische THG-Emissionen. Im Bereich der Abwasserwirtschaft gibt es bereits eine umfassende Datengrundlage und es konnte seit 2005 eine deutliche Reduktion der Treibhausgase erreicht werden. Im Bereich Abfallwirtschaft ist die LHD nur für einen Teil der Abfälle selbst zuständig. Es ist daher die Erstellung einer Nebenbilanz für den Abfallbereich vorgesehen, um eine bessere Datengrundlage zu erhalten. Zudem wird die Thematik der Vermeidung und Reduktion von Treibhausgasen im Rahmen der Fortschreibung des Abfallwirtschaftskonzeptes berücksichtigt.

Die im **Handlungsfeld Graue Energie, Bau, Konsum und Ernährung** beschriebenen Themen stellen selbst keine Emissionsquellen dar und werden daher nicht als eigene Kategorie in der THG-Bilanz erfasst. Sie haben aber einen erheblichen Einflussbereich und bieten einen erheblichen Handlungsspielraum für jede Dresdner Bürgerin und jeden Dresdner Bürger.

Auch zukünftig kann es unvermeidbare Rest-Emissionen geben. Die verbleibenden THG-Emissionen müssen dann durch "negative Emissionen" bilanziell ausgeglichen werden. Das **Handlungsfeld Technische THG-Senken** gibt dazu einen ersten Überblick.

Das **Handlungsfeld Übergeordnete Organisation und Steuerung** umfasst zum einen Vorschläge für eine effektive Klimaschutzarbeit in der Stadtverwaltung. So soll beispielsweise die durch den Stadtrat beschlossene Koordinierungsstelle zukünftig Fragen der strategischen Entwicklung der Stadt sowie des Klimaschutzes der städtischen Beteiligungsunternehmen mit dem Controlling durch die Stabsstelle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung zusammenbringen. Das Handlungsfeld zeigt zudem, wie für die Stadtverwaltung mit 2035 eine eigene, ambitioniertere Zielstellung zur Erreichung der THG-Neutralität umgesetzt werden kann, welche auch durch die städtischen Beteiligungsunternehmen erfüllt wird.

Das IEK betrachtet **drei Szenarien** zur Erreichung der THG-Neutralität: zwei Zielszenarien, entsprechend des Stadtratsbeschlusses (V1818/22) zur Erreichung der THG-Neutralität bis 2035 und alternativ bis 2040 sowie ein Referenzszenario, in dem die derzeitigen bundespolitischen Vorgaben mit einer geringen Verzögerung erreicht werden.

Die Ergebnisse der Potentialanalysen sind in die möglichen Reduktionspfade für die drei vorab definierten Szenarien eingeflossen. Im Ergebnis wird als Mindestziel das Ziel der THG-Neutralität bis zum Jahr 2040 gemäß dem Absenkpfad des Zielszenarios 2040 vorgeschlagen. Hintergrund ist, dass die Erreichung des Ziels der Klimaneutralität bis 2035 selbst im Zielszenario 2035 nicht realisierbar ist. Dies

ist auf erforderliche Planungszeiträume, Fachkräftekapazitäten und Abhängigkeiten von höheren Ebenen (z. B. Vorhandensein grüner Wasserstoffinfrastruktur, vollständig dekarbonisierter Bezugsstrom) zurückzuführen. Durch die Vorgabe des Zieljahrs 2040 wird noch ausreichend Spielraum zur Erreichung der THG-Neutralität berücksichtigt. Im Mobilitätsbereich wird ein eigener Reduktionspfad angenommen, der auf den im Rahmen des DMP 2035+ verwendeten Szenarien basiert und die THG-Neutralität bis zum Jahr 2045 vorsieht.

Das **Ausbaupotential für EE** beträgt **1.500 GWh** jährlich, dies entspricht etwa einem Drittel des angenommenen zukünftigen Strombedarfs. Der Ausbaupfad der EE-Strompotentiale soll daher entsprechend dem Zielszenario 2035 erfolgen, um dem 80 Prozent-Ausbauziel des Erneuerbare Energiengesetz (EEG 2023) zu entsprechen und gleichzeitig einen größeren kommunalen Einfluss zu gewährleisten sowie zugleich die Abhängigkeit vom Bezugsstrom (Bundesstrommix) zu verringern.

Zur **Realisierung der angestrebten THG-Neutralität** im Stadtgebiet sind verschiedene Voraussetzungen zu erfüllen. Dazu gehören die Substitution von Erdgas bis 2040 sowie die Dekarbonisierung des Bezugsstroms entsprechend den politischen Vorgaben (Klimaschutzgesetz, EEG 2023). Weiterhin notwendig ist bis 2035 die Verfügbarkeit von „weitestgehend“ emissionsfreiem Wasserstoff. Darüber hinaus ist bis spätestens 2040 eine weitestgehende Defossilisierung im Mobilitätssektor anzustreben. Die Umsetzung des Dekarbonisierungskonzepts der SachsenEnergie AG spielt ebenfalls eine entscheidende Rolle bei der Erreichung der definierten Ziele. Notwendig sind zudem Effizienzsteigerungen in der Industrie (30 Prozent im Betrachtungszeitraum) sowie Effizienzsteigerungen beim Wärmebedarf des Gebäudebestandes (zwölf Prozent).

Im Rahmen des IEK wurden für verschiedene Teilbereiche erste **Investitionsbedarfe** abgeschätzt. Diesen stehen erhebliche **vermiedene Folgekosten** des Klimawandels bezogen auf das Referenzszenario gegenüber. Darüber hinaus kann durch die Umstellung auf THG-Neutralität eine Erhöhung der Versorgungssicherheit aufgrund der Reduzierung der Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern sowie eine Stärkung der lokalen Wertschöpfung erreicht werden, die zwar kurz- bis mittelfristig zu hohen finanziellen Bedarfen, langfristig aber zu einer Reihe von positiven (wirtschaftlichen) Effekten führen kann.

Aufbauend auf den Potentialuntersuchungen wurden für die Handlungsfelder 24 Maßnahmepakete entwickelt, welche wiederum mit 52 Einzelmaßnahmen untersetzt sind. Diese sind kontinuierlich zu einem umfassenden Maßnahmenprogramm weiterzuentwickeln.

Die nächsten konkreten Schritte beinhalten die Aktualisierung der städtischen THG-Bilanz, die Fertigstellung der kommunalen Wärmeplanung, die Einreichung des Climate-City-Contractes im Rahmen der Teilnahme der LHD an der EU-Städtemission, die Erarbeitung und Umsetzung der THG-neutralen Stadtverwaltung sowie die Erstellung eines Monitoring- und Controllingkonzepts.

4 Einleitung

4.1 Einführung

Die durch den Klimawandel verursachten Kosten sind beträchtlich. Hitzewellen, Starkregen und Dürreperioden haben in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Auch Dresden muss zunehmend investieren, um die Stadt resilient und lebenswert zu gestalten. Die Begrenzung des durch den Menschen verursachten Klimawandels ist eine Investition in die Sicherheit vor zukünftigen extremen Naturereignissen. Doch Klimaschutz bedeutet weit mehr: Angesichts der drängenden globalen Klimakrise ist es unerlässlich, dass wir unserer Verantwortung gerecht werden, nicht nur für unsere eigene Generation, sondern auch für die zukünftigen Generationen zu handeln. Der Klimawandel kennt keine Stadtgrenzen, daher ist es von großer Wichtigkeit, dass Dresden als Gemeinschaft proaktiv Maßnahmen ergreift, um einen Beitrag zum globalen Klimaschutz zu leisten und gleichzeitig lokale Vorteile zu nutzen.

Generationengerechtigkeit ist ein Leitprinzip, das tief in der Klimaschutzpolitik verankert ist. Es geht darum, sicherzustellen, dass wir unseren Kindern und Enkelkindern nicht nur eine intakte Umwelt hinterlassen, sondern eine Welt, die reich an Möglichkeiten und frei von den schwerwiegenden Folgen des Klimawandels ist. Dies bedeutet, dass wir heute handeln müssen, um die Erderwärmung auf ein Niveau zu begrenzen, das zukünftige Generationen nicht gefährdet. Verpflichtungen zur Emissionsreduktion dürfen nicht in eine unbestimmte oder auch nur etwas fernere Zukunft verschoben werden.² Wenn wir heute nicht entschlossen und mit allen verfügbaren Mitteln in allen beeinflussbaren Bereichen handeln, tauschen wir unsere Freiheit gegen die Unfreiheit der nächsten Generation ein. Mit dem vorliegenden Klimaschutzkonzept nimmt Dresden die Herausforderung an, Freiheiten heute und in Zukunft zu sichern.

Klimaschutz ist ein Grundpfeiler der Nachhaltigkeit. Es geht darum, ein Gleichgewicht zwischen den Bedürfnissen der heutigen Gesellschaft und der Fähigkeit der Erde, diese Bedürfnisse zu erfüllen, zu finden und zu bewahren. In diesem Zusammenhang ist im globalen Kontext auch auf das Aktionsprogramm der Vereinten Nationen „Agenda 2030“ hinzuweisen, das im Jahr 2014 von allen 193 Mitgliedsstaaten verabschiedet wurde und 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) beinhaltet. Eines der Ziele sind dabei Maßnahmen zum Klimaschutz. Natur und Umwelt sind für Dresden ein wesentlicher Standortfaktor und wurden in zurückliegenden Bürgerumfragen regelmäßig als wesentliche Punkte benannt, die mit Dresden assoziiert werden. Eine Dresdner Bürgerumfrage aus dem Jahr 2017 zeigte, dass die Sorge um die Umweltbedingungen, unter denen zukünftige Generationen leben werden, altersübergreifend besteht. In diesem Zusammenhang stimmten 61 Prozent der Befragten voll und ganz zu, dass wir unseren persönlichen Lebensstandard klimafreundlicher gestalten sollten. Weitere 25 Prozent stimmten dieser Aussage größtenteils zu.³

Dresden hat die Chance, durch innovative Technologien, grüne Infrastruktur und nachhaltige Stadtentwicklung eine Vorreiterrolle zu übernehmen. Dies umfasst die Förderung Erneuerbarer Energien, die Verbesserung der Energieeffizienz und die Verringerung des CO₂-Fußabdrucks.

Die wirtschaftlichen Vorteile des Klimaschutzes sind vielfältig und dürfen nicht übersehen werden. Investitionen in Erneuerbare Energien, Energieeffizienz und grüne Technologien schaffen Arbeitsplätze, fördern Innovationen und stärken die lokale Wirtschaft. Zudem kann Dresden durch die Verringerung

² BVerfG, Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021 - 1 BvR 2656/18 -, Rn. 1-270, https://www.bverfg.de/e/rs20210324_1bvr265618.html [Zugriff am 21.12.2023].

³ https://www.dresden.de/media/pdf/umwelt/Klimaumfrage_Dresden_2017_Auswertungsbericht.pdf [Zugriff am 21.12.2023].

der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und die Steigerung der Energieunabhängigkeit langfristige wirtschaftliche Sicherheit erreichen. Vor dem Hintergrund der Entwicklung der Sicherheitslage in Europa in den letzten Jahren ist dies ein wichtiger Faktor, insbesondere für den Mikroelektronikstandort Dresden mit seinen entsprechenden Energieverbräuchen.

„Greentech“ aus Dresden leistet bereits heute einen wichtigen Beitrag zur Annäherung an das Ziel einer nachhaltigen Zukunft. Mehr als 360 Akteure in Dresden widmen sich grünen Technologien. Darunter befinden sich rund 70 Forschungseinrichtungen und über 270 Unternehmen – von Start-ups und Universitätsausgründungen bis hin zu international tätigen Konzernen. Das Greentech-Cluster hat bereits zahlreiche international anerkannte Technologien hervorgebracht, die sich auch wirtschaftlich auszahlen: Umsatzsteigerungen im zweistelligen Bereich sind bei den lokalen Umwelttechnik-Unternehmen keine Seltenheit. Angesichts der vielfältigen klimatischen Herausforderungen ist auch zukünftig mit einem starken Wachstum des Greentech-Sektors in Dresden zu rechnen.⁴

Für international operierende Unternehmen hat Klimaschutz eine enorme Bedeutung. Es handelt sich nicht nur um eine ethische Verpflichtung, sondern auch um eine strategische Notwendigkeit, die langfristigen Erfolg und Nachhaltigkeit sichern kann. Standorte, die eine Versorgung zu 100 Prozent mit Erneuerbaren Energien ermöglichen, sind entscheidend für die Reputation und das Markenimage dieser Unternehmen. Klimaschutz ist zudem ein wesentlicher Bestandteil ihres Risikomanagements, da der Klimawandel physische Risiken mit sich bringen kann, die Betriebsstätten und Lieferketten beeinträchtigen. Unternehmen müssen Strategien entwickeln, um diese Risiken zu minimieren und ihre Geschäftskontinuität zu gewährleisten. Investoren und Finanzinstitute legen zunehmend Wert auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz. Unternehmen, die in diese Bereiche investieren, können leichter Zugang zu Kapital erhalten und von günstigeren Finanzierungsbedingungen profitieren. Der Übergang zu einer klimafreundlichen Wirtschaft erfordert Innovationen in Technologien und Geschäftsmodellen. Unternehmen, die hier führend sind, können neue Märkte erschließen und ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern.

Eine Stadt, die Klimaschutzmaßnahmen integriert umsetzt, fördert zugleich den Mittelstand. Der Mittelstand muss sich an die zunehmend strengeren Umweltgesetze und Vorschriften anpassen, die klimafreundliches und emissionsarmes Wirtschaften fördern. Dresden muss die Voraussetzungen schaffen, damit mittelständische Unternehmen diese Standards leichter erfüllen können. Klimaschutz kann im Mittelstand als Treiber für Innovationen dienen, indem neue Produkte und Dienstleistungen entwickelt werden, die zur Reduzierung von Emissionen beitragen. Unternehmen, die nachhaltig wirtschaften, können leichter Zugang zu Fördermitteln und Investitionen erhalten, da Nachhaltigkeit ein zunehmend wichtiges Kriterium für Investoren ist.

Nicht zuletzt kann ein verstärktes Engagement für den Klimaschutz dazu beitragen, qualifizierte Fachkräfte anzuziehen und zu halten, die Wert auf Nachhaltigkeit legen.

Die rechtlichen Grundlagen des Klimaschutzes sind sowohl auf internationaler als auch auf nationaler Ebene verankert. Das Pariser Abkommen, die Entscheidungen des Bundesverfassungsgerichts und die Klimaschutzvorgaben des Bundes und des Freistaates Sachsen bilden das Fundament, innerhalb dessen Dresden seine Klimaschutzziele definieren und umsetzen muss. Diese rechtlichen Verpflichtungen sind nicht nur bindend, sondern bieten auch einen Rahmen für die Entwicklung von Strategien, die den Klimaschutz vorantreiben und gleichzeitig soziale und wirtschaftliche Vorteile für die Stadt und ihre Bürgerinnen und Bürger bringen.

Vor diesem Hintergrund erklärte der Stadtrat der Landeshauptstadt Dresden (LHD) im Jahr 2020 den Klimaschutz zur städtischen Aufgabe von höchster Priorität für die Daseinsvorsorge der Stadt und ihrer

⁴ <https://www.dresden.de/de/wirtschaft/tomorrow-s-home/tomorrowshome-greentech.php> [Zugriff am 21.12.2023].

Beteiligungsgesellschaften⁵. Zudem wurde festgestellt, dass die bisher umgesetzten Maßnahmen und Planungen nicht ausreichen, um die Dresdner Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) auf ein klimaverträgliches Maß zu reduzieren. Das Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept (IEuKK) der Stadt aus dem Jahr 2013 bedurfte daher einer grundlegenden Überarbeitung.

Der Stadtratsbeschluss von 2020 setzte das Ziel der Klimaneutralität deutlich vor dem Jahr 2050. Mit dem Beschluss des Stadtrates von 2022 zum Bürgerbegehren, initiiert durch die Bürgerinitiative Dresden Zero,⁶ wurde das Zieljahr für die Erreichung der Klimaneutralität auf 2035 bzw. 2040 konkretisiert.

Das bisherige IEuKK zielte auf eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes im Stadtgebiet um 41 Prozent zwischen 2005 und 2030 ab. Allerdings hinkte Dresden bei der Erreichung dieser Zielmarke hinterher. Es fehlte an einem übergreifenden Rahmen und dem gemeinsamen Bekenntnis, die Maßnahmen auf ein gemeinsames Ziel auszurichten.

Es ist jedoch zu beachten, dass die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen auf europäischer, nationaler und sächsischer Ebene eine erhebliche Bedeutung für die Zielerreichung auf kommunaler Ebene haben. Die politischen Entwicklungen der letzten Jahre auf europäischer und Bundesebene lassen die Erreichung der angestrebten THG-Neutralität im Rahmen des aktuellen Konzeptes realistischer erscheinen als noch im Jahr 2013.

Mit dem vorliegenden Konzept soll eine umfassende Datengrundlage zur Analyse von städtischen Potentialen zur Einsparung von Treibhausgasen geschaffen werden. Basierend auf den identifizierten Potentialen wurden mögliche Reduktionspfade zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2035 bzw. 2040 erstellt sowie ein erster Maßnahmenkatalog entwickelt.

4.2 Aufbau des Konzepts

Die Fortschreibung des IEuKK aus dem Jahr 2013 erfolgt zeitlich getrennt in zwei Stufen.

Die erste Stufe umfasst das vorliegende IEK als Kernkonzept mit dem Fokus auf die energetischen THG-Emissionen. Stufe II erstreckt sich über einen weiteren Handlungszeitraum in den Folgejahren und vertieft die Ergebnisse des IEK bzw. erschließt weitere Reduktionspotentiale von nicht-energetischen THG-Emissionen. Die Ergebnisse der Stufe II sind dabei nicht als separater Berichtsband, sondern als in sich abgeschlossene Einzelprozesse vorgesehen. Diese werden den Entscheidungsgremien, im Rahmen ihrer jeweiligen Zuständigkeit, separat zur Beschlussfassung vorgelegt. Mit der Bearbeitung der Stufe II wird parallel zum Gremienlauf des IEK begonnen.

Fokus des IEK ist die Schaffung einer fundierten Datenbasis, mit der die Potentiale zur Erreichung von THG-Neutralität und der Reduktionspfad in Abhängigkeit der äußeren Rahmenbedingungen dargestellt werden kann.

Grundlage dafür sind verschiedene Potentialanalysen. Für die Versorgung von Gebäuden mit Erneuerbaren Energien (Strom, Wärme) wurde diese in Form einer Gebäudeenergiestudie (PotEEGeb) an die BLS Energieplan GmbH in Zusammenarbeit mit der DigiKoo GmbH in Auftrag gegeben. Das Ergebnis ist ein umfangreiches, georeferenziertes Modell der Gesamtstadt zur Abbildung von Potentialen zur Versorgung von Gebäuden mit Umgebungswärme (Umweltwärme, Geothermie), Solarstrahlung (Photovoltaik (PV), Solarthermie) und Abwärme. In diese Analyse sind zudem die Untersuchungen der SachsenEnergie AG zur Dekarbonisierung der Fernwärme sowie die Ergebnisse der PV-Gebäude-Potential-

⁵ Beschluss Stadtrat zu A0011/19 (SR/007/2020) vom 30.01.2020.

⁶ Stadtratsbeschluss zu V1818/22 (SR/045/2022) vom 15.12.2022.

studie des Leibniz-Institutes für ökologische Raumentwicklung (IÖR) eingeflossen. Für die gebäudeunabhängigen PV-Potentiale (PV auf Verkehrsflächen, Floating-PV, PV auf Lärmschutzanlagen, Freiflächen-PV) sowie die Windenergiepotentiale erfolgten die Untersuchungen auf Grundlage der Vorarbeiten des Generalauftragnehmers Gertec GmbH durch den Klimaschutzstab selbst.

Der Maßnahmenkatalog ist auf Maßnahmen fokussiert, für die Zuständigkeit und Notwendigkeit bereits absehbar sind bzw. die für die nächsten Jahre zur Weichenstellung in Richtung THG-Neutralität essentiell sind. Der Maßnahmenkatalog bildet daher die notwendigen THG-Reduktionen noch nicht vollständig ab, sondern zeigt weitere relevante Schritte über die Maßnahmen des vom Stadtrat 2013 beschlossenen IEuKK hinaus auf.

Für die Darstellung des Reduktionspfades wurde ein eigenes tabellenkalkulationsbasiertes Tool entwickelt. Dieser ergibt sich aus angenommenen Entwicklungen und den im Rahmen der Potentialanalysen ermittelten, im Stadtraum vorhandenen, Potentialen zur Reduktion von Treibhausgasen. Gemäß der Vorgabe des Stadtrates ergeben sich zwei Szenarien, die im IEK enthalten sein sollen: Erreichung der Klimaneutralität bis 2035, alternativ bis 2040. Dem wird ein entsprechendes Referenzszenario mit dem Zieljahr 2045 (Bundeszielstellung) gegenübergestellt.

Das IEK ist wie folgt aufgebaut:

- Band I: Konzeptband zur übersichtlichen Darstellung der Konzeptinhalte und Untersuchungsergebnisse (Handlungsfelder, Potentiale, Szenarien, Herausforderungen),
- Band II: Maßnahmenkatalog mit Maßnahmenpaketen und Maßnahmensteckbriefen,
- Band III: Dokumentationsteil zur vertieften und ergänzenden Darlegung der getroffenen Annahmen und verwendeten Methoden.

Um eine möglichst gute Lesbarkeit zu gewährleisten, wurde das IEK in drei verschiedene Bände aufgeteilt. Band I schafft einen Gesamtüberblick und beinhaltet die wichtigsten Grundannahmen und Ergebnisse der Untersuchungen und richtet sich an die interessierte Öffentlichkeit. Die Steckbriefe zu den Maßnahmenpaketen sowie einzelnen Maßnahmen sind im Band II aufgenommen. Band III beinhaltet die detaillierten Ausführungen zum methodischen Vorgehen sowie weitere Hintergründe. Dieser bildet keinen in sich geschlossenen separaten Bericht, sondern ist als Ergänzung zu Band I zu verstehen.

Die Bausteine für das weitere Vorgehen werden qualitativ und beschreibend behandelt. Die dafür vorgesehenen Zeiträume und notwendigen Ressourcen sowie Meilensteine sind in Form von Maßnahmen im Maßnahmenkatalog aufgeführt.

4.3 Abgrenzung und Schnittmenge zur Klimaanpassung

Bis zum Beginn des Jahrhunderts hat die internationale und nationale Klimapolitik zunächst allein den Weg der Vorbeugung vor möglichen Ursachen des Klimawandels verfolgt. Die Bestrebungen zielten darauf, mittels **Klimaschutz** eine Verringerung der THG-Emissionen herbeizuführen, um so den menschengemachten Klimawandel in der Ursache zu bekämpfen.

Die Notwendigkeit, Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu ergreifen, wurde lange Zeit nicht gesehen. In den letzten zwanzig Jahren ist jedoch deutlich geworden, dass der nationale und der internationale Klimaschutz bei weitem nicht ausreichen werden, um die negativen Auswirkungen des Klimawandels zu verhindern. Extrem- und Durchschnittswerte der Lufttemperaturen steigen kontinuierlich weiter, Starkregenereignisse nehmen an Intensität zu. Hinzu kommt, dass einige Treibhausgase wie beispielsweise CO₂ hunderte Jahre in der Atmosphäre verweilen. Aufgrund der großen zeitlichen Verzögerung zwischen der Emission von Treibhausgasen und dem Eintreten der Klima-

änderungen, werden selbst bei sofortiger Stabilisierung der THG-Emissionen die globalen Temperaturen noch für Jahrzehnte ansteigen und der Anstieg des Meeresspiegels für Jahrhunderte andauern, bevor eine Trendumkehr eintreten könnte⁷.

Das zunehmende Bewusstsein für die aufgrund der aktuell bereits in der Atmosphäre vorhandenen Treibhausgase nicht vermeidbaren Klimawirkungen, verbunden mit der Beobachtung, dass eine rasche Umkehr bei der Emission von Treibhausgasen nicht zu erwarten ist, hat bei Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit zu der Einsicht geführt, dass die Anpassung an die Folgen des Klimawandels – trotz aller Anstrengungen zum Klimaschutz – unabdingbar ist. **Klimaanpassung** zielt darauf ab, Strategien zur Verringerung der Empfindlichkeit natürlicher und menschengemachter Systeme gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu entwickeln, um diese widerstandsfähig oder „resilient“ zu machen. Die wichtigsten Prinzipien der Klimafolgenanpassung sind:

- Antizipation: Perspektivischer, strategischer Umgang mit den Folgen von Extremwetter und Klimaänderungen (z. B. Erarbeitung langfristiger Informations- und Kommunikationsstrategien),
- Anpassung: Anpassen von Planungen und Maßnahmen an (zukünftige) Folgen des Klimawandels mittels angepasster Gebäude, Siedlungs- und Infrastrukturen (z. B. Berücksichtigung von Extremwetterereignissen),
- Transformation: Beiträge zur langfristigen Umgestaltung der Region, Stadt oder Gemeinde (z. B. langfristige Erhöhung des Grünanteils, Wiederherstellung von Frischluftschneisen, Entsiegelung/Reduktion von Schadenspotentialen⁸).

Zur Bewältigung des Klimawandels müssen – von der internationalen bis zur kommunalen Ebene – sowohl Klimaschutz als auch Klimaanpassung mit Engagement vorangetrieben werden. Die Aktivitäten, die für den Klimaschutz ergriffen werden, rentieren sich auch durch eine verminderte Notwendigkeit der Anpassung.

Es gibt eine Palette von Maßnahmen, die sowohl der Reduktion der THG-Emissionen als auch der Erhöhung der Resilienz gegenüber den Auswirkungen der Klimaveränderungen dienen. Hierfür sind beispielsweise Maßnahmen zu benennen, die eine Erhöhung des Vegetationsanteils (insbesondere des Baumbestandes) sowie die Vitalität der Vegetation verbessern. Durch Schaffung von Grünstrukturen, vor allem aber durch großflächige Baumpflanzungen kann das CO₂-Bindevermögen (vgl. Kapitel 8.5) gesteigert werden. Vegetation leistet im städtischen Raum den wesentlichen Beitrag zur Klimaanpassung. Über Verschattung und Verdunstungskühle durch Vegetation werden Hitzeextreme vermindert. Begrünte, unversiegelte Flächen bieten Raum zur Regenwasserversickerung und -rückhalt und können damit die Gefahr lokaler Überflutungen in Folge von Starkregen verringern.

Eine Maßnahme, die Klimaschutz und Klimawandelanpassung verbindet, ist die Kombination von PV-Anlagen und Gründächern. Die Dachbegrünung kann eine Vielzahl positiver ökologischer Effekte entfalten, die der Klimaanpassung dienen (Regenwasserrückhalt, Mikroklima, Lärmreduktion, Biodiversität u.v.m.). Außerdem führt sie nachweislich zu einer Leistungssteigerung der PV-Anlage durch Verdunstungskühle. Gleichzeitig ermöglicht der Schattenwurf der PV-Module auf das Dachgrün ein größeres Artenspektrum.

Weitere Synergien lassen sich vor allem im Bereich Klimaschutz-Gesundheit-Klimaanpassung finden. Beispielhaft sei hier der Flächenverbrauch durch Verkehrsinfrastruktur benannt. Die Reduzierung von Verkehrs- und Stellplatzflächen bietet das größte Potential der Klimaanpassung in Städten. Durch eine

⁷ Wigley 1995: 45; Raper et al. 1996: 35.

⁸ MONARES (Monitoring von Anpassungsmaßnahmen und Klimaresilienz in Städten) (o. J.): Ergebnis AP 1: Framework für urbane Klimaresilienz. Online unter: https://monares.de/sites/monares.de/files/documents/framework_fuer_urbane_klimaresilienz_final.pdf, [Zugriff am 23.11.2022].

Verschiebung des Modal Split hin zu emissionsarmen Mobilitätsformen kann eine Reduktion der verkehrsinduzierten THG-Emissionen erzielt werden und gleichzeitig die Gesundheit der Bevölkerung durch mehr Bewegung gesteigert werden.

Derzeit wird federführend im Umweltamt ein Konzept zur Klimaanpassung erarbeitet. Darin wird beschrieben, wie sich die klimatischen Veränderungen auf die natürlichen Ressourcen auswirken und welche Gefahren dies für den Stadtraum bzw. für die in der Stadt Wohnenden, Arbeitenden, und deren Besuchende bedeutet. Handlungsschwerpunkte sind der

- Wasserhaushalt in der Stadt,
- die Vitalität des Stadtgrüns und
- die Gesundheit des Menschen.

Für diese Handlungsschwerpunkte werden die Gefährdungspotentiale auf Stadtteilebene ermittelt und Maßnahmen erarbeitet, die zu einer Minderung der Gefahren führen sollen und somit die Stadt widerstandsfähiger gegenüber den Klimawandelfolgen machen. Im Umsetzungsteil werden zielgruppenspezifische Empfehlungen gegeben, wie die Klimaanpassungsmaßnahmen effektiv umgesetzt werden können. Eine Fertigstellung des Klimaanpassungskonzeptes ist für 2024 geplant.

5 Ausgangssituation

Dresden ist eine moderne Großstadt mit rund 563.000 Einwohnern⁹. Die Stadtstruktur hat sich polyzentrisch entwickelt. Die Stadtfläche ist mit 32.828 Hektar überdurchschnittlich groß (viertgrößte deutsche Stadt) und weist Höhenunterschiede von fast 200 Metern auf. Große Wald- und Freiflächen (Dresdner Heide, Altelbarm), ein Netz von Grünanlagen und Alleen und über 400 Bäche sowie die Gewässer Elbe, Weißeritz und Lockwitz prägen zusammen mit den Siedlungs- und Gewerbeflächen eine abwechslungsreiche Stadtlandschaft.

Diese naturräumlichen Gegebenheiten führen zu erhöhten Aufwendungen bei der infrastrukturellen Erschließung. Nach 1990 fand in großem Umfang eine Erneuerung und Sanierung der baulichen Anlagen, der technischen Infrastruktur und der Ausstattung der Betriebe und Haushalte mit technischen Anlagen statt. Energetisch vorteilhafte Strukturen wie die polyzentrische Anlage der Stadt mit einer starken Durchmischung von Nutzungen, das weitverzweigte Straßenbahnnetz und ein gut ausgebautes Fernwärmenetz wurden beibehalten und weiterentwickelt.

5.1 Aktueller Rechtsrahmen

Der politische und regulatorische Rahmen für die LHD hinsichtlich der Ziele zur THG-Reduktion ergibt sich aus Vorgaben auf EU-, Bundes- und Landesebene (vgl. Tabelle 5-1).

Das Klimaschutzgesetz des Bundes sieht die Erreichung von Netto-THG-Neutralität bis 2045 vor. Auf Landesebene gibt es keine eigene rechtliche Zielsetzung zur Erreichung von THG-Neutralität, bspw. im Rahmen eines eigenen Klimaschutzgesetzes. Das Energie- und Klimaschutzprogramm des Freistaates Sachsen fordert die Kommunen des Freistaates jedoch dazu auf, einen Beitrag zur Erreichung des Bundeszieles zu leisten. Allerdings ist der kommunale Klimaschutz weiterhin eine freiwillige Aufgabe – keine Pflichtaufgabe.

Unabhängig von den gesetzlichen Vorgaben ist die LHD seit 1994 Mitglied im Klimabündnis¹⁰ – einem europäischen Städtenetzwerk dessen zentrales Anliegen die Bekämpfung des Klimawandels ist. Daraus ergibt sich die Selbstverpflichtung zur kontinuierlichen Verminderung der THG-Emissionen, um eine Reduktion der CO₂-Emissionen von mindestens 95 Prozent bis 2050 (gegenüber 1990) im Sinne der Forderungen des Weltklimarats zu erreichen. Sie ist außerdem Unterzeichnerin des Covenant of Mayors¹¹ – einer Bewegung europäischer Bürgermeisterinnen und Bürgermeister zur Einhaltung des 1,5 C Grad-Ziels gemäß des Pariser Klimaschutzabkommens.

Für die LHD sind darüber hinaus die Vorgaben des Stadtrates zu beachten. Wesentliche Beschlüsse sind nachfolgend aufgelistet:

- Stadtratsbeschluss zu V2021/12 (SR/056/2013) vom 20.06.2013: „Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Dresden 2030“,
- Stadtratsbeschluss zu V1073/16 (SR/026/2016): „Beitritt der Landeshauptstadt Dresden zur europäischen Initiative „Konvent der Bürgermeister für Klima und Energie“,
- Stadtratsbeschluss zu A0296/17 (SR/041/2017) vom 17.08.2017: „Klimaschutzziele der Stadt erfüllen - Nutzung von Solarenergie beim städtischen Hochbau“,

⁹ Stand 31.12.2022, Quelle: Statistisches Landesamt, Bevölkerungsforschreibung auf Basis der Zensusdaten vom 9.5.2011.

¹⁰ <https://www.klimabuendnis.org/home.html> [Zugriff am 21.12.2023].

¹¹ <https://eu-mayors.ec.europa.eu/de/home?etrans=de> [Zugriff am 21.12.2023].

- Stadtratsbeschluss V2804/18 (SR/066/2019) vom 06.06.2019: Richtlinie "Kooperatives Baulandmodell Dresden",
- Stadtratsbeschluss zu Antrag A0011/19 (SR/007/2020): Fortschreibung der Klimaschutzziele der Landeshauptstadt Dresden,
- Stadtratsbeschluss zu V1722/22 (SR/045/2022) vom 15.12.2022: Leitziele für Mobilität in Dresden 2035+,
- Stadtratsbeschluss zu V1818/22 (SR/045/2022) vom 15.12.2022: Entscheidung über die Zulässigkeit des Bürgerbegehren DresdenZero: Klimaneutralität für Dresden bis 2035.

Tabelle 5-1: Übersicht über die Wirkebenen und Zielwerte zur THG-Minderung

Ebene		Basisjahr	Zieljahr	Zielwert THG-Minderung
UN	Übereinkommen von Paris ¹²	Bis zur 2. Hälfte des 21. Jh.: THG-Ausstoß geringer als Senkenleistung (Nettonull) mit der Zielsetzung der Begrenzung des Anstiegs der durchschnittlichen Erdtemperatur auf deutlich unter 2° C und möglichst auf nur 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau		
EU (Europäisches Klimagesetz ¹³)		1990	2030	mind. 55 %
			2050	Netto-THG-Neutralität
			nach 2050	Negative THG-Emissionen
Bund (KSG ¹⁴)		1990	2030	mind. 65 %
			2040	mind. 88 %
			2045	Netto-THG-Neutralität
			nach 2050	Negative THG-Emissionen
FS Sachsen (Energie- und Klimaschutzprogramm 2021 ¹⁵)			2045	Beitrag zum Erreichen des bundesweiten Ziels der Klimaneutralität 2045; kein eigenes Ziel

Die neue EU-Richtlinie zur unternehmerischen Nachhaltigkeitsberichterstattung¹⁶ führt zudem beginnend ab 2024 zu einer wachsenden Anzahl an Unternehmen, welche über soziale und ökologische Aspekte ihres Geschäftsbetriebs im Rahmen des Jahresabschlusses berichten müssen. Davon umfasst ist auch eine Berichterstattung zu den THG-Emissionen.

¹² ABl. L 282 vom 19.10.2016.

¹³ Verordnung (EU) 2021/1119 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999.

¹⁴ Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist.

¹⁵ Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021, <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/37830>.

¹⁶ Richtlinie (EU) 2022/2464 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen.

5.2 Gebäudeenergiebedarfe

5.2.1 Wärmebedarf der Gebäude

Als Grundlage für die Berechnung des Wärmebedarfs, die Darstellung der Anteile der verschiedenen Heiztechniken am Heizwärmemarkt und die Wärmebedarfsfortschreibung in die Zukunft dient ein gebäudescharfes Wärmekataster bzw. eine Gebäudedatenbank. Der städtische Energieversorger SachsenEnergie AG und die LHD nutzen das Wärmekataster als Grundlage einer gemeinsamen Datenbasis. Dabei handelt es sich nicht um reale Verbrauchsdaten auf Gebäudeebene, sondern einer Kombination aus statistischen Daten, sowie aus dem Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) verfügbaren Gebäudedaten und einer Kalibrierung auf Gesamtstadtebene. Für eine vertiefte methodische Beschreibung siehe Band III Kapitel 5.2.1.

5.2.1.1 Wärmekataster

Das Wärmekataster umfasst alle beheizten Gebäude der Stadt Dresden und ordnet jedem Gebäude einen Wärmebedarf für Raumwärme und Trinkwarmwasser auf Nutzenergie- und Endenergieebene sowie eine Heiztechnik mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu. Dies bedeutet, dass statistische Daten für die Zuordnung verwendet werden, welche in Summe in lokalen Quartiersrastern passen, aber im Einzelfall von der Realität abweichen können. Diese Datenbank stellt den Ist-Wärmebedarf des Jahres 2021 dar und dient als Grundlage des Wärmebedarfsmodells (Kapitel 10.2.1.1), mit welchem sich der Wärmebedarf der Stadt Dresden bis zum Jahr 2045 fortschreiben lässt.

Der Gebäudebestand der Stadt Dresden umfasst rund 70.000 Gebäude. Davon werden etwa 50 Prozent zum Wohnen, 44 Prozent der Gebäude für gewerbliche und 1 Prozent für öffentliche Zwecke genutzt. Die Nutzung der restlichen 5 Prozent lässt sich nicht genau bestimmen. Die Altersstruktur der Dresdner Wohnungen zeigt Abbildung 5-1¹⁷. Ein Großteil der Wohnungen wurde in der Zeit vor 1918 gebaut. Auch in der DDR-Zeit von 1949 bis 1990 wurden viele Wohnungen errichtet^{17,18}. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands im Jahr 1990 kam es zu umfangreichen Sanierungen im Gebäudebereich, womit auch der energetische Sanierungszustand der Gebäude stark verbessert wurde¹⁹.

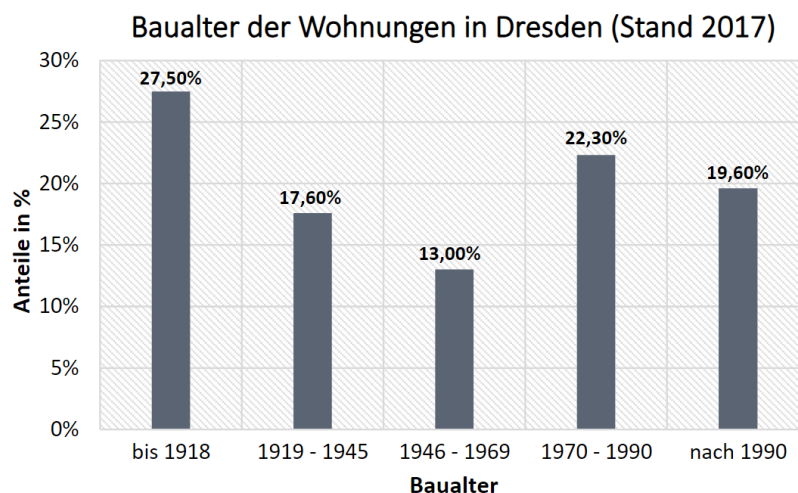


Abbildung 5-1: Baualterstruktur der Wohnungen in Dresden aus dem Jahr 2017

¹⁷ Landeshauptstadt Dresden. Wohnungsmarktbericht. Dresden: Landeshauptstadt Dresden, 2018.

¹⁸ Landeshauptstadt Dresden. Gebäude- und Wohnungsbestand. Landeshauptstadt Dresden.28.11.2022. <https://www.dresden.de/de/leben/stadtportrait/statistik/bauen-wohnne-verkehr/gebäude-und-wohnungsbestand.php> [Zugriff am 17.02.2023].

¹⁹ Landeshauptstadt Dresden. Wohnungsmarktbericht. Dresden: Landeshauptstadt Dresden, 2018.

Der Anteil denkmalgeschützter Gebäude in Dresden liegt bei etwa 10 Prozent²⁰. Diese Eigenschaft liegt der Stadt Dresden gebäudescharf vor und konnte somit in den Analysen berücksichtigt werden. Da denkmalgeschützte Gebäude oft nur unter sehr hohem Aufwand energetisch saniert werden können²¹ ist eine Differenzierung zwischen denkmalgeschützten und nicht-denkmalgeschützten Gebäuden hinsichtlich der energetischen Sanierung sinnvoll und notwendig.

5.2.1.2 Wärmebedarf und Sanierungszustand

Dresden hatte in 2021 insgesamt einen Wärmebedarf in Höhe von rund 4,6 TWh (Endenergie). Damit entspricht der Wärmebedarf ungefähr 39 Prozent des Gesamtenergiebedarfes von Dresden.

Auf Grund umfangreicher Gebäudesanierungen, sowie Heizungsumstellungen auf effiziente Wärmelösungen wie Fernwärme und Gas-Brennwertkessel seit der Wiedervereinigung, konnte der durchschnittliche Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser in Dresden bereits auf 107 kWh/(a*m²) gesenkt werden. Dies ist im bundesdeutschen Vergleich (rund 154 kWh/(a*m²)²²) ein 30,5 Prozent besserer Wert. Dennoch haben gut 11.000 Gebäude (rund 15 Prozent) in Dresden einen Endenergiebedarf von mehr als 125 kWh/(a*m²) wie aus Abbildung 5-2 ersichtlich wird und liegen damit mehr als doppelt so hoch wie der geltende Mindeststandard für Neubauten. Dies erklärt sich u. a. durch einen relativ hohen Anteil an denkmalgeschützten Gebäuden in Dresden von rund 11 Prozent.

Anzahl der Gebäude je Effizienzstufe (Endenergie je kWh/a*m²)

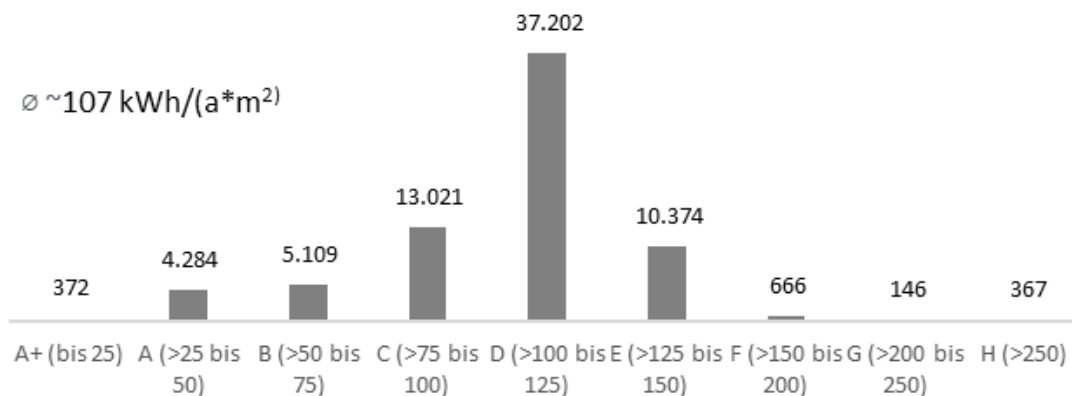


Abbildung 5-2: Anzahl der Gebäude je Effizienzstufe, Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser

Für die weitere Klassifizierung der Gebäude nach ihrem Sanierungszustand wurde der Nutzenergiebedarf herangezogen. Grund dafür ist, dass der Endenergiebedarf erheblich durch die vorhandene Heiztechnologie beeinflusst wird. Die Nutzenergie hingegen stellt unabhängig vom Wirkungsgrad der Heiztechnologie auf den Bedarf des Gebäudes an sich ab. Dies ist mit Blick auf die Potentiale für Heizungswechsel der relevante Wert. Dabei wird in den folgenden Untersuchungen unterstellt, dass ein höherer spezifischer Nutzenergiebedarf eines Gebäudes einen schlechteren Sanierungszustand zur Folge hat. Eine Einteilung nach Sanierungsstand wurde wie in Abbildung 5-3 aufgezeigt vorgenommen.

²⁰ Landeshauptstadt Dresden. Gebäude- und Wohnungsbestand. Landeshauptstadt Dresden. 28.11.2022. <https://www.dresde.de/de/leben/stadtportrait/statistik/bauen-wohnne-verkehr/gebäude-und-wohnungsbestand.php> [Zugriff am 17.02.2023].

²¹ Bester, Matthias. „Energetische Sanierung denkmalgeschützter Gebäude.“ Ludwigsburg: Hochschule für öffentliche Verwaltung und Finanzen, 2010.

²² <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#hochster-anteil-am-energieverbrauch-zum-heizen> [Zugriff am 10.03.2023].

Daraus wird ersichtlich, dass mit rund 89 Prozent ein Großteil der Gebäude bezogen auf die vorgenommene Klassifizierung nach Nutzenergie mindestens als teilsaniert gilt.

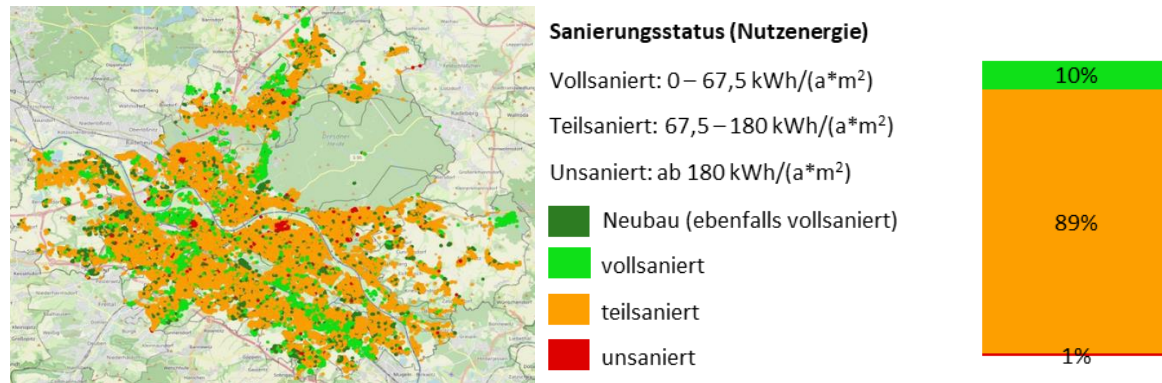


Abbildung 5-3: Sanierungsstatus der Gebäude in Dresden (Quelle: BLS/DigiKoo)

5.2.1.3 Anteil Heiztechnologien an der Wärmebedarfsdeckung

Die Deckung der zuvor aufgezeigten Wärmebedarfe erfolgt momentan mit zwei dominierenden Heiztechnologien: Erdgaskessel bzw. Blockheizkraftwerke (BHKW) (49 Prozent) und Fernwärme (44,2 Prozent), welche einen Anteil von rund 93,2 Prozent ausmachen. Da zurzeit die Fernwärme ebenfalls im Wesentlichen auf Erdgas beruht, besteht in Dresden eine sehr große Abhängigkeit von diesem Energierohstoff für die Wärmeversorgung. Wie aus Abbildung 5-4 ersichtlich wird, folgen Heizstrom, Heizöl und Biomasse als weitere relevante Wärmelösungen. Der aufgeführte Heizstrom umfasst dabei sowohl Nachtspeicheröfen als auch Wärmepumpen. Aktuell sind in Dresden rund 3.000 Wärmepumpen in Betrieb, wobei sowohl Neu- als auch Altbauten, Wohn- und Nichtwohngebäude, kleine wie auch große Objekte (z. B. Schulgebäude) mit Wärmepumpen beheizt und oftmals auch gekühlt werden. Dennoch spielen sie für die Gesamtwärmebedarfsdeckung eine untergeordnete Rolle und führen momentan noch nicht zu einem Ausbaubedarf des Stromnetzes.

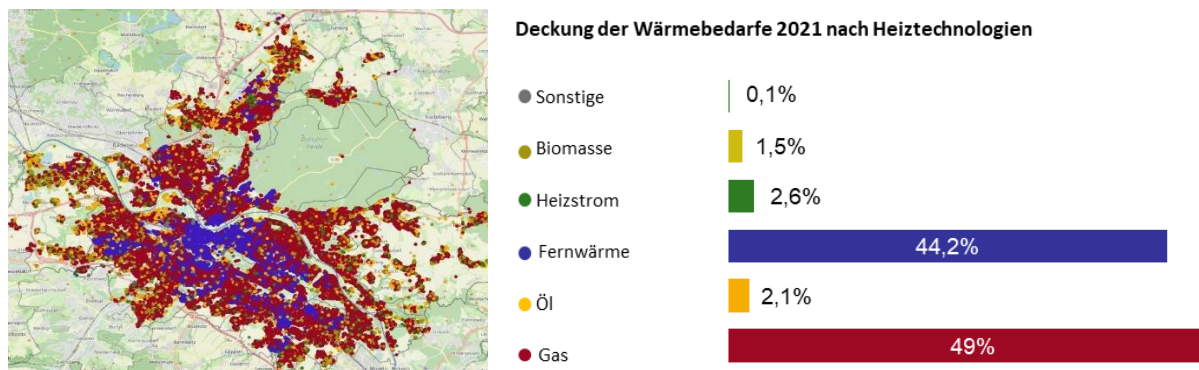


Abbildung 5-4: Verteilung der Heiztechnologien in Dresden (Quelle: BLS/DigiKoo)

5.2.1.4 Heizkostenanteil am Nettohaushaltseinkommen

Die Einordnung der aktuellen Wärmeversorgung hinsichtlich ihrer Kosten und insbesondere die Auswirkung auf verschiedene Haushaltseinkommen ist mit Blick auf Maßnahmen zur Vermeidung von sozialen Verwerfungen oder Energiearmut eine wichtige Analyse. Hierzu wurde mittels einer statistischen Einkommensverteilung auf Basis der Kommunalen Bürgerumfrage 2022²³ und der sich aus den

²³ <https://www.dresden.de/de/leben/stadtportrait/statistik/instantatlas/KBUmedien/atlas.html> [Zugriff am 10.07.2023].

verteilten Heiztechnologien ergebenden Wärmekosten pro Haushalt der Energiekostenanteil am Nettohaushaltseinkommen, dem so genannten „Share of Wallet“ berechnet. Dieser wird in seiner Verteilung in Abbildung 5-5 ersichtlich und bildet eine Vergleichsgrundlage für die Bewertung einer zukünftigen Entwicklung.

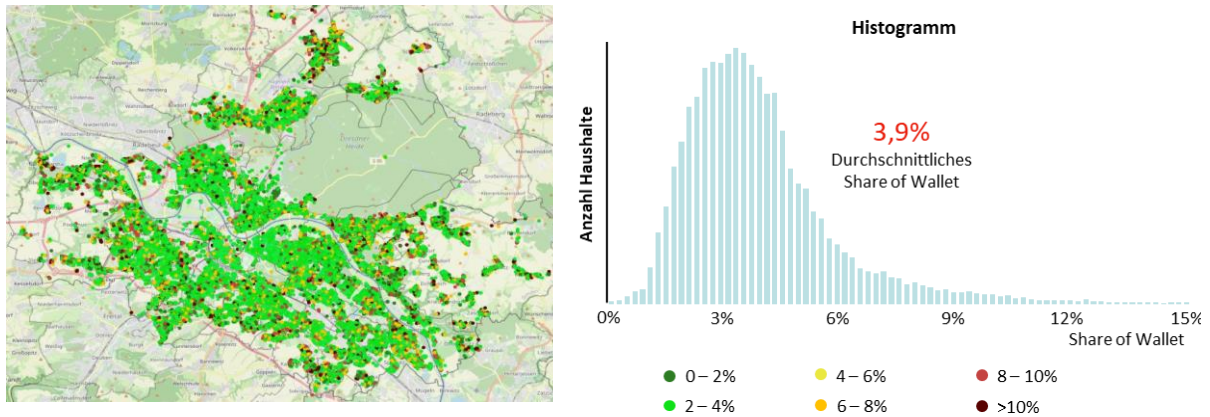


Abbildung 5-5: Räumliche Verteilung und Histogramm für den Kostenanteil für Wärme am Haushaltseinkommen (Quelle: BLS/DigiKoo)

5.2.2 Strombedarf der Gebäude

Die gesamtstädtischen Stromverbräuche im Jahr 2021 betragen ca. 2.685 GWh. Vom Stromnetzbetreiber der LHD wurde dies für die Sektoren private Haushalte (Wohngebäude), Gewerbe, Öffentliche Gebäude und Industrie in aggregierter Form übergeben. Diese sind, bis auf die Industrie, auf aggregierter Stadtebene in Tabelle 5-2 zu sehen. Der aggregierte Stromverbrauch im Jahr 2021 für die Industrie betrug ca. 1.412 GW (etwa 53 Prozent des Gesamtverbrauches), und ist in Kapitel 5.3 für die Prozessenergie berücksichtigt. Die Zuordnung dieser sektoralen Gesamtverbräuche auf die Einzelgebäude ist in Tabelle 5-2 beschrieben.

Tabelle 5-2: Übersicht Gebäudezuordnung der Strombedarfe

Sektor	Beschreibung Zuordnung
Private Haushalte/ Wohngebäude	Die Ermittlung des Strombedarfs für Wohngebäude und Gebäude für öffentliche Zwecke (nicht LHD Gebäude) erfolgte durch Analyse und Verschneidung verschiedener Datenquellen ²⁴ . Zu den Datenquellen gehören u. a. statistische Ämter, Vermessungsämter, Immobilienportale und Zensus-Daten. Die berücksichtigten Daten umfassen gebäudescharfe Informationen wie geografische Lage, Gebäudecharakteristik, Baujahr, Anzahl der Haushalte und Sanierungszustand. Amtliche Statistiken bieten Einblicke in sozioökonomische Strukturen, während Mikro- und Makroklimadaten klimatische Einflüsse berücksichtigen. Die Anzahl der Bewohner pro Haushalt und spezifische Energiekennwerte vervollständigen das Bild. Der resultierende Strombedarf wurde auf den Gesamtverbrauch von 661 GWh für den Haushaltssektor skaliert.

²⁴ Quelle: Nexiga GmbH, Markt und Geodaten, 2021.

Sektor	Beschreibung Zuordnung
Gewerbegebäude und Gebäude für öffentliche Zwecke	Die Stromverbräuche für Gewerbegebäude wurden gemäß der SIA-Norm 2024 ermittelt. Für Gebäude für öffentliche Zwecke, welche nicht zur LHD gehören, lagen ebenfalls statistische Daten vor. Beide Gebäudefunktionen wurden proportional auf den Gesamtverbrauch für den Gewerbe- und Öffentlichkeitssektor skaliert, was einem Gesamtbedarf von 611 GWh entspricht.
Kommunale Liegenschaften	Die spezifischen Stromverbräuche für kommunale Liegenschaften wurden durch die LHD (Amt für Hochbau und Immobilienverwaltung) gebäudescharf geliefert und integriert, ohne dabei Veränderungen vorzunehmen.

Kurzerläuterung der SIA-Norm

Die SIA-Norm 2024 ist eine Schweizer Norm und basiert auf Simulationsmodellen mit deutschen Standards. In der Norm werden für jeden Raumnutzungstyp spezifische Strombedarfswerte berechnet. Für Gebäudetypen werden dann die Raumnutzungstypen prozentual einem Gesamtgebäude zugeordnet (z. B. besteht ein Mehrfamilienhaus aus 70 Prozent Wohnraum, 20 Prozent Bädern, 10 Prozent Flur).

5.3 Prozessenergiebedarfe in Industrie und Gewerbe

Im Jahr 2022 waren in Dresden rund 36.800 Unternehmen aus verschiedensten Wirtschaftszweigen wie bspw. verarbeitendes Gewerbe, Baugewerbe, Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation, Finanz- und Versicherungsdienstleistungen, Grundstücks- und Wohnungswesen usw. angesiedelt²⁵. Die Wirtschaft der LHD zeichnet sich durch eine entsprechend hohe Branchenvielfalt aus.

Bis zum Jahr 2019 war nach der Wirtschafts- und Finanzkrise 2008/ 2009 eine positive wirtschaftliche Entwicklung festzustellen. Im Jahr 2020 kam es aufgrund der Auswirkungen der Corona-Pandemie zu einem Rückgang der Wertschöpfung um 1,1 Prozent.²⁶ Der Hauptanteil der Wertschöpfung entfiel im Jahr 2020 mit rund 77 Prozent auf den Dienstleistungsbereich, das produzierende Gewerbe hat einen Anteil von etwa 17 Prozent und das Baugewerbe mit circa 6 Prozent. Ob innerhalb der vergangenen zwei Jahren eine entsprechende Erholung der Wertschöpfung erfolgt ist, kann anhand der bislang vorliegenden Zahlen nicht beurteilt werden. Perspektivisch ist jedoch davon auszugehen, dass die Wertschöpfung der Dresdner Unternehmen weiter steigen wird. Insbesondere im Bereich des produzierenden Gewerbes sind damit in der Regel auch Auswirkungen auf den Ressourcenverbrauch und damit einhergehend auf die THG-Emissionen verbunden.

Tabelle 5-3: Endenergiebedarf für den Bereich „Wirtschaft“ laut städtischer THG-Bilanz 2018

	Endenergiebedarf 2018 MWh/a	Anteil an Gesamtbedarf
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	1.955.105	17,8 %
Industrie	3.194.622	29,1 %
Gesamt für alle Sektoren	10.994.104	100,0 %

²⁵ https://www.dresden.de/media/pdf/statistik/Statistik_4432_IHK_WZ.pdf [Zugriff 07.01.2024].

²⁶ https://www.dresden.de/media/pdf/statistik/Statistik_4820_BIP-BWS.pdf [Zugriff 07.01.2024].

Im Kontext der städtischen THG-Bilanz werden die gewerblichen Energiebedarfe unter dem Oberbegriff "Wirtschaft" zusammengefasst, der die Sektoren Industrie und Gewerbe/Handel/Dienstleistungen und Sonstige (z. B. öffentliche Einrichtungen, die nicht in kommunaler Hand sind) umfasst. Die Unterteilung der Sektoren Industrie und Gewerbe/Handel/Dienstleistung wurde bei der Erstellung des integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepts (IEuKK) von 2013 in Abstimmung mit dem Dresdner Energieversorger festgelegt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass diese Systematik nicht mehr vollständig mit den aktuellen Daten des Versorgers übereinstimmt. Daher ist eine Überarbeitung der Kategorisierung notwendig, um präzisere Differenzierungen vornehmen zu können.

Die Unterscheidung zwischen Energieverbräuchen in den Bereichen Gewerbe/Handel/Dienstleistung und Industrie erfolgt primär über die Versorgungstarife, wobei der Industriebereich vorwiegend als Großverbraucher betrachtet wird, und die Differenzierung durch die sogenannte Lastbandmessung erfolgt. Trotz der erforderlichen Nacharbeiten stellt die Aufteilung auf die verschiedenen Sektoren und Bereiche eine zusätzliche Information zur eigentlichen Bilanz der städtischen THG-Emissionen dar. Es ist wichtig zu beachten, dass diese Aufteilung keinen Einfluss auf die Gesamtsumme der Endenergiebedarfe und der THG-Emissionen hat, sondern vielmehr dazu dient, detailliertere Einblicke in die spezifischen Energiebedarfe der verschiedenen Wirtschaftssektoren zu ermöglichen.

Bedeutung der Halbleiterindustrie

Eine besondere Bedeutung für den Energiebedarf in Dresden besitzt zudem die Halbleiterindustrie. Bekannte Unternehmen dieser Zukunftsbranche und dieses wichtigen Wirtschaftszweiges in Dresden sind beispielhaft Infineon, Global Foundries, Bosch und ggf. zukünftig auch Jenoptik und ESMC. Die Halbleiterindustrie besitzt einen relativ hohen Strombedarf für ihre Produktionsprozesse wozu typische Verbrauchsprozesse neben der Hauptproduktion, die Raumkühlung, das Prozesskühlwasser, die Drucklufterzeugung, die Reinstwasserbereitung, das Hausvakuum und die Beleuchtung sind. Bereits im Jahr 2018 hatte die Halbleiterindustrie einen Anteil von 16 Prozent (ca. 420 GWh/a) am Dresdner Stromverbrauch im öffentlichen Verteilnetz. Hinzu kommen ein Anteil von 33 Prozent (ca. 1.397 GWh/a) am Erdgasverbrauch von Dresden, was jedoch im Wesentlichen auf den Kraftwerksverbrauch zur Stromerzeugung direkt am Fabrikstandort zurückzuführen ist (siehe Abbildung 5-6). Seitdem sind das Bosch Halbleiterwerk in 2021 hinzugekommen, sowie eine Erweiterung des Infineon Halbleiterwerkes aktuell im Bau. Der Stromverbrauch der Halbleiterindustrie aus dem öffentlichen Stromverteilstrom hat zwischen 2018 und 2022 um 29 Prozent auf ca. 543 GWh/a zugenommen. Durch die zukünftigen Ausbau- und Ansiedlungsprojekte der Halbleiterindustrie wird es einen weiteren erheblichen Zuwachs geben, auf welchen im Kapitel 10.2 eingegangen wird.

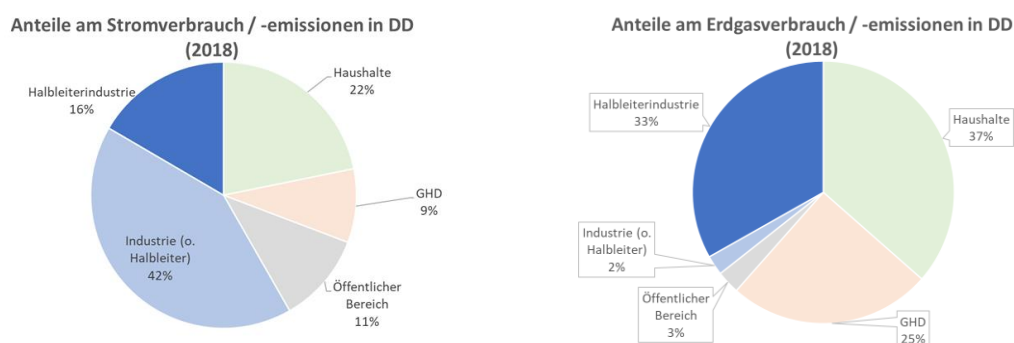


Abbildung 5-6: Anteile der Halbleiterindustrie am Strom- und Erdgasverbrauch in Dresden 2018

5.4 Leitungsbundene Energieinfrastrukturen

Die Bereitstellung von Wärme- und Strom erfolgt maßgeblich auf Basis leitungsbundener Energieinfrastrukturen für Fernwärme, Erdgas und Strom. Diese Netze sind essentiell für eine sichere Energieversorgung in Dresden und werden dies auch in Zukunft bleiben. Im Kapitel 8.1.3 werden Vorteile und Handlungsempfehlungen für eine intensivere Kopplung in Richtung „Klimanetze“ beleuchtet.

5.4.1 Fernwärmenetz

In Dresden gibt es ein zentrales Fernwärmenetz, welches einschließlich der einspeisenden Erzeugungsanlagen, zum kommunalen Energieversorger SachsenEnergie AG gehört. Das zentrale Fernwärmenetz umfasst eine Trassenlänge von etwa 630 km und versorgt rund 130.000 Haushalte in Dresden. Der Anteil der Fernwärme an der Wärmeversorgung der Gebäude (ohne technologische Wärmebedarfe) beträgt etwa 45 Prozent. Die Abbildung 5-7 zeigt die Ausdehnung des aktuellen zentralen Fernwärmenetzes und der kleineren Nahwärmenetze. Es wird ersichtlich, dass sich das Fernwärmenetz über weite Teile von Dresden erstreckt und vor allem die innerstädtischen Gebiete mit einer hohen Wärmedichte versorgt.

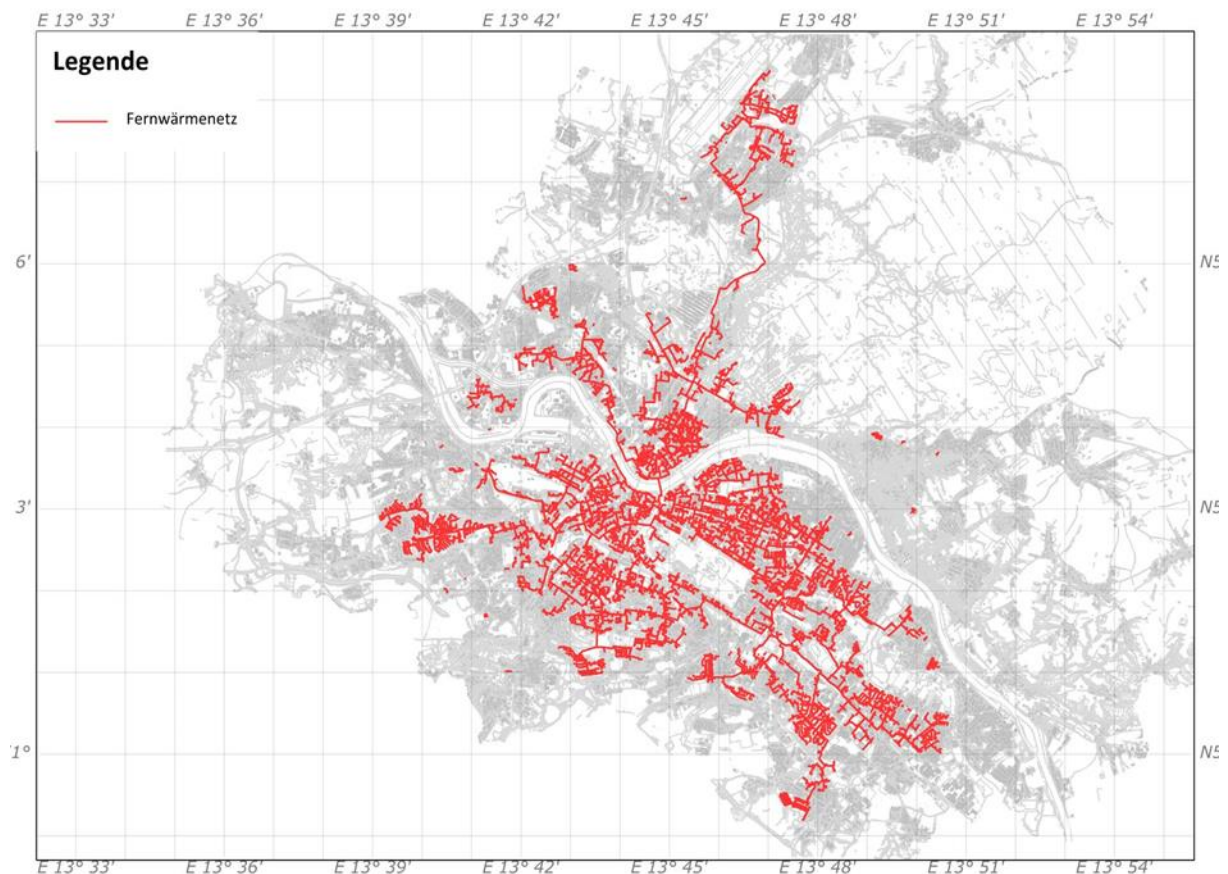


Abbildung 5-7: Fern- und Nahwärmenetze in Dresden (Quelle: SachsenEnergie)

Das zentrale Fernwärmenetz wird vor allem durch die Heizkraftwerke Nossener Brücke, Reick und Dresden Nord, sowie das BHKW in Klotzsche gespeist. Zusätzlich gibt es ein großes Inselnetz in Dresden Kaditz, dessen Anbindung an das zentrale Fernwärmenetz zeitnah angestrebt wird. Einen Überblick über die am zentralen Fernwärmenetz angeschlossenen Anlagen und deren Brennstoffe/ Wärmequellen zeigt Tabelle 5-4. In Summe beträgt die Leistung der angeschlossenen Anlagen für das Dresdner Fernwärmenetz 1.080 MW_{th}. Der Anteil regenerativer Energiequellen an der gesamten thermischen Leistung liegt derzeit bei 1,2 Prozent, wenn der Elektrodenheizkessel nicht berücksichtigt

wird und bei 4,9 Prozent bei Einbezug des Kessels. Der verbleibende Anteil wird überwiegend durch Kraft-Wärme-Kopplung aus Erdgas erzeugt.

Tabelle 5-4: Erzeugerpark inkl. Wärmespeicher im zentralen Fernwärmenetz Dresden

Anlage	Brennstoff/ Wärmequelle	thermische Leistung in MW _{th}	elektrische Leistung in MW _{el}
Nossener Brücke – Gasturbinen-Heizkraftwerk	Erdgas	440	270
Nossener Brücke – Elektrodenheizkessel	Strom	40	-40,4
Reick – Dampferzeuger / -turbine	Erdgas	27	2
Reick – Heißwasserzeuger	Erdgas	232	0
Reick – Gasmotoren Heizkraftwerk (flexible Kraftwärmekopplung)	Erdgas	84	90
Reick – Wärmespeicher (Speicherkapazität 1.000 MWh)	Wasser	100	0
Nord – Gasturbinen-Heizkraftwerk	Erdgas	18	11
Nord – Dampferzeuger	Erdgas	51	0
Klotzsche – Heizkraftwerk Modul	Erdgas	2	2,2
Klotzsche – Heißwasserzeuger	Erdgas	42	0
Klotzsche – Biogasanlage	Biogas	1	1
Mickten – Motoren-Heizkraftwerk	Erdgas	1	1
Trachau – Modul 1/2	Biomethan	2	2
Trachau – Heißwasserzeuger	Erdgas	12	0
Kaditz – Modul 1/2	Erdgas	2	2
Kaditz – Heißwasserzeuger	Erdgas	16	0
BGA Ha, BMZ	Biomethan	10	4,5
Summe		1.080	345,3

5.4.2 Erdgasnetz

Das Erdgasnetz stellt den größten Teil der benötigten Energie in Dresden bereit. Neben der direkten Erdgasversorgung für die Wärmeerzeugung in den Gebäuden, versorgt es auch Heizkraftwerke der Fernwärme, z. B. in Reick oder der Industrie. In Summe stellte es in 2022 ca. 4.474 GWh bereit, was

auf Grund der Energiekrise und milden Witterung in 2022 einer Reduktion von gut 10 Prozent gegenüber 2021 entspricht. Von dieser Energiemenge (Jahresarbeit) aus dem Erdgasverteilnetz entfielen ca. 800 GWh auf die KWK-Anlagen der Fernwärmeversorgung. Die noch größere Erdgasmenge zur Versorgung des Gasturbinen-Heizkraftwerkes Nossener Brücke (siehe Tabelle 5-4), wurde aus dem Erdgas-Fernleitungsnetz geliefert und kommt entsprechend hinzu. Zudem ist die Entnahme für die Industrie enthalten (siehe Kapitel 5.3). Dieses umfangreiche Erdgasnetz besteht aus Hochdruck-, Mittel- und Niederdruckleitungen (1.127 km Haupt- und 606 km Anschlussleitungen). Es gibt im Dresdner Erdgasverteilnetz 39.873 Ausspeisepunkte. Davon liegen schätzungsweise etwa 10.000 Ausspeisepunkte, innerhalb bzw. parallel zur Fernwärmeversorgung. Dennoch befindet sich der überwiegende Teil der Erdgasverbraucher außerhalb der Fernwärmegebiete, also außerhalb der dicht besiedelten Gebiete Dresdens (siehe Abbildung 5-8). Da das Erdgasnetz den fossilen und mithin klimaschädlichen Energieträger Erdgas transportiert, ist eine Transformation dieses wichtigen Energietransportnetzes essentiell. Auf die diesbezügliche Planung im Rahmen des Gasnetzgebietstransformationsplanes (GTP) wird in Kapitel 8.1.3.3 eingegangen.

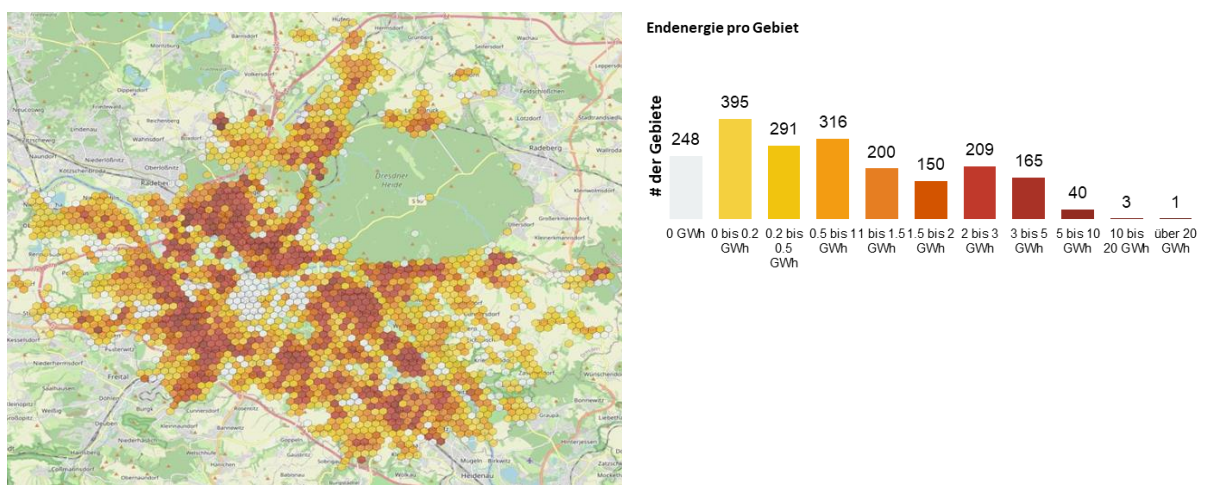


Abbildung 5-8: Räumliche Endenergiebedarfe für Erdgas in Dresden (Quelle: BLS/DigiKoo)

5.4.3 Stromnetz

Das Stromverteilnetz in Dresden wird von den Netzgesellschaften SachsenNetze und SachsenNetze HS.HD betrieben. Es besteht aus einer Hoch-, Mittel- und Niederspannungsebene und verfügt über einen Anschlusspunkt an das Übertragungsnetz (Höchstspannung) der 50Hertz Transmission GmbH. Es verzeichnete im Jahr 2022 eine entnommene Jahresarbeit in Höhe von ca. 2.541 GWh auf der Mittelspannungsebene und ca. 916 GWh auf der Niederspannungsebene. Dies deutet bereits darauf hin, dass wie in Punkt 5.3 beschrieben ein großer Teil des Dresdner Stromverbrauchs bei Großverbrauchern im Gewerbe- bzw. Industriesektor anfällt. Mit 381.875 Entnahmestellen in der Niederspannung sind diese auch entsprechend kleinteiliger als die 2.014 Entnahmestelle der Mittelspannungsebene. Das Lastband liegt in Dresden zwischen ca. 220 MW und 420 MW, womit die Höchstlast aktuell bei 420 MW liegt²⁷. In der Mittelspannung beträgt die Stromkreislänge ca. 1.491 km und in der Niederspannung 2.757 km. Die Einspeisung von PV-Anlagen erfolgt überwiegend auf der Niederspannungsebene, wobei sich ein typischer Tages- und Saisonverlauf ergibt. Für die Integration von wesentlich umfangreicheren EE-Stromerzeugungsanlagen, aber auch für zusätzliche Lasten wie die Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen, die Elektromobilität und der Zuwachs an Lasten aus der Industrie, wird ein Netzausbauplan (NAP) erstellt, auf welchen in Kapitel 8.1.3.4 eingegangen wird.

²⁷ https://www.sachsen-netze.de/wps/portal/netze/cms/menu_main/sachsennetze/veroeffentlichungspflichten/stromnetz-sachsen-netze, [Zugriff am 27.10.2023].

5.5 Energiespeicheranlagen

Energiespeicher gewinnen im Zuge der Energiewende eine zunehmende Bedeutung. In Dresden existieren im Stromnetz bisher folgende in Tabelle 5-5 dargestellten Stromspeicher²⁸. Das Pumpspeicherwerk in Niederwartha stellt Dresdens größten Stromspeicher dar, ist jedoch nach Angabe des Betreibers Vattenfall auf Grund einer unwirtschaftlichen Instandsetzung vorläufig stillgelegt worden. Eine endgültige Stilllegung ist beabsichtigt. Gegenüber diesem mechanischen Speicher gab es in den letzten Jahren eine starke Zunahme von Batteriespeichern (elektro-chemische Speicher), welche vorwiegend als kleine Gebäudespeicher installiert wurden. Zudem befindet sich bei der SachsenEnergie AG auf dem Standort des Innovationskraftwerkes Reick seit 2015 ein Batterie-Großspeicher mit ca. 2 MW Leistung und seit 2023 gibt es einen weiteren Großspeicher mit 12 MW Leistung.

Tabelle 5-5: Übersicht Energiespeicher

Speichername	Anzahl	Bruttoleistung in MW	Speicherkapazität in MWh	Betriebszustand
Pumpspeicherwerk Niederwartha	1	120 MW	520 MWh	vorläufig stillgelegt
Großbatteriespeicher	2	14 MW	ca. 30 MWh	in Betrieb
Gebäudespeicher	2.229	12,8 MW	ca. 26 MWh	in Betrieb

Eine weitere wesentliche Speicherart sind thermische Speicher (Warmwasser/Dampf). Die größten befinden sich im Fernwärmenetz und hier am Standort Reick mit 40 Behältern, welche ein Gesamtvolumen von 6.600 m³ fassen. Auch Wärmespeicher in den Nahwärmenetzen und Gebäuden leisten einen wichtigen Beitrag zum Speichern von Energie. Sie stellen zudem eine Möglichkeit für die Sektorkopplung von Strom- und Wärmesystem dar, worauf in Kapitel 8.1.3 eingegangen wird.

5.6 Übersicht Stromerzeugungsanlagen Erneuerbare Energien

Die installierte Stromerzeugungsleistung der EE innerhalb des Stadtgebietes betrug zum Stichtag 31. Dezember 2022 insgesamt 90.080 kW, die durch 7.131 Anlagen zur Verfügung gestellt wurde (siehe Tabelle 5-6). Die Anlagen erzeugten einen jährlichen Stromertrag von 114.022 MWh. Mit 52 Prozent stellte die Stromerzeugung aus Biomasse den größten Anteil in Bezug auf den Stromertrag an den EE im Stadtgebiet. Ebenfalls relevant ist die Energieerzeugung aus Solarenergie mit einem Anteil von 44 Prozent am Stromertrag. Die darüber hinaus durch Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung zur Verfügung gestellten Stromerzeugungsleistungen können im Kapitel 5.4.1 nachgelesen werden. Nicht aufgeführt sind weiterhin Stromerzeugungsleistungen aus Blockheizkraftwerken (BHKW).

²⁸ Da diese Daten dem öffentlichen Marktstammdatenregister entstammen, welches keine Speicherkapazität zu den Speichern angibt, wurde diese geschätzt. Dafür wurde von der doppelten Speicherleistung als durchschnittliche Kapazitätsgröße aller Speicher ausgegangen.

Tabelle 5-6: Stromerzeugungsanlagen Erneuerbare Energien, Stand 31.12.2022/31.12.2023²⁹

Dezentrale Einspeisung	Leistung [kW]	Anzahl Anlagen	Ertrag [MWh]	Anteil Ertrag [in %]
Erneuerbare Energien Gesamt	90.080	7.131	114.022	100
- Biomasse	15.954	26	59.067	52
- Deponie-/Klärgas	582	2	3.318	3
- Solarenergie	73.100	7.099	51.170	44
- Wasserkraft	444	4	467	1

5.7 Aktuelle Energie- und THG-Bilanz

Mit dem Bilanzjahr 2017 erfolgte ein Wechsel der Bilanzierungsmethodik auf die vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (Ifeu) entwickelte Bilanzierungs-Systematik Kommunal (BISKO). Die LHD nutzt für die Berechnung der THG-Emissionen den Klimaschutzplaner des Klima-Bündnisses. Die THG-Bilanz zeigt die Ergebnisse für die letzten fünf zurückliegenden Jahre nach dieser Methodik. In Teilbereichen unterscheiden sich die absoluten Werte der alten (von 1990 bis 2017) und der neuen Bilanzierungsmethode deutlich. Bis 2016 wurde mit einer eigenen Methodik gerechnet, die sich an die jetzt verwendete BISKO-Methode anlehnte. Zum Teil wurden eigene Emissionsfaktoren verwendet. Der Verkehr wurde mittels Inländer- und nicht Territorialprinzip bilanziert. Mit dem Wechsel erfolgt die Bilanz für Dresden nun mit standardisierten Werten und der Berechnungsmethodik nach BISKO (reine Territorialbilanz). Aufgrund der gleichen Methodik ist die Vergleichbarkeit von Kommunen untereinander gegeben. Die Bilanz wird im Gegensatz zur Darstellung bis 2016 nicht mehr pro Einwohner erfasst, sondern in absoluten THG-Emissionen. Ebenso sind die veröffentlichten Zahlen nicht mehr witterungsbereinigt. Dies ist in der BISKO-Systematik so vorgesehen (siehe auch Kapitel 6). Die BISKO-Methodik wurde für 2017 und 2018 angewendet, sowie auch für die vergangenen Jahre von 2013 bis 2016 dargestellt. Die oben beschriebenen Unterschiede beziehen sich auf die unterschiedlichen Darstellungen nach den verschiedenen Methoden.

Zukünftig sollen ergänzende Nebenbilanzen geführt werden, wie die bisherige Bilanz im Verkehr nach dem Inländerprinzip und die Zusammensetzung des örtlichen Strommixes. Damit stünden weitere Interpretationsgrundlagen für die Wirksamkeit von Klimaschutzaktivitäten zur Verfügung. Der größte Unterschied zwischen den beiden Bilanzsystemen liegt im Verkehrsbereich vor. Hier wurden bisher die Emissionen der Dresdnerinnen und Dresdner sowohl in der Stadt als auch außerhalb bilanziert, d. h. beispielsweise auch Emissionen auf Flügen. Nach BISKO werden nur die Emissionen im Stadtgebiet betrachtet. Deshalb sind im Mobilitätsbereich erheblich weniger Emissionen nach BISKO ausgewiesen. In der Grundaussage (dem Trend) der Bilanz gibt es keine Abweichung von alter zu neuer Methodik.

²⁹ Die angegebenen Werte wurden von der SachsenNetze GmbH zur Verfügung gestellt (Stand 31.12.2022), die Werte zur Solarenergie wurden dem Marktstammdatenregister zum 31.12.2023 entnommen, wobei der Ertrag mit durchschnittlich 700 kWh/kWp abgeschätzt wurde.

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Diagramme zu den Endenergieverbräuchen (Abbildung 5-9) und den THG-Emissionen (Abbildung 5-10) für die Jahre 2013 bis 2018 nach der BSKO-Methodik aufgezeigt.

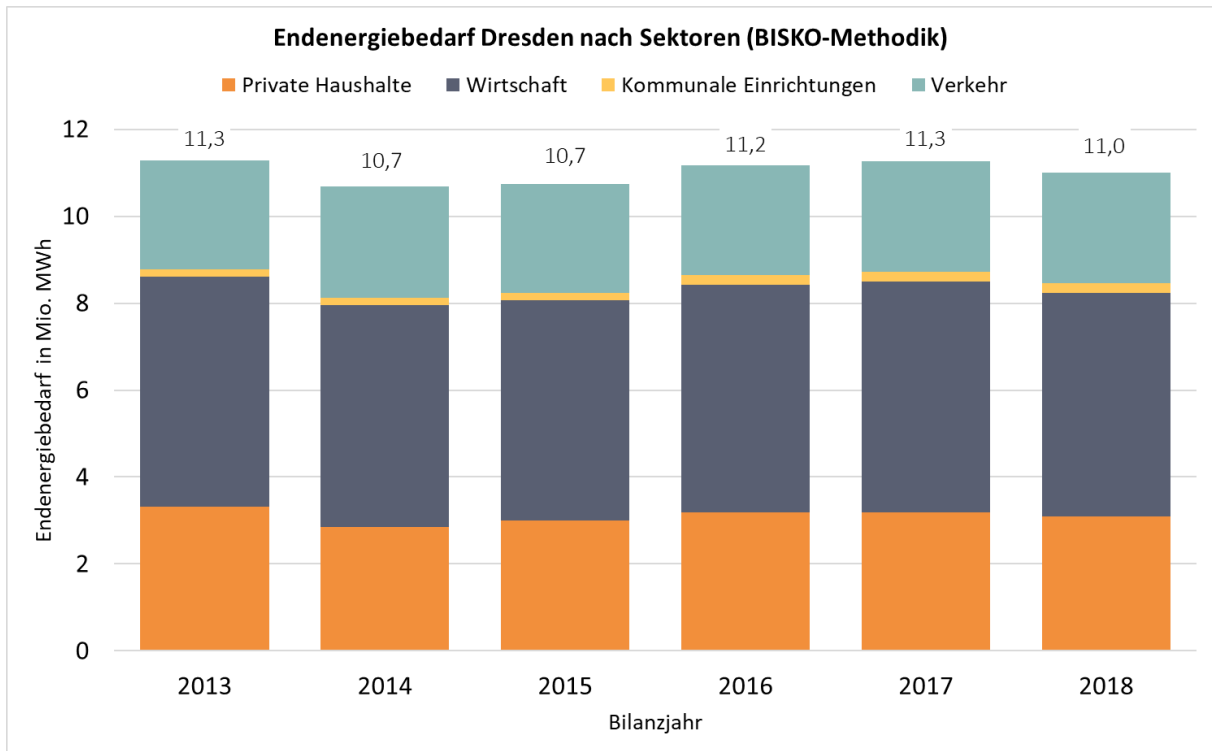


Abbildung 5-9: Endenergieverbräuche für die Jahre 2013 bis 2018 der THG-Bilanz Dresden

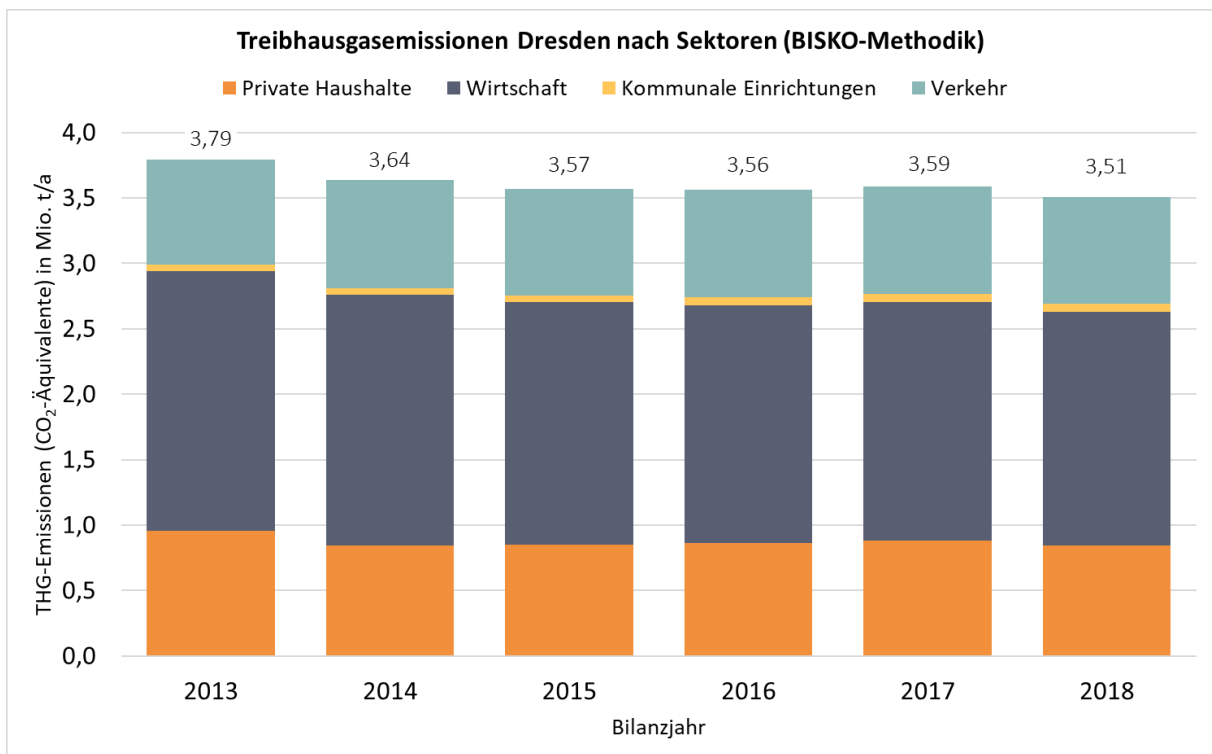


Abbildung 5-10: THG-Emissionen für die Jahre 2013 bis 2018 der THG-Bilanz Dresden (BISKO)

Die mit dem IEuKK 2013 beschlossenen Maßnahmen wurden nur unzureichend umgesetzt, was zu fehlenden Beiträgen zur Energieeinsparung, -effizienzsteigerung und Ablösung fossiler Energieträger führte. Der geringe Anteil EE in der Bilanz resultiert aus unzureichenden Anlagen im Stadtgebiet und

fehlenden Daten zu nicht-leitungsgebundenen Energieträgern zum Stand des Bilanzjahres 2018. In den Folgejahren war ein gewisser Anstieg an lokalen EE-Anlagen zu verzeichnen (vgl. Kapitel 5.6).

Nachfolgend ist dargestellt, wie sich die Endenergieverbräuche und THG-Emissionen der verschiedenen Energieträger auf die verschiedenen Sektoren aufteilen (Abbildung 5-12). Mit der Darstellung zeigt sich, dass in Dresden der Energieträger Erdgas die größte Rolle in der Energieversorgung spielt. In dieser Darstellung ist auch in dem Teil Fernwärme (nahezu ausschließlich) und im Teil Strom ein großer Anteil Erdgas enthalten. Dies zeigt auch die große Abhängigkeit vom Erdgas.

Endenergieverbrauch 2018 (Energieträger, Sektoren) in GWh/a

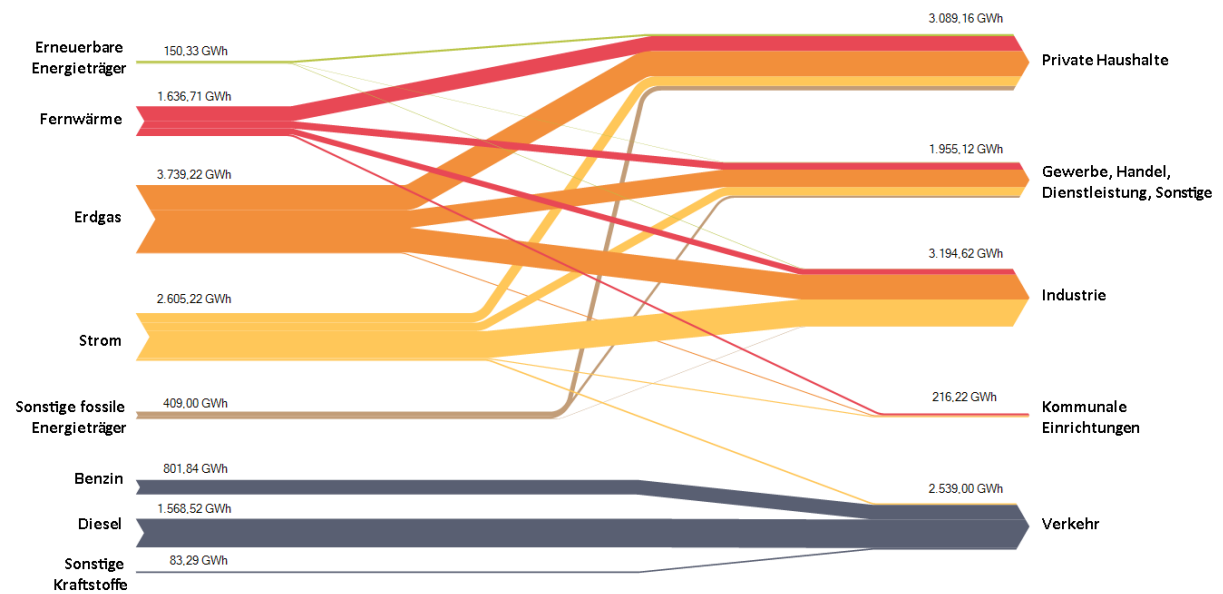


Abbildung 5-11: Energieflüsse des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern und Sektoren (Sankey-Diagramm Energiebedarf) für das Jahr 2018

Treibhausgasemissionen nach BSKO 2018 (Energieträger, Sektoren) in tCO₂äq/a

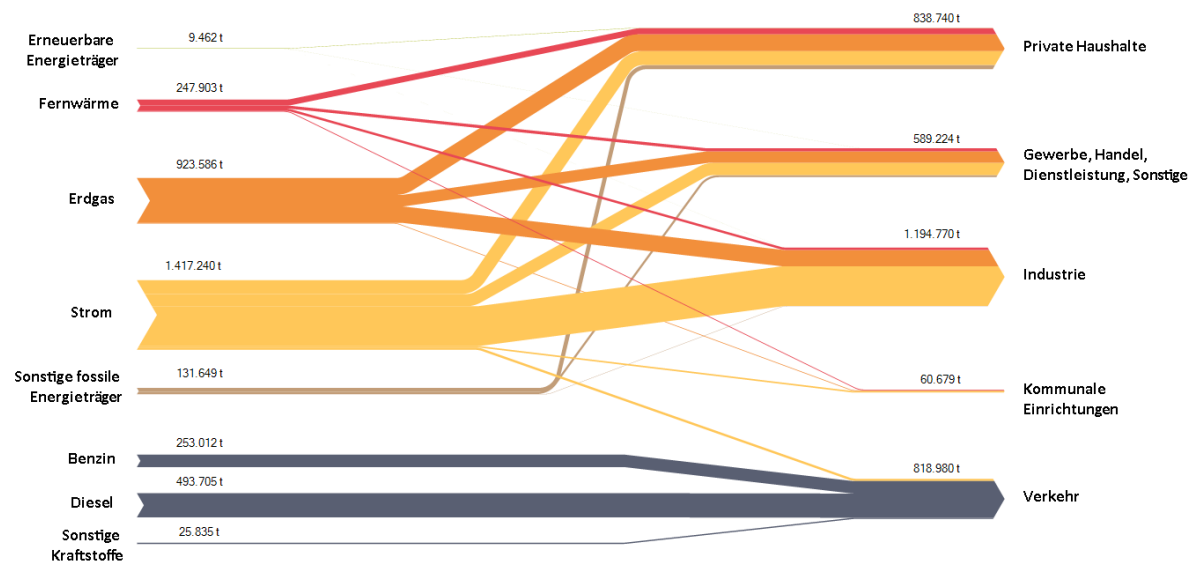


Abbildung 5-12: Stoffströme der THG-Emissionen nach Energieträgern und Sektoren (Sankey-Diagramm THG-Emissionen) für das Jahr 2018

5.8 Erfahrungen aus dem bisherigen Klimaschutzkonzept (IEuKK 2013)

Das IEuKK von 2013 stellt die aktuelle Beschlusslage dar. Es wurde als wegweisendes Instrument entwickelt und spielt seither eine entscheidende Rolle, die Herausforderungen im Dresdner Klimaschutz zu verstehen und anzugehen. Seit 2013 haben sich die Rahmenbedingungen, technologische Standards und Marktgegebenheiten erheblich verändert (u. a. Entwicklungen der Gas- und Energiepreise sowie der CO₂-Bepreisung). Zudem nimmt das Bewusstsein über den voranschreitenden Klimawandel und seine sozialen Folgen zu (siehe Kapitel 4.1, Ergebnisse Umfrage zum Klimawandel), dies unterstützt das Verständnis für die Notwendigkeit von Klimaschutzmaßnahmen.

Die LHD und die städtischen Beteiligungsunternehmen haben in den letzten Jahren Erfolge im Klimaschutz erzielt, u. a.

- beim Ausbau der Fernwärme in Pieschen
- Erweiterung des Großwärmespeichers in Reick; Bau des KWK-Flex-Kraftwerkes in Reick zur Erhöhung der Systemstabilität im zunehmend volatilen Stromsystem
- bei der Aufschaltung einer Zentralen Gebäudeleittechnik durch das Amt für Hochbau und Immobilienverwaltung für kommunale Pilotobjekte zur Optimierung des Anlagenbetriebes und Betriebskostensenkung per Fernüberwachung und Ferneingriff,
- der Anschaffung von Lastenrädern und Elektrofahrzeugen mit der dazugehörigen Ladeinfrastruktur,
- die verpflichtende Umsetzung von Energie- und Klimaschutzmaßnahmen im Zuge der kooperativen Baulandentwicklung und städtebaulichen Verträgen, flankiert von der Entwicklung und Anwendung eines Leitfadens, der die Anforderungen an Energie- und Klimaschutzkonzepte für Bebauungspläne aufgreift,
- die Überarbeitung des Solarpotentialkatasters im Themenstadtplan zur Erstinformation, ob Dächer und Fassaden zur Solarenergienutzung geeignet sind und im konkreten die zunehmende Dachnutzung für PV-Anlagen nicht nur auf Dächern der Stadtverwaltung und die Solarthermieanlage in Räcknitz,
- regelmäßige Austauschformate, wie Nachhaltigkeitsstammtisch und Infotage, mit Unternehmen zum Erfahrungsaustausch sowie
- die Förderung von bürgerschaftlichem Engagement im Stadtteil Johannstadt, insbesondere die Ausbildung von Klimacoaches, im Rahmen des Projektes „Nachhaltige Johannstadt 2025“,
- Erstellung von Nachhaltigkeitsstrategien im Kulturbereich (Projekt Culture for Future),
- Veröffentlichung/Unterzeichnung der Dresdner Charta für Nachhaltigkeit im Kultursektor,
- Entwicklung eines CO₂-Rechners für den Kulturbetrieb,
- jährliche Erstellung von Klimabilanzen und Berichterstattung nach dem Deutschen Nachhaltigkeitskodex (DNK) im Turnus von 2 Jahren,
- Entwicklung eines Leitfadens für Nachhaltiges Planen und Bauen für städtische Hochbauvorhaben.

Die Beispiele zeugen von einem engagierten Vorgehen, welches es nun in allen Handlungsfeldern zu verstärken und zu verstetigen gilt. Dass die Klimaschutzbemühungen größerer Anstrengungen bedürfen, hat auch die THG-Bilanz von 2018 gezeigt. Bei der Bilanzierung nach BSKO (siehe Kapitel 5.7 und 15.2.1) wird auf eine selbstgerechnete, Dresden-spezifische THG-Bilanz verzichtet, stattdessen werden die Ergebnisse vergleichbar mit anderen Kommunen. Das vorliegende Reduktionsdefizit aus dem IEuKK heraus ist darauf zurückzuführen, dass viele der im IEuKK vorgesehenen Maßnahmen nicht oder unvollständig umgesetzt wurden und ungünstige Rahmenbedingungen auf nationaler Ebene vorherrschten. Es besteht also vorrangig ein Umsetzungsdefizit. Zugleich müssen die gesetzlichen Rahmenbedingungen durch Bund und Land so gestaltet werden, dass sowohl Anreize und Verpflichtungen als auch Finanzierungsmöglichkeiten für mehr Klimaschutzmaßnahmen geschaffen werden. Selbstständige Planung und Realisierung von Klimaschutzmaßnahmen in allen Zuständigkeitsbereichen der

Stadtverwaltung und ihre Initiierung in der Stadtgesellschaft ist zu vertiefen und mit einem entsprechenden Umsetzungswillen zu versehen, um das Ziel THG-Neutralität zu erreichen. Das betrifft insbesondere die Infrastrukturmaßnahmen, die in ihrer Umsetzung einen langen Vorlauf haben wie z. B. die kommunale Wärmeplanung und damit einer besonderen Prioritätensetzung und Beschleunigung bedürfen.

Das IEuKK hat nachfolgende Herausforderungen offenbart, die es zu meistern gilt:

- Organisatorische Strukturen, Ressourcen und Investitionssicherheit: Die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen erfordert personelle und finanzielle Kapazitäten sowie geeignete Organisationsstrukturen. Klimaschutzmaßnahmen werden durch begrenzte finanzielle Ressourcen beeinflusst, Synergien und Sparpotenziale sind zu sichern. Ein Verständnis für die langfristigen Vorteile des Klimaschutzes, die notwendige Prioritätensetzung mit Umsetzungswillen, die Schaffung von Investitionssicherheit und eine effektive Fördermittelakquise sind entscheidend, um kontinuierlich Klimaschutzmaßnahmen durchführen zu können. Dies betrifft Verwaltung, städtischen Beteiligungsunternehmen und die Wirtschaft gleichermaßen.
- Bedarf an Daten und Controllingstandards: Eine detaillierte Bewertung der Maßnahmen im IEuKK gestaltet sich bisher schwierig aufgrund unzureichender Daten und fehlender Controllingstandards. Die Fortschreibung muss daher auf eine verbesserte, transparente Datengrundlage und klare Kontrollmechanismen abzielen.
- Konkrete und messbare Ziele: Das IEuKK von 2013 enthielt viele Maßnahmen, jedoch fehlten in vielen Fällen klare, spezifische, messbare, attraktive, realistische und terminierte (SMARTe) Ziele. Zukünftig sind Konkretisierung und Überprüfbarkeit der Ziele zu stärken.
- Integration von Klimaschutz in laufende Projekte der Verwaltung und Stadtgesellschaft: Zahlreiche Maßnahmen der Ressourcenschonung, angepassten Lebensweise, der effizienten Energienutzung sowie der Förderung erneuerbarer Energien wurden und werden erfolgreich umgesetzt, sind jedoch nicht explizit als Klimaschutzmaßnahmen benannt. Die Identifikation und Förderung von Synergien zwischen verschiedenen Projekten ist notwendig, um die Gesamtwirkung zu erhöhen.
- Einbindung der städtischen Beteiligungsunternehmen: Die Einbindung der städtischen Beteiligungsunternehmen in den Klimaschutzprozess ist erfolgt, muss jedoch weiter intensiviert werden. So spielt bspw. die SachsenEnergie AG eine strategisch wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung der Energieversorgung.
- Erweiterung Fokus auf den Mobilitätsbereich: Die bisherigen Erfolge beim Ausbau der Fernwärme und der Nutzung Erneuerbarer Energien sind positiv, jedoch sollte der Fokus auch verstärkt auf den Verkehrssektor gerichtet werden.
- Verstärkte Beteiligung der Zivilgesellschaft: Um eine breite Zustimmung und Unterstützung für Klimaschutzmaßnahmen zu erhalten, ist eine verstärkte Einbindung der Zivilgesellschaft notwendig. Informationsveranstaltungen, Workshops und Bürgerbeteiligungen können dazu beitragen, das Bewusstsein für Klimaschutz zu schärfen und Ideen aus der Bevölkerung aufzugreifen.
- Verstärkte Beteiligung der Wirtschaft: Einbezug von Industrie und Mittelstand, Verbindlichkeiten schaffen, Klimaschutz kann Treiber für Innovationen sein.

Das IEK ist ein wertvolles Instrument, dessen Aktualisierung und Anpassung an aktuelle Entwicklungen und Standards zur Erreichung der THG-Neutralität zwingend notwendig ist. Der Stadtrat hat am 30. Januar 2020 den Klimaschutz als Aufgabe der Daseinsvorsorge mit höchster Priorität definiert. Dieser Auftrag muss in der LHD und den städtischen Beteiligungsunternehmen mit Leben gefüllt werden. Um die Akzeptanz für Klimaschutzmaßnahmen zu sichern und die spätere Umsetzung zu erleichtern, ist die stärkere Beteiligung sowohl aller Geschäftsbereiche mit Verantwortlichkeiten aller Führungskräfte als auch der Zielgruppen nötig. Das Ziel THG-Neutralität und der damit einhergehende gesamtgesellschaftliche Wandel erfordert umfängliche Anstrengungen und Ressourcen, ein stringentes Vorgehen

und die Motivation von Akteuren. Ebenso muss Klimaschutz wegen des Stadtratsbeschlusses zur Daseinsvorsorge wie eine Pflichtaufgabe verstanden werden, um entsprechende Personal- und auch Haushaltsmittel dafür langfristig bereitstellen zu können.

Insgesamt bietet die Fortschreibung eine Gelegenheit, die bisherigen Erfolge zu würdigen, Schwächen als Chancen zu begreifen und eine noch effizientere Klimaschutzstrategie für die Zukunft zu gestalten.

6 Emissionsquellen und Bilanzierungsmethoden

Emissionsquellen für Treibhausgase (THG) sind Orte oder Aktivitäten, bei denen bestimmte Gase freigesetzt werden, die zur Erderwärmung beitragen. Die Hauptquellen umfassen die Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Kohle, Öl und Gas für Energie und Verkehr, industrielle Prozesse, Landwirtschaft, Entwaldung und Abfallentsorgung. Diese Aktivitäten setzen Gase wie Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) frei, die in der Atmosphäre verbleiben und einen Treibhauseffekt verursachen.

Emissionsquellen und deren Einteilung

Das GHG Protocol ist eine international anerkannte Standardreihe, die Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen dabei hilft, ihre THG-Emissionen zu erfassen und darüber zu berichten. Dabei handelt es sich um eine Art Leitfaden, der von privaten Organisationen entwickelt wurde, um weltweit einheitliche Methoden zur Messung und Berichterstattung von Treibhausgasen zu etablieren. Das GHG Protocol wird vom World Resources Institute und dem World Business Council for Sustainable Development koordiniert. Die Standards des GHG Protocols sind darauf ausgerichtet, bestehende internationale Klimapolitik-Vereinbarungen zu berücksichtigen und dabei Lücken zu schließen, die von staatlicher Seite noch nicht definiert wurden. Es ist der am weitesten verbreitete Standard für die Erstellung von THG-Bilanzen und viele andere Standards (z. B. ISO 14064), basieren auf den Prinzipien des GHG Protocols.

Emissionsquellen nach dem Territorialprinzip, wie es für Kommunen Anwendungen findet, werden im GHG-Standard nach dem sogenannten Greenhouse-Gas-Protocol for Cities (GPC) in mehrere Kategorien eingeteilt. Diese sind in Tabelle 6-1 aufgeführt und erläutert. Wichtig ist dabei die Unterscheidung von energetischen und nicht-energetischen Emissionen. Die energetischen Emissionen beruhen auf der Verbrennung von fossilen Energieträgern zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung oder für Antriebsenergie (Mobilität). Die nicht-energetischen Emissionen werden durch stoffliche (Umwandlungs-)Prozesse freigesetzt (z. B. Freisetzung klimawirksamer Kältemittel).

Tabelle 6-1: Kategorien von THG-Emissionsquellen nach Greenhouse-Gas-Protocol for Cities (GPC)

Kategorie	Unterkategorie	Erläuterung
Stationäre Energie	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wohngebäude ■ Gewerblich genutzte Gebäude und öffentliche Einrichtungen (Nicht-Wohngebäude) ■ Verarbeitendes Gewerbe und Bauwesen ■ Energiewirtschaft 	Stationäre Energiequellen sind einer der größten Verursacher von THG-Emissionen. Diese Emissionen stammen aus der Verbrennung von Energieträgern in Wohn-, Geschäfts- und Verwaltungsgebäuden und – einrichtungen (z. B. durch Heizkessel), in der verarbeitenden Industrie und im Baugewerbe sowie in Kraftwerken zur Erzeugung netzgespeister Energie. Dieser Bereich umfasst auch flüchtige Emissionen (z. B. Leckagen in Transportleitungen), die typischerweise bei der Gewinnung, der Umwandlung und dem Transport von fossilen Primärbrennstoffen entstehen.

Kategorie	Unterkategorie	Erläuterung
Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> ■ Straßenverkehr ■ Schienenverkehr ■ Luftverkehr ■ Schifffahrt 	Der Verkehrssektor umfasst alle Fahrten auf der Straße, der Schiene, dem Wasser und in der Luft, einschließlich des innerstädtischen und internationalen Verkehrs. THG-Emissionen entstehen direkt durch die Verbrennung von Kraftstoffen oder indirekt durch die Nutzung von netzgespeistem Strom.
Abfall und Abwasser	<ul style="list-style-type: none"> ■ Entsorgung fester Abfälle ■ Biologische Behandlung von Abfällen ■ Verbrennung von Abfällen ■ Abwasserbehandlung und -einleitung 	Bei der Abfall-/Abwasserbeseitigung und -behandlung entstehen THG-Emissionen durch aerobe oder anaerobe Zersetzung oder durch Verbrennung. Die THG-Emissionen aus festen Abfällen sind nach Entsorgungswegen zu berechnen, d. h. nach Deponie, biologischer Behandlung, Verbrennung und offener Verbrennung. Wird Methan aus Anlagen zur Behandlung fester Abfälle oder von Abwässern als Energiequelle zurückgewonnen, so ist es unter stationärer Energie anzugeben. Ebenso werden Emissionen aus der Verbrennung mit Energierückgewinnung unter stationärer Energie ausgewiesen.
Industrielle Prozesse und Produktverwendung (IPPU)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Industrielle Prozesse ■ Produktverwendung 	Die wichtigsten Emissionsquellen sind Freisetzungen aus industriellen Prozessen, bei denen Materialien chemisch oder physikalisch umgewandelt werden (z. B. Hochöfen in der Eisen- und Stahlindustrie sowie Ammoniak und andere chemische Produkte, die aus fossilen Brennstoffen hergestellt und als chemisches Ausgangsmaterial verwendet werden). Darüber hinaus enthalten bestimmte Produkte, die von der Industrie und den Endverbrauchern verwendet werden, wie Kältemittel, Schaumstoffe oder Spraydosen, ebenfalls Treibhausgase, die bei der Verwendung und Entsorgung freigesetzt werden können.
Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Landnutzung (AFOLU)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Viehhaltung ■ Landnutzung und Landnutzungsänderung 	In diesem Bereich finden sich nicht-energetische THG-Emissionen durch Viehhaltung (Verdauung und Güllewirtschaft) sowie das Düngen der Böden. Landnutzungsänderungen können sich negativ auf die THG-Emissionen auswirken (z. B. Rodung von Waldflächen) aber auch positiv (z. B. Umwandlung von Acker- in Dauergrünland) und somit als Kohlenstoffsenke fungieren (Vor allem Wälder und Moore).

Abbildung 6-1 zeigt eine Übersicht über die Anteile energetischer und nicht-energetischer Emissionen am Nationalen THG-Inventar in Deutschland³⁰. Das zeigt, dass die energetischen Emissionen den größten Anteil an den THG-Emissionen haben, die nicht-energetischen jedoch für THG Neutralität ebenfalls

³⁰ Allgemeine Informationen auf den Seiten Umweltbundesamts: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen> [Zugriff am 25.05.2023]; Zahlen entnommen aus Trendtabellen Treibhausgase für 1990 bis

berücksichtigt werden müssen (siehe Kapitel 7). Für eine Großstadt wie Dresden wird der Anteil der energetischen Emissionen aufgrund der urbanen Prägung vermutlich noch höher sein als im bundesdeutschen Durchschnitt. Dazu gibt es jedoch keine Daten, die auf kommunaler Ebene ausgewertet werden können. Daher kann für die Einschätzung des Einflusses lediglich die bundesweite Statistik verwendet werden.

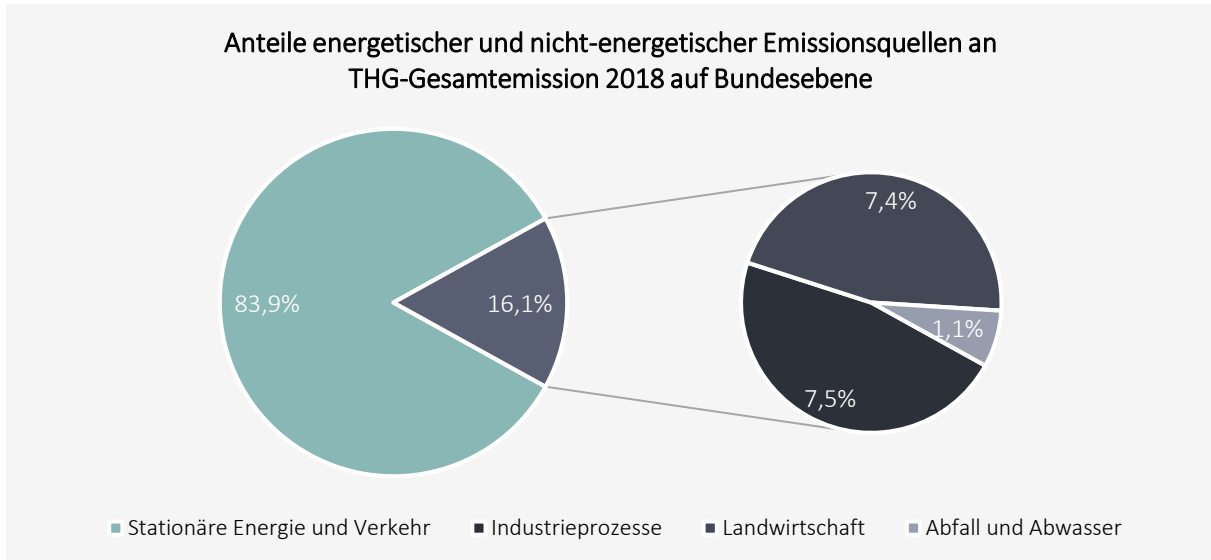


Abbildung 6-1: Anteile von energetischen und nicht-energetischen Emissionsquellen 2018 (Nationales THG-Inventar)

Das GHG Protocol unterteilt THG-Emissionen aus den oben genannten Emissionsquellen in drei verschiedene Scopes (Bereiche):

- Scope 1 (Direkte Emissionen): Diese umfassen direkte Emissionen aus der Verbrennung von Brennstoffen und den damit verbundenen Prozessen. In Industrieprozessen können dies beispielsweise die Emissionen aus industriellen Anlagen oder Fabriken sein.
- Scope 2 (Indirekte Emissionen durch Energieverbrauch): Hierbei handelt es sich um Emissionen, die durch den indirekten Energieverbrauch entstehen, beispielsweise durch den Bezug von Strom oder Wärme aus externen Quellen.
- Scope 3 (Indirekte Emissionen in der Wertschöpfungskette): Diese umfassen alle weiteren indirekten Emissionen, die in der Wertschöpfungskette einer Organisation entstehen, einschließlich der Produktlebenszyklusanalyse und der Emissionen durch die Nutzung der hergestellten Produkte.

Diese Scopes lassen sich auf verschiedene Bilanzierungsrahmen z. B. von Unternehmen (Corporate Standard GHG-Protocol, ISO 14064) und auch auf das Territorium einer Kommune (GPC, BSKO) anwenden. In der Regel sind die Emissionen nach Scope 1 und Scope 2 gut zu ermitteln. Schwierig ist die Erfassung nach Scope 3, da dazu umfangreiche Daten erforderlich sind, die gar nicht oder nicht in verwendbarer Form vorliegen.

Von der kommunalen THG-Bilanz erfasste Emissionsquellen

Die kommunale THG-Bilanz oder CO₂-Bilanz dient als Instrument zur Bewertung der Gesamtentwicklung von Klimaschutzbemühungen. Sie ermöglicht es, Fehlentwicklungen im Rahmen von Monitoring und Controlling zu erkennen und diesen entgegenzuwirken. In der LHD wird wie in vielen Kommunen in Deutschland nach dem endenergiebasierten Territorialprinzip bilanziert. Dafür wird der vom ifeu

2018: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2019_01_15_em_entwicklung_in_d_trendtabelle_thg_v0.6.1_f-gase.xlsx [Zugriff am 25.05.2023].

entwickelte Bilanzierungsstandard Kommunal (BISKO) verwendet. Dadurch sind die THG-Bilanzen der Kommunen, die BISKO verwenden, im methodischen Ansatz vergleichbar. Für den Vergleich der Kommunen untereinander in Bezug auf die tatsächliche Höhe der THG-Emissionen sind jedoch wirtschaftliche und infrastrukturelle Unterschiede zu berücksichtigen. Es gilt zu beachten, dass die Bilanz ein Modell ist, mit dem die THG-Emissionen möglichst wirklichkeitsgetreu ermittelt werden sollen. Da sich die Treibhausgase aufgrund der unterschiedlichen Emissionsquellen nicht umfassend messen lassen, muss dabei auf berechnete Werte aus Verbrauchsdaten, Statistiken und spezifischen Kennwerten zurückgegriffen werden.

Die BISKO-Bilanz ist eine territorialbasierte Bilanz: Hier wird innerhalb der Kommunengrenzen bilanziert. Im Rahmen der Bilanz werden die Treibhausgase Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) als CO₂-Äquivalente für die endenergiebasierten THG-Emissionen betrachtet. In BISKO werden die Emissionen in fünf Verbrauchssektoren aufgeteilt:

- Private Haushalte,
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Sonstige (z. B. öffentliche Einrichtungen, die nicht in kommunaler Hand sind),
- Industrie,
- Kommunale Einrichtungen und
- Verkehr

Allerdings sind die Bereiche Landwirtschaft, Abfall, Abwasser sowie industrielle Prozessemissionen (nicht-energetische THG-Emissionen) bisher nicht im BISKO-Standard enthalten, vor allem aufgrund von Datenverfügbarkeitsproblemen und einer noch nicht vorliegenden standardisierten Berechnungsmethodik. Bei der Bewertung der THG-Intensität des lokalen Strombedarfs verwendet BISKO den Bundesstrommix, während lokale Energieanlagen nach regionalen Mixen (in Form von Nebenbilanzen) dargestellt werden können. Die Kompensation von THG-Emissionen wird dabei nicht zugelassen.

Damit entsprechen die erhobenen THG-Emissionen dem Bilanzierungsumfang Scope 1 und Scope 2 (indirekte THG-Emissionen durch Strom-, Wärme- und Kälteverbrauch). Auch energetische Vorketten von Energieträgern (Scope 3), welche außerhalb der Kommune durch Abbau, Umwandlung und Transport der Energieträger anfallen, sind in BISKO enthalten.

Es ist wichtig anzumerken, dass BISKO in seiner Methodik von anderen Bilanzierungsstandards abweicht, so ist beispielsweise ein direkter Vergleich mit dem Nationalen THG-Inventar für Deutschland nicht möglich. BISKO bilanziert anhand der Endenergiebedarfe – also anhand der Nutzerbedarfe, während nationale Standards verschiedene sektorale Aufteilungen berücksichtigen und eine sogenannte Quellenbilanz verwenden. Ein weiterer methodischer Bilanzierungsansatz, der für Kommunen relevant ist, ist das Greenhouse Gas Protocol. Diesem Ansatz liegen allgemeinere Vorgaben zugrunde, die darauf abzielen, international von möglichst vielen Kommunen genutzt zu werden. Bei der Entwicklung von BISKO wurden diese Vorgaben explizit für die Gegebenheiten deutscher Kommunen weiterentwickelt. Jede Bilanzierungssystematik hat somit unterschiedliche Einsatzbereiche und unterscheidet sich entsprechend in ihrer Methodik.

Die Methodik von BISKO stellt den Energieverbrauch und die daraus resultierenden THG-Emissionen im Territorium der Kommune in den Mittelpunkt der Betrachtung. Insbesondere wird damit das Vorranschreiten bei der Minderung des Energiebedarfs in einer Gemeinde sichtbar. Eine Kompensation von THG-Emissionen durch Berücksichtigung der lokalen erneuerbaren Anteile zur Stromerzeugung oder durch Finanzierung externer Klimaschutzprojekte würde unmittelbar über den Handlungsbedarf zur Vermeidung hinwegtäuschen (gerade bei kleineren Kommunen mit großen Potentialen zur Eigenbedarfsdeckung). Die Vermeidung soll bei BISKO im Sinne des Vorsorgeprinzips im Umwelt- und Klimaschutz an erster Stelle stehen. Der Ausbau der lokalen EE zur Stromerzeugung ist daher unabdingbar für die Erreichung der nationalen Ziele und vor dem Hintergrund der regional ungleichen Potentiale

unterschiedlich ausgeprägt. Engagierte Kommunen können somit einen notwendigen Beitrag zur Senkung des Bundesstrommix leisten und dabei die regionale Wertschöpfung steigern.

Im BSKO-Standard wird für den THG-Emissionsfaktor sämtlicher Wärmebedarfe einer Gemeinde der lokale Erzeugungsmix unterstellt. Gerade im Bereich Wärme, wo enorme Effizienzpotentiale vorhanden sind, wird damit dem Vermeidungsansatz im Sinne der Vorsorge deutlich weniger als im Strombereich Rechnung getragen. Bei einem hohen fossilen Anteil in der Wärmebereitstellung zeigt die THG-Bilanz einen Bedarf an energetischen Gebäudesanierungen auf. Die Substitution fossiler Wärme durch erneuerbare Wärme führt zu einer Reduktion der lokalen THG-Emissionen im Wärmebereich, selbst ohne dass energetische Sanierungen durchgeführt wurden. Obwohl der Wärmebedarf gleich hoch bleibt, sinken somit die THG-Emissionen. Aus diesem Grund wird im BSKO-Standard für den Strombereich der Bundesstrommix verwendet. Um auch mit einer voranschreitenden Dekarbonisierung der Wärme die Minderung des Energiebedarfs in den betroffenen Sektoren im Fokus zu behalten, soll die BSKO-Methodik weiterentwickelt werden. Dies könnte auch über zusätzliche Indikatoren erfolgen. Das Ziel muss hierbei sein, sowohl die Minderung des Energiebedarfs entsprechend des Vermeidungsansatzes als auch den Bedarf des Ausbaus EE auf kommunaler Ebene aufzuzeigen. Derzeit ist dies nur über sogenannte Nebenbilanzen (lokaler Strommix) möglich.

Um die Wirksamkeit des Klimaschutzes zu bewerten, werden Faktoren wie Bevölkerungswachstum, Wirtschaftsentwicklung und Witterungseinflüsse in Form von weiteren Analysen berücksichtigt. Die Bilanz macht große Veränderungen sichtbar und zeigt Trends auf, wobei kleine Schwankungen aufgrund von überlagernden Effekten nicht eindeutig als Erfolge oder Misserfolge der Klimaschutzaktivitäten gewertet werden können. Es handelt sich bei der THG-Bilanz um eine Monitoring-Methode auf der Top-Down-Ebene.

Die Bilanz ist ein lebendiges Konstrukt, und trotz der standardisierten Methodik und laufenden Weiterentwicklung können sich Daten aufgrund neuer Erkenntnisse ändern. Dies beeinflusst jedoch nicht die grundlegende Aussage der Bilanz.

7 Definition von Klimaneutralität

Der Begriff der Klimaneutralität ist nicht eindeutig definiert. Gerade im kommunalen Kontext gibt es aufgrund verschiedener Bilanzierungsgrenzen und lokaler Voraussetzungen, im Vergleich zum globalen oder nationalen Kontext, unterschiedliche Definitionen.

Definition Treibhausgas (THG)-Neutralität und Klimaneutralität:

- **Klimaneutralität** ist ein Zustand, bei dem menschliche Aktivitäten im Ergebnis keine Nettoeffekte auf das Klimasystem haben. Diese Aktivitäten beinhalten klimawirksame Emissionen, Maßnahmen, die darauf abzielen, dem atmosphärischen Kreislauf Treibhausgase zu entziehen sowie durch den Menschen verursachte Aktivitäten, die regionale oder lokale biogeophysische Effekte haben.
- Die **THG-Neutralität** bedeutet hingegen „nur“ Netto-Null der THG-Emissionen. Dementsprechend erfordert das Ziel der Klimaneutralität eine andere und ambitioniertere Politik als das Ziel der THG-Neutralität, da neben den THG-Emissionen auch alle anderen Effekte des menschlichen Handelns auf das Klima berücksichtigt werden müssen, z. B. Flächenversiegelungen durch Straßen und Siedlungen.

In der Praxis werden beide Begriffe teils synonym genutzt. Im IEK wird korrekt der Begriff THG-Neutralität für die Zielstellung verwendet.

Neben dem Begriff der THG-Neutralität gibt es auch den Ansatz des CO₂-Restbudgets³¹ zur Bewertung von Klimaschutzziele. Die globale Erwärmung hängt maßgeblich von der Gesamtmenge der emittierten Treibhausgase ab. Diese Treibhausgase verbleiben in der Atmosphäre und haben über viele Jahrzehnte eine Klimawirkung (sogenanntes Global Warming Potential – GWP). Somit sind nicht nur die jährlichen Emissionen, sondern auch die kumulierten THG-Emissionen über die Zeit entscheidend für die Begrenzung der Erderwärmung. Zur Bewertung von Klimaschutzziele ist daher nicht allein der Zeitpunkt der angestrebten THG-Neutralität, sondern vor allem die Menge an Treibhausgasen, die in einem definierten Zeitraum ausgestoßen wird, entscheidend. Wird das CO₂-Restbudget betrachtet, muss der Pfad zur THG-Neutralität steiler verlaufen, als wenn es nur einen definierten Endpunkt gibt. Das CO₂-Restbudget wurde vom Sachverständigenrat für Umweltfragen für Deutschland ermittelt und ist daher eher ein Konzept für die Bewertung nationaler Klimaschutzziele. Für Kommunen gibt es keine derartige Berechnung, daher wurde für Dresden ein eigenes Budget aus dem nationalen Budget abgeleitet. Die Herleitung der CO₂-Restbudgets findet sich in Band III, Kapitel 7.

Für Dresden wurden im Rahmen der Erarbeitung des IEK die folgenden Leitlinien zur Erreichung von THG-Neutralität entwickelt und mit dem Wissenschaftlichen Beirat im Sommer 2021 abgestimmt:

- Die Vermeidung von THG-Emissionen hat im Sinne des Vorsorgeprinzips Vorrang.
- Oberste Prämisse ist die Einhaltung eines CO₂-Restbudgets gemäß des UN-Abkommens von Paris.
- Beschrieben wird der Pfad zur THG-Neutralität auf Grundlage der Reduktionspotentiale, des CO₂-Restbudgets und einem zeitlichen Ziel.
- Energiebedingte THG-Emissionen können durch technische und verhaltensbezogene Maßnahmen weitgehend vermieden werden.
- Unvermeidbare THG-Emissionen (z. B. aus der Landwirtschaft oder dem Abwasser oder aus der Vorkette) in Höhe von maximal 5 Prozent³² werden kompensiert, wenn möglich regional.
- Rebound-Effekte werden minimiert.

³¹ <https://germanzero.de/blog/restbudget-erklaerung> [Zugriff am 20.10.23].

³² 5 % der in Dresden ausgestoßenen THG von 1987/90.

Aufgrund des Stadtratsbeschlusses zur Ausrichtung des Klimaschutzkonzepts auf ein konkretes zeitliches Ziel (V1818/22), muss in Punkten von der zuvor gefassten Definition abgewichen werden. Dies betrifft die Verwendung eines CO₂-Restbudgets zur Beschreibung des Ziels. Aufgrund der klaren Zielstellung für das Jahr 2035 (alternativ 2040), kann das CO₂-Restbudget nicht mehr als alleinige Zieldefinition verwendet werden.

Die THG-Neutralität in Dresden soll daher durch folgende Parameter beschrieben werden

- die Reduktion der Treibhausgase um 95 Prozent des Vergleichsniveaus der THG-Emissionen von 1990 zum Zieljahr,
- einem zeitlichen Ziel: 2035, alternativ 2040

Dies beschreibt das Ziel zu einem konkreten Zeitpunkt. In Zahlen ausgedrückt heißt dies, dass die energiebedingten THG-Emissionen bis zum Zieljahr auf 0,4 Mio. t/a sinken müssen. Die Berechnungsschritte zur Ermittlung des genannten Werts und weitere Details finden sich in Band III, Kapitel 7.

Zur eigenen Zielstellung kommt mit der Teilnahme Dresdens an der EU-Städtemission eine weitere Ambition hinzu: bis 2030 THG-neutral zu sein. Die Mindestanforderung nach Definition der EU-Städtemission ist die Reduktion der Treibhausgase um 80 Prozent gegenüber 1990. Dies entspricht nicht der Definition der (nahezu) Netto-Null-Emission für die LHD (Reduktion um 95 Prozent), gibt aber die Möglichkeit die Ambition der EU-Mission im Reduktionspfad bis zum Zieljahr 2035/2040 als ein Zwischenziel aufzunehmen. Dieses Zwischenziel (80 Prozent-Reduktion) erfüllt auch das bisherige Klimaschutzziel des IEuKK (vgl. Band III).

Restemissionen sollen auf das mögliche Minimum reduziert werden. Der empfohlene Höchstwert der Restemissionen in 2030 beträgt 20 Prozent. Jede Form der Kompensation sollte nur für THG-Emissionsquellen in Betracht gezogen werden, die sehr schwierig oder unmöglich zu eliminieren sind. Dabei werden folgende Möglichkeiten, um mit Restemissionen umzugehen und Netto-Null zu erreichen, angegeben:

- Kohlenstoffsinken
- Emissionsgutschriften von außerhalb der Stadtgrenzen, die bestimmten Regeln und Beschränkungen unterliegen und in der Lage sind, die Klimaneutralität einer Stadt glaubhaft nachzuweisen.

Im Rahmen der EU-Städtemission soll insoweit auch eine Strategie für den Umgang mit Restemissionen erarbeitet werden.³³

³³ Info Kit for Cities. European Missions-100 Climate-Neutral and Smart Cities by 2030. EC, 2021: S. 13.

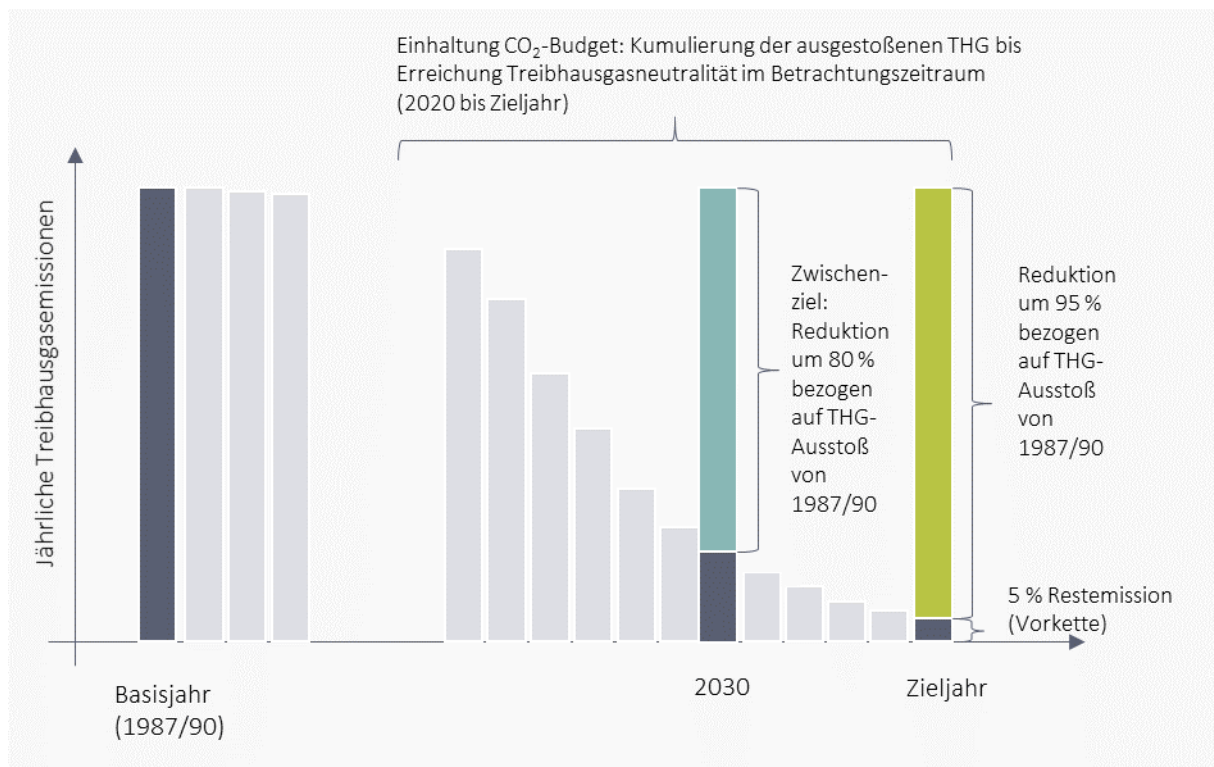


Abbildung 7-1: Schema zu Zieldefinition der THG-Neutralität

Darüber hinaus ist es auch wichtig, für den Weg zum Ziel klare Vorgaben zu machen, da die Einhaltung des CO₂-Restbudgets und auch die Erreichung des THG-Neutralitätsziels nur dann gelingen kann, wenn von heute ausgehend, eine nennenswerte schrittweise Reduktion erfolgt.

Nachrichtlich wird das bis zur Erreichung des Ziels verbrauchte CO₂-Budget im Rahmen der Veröffentlichung der THG-Bilanz ausgewiesen. Das CO₂-Budget variiert mit der Einwohnerzahl und ist damit ein Richtwert um die Annäherung an die Ziele des Pariser Klimaabkommens darzustellen. Im Konzept wird der darzustellende Reduktionspfad zur Erreichung von THG-Neutralität auf die Einhaltung des CO₂-Restbudgets hin geprüft, jedoch wird das CO₂-Restbudget nicht als Zielgröße in den Beschlussvorschlag aufgenommen. Die Einhaltung des CO₂-Restbudgets soll über die Einführung geeigneter, konkreter Zwischenziele sichergestellt werden. Diese sind fest als absolute THG-Emissionen zu definieren und schwanken nicht mit der Einwohnerzahl.

Tabelle 7-1 zeigt zusammenfassend die Zielwerte für das Zwischenziel 2030 (EU-Städtemission) und das THG-Neutralitätsziel 2035/2040.

Tabelle 7-1: Zielwerte für den Pfad zur THG-Neutralität in absoluten THG-Emissionen

Start- und Zielwerte für (energetische) THG-Neutralität	THG-Emissionen in t _{CO₂,äq} /a
Basiswert: THG-Emissionen 1987/90 absolut (ohne Witterungskorrektur)	7.900.015
Zwischen-Zielwert: Rest-THG-Emissionen bei Reduktion um 80 % bezogen auf 1987/90	1.580.003
Zielwert THG-Neutralität Rest-THG-Emissionen bei Reduktion um 95 % bezogen auf 1987/90	395.001

8 Handlungsfelder zur THG-Reduktion

Übersicht über die Handlungsfelder

Das IEuKK von 2013 konzentrierte sich auf die Handlungsfelder Strom, Wärme, Verkehr und Querschnittsthemen, die ausschließlich die endenergiebasierten THG-Emissionen in der THG-Bilanz berücksichtigten. Um langfristig die THG-Neutralität zu erreichen, ist es jedoch ebenso wichtig, nicht-energetische THG-Emissionen zu berücksichtigen. Dies wird im IEK durch die Kategorisierung der Handlungsfelder (s. Abbildung 8-1) erreicht. Die neun Handlungsfelder orientieren sich an den Emissionsquellen, wie sie in internationalen Standards definiert sind (siehe Kapitel 6). Zusätzlich werden die Handlungsfelder „Graue Energie, Bau, Konsum und Ernährung“ sowie „Übergeordnete Organisation und Steuerung“ eingeführt. Obwohl diese selbst keine Emissionsquellen darstellen und daher nicht als eigene Kategorie in der THG-Bilanz erfasst werden können, haben sie einen erheblichen Einflussbereich. Durch die teilweise Zusammenfassung von energetischen und nicht-energetischen Emissionen in den Handlungsfeldern „Industrieprozesse und Produktverwendung“ sowie „Abfall- und Abwasserwirtschaft“ rückt die Perspektive der Akteure stärker in den Fokus.



Abbildung 8-1: Übersicht über die Handlungsfelder zur Reduktion von Treibhausgasen (eigene Darstellung)

Die Handlungsfelder definieren strategische Schwerpunkte mit entsprechenden Handlungsthemen. Im IEK geschieht dies in unterschiedlichem Detailgrad, wobei der Fokus darauf liegt, zumindest einen ersten Überblick über alle relevanten Bereiche zu bieten. Die Ausrichtung erfolgt dabei an grundlegenden Prinzipien des Klimaschutzes:

- Konsistenz/ Substitution: Ersatz fossiler Energieträger durch THG-arme oder -neutrale Energieträger, Verwendung wiederverwertbarer Materialien
- Effizienz: effiziente Nutzung von emissionsintensiven Stoffen und generell Rohstoffen, Verringerung des Energieverbrauchs
- Suffizienz: Energie- und Ressourcenverbrauch begrenzen: weniger produzieren und konsumieren

Die endenergiebasierten THG-Emissionen, wie sie in der THG-Bilanz nach BSKO erfasst werden, sind in den Handlungsfeldern „Gebäudeenergieversorgung“, „Ausbau Erneuerbarer Energien in der Fläche“, „Mobilität“ sowie „Industrieprozesse und Produktverwendung“ zu finden. Konkrete Potentiale wurden für die Handlungsfelder „Gebäudeenergieversorgung“ und „Ausbau von Erneuerbaren Energien in der Fläche“ im Kapitel 10 untersucht und in den Szenarien zum Reduktionspfad berücksichtigt.

Im Handlungsfeld „Industrieprozesse und Produktverwendung“ werden zudem erste Aspekte nicht-energetischer THG-Emissionen beschrieben.

Das Handlungsfeld „Land- und Forstwirtschaft sowie andere Landnutzungen“ thematisiert einerseits nicht-energetische Emissionen in diesem Bereich und andererseits Potenziale natürlicher CO₂-Senken im Stadtgebiet.

Das Handlungsfeld „Abfall- und Abwasserwirtschaft“ beschreibt sowohl relevante energetische als auch nicht-energetische THG-Emissionen und bietet erste Ansätze für deren Reduzierung in diesen beiden Themenbereichen.

Das Handlungsfeld „Graue Energie, Bau, Konsum und Ernährung“ nimmt eine Einordnung der in diesem Bereich möglichen Handlungsoptionen vor.

Das Handlungsfeld „Übergeordnete Organisation und Steuerung“ fungiert als Querschnittsthema und bildet einen übergeordneten Rahmen für alle anderen Handlungsfelder.

Die Handlungsfelder sind zudem Grundlage für den Maßnahmenkatalog in Band II.

8.1 Handlungsfeld Gebäudeenergieversorgung

8.1.1 Kommunale Wärmeplanung

Auf die Wärmeversorgung der Dresdner Gebäude entfallen 27 Prozent der THG-Emissionen. Die LHD hat sich daher zum Ziel gesetzt, mittels einer sogenannten kommunalen Wärmeplanung den komplexen Transformationsprozess zu einer bezahlbaren, sicheren und klimaneutralen Wärmeversorgung beherrschbar zu gestalten und Planungssicherheit für alle beteiligten Akteure zu schaffen. Als deren Ergebnis entsteht der kommunale Wärmeplan mit einem entsprechenden Maßnahmenkatalog für die Umsetzung. Dabei werden parallellaufende Prozesse insbesondere im Bereich des kommunalen Energieversorgers SachsenEnergie AG und verschiedene Perspektiven der Stadtgesellschaft zusammengebracht. Diese Verzahnung der energie- und klimaschutzrelevanten Konzepte ist für das Handlungsfeld Gebäudeenergieversorgung essentiell (s. Abbildung 8-2) und soll insbesondere über die abgestimmte strategische Netzplanung über alle Energienetze hinweg sichergestellt werden. Dies umfasst auch eine Überarbeitung und Konkretisierung des zukünftigen Ausbau- und Verdichtungsgebietes der Fernwärme auf Basis des Wärmetransformationsplanes (siehe Kapitel 8.1.3.2), sowie die Integration von Erkenntnissen aus dem Prozess des Gasnetzgebietstransformationsplanes (siehe Kapitel 8.1.3.3,) und des Stromnetzausbauplanes (siehe Kapitel 8.1.3.4).

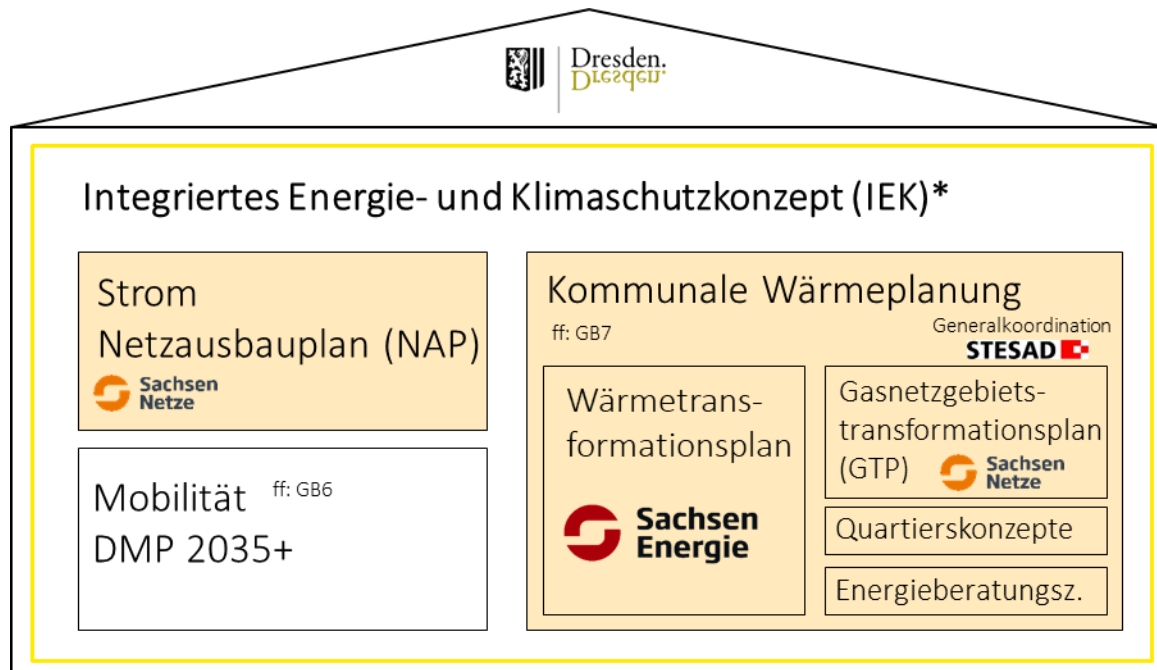


Abbildung 8-2: Übersicht energie- und klimaschutzrelevanter Konzepte in Dresden

In der kommunalen Wärmeplanung soll möglichst ortskonkret der Übergang zur klimaneutralen Wärmeversorgung beschrieben werden. Damit sollen sowohl Bürgerschaft als auch Unternehmen über die räumliche Darstellung von Wärmeversorgungsgebieten eine Orientierung erhalten, in welchem Gebiet vorrangig Wärmenetze, dezentrale oder sonstige Lösungen eingesetzt werden sollten. Für die Erstellung des kommunalen Wärmeplans in Dresden wurde eine entsprechende Förderung über die Kommunalrichtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz beantragt und bewilligt. Zudem trat zum 1. Januar 2024 das Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG) in Kraft, welches eine verpflichtende Wärmeplanung für Städte ab 100.000 Einwohner bis zum 30. Juni 2026 vorsieht. Diese gesetzlichen Anforderungen werden in den Dresdner Wärmeplan entsprechend übernommen. Die General-Koordination des Dresdner Wärmeplanes erfolgt durch die STESAD GmbH und beinhaltet insbesondere das Projekt- und Stakeholdermanagement, sowie wesentliche Elemente der Öffentlichkeitsarbeit. Darüber hinaus wird die intensive Abstimmung mit der SachsenEnergie AG und der SachsenNetze GmbH fortgesetzt und weitere Partner, Stakeholder und bei Bedarf energiefachliche Auftragnehmer in den Prozess involviert. Der Wärmeplan soll bis Ende 2024 erstellt und in 2025 dem Stadtrat zum Beschluss vorgelegt werden. Im Band II Maßnahmenpaket G.4 wurde er als Maßnahme aufgenommen.

8.1.2 Bedeutung der Gebäudeenergieversorgung und Handlungsschwerpunkte

In bzw. an den Gebäuden wird Energie für die Wärmeversorgung, für diverse Strom-Anwendungen und zunehmend auch für die Mobilität genutzt. Allein aus der Wärmeversorgung der Gebäude resultieren etwa 27 Prozent der Dresdner THG-Emissionen (siehe Abbildung 8-3). Dazu trägt aktuelle auch noch die Fernwärme bei, da sie fast vollständig auf der Nutzung von Erdgas beruht. Der hohe Anteil an fossilen Energieträgern bei der Einzelgebäude- und der Fernwärmeversorgung führt neben den THG-Emissionen zu einer Importabhängigkeit bei der Gebäude-Wärmeversorgung von ca. 95 Prozent (Erdgas, Heizöl). Neben den Versorgungs- bzw. Lieferantenrisiken, welche sich aus der hohen Importabhängigkeit ergeben können, ist Dresden den Preisrisiken von fossilen Energieträgern auf den internationalen Energiemärkten ausgesetzt. Dies war besonders deutlich im Zeitraum Mitte 2021 bis Mitte 2023 für die Gebäude mit Erdgas-, aber auch Fernwärmeversorgung zu beobachten. Zukünftige Preisrisiken stammen vor allem aus der CO₂-Bepreisung, welche zunehmen wird und weiteren möglichen geopolitischen Konflikten. Um eine langfristig sichere und bezahlbare Energieversorgung mit möglichst

stabilen Preisen in Dresden zu realisieren, kommt der Nutzung lokaler und klimaneutraler Energiequellen eine zentrale Rolle zu.

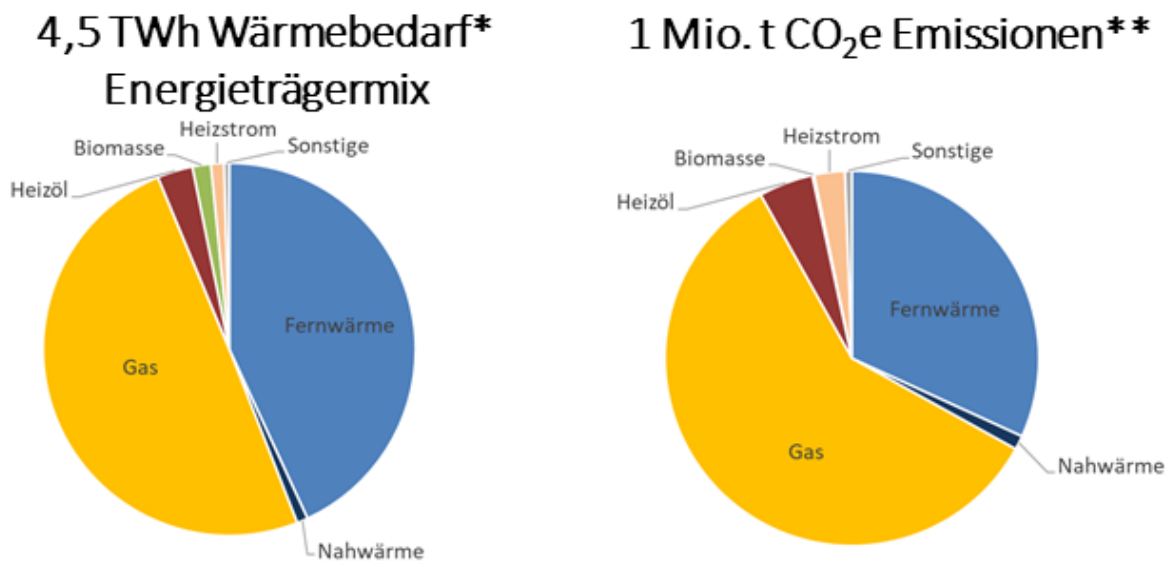


Abbildung 8-3: Gebäude-Wärmeversorgung in Dresden, Energieträgermix und Emissionen (* Endenergiebedarf ohne Prozesswärme, ** $\hat{=}$ ca. 27 % der Dresdner Gesamtemissionen)

Dafür muss der Energiebedarf der Gebäude schrittweise reduziert und – sofern möglich und notwendig - für den Einsatz klimaneutraler Energieträger fit gemacht werden. Die größten Herausforderungen bestehen insbesondere in dem Teil des Gebäudebestandes, wo die Energieeffizienz geringer ist als im Neubau. Dies liegt an oftmals geringeren Dämm- und Abdichtungsstandards, welche höhere Wärmeverluste zur Folge haben und Wärmeverteilssystemen in Gebäuden, welche höhere Vorlauftemperaturen bedürfen und somit ineffizienter bei der Nutzung von EE sind. Im Neubau sind hingegen durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG 2024)³⁴ mit dem Mindeststandard KfW55 und der Anforderung von mindestens 65 Prozent EE ab 1. Januar 2024 in Neubaugebieten, die wesentlichen Weichen für Klimaneutralität durch die Bundesregierung gestellt worden.

Die stationäre Energie umfasst folgende Energiebereiche für das IEK im Wohn- und Nichtwohngebäude (Haushalte/ Gewerbe/ Öffentlicher Bereich):

- Wärmebedarf der Gebäude für:
 - Raumwärme
 - Warmwasserbereitung
- Energieträger und Verortung der Wärmeerzeugung für die Gebäudeversorgung:
 - Im/am Gebäude dezentral:
 - Erdgas über das Erdgasnetz; Gaskessel
 - Erdgas über Flüssiggastransporte; Gaskessel
 - Heizöl über Heizöltransporte; Heizölkessel
 - Biomasse über Biomassetransporte; Biomassekessel, Holzvergaser, etc.
 - Strom über das Stromnetz mittels Nachtspeicher/Elektrodirektheizungen, Wärmepumpe etc.
 - Im Quartier: Warme und „kalte“ Nahwärmenetze, Energieträgermix lokal, z. B.:
 - Erdgas für BHKW

³⁴ Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. Oktober 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 280) geändert worden ist.

- Biomasse für Biomasse-Heizwerk
- Lokale Umweltwärme, Erschließung größerer EE-Quellen für das Quartier z. B. mittels Erdsonden- / Erdkollektoren, Grundwasser, Abwasser, Abwärme etc.
- In der Gesamtstadt: Fernwärmenetz, Energieträger aktuell noch im Wesentlichen Erdgas, aber zukünftig Nutzung diverser Energieträger siehe Kapitel 8.1.3.1 und 10.5.2.
- Strombedarfe der Gebäude für:
 - Allgemeinstrom
 - Heizstrom
 - Gebäudekühlung
 - Elektromobilität sofern am Gebäude geladen wird
- Verortung der Stromerzeugung für die Gebäudebedarfe:
 - Im/am Gebäude dezentral, z. B. mittels Dach-/Fassaden-PV-Anlagen, Mini-BHKW, etc.
 - Im Quartier dezentral, lokale direkte Erzeugung und Nutzung, z. B. mittels Parkplatzdach-PV-Anlagen, Energiezentrale mit BHKW, etc.
 - Stromnetzbezug zentral
- Öffentliche Straßenbeleuchtung

Die Stationäre Energie umfasst in diesem engeren Sinne nicht die an sich gebäudeunabhängigen Prozessenergiebedarfe, welche z. B. für Produktionsprozesse im verarbeitenden Gewerbe und der Industrie benötigt werden.

Eine klare Abgrenzung nach Wärme, Strom und Mobilität auf Gebäudeebene wird immer schwieriger, insbesondere wenn eine zunehmende Elektrifizierung der Wärmeversorgung und Mobilität stattfindet. Gebäude sind zudem nicht mehr nur Energiekonsumenten, sondern auch -produzenten und werden in die Lage versetzt einen Teil ihrer Energiebedarfe selber zu decken oder Überschüsse bereitzustellen. Diese Entwicklung ist Teil der so genannten Sektorenkopplung, welche für den Gebäudebereich und dessen Energieversorgungssysteme mit Blick auf eine ökonomische und resiliente Entwicklung besonders wichtig ist. Auf dieses Thema wird in Kapitel 8.1.3 näher eingegangen.

8.1.2.1 Energetische Quartiersentwicklungen

Ein mit der Sektorenkopplung gut kombinierbarer Ansatz ist die gemeinschaftliche Erschließung und Nutzung von (lokalen) Energieressourcen. Konkret gemeint sind damit z. B. Fernwärme- oder Nahwärmenetze, welche die Möglichkeit bieten, verschiedene lokale Energiequellen oder wichtige ergänzende Energieträger (z. B. Biomasse, Wasserstoff, „Überschussstrom“) zu integrieren und daraus gewonnene Wärme zu speichern und bedarfsgerecht zur Verfügung zu stellen. Deshalb ist neben der Weiterentwicklung des Dresdner Fernwärmesystems, die Erweiterung, sowie der Aufbau neuer Nahwärmenetze außerhalb der Fernwärmegebiete ein wichtiger Beitrag für eine bezahlbare, sichere und klimaneutrale Wärmeversorgung.

Dabei kommen neben den unterschiedlichen Wärmequellen auch unterschiedliche Wärmenetztypen in Betracht. In Tabelle 8-1 sind zwei wesentliche Typen kurz erläutert:

Tabelle 8-1: Wärmenetztypen

Warmes Nahwärmenetz	Kaltes Nahwärmenetz
In einer Heizzentrale werden die Netz-Vorlauf-temperaturen auf das benötigte Niveau gebracht, so dass kein zusätzlicher Wärmeerzeuger in den Gebäuden benötigt wird.	Das Netz stellt eine niedrige Quelltemperatur von ca. 10°C bereit, welche durch Sole-Wasser-Wärmepumpen in den Gebäuden effizient auf das bedarfsgerechte Temperaturniveau angehoben werden.

Warmes Nahwärmenetz	Kaltes Nahwärmenetz
Vorteile	
<ul style="list-style-type: none"> ■ geringer Platzbedarf im Gebäude-Heizraum ■ geringe Komplexität 	<ul style="list-style-type: none"> ■ keine Wärmeverluste im Netz, sondern tendenziell Netzgewinne ■ geringere Netzverlegekosten ■ passive Kühlung der Gebäude möglich
Nachteile	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wärmeverluste im Netz ■ keine Kühlung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> ■ höherer Platzbedarf in Gebäudeheizräumen ■ höhere Komplexität

Die verschiedenen Netztypen, Wärmequellen und Heiztechnologien können in unterschiedlicher Art und Weise kombiniert werden. Um Erfahrungen mit den für den Dresdner Raum neuen kalten Netzvarianten zu sammeln, werden auch in Dresden für mindestens zwei verschiedene Quartiere entsprechende klimaneutrale gemeinschaftliche Lösungen untersucht. Dies sind die folgenden:

- Pilotprojekt „Geystraße“ - Bebauungsplan-Gebiet 336 Geystraße
 - Partner: Cultus gGmbH, LHD, SachsenEnergie AG, TU Dresden, STESAD GmbH
 - Quartiers-Charakteristik:
 - Bestandsbau „Olga Körner“ Seniorenheim aktuell Erdgas versorgt
 - geplanter Neubau: Seniorenheim
 - geplante Neubauten: 35 Einfamilien- bzw. Reihenhäuser
 - Quartiers-Wärmebedarf: etwa 1.136 MWh, Kältebedarf: etwa 122 MWh
 - Geplante Lösung: Innovatives „kaltes Nahwärmenetz“ - Bereitstellung Wärme und Kälte: Erdsondenfeld, dezentrale Sole-Wasser-Wärmepumpen, zentrale PVT-Anlage (Solarthermie und PV Kombination) zur anteiligen Strombedarfsdeckung der Wärmepumpe und Regeneration der Erdsonden, sowie ergänzender zentraler Luft-Wasser-Großwärmepumpe
 - Status: Finale Investitionsentscheidung ausstehend
- Neutral Path Quartier „Hosterwitz“
 - Partner: WID GmbH & Co. KG, LHD, SachsenEnergie AG, TU Dresden
 - Charakteristik: 7 kleine Mehrfamilienhäuser im Bestand (davon 5 unsaniert) mit 34 Wohneinheiten, aktuell Erdgas/Kohle versorgt
 - Neubau-Potential für bis zu 6 Häuser
 - Ziel: Lösung auf Basis lokaler EE-Potentiale und innovativem Sanierungsansatz
 - Status: Konzeptfinalisierung

Die Umsetzung dieser Quartierslösungen wird auf Grund ihres Pilotcharakters für Dresden als besonders relevant eingeschätzt (siehe auch Maßnahme Quartierskonzepte G.4-03, Band II). Über diese zwei Quartiere hinaus gibt es weitere Quartiersuntersuchungen hinsichtlich klimaneutraler Konzepte, beispielsweise von Dresdner Wohnungsgenossenschaften oder für neu zu entwickelnde Quartiere wie dem Alten Leipziger Bahnhof. Auf Grund der hohen Komplexität und Vielfalt potentieller Quartierslösungen und der Notwendigkeit diese an die lokalen Gegebenheiten anzupassen und die lokalen Akteure entsprechend einzubinden, bedarf es vertiefter Untersuchungen im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung.

8.1.2.2 Energetische Gebäudesanierung im Bestand

Wie bereits in Kapitel 5.2 ausgeführt, ist der energetische Sanierungszustand in Dresden mit gut 30 Prozent besser als der bundesdeutsche Durchschnitt. Dies ist einerseits erfreulich, da nur ein relativ

geringer Anteil der Gebäude als unsaniert gilt und damit zwingend energetisch saniert werden muss. Andererseits bedeuten die energetischen Sanierungen der letzten drei Jahrzehnte, dass es sich oftmals aus Gebäudeeigentümer- oder Mietersicht nicht lohnt, z. B. die Fassadendämmung noch einmal zu verstärken, Flächenheizungen nachzurüsten oder sonstige umfangreiche energetische Sanierungen durchzuführen. Mit Blick auf die aus zusätzlichen umfangreichen energetischen Sanierungen ggf. folgenden Einkommensbelastungen, die Akzeptanz der Maßnahmen, aber auch die begrenzten Handwerkskapazitäten erscheint es daher nicht ratsam, umfangreiche energetische Sanierungen zu Erreichung hoher Effizienzstandards als Maßnahme generell zu fordern. Solche Maßnahmen müssten mit einer hohen öffentlichen Förderung einhergehen und wären auch dann auf Grund des erwähnten Fachkräftemangels nur schwer umzusetzen. Auch wenn grundsätzlich möglichst hohe Energieeffizienzstandards wünschenswert wären, muss mit Blick auf die aufgezeigten Herausforderungen gelten, dass die Gebäudeenergieversorgung die THG-Neutralität mit pragmatischen und innovativen Mitteln erreicht.

Dies bedeutet, dass nur so viel energetische Sanierung gefordert werden sollte, wie – sofern am Gebäude möglich - für den Einsatz von ergrüner Fernwärme oder den Einsatz EE in Form von Wärmepumpen oder Quartiers-Nahwärmenetzen erforderlich ist. Sofern grüner Wasserstoff als klimaneutrale Option am Gebäude zur Verfügung steht, wäre dies der Benchmark. Für alle genannten klimaneutralen Optionen sind auf Grund des schon recht guten Sanierungszustandes keine oder nur relativ geringe energetische Sanierungsmaßnahmen an der Außenhülle oder dem Wärmeverteilsystem des Gebäudes vorzunehmen. Dies könnten z. B. der Austausch einzelner Heizkörper oder einfache Abdichtungsmaßnahmen sein, meist mit dem Ziel die notwendigen maximalen Vorlauftemperaturen im Gebäude auf unter 65°C zu senken. Mit dieser Temperatur können die meisten treibhausgasneutralen Lösungen arbeiten. Dennoch muss dies im Einzelfall vom Fachbetrieb oder –planer geprüft werden und soll nicht als generelle Empfehlung missverstanden werden. Ein wesentliches Ziel sollte neben der Umstellung auf treibhausgasneutrale Wärmeerzeuger, eine möglichst hohe Gesamtnergieeffizienz des Gebäudes und mithin eine Energieeinsparung sein.

Mit innovativen Mitteln ist gemeint, dass z. B. für geeignete Gebäudetypen auch s.g. serielle Sanierungen in Frage kommen könnten. Serielles Sanieren bedeutet den Einsatz von vorgefertigten Fassaden- bzw. Dachelementen einschließlich damit verbundener Anlagentechnik (z. B. PV-, Wärmepumpenmodule) sowie deren effizientere Montage an bzw. in bestehende Gebäude. Die abseits der Baustelle vorgefertigten Elemente weisen dabei einen so hohen Vorfertigungsgrad auf, dass sich im Vergleich zur herkömmlichen Sanierung der zeitliche Aufwand vor Ort deutlich reduziert. Diese sind aktuell im Aufwind, werden auch seitens der Bundesregierung gefördert³⁵ und haben gleich mehrere Vorteile. Zum einen sind sie meist kostengünstiger, als die Beauftragung mehrerer Fachplaner und Einzelgewerke. Sie verringern dadurch auch das Schnittstellenmanagement zwischen den Gewerken und damit verbundener Risiken und schließlich begegnen sie effektiv dem Fachkräfteproblem, da der Zeitaufwand deutlich sinkt.

Ein weiteres innovatives Mittel ist die möglichst intelligente Kombination von verschiedenen Heiztechnologien. So können zum Beispiel Investitionskosten gespart werden, wenn eine eher gering dimensionierte Wärmepumpe in einen Bestandsbau für die effiziente Bereitstellung der Wärmegrundlast eingebaut wird und nur für die wenigen sehr kalte Tage im Jahr oder in Räumen mit höheren Temperaturanforderungen ein zusätzlicher investitionskostengünstiger Wärmeerzeuger ergänzt wird. Dies können beispielsweise ergänzende Infrarotpaneele in einzelnen Zimmern oder so genannte Split-Klimageräte sein. Auf diese Weise lassen sich Investitionskosten bei der Gebäudesanierung, aber ggf. auch

³⁵ https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Seriell_Sanieren/serielles_sanieren_node.html [Zugriff am 28.12.2023].

beim Wärmeerzeuger sparen und dennoch ein hoher Wohnkomfort, sowie eine sichere und klimaneutrale Versorgung erreichen.

Ein bei der energetischen Gebäudesanierung wesentlicher Punkt ist die Prüfung der Warmwasserbereitung. In vielen Mehrfamilienhäusern wird auf Grund der Legionellengefahr dauerhaft eine hohe Warmwassertemperatur erzeugt und ggf. noch im Gebäude zirkuliert. Hierbei treten erhebliche Wärmeverluste auf. Bei Mehrfamilienhäusern mit Warmwasserzirkulation entsprechen der Warmwasserenergieverbrauch auf Grund der Zirkulationsverluste der gleichen Höhe wie der Heizenergieverbrauch. Diese Systeme führen zu hohen Betriebskosten und machen den Einsatz von EE schwieriger. Es ist daher zu prüfen, inwiefern sich diese Systeme unter Beachtung der Trinkwasserhygienevorschriften bereits durch ein angepasstes Legionellen-Regelungsprogramm oder eine technische Nach-/bzw. Umrüstung effizienter im Betrieb gestalten lassen. Dies wird u. a. im Rahmen des Neutral Path Projektes gemeinsam mit der TU Dresden untersucht. Die Erkenntnisse daraus sollen im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung Eingang finden.

8.1.3 Sektorenkopplung und strategische Klimanetzentwicklung

8.1.3.1 Sektorenkopplung und stationäre Energiespeicher

Das Ziel der THG-Neutralität kann nur erreicht werden, wenn fossile Brenn- und Kraftstoffe komplett durch EE ersetzt werden können. Um die volatilen EE in das Energiesystem möglichst optimal integrieren zu können, ist eine Verknüpfung verschiedener Energieanwendungen (Strom, Wärme, Mobilität) und -speicher über die Strom-, Gas- und Wärmenetze hinweg notwendig.

Ziele der energetischen Sektorenkopplung

Nachhaltigkeit: Die Verknüpfung der Sektoren soll den verstärkten Einsatz von EE fördern und somit einen Beitrag zur Reduzierung von THG-Emissionen leisten.

Effizienzsteigerung: Durch den intelligenten Austausch von Energie zwischen den Sektoren können Verluste minimiert und die Gesamteffizienz der Energieversorgung gesteigert werden.

Versorgungssicherheit: Die Sektorenkopplung kann die Versorgungssicherheit erhöhen, indem sie eine flexible Nutzung und Speicherung unterschiedlicher Energiequellen ermöglicht und die Anpassungsfähigkeit des Energiesystems stärkt.

Power-to-X-Technologien

Die Umwandlung von überschüssigem Strom in andere Energieträger wie Wasserstoff oder synthetische Gase ermöglicht die Speicherung und flexible Nutzung. Folgende Abkürzungen sind in diesem Zusammenhang geläufig:

- PtH: „Power to Heat“, ist die Nutzung von (EE-Überschuss-) Strom für die Wärmeerzeugung, z. B. Elektrodenheizkessel oder (Groß-)wärmepumpen
- PtM: „Power to Mobility“, ist die Nutzung von (EE-Überschuss-) Strom für die Mobilitätsanwendungen, z. B. das Laden von E-Fahrzeugen
- PtX: „Power to X“, beschreibt die Nutzung von (EE-Überschuss-) Strom für verschiedene andere Energiebereiche, z. B. für Elektrolyse zur Wasserstoffherstellung

Insbesondere der verstärkte Einsatz von PtH durch elektrischen Wärmepumpen und PtM für E-Fahrzeuge trägt bereits heute im zunehmenden Maß zur Sektorenkopplung bei.

Intelligente Netze

Um die Energiebedarfe im Wärme- und Mobilitätsbereich und deren Lastverschiebungs- und Speicherpotentiale mit dem schwankenden Angebot aus EE-Erzeugung gut abzustimmen, sind intelligente

Steuerungen und Netze (Smart Grids) notwendig. Die Integration von Smart Grids ermöglicht eine effiziente Steuerung und Anpassung des Energieflusses, um Schwankungen in der Erzeugung und Nachfrage auszugleichen.

Kurzübersicht Speichertechnologien

Eine der größten Herausforderungen der Energiewende besteht im Zusammenführen der schwankenden EE-Erzeugung aus Wind und Sonne mit der Stromnachfrage zu jedem Zeitpunkt. Die Stromnetzstabilität ist auf diesen permanenten Ausgleich von Angebot und Nachfrage zwingend angewiesen. Ein wichtiger Beitrag dafür besteht in der bereits beschriebenen Sektorenkopplung und der Flexibilisierung der Stromnachfrage. Ein weiterer und zunehmend wichtiger Faktor ist das Vorhalten von Energiespeichern, welche den Ausgleich bewerkstelligen können. Abbildung 8-4 gibt einen ersten generellen Überblick über typische Energiespeicher und ihre Kopplung zwischen Strom, Wärme und Mobilität bzw. Kraft-/Rohstoffen³⁶.

³⁶ BVES 2019 https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/3471.AEE_Renews_Spezial_88_Energiespeicher_web.pdf, Seite 6 [Zugriff am 15.12.2023]

Technologieüberblick Energiespeicher

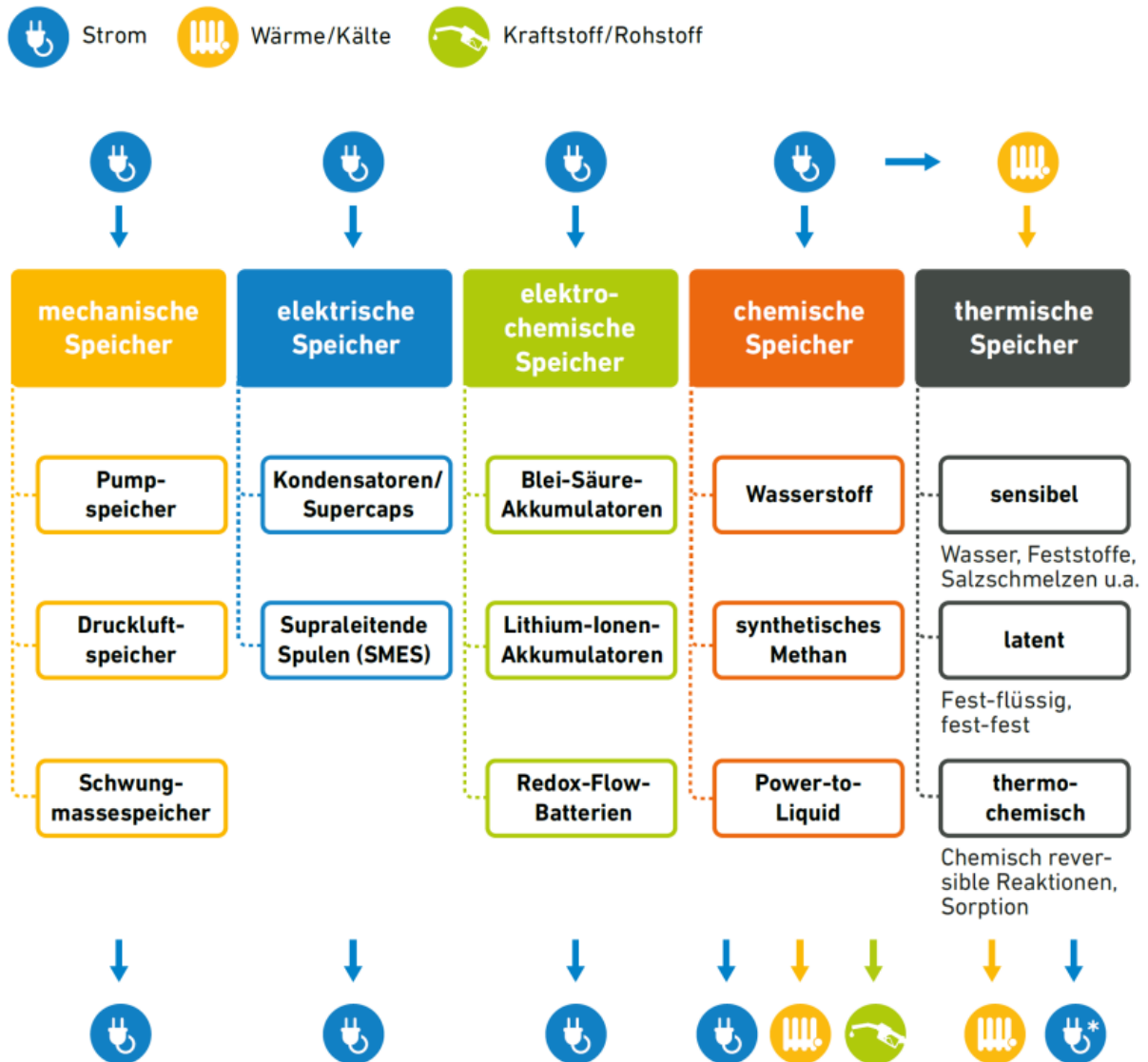


Abbildung 8-4: Technologieüberblick Energiespeicher (Quelle: BVES 2019)

Wie in Kapitel 5.5 aufgezeigt, gibt es in Dresden bereits ein breites Feld an verschiedenen Speichertechnologien und -größen. Darüber hinaus nutzt Dresden indirekt auch das Erdgasnetz und dessen angebundene Erdgasspeicher als großen chemischen Energiespeicher. Die unterschiedlichen Speichertechnologien erfüllen dabei unterschiedliche Zwecke. Sehr vereinfacht kann gesagt werden, dass es so genannte Kurzzeit- und Langzeitspeicher gibt. Diese unterscheiden sich insbesondere in den Energiemengen die sie speichern können und in ihren Kosten. Dabei werden Speicher mit großen Speicherkapazitäten, welche meist geringe spezifische Kosten pro gespeicherter Energieeinheit (kWh) besitzen, auch als saisonale Speicher benannt, da sie oftmals nur wenige Male im Jahr be- und entladen werden. Oftmals findet eine Beladung z. B. bei den Erdgasspeichern über den Sommer hinweg statt und eine Entladung im Winter. Kurzzeitspeicher werden hingegen oftmals auf täglicher bzw. untertägiger Basis be- und entladen, wodurch mehrere hundert Zyklen pro Jahr möglich und oftmals für einen wirtschaftlichen Betrieb auch notwendig sind. Wie aus Abbildung 8-5 hervorgeht, sind im Kurzzeitspeicherbereich die

Pumpspeicher- (PSH), die Druckluft- (CAES) und die Redox-Flowbatterie-Kosten (RFB) besonders günstig³⁷. Da allerdings diese Speicherarten auf Grund ihrer Anforderungen z. B. hinsichtlich Platz oder Topographie nicht überall genutzt werden können, setzen sich stationäre Heimspeicher auf Lithium-Ionen Basis durch ihre vergleichsweise einfache Installationsmöglichkeit im Gebäudebereich zurzeit durch. Im Langfristbereich erscheint neben den Erdgasspeichern (CH₄) vor allem Wasserstoff (H₂) als kostengünstig. Darauf und die Bedeutung, sowie das Potential von klimaneutralem Wasserstoff in Dresden wird in Kapitel 10.6 eingegangen.

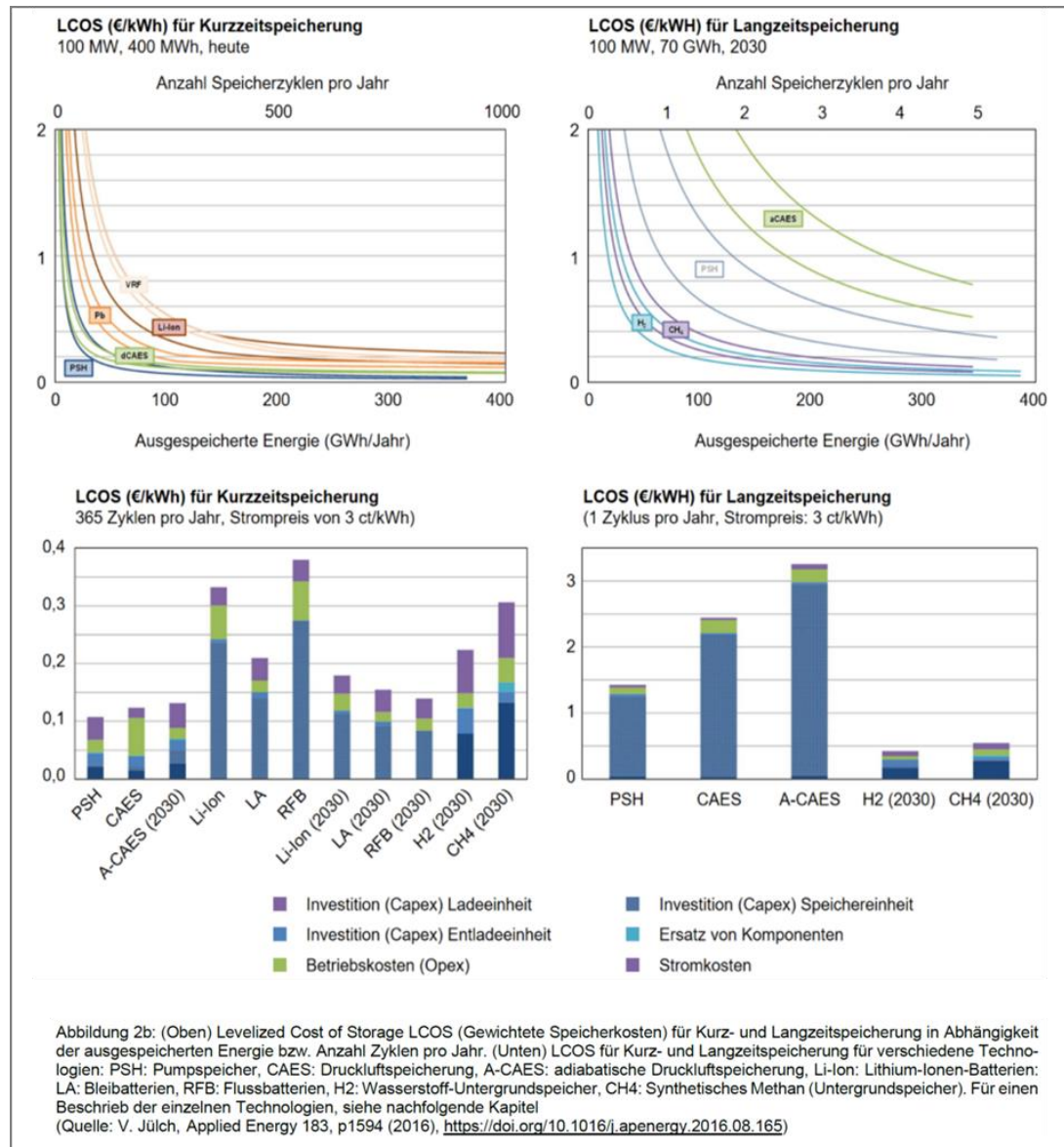


Abbildung 8-5: Übersicht Kurzzeit- und Langzeitspeicher nach Zyklanzahl und Kosten (Quelle: Jülich, Applied Energy 2016)

Festzuhalten bleibt, dass Speicher eine wesentliche Rolle im zukünftigen Energiesystem – auch in Dresden – spielen werden. Die genauen Speichertechnologiebedarfe und deren möglichst kosteneffiziente Integration müssen sowohl Teil der in den folgenden Kapiteln beschriebenen Netzplanungen (NAP, GTP, Wärmetransformationsplan) als auch der kommunalen Wärmeplanung werden. U. a. werden Großwärmespeicher und die Nutzung von Wasserstoff in der Fernwärme nötig (siehe Kapitel 10.5.2), sowie der Ausbau von großen und kleinen Batteriespeichern im

³⁷ <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.165>, [Zugriff am 08.10.2023].

Stromverteilnetz. Über die Möglichkeit das Pumpspeicherwerk Niederwartha zu sanieren und wieder in Betrieb zu nehmen, sollte es im Rahmen der Speicherbedarfs- und Netzentwicklungen eine aktualisierte Betrachtung geben.

Generelle Herausforderungen für den Speicherausbau³⁸

- technologische Hürden: Die Entwicklung und Implementierung neuer Technologien erfordern Investitionen und Forschung, um ihre Effizienz und Wirtschaftlichkeit sicherzustellen,
- regulatorische Rahmenbedingungen: Ein einheitlicher rechtlicher Rahmen ist entscheidend, um die Sektorenkopplung zu fördern und Investitionssicherheit zu gewährleisten,
- Bürokratie und instabile Marktbedingungen hemmen Wachstum und Investitionen,
- Makroökonomisch: Lieferkettenprobleme, Fachkräftemangel.

8.1.3.2 Wärmetransformationsplan der Fernwärme

Gemäß den politischen Zielsetzungen der Dekarbonisierung und Umstellung der Wärmeversorgung auf die Nutzung von regenerativen Energien, hat die SachsenEnergie AG ein Dekarbonisierungskonzept erarbeitet (Stand Frühjahr 2023), welches auch die Dekarbonisierungsstrategie der Fernwärmeversorgung in Dresden beinhaltet (siehe Kapitel 10.5).

Die Dekarbonisierung der Fernwärme in Dresden führt zu einem hohen Investitionsbedarf in Netz- und Anlagenbau. Dies bedeutet eine deutliche Zunahme der Investitionsrate im Vergleich zu bisherigen Aktivitäten, wofür bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein müssen. Zu diesen gehören die Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit der Maßnahmen, die Personal- und Dienstleisterverfügbarkeit, die notwendige Unterstützung der Politik und Verwaltung bei Genehmigungen und den gesetzlichen Rahmenbedingungen und die gesellschaftliche Akzeptanz der Maßnahmen vor Ort.

Um Investitionen in die Dekarbonisierung von Fernwärmesystemen sowie den Betrieb von dekarbonisierten Wärmeinfrastrukturen finanziell zu unterstützen, wurde die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) eingerichtet. Im Rahmen des Wärmetransformationsplanes werden Entwicklungs- und Dekarbonisierungspfade erarbeitet und potentielle Maßnahmen daraus abgeleitet. Auf dem anerkannten Transformationsplan (Modul 1) aufbauend können über die systemische Förderung in Modul 2 Investitionen in die Wärmeerzeugung und Infrastruktur gefördert werden. Das Modul 3 ermöglicht die Förderung zusätzlicher Einzelmaßnahmen. In Modul 4 können für bestimmte Technologien (Wärmepumpe, Solarthermie) Betriebskostenförderungen beantragt werden.

Ausblick

Die Planungsergebnisse aus dem Wärmenetztransformationsplan sind elementare Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung in Dresden und werden in diese entsprechend integriert werden. Eine entsprechende Abstimmung ist durch die etablierten Austauschformate zwischen LHD und SachsenEnergie AG gewährleistet. Vertreter der SachsenEnergie AG, welche für den Wärmenetztransformationsplan Verantwortung tragen, nehmen an den regelmäßigen Runden der Steuergruppe der Kommunalen Wärmeplanung teil. Zudem ist die SachsenEnergie AG in der Strategierunde der Kommunalen Wärmeplanung vertreten. Die Berücksichtigung des Wärmetransformationsplanes befindet sich im Maßnahmensteckbrief „Erstellung des Kommunalen Wärmeplans“ in Band II Maßnahme G.4-01.

8.1.3.3 Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP)

Fast die Hälfte des Dresdner Wärmebedarfes wird durch dezentrale Erdgasheizungen gedeckt, welche größtenteils an das Erdgas-Verteilnetz der SachsenNetze GmbH angeschlossen sind. Hinzu kommen

³⁸ BVES, Speicherreport 2023.

die Versorgung einzelner Kraftwerke im Fernwärmesystem und in der Industrie. Es handelt sich entsprechend um eine zentrale Energieversorgungsstruktur, welche nicht nur die Versorgungssicherheit gewährleistet, sondern auch ein volkswirtschaftliches Vermögen darstellt. Da eine klimaneutrale Energieversorgung in Dresden perspektivisch ohne fossiles Erdgas auskommen muss, ist die zukünftige Rolle des heutigen Dresdner Erdgasverteilnetzes zwingend unter den Gesichtspunkten der Versorgungssicherheit, volkswirtschaftlichen Gesamtkosten und der zu erreichenden THG-Neutralität zu klären.

Der Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) ist das zentrale Planungsinstrument für die Transformation der Gasverteilnetze zur THG-Neutralität. In diesem analysieren die Netzbetreiber die Bedarfe ihrer Kunden, die dezentrale Einspeisesituation, die Entwicklung der Wasserstoffbereitstellung durch vorgelagerte Netzbetreiber und die technische Eignung ihrer Netze für Wasserstoff. Die SachsenNetze GmbH beteiligt sich aktiv an der Erstellung des GTP. Der Planungsprozess ist ergebnisoffen. Er umfasst die Umnutzung, die Stilllegung und den partiellen Neubau von Leitungen und berücksichtigt sämtliche neuen, klimaneutralen Gase. In Dresden wird jedoch von einer Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff in einem Schritt ausgegangen, also keine Beimischung oder synthetisches Methan etc. gesehen. Ziel des GTP ist es, die Transformation auf Verteilnetzebene zu beschleunigen und durch die Einzelplanungen der Netzbetreiber in Abstimmung mit den anderen Stufen der Versorgungskette ein kohärentes Zielbild für ganz Deutschland zu schaffen.³⁹

Der aktuelle Ergebnisbericht zum GTP 2023 erschien am 11. September 2023, woran sich 241 Gasverteilnetzbetreiber mit einer Gesamtnetzlänge von 415.000 Kilometern beteiligten. In diesem Bericht gab es folgende wesentliche Ergebnisse:

- bis 2030 soll in großen Teilen Deutschlands mit der Einspeisung von H₂ in die Verteilnetze begonnen werden,
- bereits 2035 werden in den meisten Landkreisen Teilnetze auf 100 Prozent H₂ umgestellt (siehe Abbildung 8-6). Für Dresden wurde 2035 angegeben. Die vollständige Umstellung der Wasserstoffgebiete wird bis 2045 abgeschlossen sein,
- 2045 wird Wasserstoff fast in ganz Deutschland zum Einsatz kommen Viele Netzbetreiber gehen auch von einem gleichzeitigen Einsatz von Biomethan oder klimaneutral erzeugtem Methan aus,
- 76 Prozent der 1.908 befragten Industrieunternehmen rechnen mit einem zukünftigen Einsatz von Wasserstoff in ihrem Unternehmen,
- die weit überwiegende Anzahl der 951 befragten Kommunen setzen auf klimaneutrale Gase, nur fünf Prozent sehen derzeit zukünftig keinen Einsatz klimaneutraler Gase,
- die dezentrale Erzeugung neuer, klimaneutraler Gase wird zukünftig stark an Bedeutung gewinnen. Die Summe der aus 2022 erfassten Einspeisebegehren insbesondere für Biomethan liegt mit 247 über der aktuellen Anzahl der Bestandsanlagen,
- die Rohrleitungen in den deutschen Gasverteilnetzen bestehen zu über 97 Prozent aus den wasserstofftauglichen Materialien Stahl und Kunststoff,
- aus technischer Sicht sind für Armaturen und Einbauteile in Gasverteilnetzen keine grundlegenden Hürden in der H₂-Readiness zu erwarten.

³⁹ <https://www.h2vorort.de/gtp> [Zugriff am 08.10.2023].

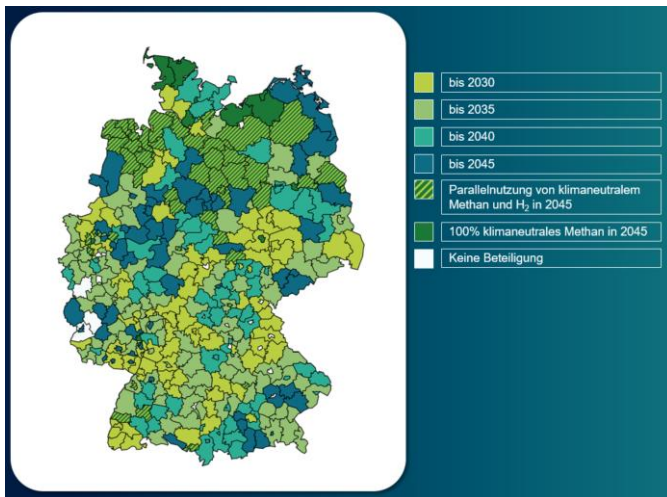


Abbildung 8-6: In GTP2023 angegebene Jahreszahlprognose für eine 100 %-ige Umstellung auf klimaneutrale Gase

Der jährliche GTP-Prozess wird durch die Initiative „H2vorOrt“ initiiert und koordiniert. „H2vorOrt“ ist ein Zusammenschluss von gegenwärtig 48 Verteilnetzbetreibern, wozu auch die SachsenNetze GmbH gehört, im Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) in Zusammenarbeit mit dem Verband kommunaler Unternehmen (VKU). Das GTP-Konzept ist Bestandteil des Wasserstoffberichts nach § 28q EnWG. Es entspricht bereits heute weitgehend den Anforderungen des GEG 2024 und des Wärmeplanungsgesetzes (WPG). Anders als der Wärmetransformationsplan des Fernwärmenetzes ist es jedoch nicht zwingender Bestandteil der kommunalen Wärmeplanung. Da es jedoch praxiserprobt ist und essentielle Erkenntnisse und Beiträge liefern kann, wird dessen abgestimmte Integration im kommunalen Wärmeplanungsprozess Berücksichtigung finden.

Ausblick

Ziel der zukünftigen GTP Entwicklung ist eine investitionsfähige Planung bis 2025 zu erhalten. Die GTP-Berücksichtigung findet sich im Maßnahmensteckbrief „Erstellung des Kommunalen Wärmeplans“ in Band II Maßnahme G.4-01.

8.1.3.4 Strom - Netzausbauplan (NAP)

Das Stromverteilnetz der SachsenNetze GmbH hat für das Dresdner Versorgungsgebiet eine erhebliche Bedeutung (siehe Kapitel 5.4.3), welche perspektivisch noch zunehmen wird. Es wird zur zentralen „Energiedrehscheibe“, welche einerseits den aus EE erzeugten Strom in der Fläche oder an Gebäuden einsammeln und dann in verschiedene Speichertechnologien oder Energieanwendungen transportieren kann (siehe Kapitel 8.1.3.1).

Die Stromnetznutzung wird sich absehbar deutlich durch Industrieansiedlungen und -erweiterungen, dem Wachstum der E-Mobilität und durch die Nutzung Wärmepumpen erhöhen, was einen umfangreichen Stromnetzausbau erforderlich macht. Den gesetzlichen Rahmen für die Planung des Verteilnetzausbaus beschreibt § 14d EnWG. Szenario-basiert soll aller 2 Jahre mit einem rollierenden Planungshorizont (t+5, t+10, 2045) ein Netzausbauplan (NAP) erstellt werden. Dieser wird bis 30. April 2024 erstmals vorliegen.

Ausblick

Die Planungen aus dem NAP für das Mittel- und Niederspannungsnetz auf Grundlage des Regionalszenarios zeitlich in die kommunale Wärmeplanung integriert werden. Hier soll eine entsprechende Abstimmung mit der SachsenNetze GmbH erfolgen. Die NAP-Berücksichtigung findet sich im Maßnahmensteckbrief „Erstellung des Kommunalen Wärmeplans“ in Band II Maßnahme G.4-01.

8.1.4 Zusammenfassung der wesentlichen Herausforderungen und Lösungsansätze

Im Folgenden sind die wesentlichen Herausforderungen und Lösungsansätze für das Handlungsfeld Gebäudeenergieversorgung in einer Übersicht (Tabelle 8-2) zusammengestellt.

Tabelle 8-2: Übersicht Gebäudeenergieversorgung

Herausforderungen	Lösungsansätze	Instrumente
Gebäudeenergie-versorgungssicherheit gewährleisten	<ul style="list-style-type: none"> ■ Importierte Energieanteile reduzieren und hinsichtlich Energieträgern und Lieferanten diversifizieren ■ Umstellung von fossilen Energieträgern auf möglichst lokale und klimaneutrale Energieträger ■ Gebäude soweit sinnvoll fit für den Einsatz lokaler klimaneutraler Energieträger machen, z. B. durch energetische (Teil-)Sanierung ■ Energienetze ausbauen, umstellen, transformieren 	<p>Kommunale Wärmeplanung (KWP),</p> <p>Netzplanungen (Wärmetransformationsplan, NAP, GTP)</p>
Bezahlbarkeit und stabile Preise sicherstellen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grundsätzliche gleiche Lösungsansätze wie für Versorgungssicherheit ■ Ökonomische Prämisse als kostengünstigste Versorgungsvariante im Quartier/am Gebäude verwenden als Bestandteil der KWP ■ passende (kommunale) Förderinstrumente identifizieren ■ energetische Sanierungen mit Augenmaß → EE-ready wichtiger als Realisierung des maximalen Energieeinsparbedarfs ■ Hohe Unterstützung und ■ kostengünstige hybride Lösungen unterstützen, z. B. Wärmepumpe für Grundlast + ergänzender 2. Wärmeerzeuger für Spitzenlast (bspw. Infrarotpanels, Klima-Splitgeräte, ggf. Wasserstoff, etc.) 	<p>Kommunale Wärmeplanung (KWP):</p> <p>Kostenminimierende Berechnungslogik,</p> <p>ergänzende kommunale Förderprogramme,</p> <p>kommunales Energieberatungszentrum aufbauen,</p> <p>KfW432 Quartierskonzepte unterstützen</p>
Finanzierbarkeit sicherstellen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Planungssicherheit durch frühestmögliche Kommunikation von zukünftigen Wärmeversorgungsgebieten herstellen ■ Lokale Finanzierungsangebote / -partner für Bürger und Unternehmen stärken ■ Netzinvestitionsbedarfe, sowie mögliche Belastungen, in Wirtschaftspläne der Netzbetreiber frühzeitig einarbeiten ■ Förder- und Eigenkapital-Bedarfe der Netzbetreiber ableiten 	<p>Kommunale Wärmeplanung (KWP),</p> <p>Netzplanungen (Wärmetransformationsplan, NAP, GTP)</p>
Dekarbonisierung der Fernwärme	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erstellung des Wärmetransformationsplanes für das Dresdner Fernwärmenetz durch die SachsenEnergie AG (Kapitel 10.5) 	<p>KWP, Wärmetransformationsplan</p>

Herausforderungen	Lösungsansätze	Instrumente
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fernwärmesystem als wichtigen Flexibilitätsakteur auch für das Stromnetz nutzen → Sektorenkopplung, Wärmespeicherbedarfe / -potentiale bestimmen 	
Stromnetzausbau	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gewährleistung zunächst durch NAP ■ Speicherbedarfe im Strom-Verteilnetz bestimmen ■ Abstimmung im KWP-Prozess 	KWP, NAP
Transformation des Erdgasnetzes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gewährleistung zunächst durch GTP ■ Verzahnung mit KWP ■ Ausrichtung der Konzessionsvertrag- und Erdgasnetz-entwicklung klären 	KWP, GTP
Erschließung lokaler Erneuerbarer Energien und Abwärmquellen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kapitel 10.3 ■ Beratungsangebote schaffen ■ ggf. ergänzende kommunale Förderprogramme aufbauen ■ LHD Gebäude als Vorbilder proaktiv mit klimaneutralen Stromerzeugern ausstatten 	KWP: kommunales Energieberatungszentrum aufbauen, PV-Offensive
Fachkräftemangel (Handwerk/Bauunternehmen) begegnen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Abstimmung und Kooperation mit Verbänden (u. a. IHK, Handwerkskammern) u. a. im KWP-Prozess ■ Ausbildungswerbung für EE-Berufe ■ Quartierslösungen ■ Serielle Sanierungen unterstützen, z. B. durch Bereitstellung von Informationen oder ggf. passender ergänzender Förderinstrumente 	Kommunale Wärmeplanung (KWP)
Akzeptanz für Wärme-/Energie-wende schaffen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Beachtung der vorher genannten Punkte, insbesondere für Versorgungssicherheit, Bezahl- und Finanzierbarkeit ■ Intensive Öffentlichkeitsarbeit und Stakeholdereinbeziehung im Rahmen der KWP ■ Anlaufstelle für ganzheitliche Energie-Erstberatung (Strom-, Wärme & Mobilität) schaffen 	Kommunale Wärmeplanung (KWP), kommunales Energieberatungszentrum aufbauen

8.2 Handlungsfeld Ausbau Erneuerbarer Energien in der Fläche

Ein weiterer zentraler Baustein der Dekarbonisierung ist der Ausbau der EE in der Fläche. Dies betrifft im Einzelnen den Ausbau der Freiflächen-PV, der Windenergie, der Bioenergie sowie der Geothermie. Die entsprechenden Potentiale im Stadtgebiet werden in Kapitel 10 für die Bereiche gebäudeunabhängige PV und Windenergie ausführlich dargestellt.

Tiefengeothermie

Während die oberflächennahe Geothermie bis 400 Meter Tiefe i.d.R. für dezentrale Wärmelösungen oder Nahwärmenetze als Wärme- bzw. Kältequelle genutzt wird (siehe auch Kapitel 10.3.2.1), kann Tiefengeothermie für den Ausbau der EE in der Fläche für eine zentrale Wärme- und ggf. Stromerzeugung eine Rolle spielen. Hierbei hat sie gegenüber der Wind- und Solarenergie den großen Vorteil,

dass sie tages- und jahreszeitunabhängig jederzeit zur Verfügung steht und demzufolge auch für die Grundlastversorgung eingesetzt werden kann. Im Gegensatz zur oberflächennahen Geothermie die meist mit Quelltemperaturen von unter 15°C auskommen muss, besitzt die Tiefengeothermie relativ hohe Quelltemperaturen, weshalb nicht zwingend eine Wärmepumpe zum Einsatz kommen muss. Die höheren Temperaturen werden ab einer Tiefe von i.d.R. etwa 1.500 Metern oder tiefer erreicht. Zur Erschließung sind deshalb hohe Investitionen notwendig, welche zudem mit Risiken verbunden sind. Weiterhin ist eine Nutzung der Geothermie bisher nur in besonders geeigneten Regionen (bspw. Oberrheingraben, Norddeutsches Becken) sinnvoll. Eine Untersuchung unter Leitung des LfULG aus dem Jahr 2020 zur Nutzung der petrothermalen Geothermie zur Strom- und Wärmeerzeugung in der Elbezone im Raum Dresden, in Freiberg und Aue-Schneeberg kam zu dem Ergebnis, dass eine Stromerzeugung durch Tiefenaufschlüsse bis 5 km Tiefe in allen drei Untersuchungsgebieten grundsätzlich möglich wäre. Allerdings sind auf dem Stadtgebiet in Dresden aufgrund der geologischen Gegebenheiten einzelfallbezogene Prüfungen notwendig⁴⁰. Hinzu kommen seismische Risiken, welche z. B. für die Dresdner Halbleiterindustrie ein Problem darstellen könnten. Auf Grund der beschriebenen Vor- und Nachteile wird ein Einsatz von Tiefengeothermie in Dresden, wenn überhaupt, nur in Verbindung mit dem Fernwärmesystem relevant sein. Deshalb wird dies als ein Teilpotential zur Dekarbonisierung der Fernwärme in Kapitel 10.5.2 aufgenommen und durch die SachsenEnergie AG untersucht.

Bioenergie

Ein weiteres Potential im Zusammenhang mit dem Ausbau der EE in der Fläche ist die Bioenergie. Der Begriff Bioenergie umfasst die Energiegewinnung aus Biomasse. Biomasse beinhaltet in diesem Kontext alle organischen Stoffe pflanzlichen und tierischen Ursprungs. Pflanzen bauen mit Hilfe der Sonnenstrahlung Biomasse auf (gespeicherte Sonnenenergie), die anschließend bspw. als tierische Nahrung dient. Bioenergie kann zur Gewinnung von Wärme- und elektrischer Energie genutzt werden.

Für die energetische Nutzung sind insbesondere die folgenden drei generellen Arten von biogenen Rohstoffen von Interesse:

- schnellwachsende Energiepflanzen wie Raps oder Mais,
- Holz aus Land- und Forstwirtschaft sowie Landschaftspflegeholz (hierzu gehören auch schnell wachsende Gehölze wie Pappel, Weide, Birke, Erle in Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsystemen),
- Abfall- und Reststoffe aus Haushalten, Industrie und Landwirtschaft (beispielsweise Grünschnitt aus der Landschaftspflege, Altfett aus der Lebensmittelherstellung oder Klärschlamm aus der Abwasserbehandlung).

Die verschiedenen Arten der Biomasse können dabei wie folgt energetisch genutzt werden:

- gasförmig: Biogas (meist Methan) zur Strom- und Wärmeerzeugung,
- flüssig: Verwendung als Biodiesel oder zur Strom- und Wärmeerzeugung,
- fest: als Pellet oder Scheitholz zur Wärme- und Stromerzeugung ,
- Stoffliche Nutzung der Biomasse in der Holzverarbeitenden Industrie, Bau- und Dämmstoffindustrie, Textilindustrie, Papierindustrie und chemischen Industrie.

Biomasse kann demzufolge Energieträger in den Sektoren Wärme, Strom und Verkehr ersetzen. Aufgrund der guten Lagerfähigkeit trägt sie zur zeitlichen und räumlichen Flexibilisierung der Energieerzeugung bei.

Es gibt aber auch nachteilige Aspekte. So steht die Biomasseproduktion in Flächenkonkurrenz mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Aus energetischer Sicht hat die Biomasse nur eine begrenzte

⁴⁰ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (2020): Mitteltiefe geothermische Anlagen in Sachsen [online]. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/36425/documents/56294> [Zugriff am 11.10.2021].

Flächeneffizienz. Weiterhin kann die verstärkte Nutzung von Biomasse unerwünschte Nebeneffekte haben. Eine intensive Landwirtschaft mit Einsatz von Düngemitteln, Insektiziden und Pestiziden sowie übermäßigem Wasserverbrauch kann negative Folgen für Boden, Wasser und Biodiversität haben.

Die energetische Nutzung von Holz gilt in Europa als CO₂-neutral bei der Verbrennung. Das trifft aber nur dann zu, wenn nur so viel Holz aus dem Wald entnommen wird, wie im gleichen Zeitraum mit dem gleichen CO₂-Bindungsvermögen nachwächst⁴¹.

Die nachwachsenden Rohstoffe müssen daher umweltverträglich und klimaschutzorientiert angebaut und genutzt werden⁴². Gute Beispiele gibt es hierfür: So können durch die Anlage von Agrarforstsystemen auf landwirtschaftlichen Flächen Boden, Wasser und Biodiversität auf lange Sicht geschützt werden (siehe nachfolgende Infobox).

⁴¹ UBA, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie> [Zugriff am 28.12.2023].

⁴² Sachverständigenrat für Umweltfragen: "Klimaschutz durch Biomasse" (2007), https://www.umweltrat.de/Shared-Docs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2004_2008/2007_SG_Biomasse_Buch.pdf?__blob=publicationFile&v=7 [Zugriff am 28.12.2023].

Infobox: Energieholznutzung aus Agroforstsystemen

Bäume in der Landwirtschaft bringen viele Vorteile für Boden, Klima und Biodiversität. Eine multifunktionale agroforstliche Nutzung liegt vor, wenn auf einer Agrarfläche Gehölze zusammen mit Acker- bzw. gärtnerischen Kulturen angebaut werden. Auch die Kombination der Gehölze mit Tierhaltung sowie die Integration aller drei Nutzungsformen sind möglich.

Im Stadt-Land-Plus-Projekt OLGA (Laufzeit: 2020-2025, www.projekt-olga.de) wurden regenerative Landnutzungen, insbesondere Agroforstsysteme, und regionale Wertschöpfungskreisläufe in der Region Dresden analysiert und umgesetzt. Dazu gehört auch die Produktion von regionalem Energieholz zur regenerativen Wärmeengewinnung und damit Vermeidung von Treibhausgasemissionen sowie einer zunehmenden Abhängigkeit vom globalen Energiemarkt.

Auf dem Gebiet der LHD gibt es 5.620 ha Acker- und 3.267 ha Grünland, die für Agroforst genutzt werden könnten. Doch Nutzungsansprüche von Naturschutz, Landwirtschaft, Bau, Verkehr etc. vermindern dieses Flächenpotenzial. Im Projekt wurde ausschließlich die Anlage von Agrarholzsystemen an Fließgewässern betrachtet. Diese können einen wichtigen Beitrag zum Gewässerschutz und zur Förderung der Biodiversität in Form von Ausgleichs- und Kompensationsmaßnahmen leisten. Anhand bestimmter Kriterien (Flächengröße, Hangneigung, Natur- und Hochwasserschutz etc.) wurden die Flächenpotentiale entlang von Fließgewässern II. Ordnung ermittelt.

Für Dresden gibt es rund 180 ha gewässernahe Flächen, die sich potentiell für eine agroforstliche Nutzung eignen. Generell können auf Agrarflächen 8.000-10.000 Bäume pro Hektar bei einer Streifenanlage im Kurzumtrieb (3-4 Jahre) und 1.700-4.000 Bäume pro Hektar bei Streifenanlagen im mittleren Umtrieb (5-10 Jahre) gepflanzt werden. Damit können durchschnittlich jährlich 12,5 MWh/ha Strom produziert werden, womit sich ein THG-Vermeidungspotenzial von 9,7 t_{CO₂,äq}/ha ergibt⁴³.



Abbildung 8-7: Versuchsfläche in Peickwitz (Foto: Manuel Wewer)

⁴³ Tsonkova, P., Böhm, C. (2020). CO₂-Bindung durch Agroforstgehölze als Beitrag zum Klimaschutz. Innovationsgruppe AUF-WERTEN. https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2021/02/06__CO2-Bindung.pdf [Zugriff am 17.10.2023].

8.3 Handlungsfeld Mobilität

Der Mobilitätsbereich hat einen bedeutenden Umfang an den THG-Emissionen in Dresden, je nach Bilanzierungsrahmen zwischen 24 Prozent (Bilanzierungs-Systematik Kommunal (BISKO) Territorialprinzip, Bilanzjahr 2019) oder 33 Prozent (Inländerprinzip, Bilanzjahr 2016).

Die derzeitigen THG-Emissionen in Dresden im Verkehrsbereich splitten sich wie in Tabelle 8-3 dargestellt, auf⁴⁴.

Tabelle 8-3: Spezifische THG-Emissionsmengen für den Verkehr in Dresden im Jahr 2019

Verkehrsträger	THG-Emissionen in kg _{CO2,äq} / Einwohner und Jahr	Anteil an allen THG im Mobilitätsbereich 2019
Straßen- und schienengebundener Personenverkehr	957,5	66,25 %
davon MIV	857,1	59,32 %
davon ÖPNV	100,4	6,93 %
Straßen- und schienengebundener Güterverkehr	455	31,48 %
Flugverkehr	32,7	2,26 %
Summe	1.445	100 %

Eine detailliertere Betrachtung ist in Band III, Kapitel 8.3 zu finden.

Im Gegensatz zu anderen Sektoren sind die THG-Emissionen im Mobilitätsbereich sowohl in Deutschland als auch in Dresden seit den 90er Jahren annähernd gleichgeblieben (vgl. Abbildung 8-8). Dies hängt maßgeblich damit zusammen, dass zwar die Motoren effizienter wurden, die Effizienzgewinne jedoch als Rebound-Effekte durch eine wachsende Verkehrsleistung und eine starke Zunahme von Gewicht und Leistung von Fahrzeugen eliminiert wurden. Zudem werden weiterhin mehr als 93 Prozent des Endenergiebedarfs für den Verkehr aus fossilen Energien gedeckt (Stand 2019).

⁴⁴ Bilanzierung nach Territorialbilanz mit Tool Klimaschutzplaner, BISKO-Methodik.

CO₂-Emissionen im Verkehr in Dresden konstant, müssten aber um 65% bis 2035 sinken (KSG)

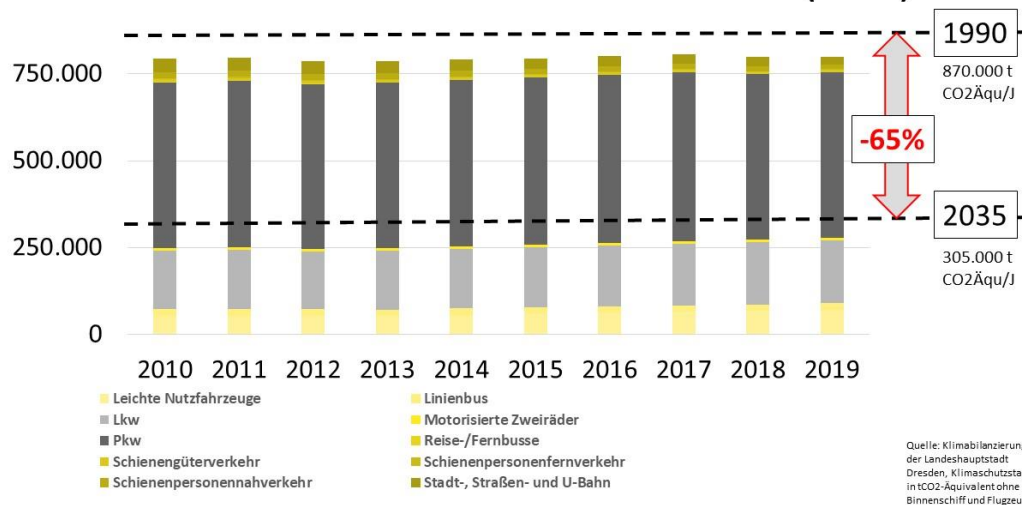


Abbildung 8-8: CO₂-Emission in Tonnen CO₂-Äquivalent im Jahr und nach Verkehrsarten (ohne Binnenschifffahrt und Flugverkehr)

Die Reduktion von THG-Emissionen ist daher im Mobilitätsbereich besonders notwendig, aber auch sehr herausfordernd. Viele Entwicklungen im Mobilitätsbereich können in der LHD nicht direkt beeinflusst werden.

Zur THG-Emissionsminderung im Mobilitätsbereich sind folgende grundlegenden Entwicklungen notwendig⁴⁵:

- Reduktion des Energiebedarfs pro gefahrenen Fahrzeugkilometer (technologische Entwicklung),
- eine darauf aufsetzende Reduktion des Energiebedarfs pro gefahrenen Personenkilometer durch eine erhöhte Auslastung der Pkw durch Pooling-Konzepte,
- Technologische Entwicklung der Fahrzeuge hin zu emissionsfreien Antrieben,
- Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr (MIV) zum öffentlichen Verkehr (ÖV) und Fuß- und Radverkehr,
- Verlagerung des Gütertransports auf die Schiene,
- Beschleunigter Markthochlauf und Einsatz von strombasierten Kraftstoffen beim Güterverkehr, vor allem im Luft- und Seeverkehr.

Dresdner Mobilitätsplan 2035+

Parallel zur Fortschreibung des IEK wird der im Jahr 2014 vom Stadtrat beschlossene Verkehrsentwicklungsplan 2025plus aktualisiert. Der neue Plan trägt den Titel Dresdner Mobilitätsplan 2035+ (DMP 2035+).

Der DMP 2035+ wird in drei Phasen erarbeitet (siehe Abbildung 8-9).

- Phase I zu Zielen
- Phase II zu Szenarien
- Phase III Konzepterstellung

⁴⁵ Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021).

Der Prozess des DMP 2035+

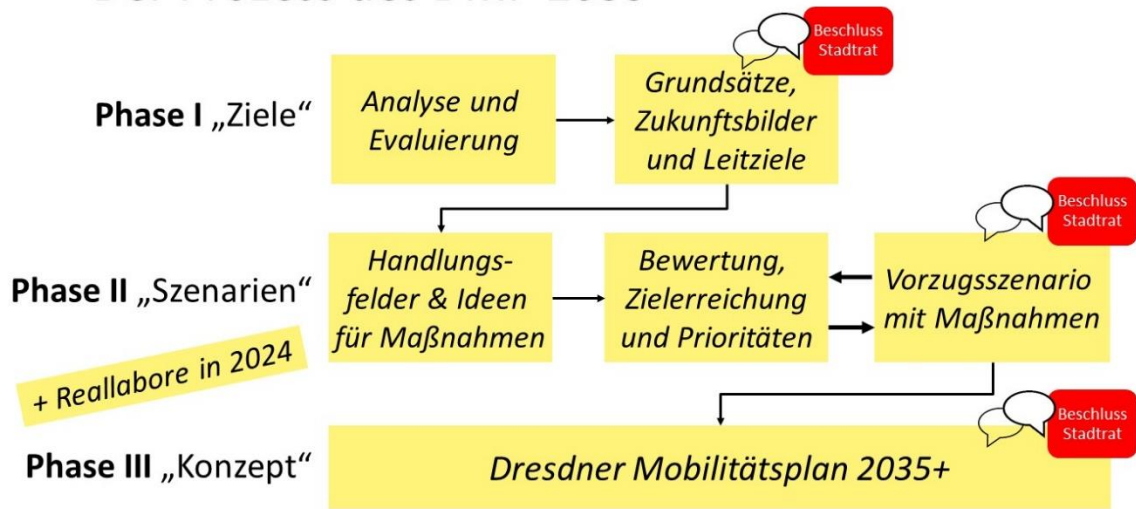


Abbildung 8-9: Prozess des Dresdner Mobilitätsplanes 2035+

Die beiden Fachpläne werden aufeinander abgestimmt, indem im IEK-Prozess THG-Zielmengen für den Mobilitätsbereich für den Zeitraum bis 2045 definiert wurden.

In der Anfang 2021 begonnenen Fortschreibung des IEK war für die Erreichung der THG-Neutralität noch kein konkretes Zieljahr vorgegeben. Für den Zielrahmen des IEK wurde daher der Budgetansatz genutzt (siehe auch Ausführungen Kapitel 7). Für den Verkehr wurden darauf aufbauend Minderungsziele ausgerichtet und an zwei verschiedenen Zielpfaden definiert:

- Zielpfad nach Klimaschutzgesetz (KSG): Da hier die Zielwerte für 2040 und 2045 nur in Form der Gesamtemissionen und der Zielwert für den Verkehr nur bis 2030 vorlag, wurden für den Verkehr die Werte für 2040 und 2045 gemäß dem Gesamtzielpfad und die Zielwerte für 2035 sowohl für die Gesamtemissionen als auch den Verkehrsbereich interpoliert.
- THG-Neutralitätspfade zur Einhaltung der Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens:
 - Einhaltung 1,5-Grad-Ziel mit einer 50 Prozentigen Wahrscheinlichkeit
 - Einhaltung 1,75-Grad-Ziel mit einer 75 Prozentigen Wahrscheinlichkeit

Für eine vertiefte Darstellung s. Band III Kapitel 8.3.

Das Szenario mit Einhaltung des 1,5 Grad-Ziels entspricht annähernd der Klimaneutralität Dresdens bis 2035 und damit der Beschlusslage des Stadtrates (V1818/22 vom 15. Dezember 2022).

Die skizzierten Zielmengengerüste werden in zwei von vier Szenarien des DMP wie folgt verwendet:

- Szenario A: Einhaltung des 1,5-Grad-Zieles mit 50 Prozent Wahrscheinlichkeit und Klimaneutralität bis 2035
- Szenario B: Einhaltung der Reduktionsziele nach Klimaschutzgesetz/Klimaneutralität bis 2045

Da bereits das Szenario A ein sehr ambitioniertes Ziel darstellt, wurde darauf verzichtet im Rahmen des DMP ein Szenario „Klimaneutral 2030“ entsprechend der Aufnahme Dresdens in den Kreis der EU-Mission „100 intelligente und klimaneutrale Städte bis 2030“ zu erstellen.

Die Bilanzierung der THG-Emissionen Im DMP 2035+ erfolgt mittels BSKO-Standard, um kongruent mit dem IEK zu bilanzieren. Das Ausgangsjahr ist hier 2019, weil für den Verkehrsbereich zum Zeitpunkt der Beauftragung des Konzeptes diese Daten bereits vorlagen.

Folgende Verkehrsarten werden im DMP nicht betrachtet, da hier kaum ein kommunaler Einflussbereich vorhanden ist:

- Flugverkehr,
- Schienengüterverkehr,
- Schienenfernverkehr,
- Reisebusse/Fernbusse,
- Binnenschifffahrt.

Die THG-Emissionen dieser vorgenannten Verkehrsarten umfassten im Bilanzjahr 2019 insgesamt 3,51 Prozent der Verkehrsemissionen nach BSKO.

Bei den Szenarien des DMP werden die THG-Emissionen mit einer differenzierten Bilanzierung nach öffentlichem Personenverkehr, Güterverkehr, motorisierten Individualverkehr sowie nichtmotorisierten Individualverkehr entsprechend den Minderungszielen nebst zugrundeliegenden Angaben von Fahrkilometern, Energieträgern und Energieverbrauch getrennt nach Verkehrsmittel und Jahr im Stadtgebiet von Dresden ausgewiesen.

Aufgabe des DMP 2035+ ist es zudem auf Grundlage der festgelegten Szenarien Strategien zur Erreichen der Klimaschutzziele im Verkehrsbereich zu definieren und passende Maßnahmen zu entwickeln.

Der Planungsprozess des DMP 2035+ begann 2021 und hatte im August 2023 folgenden Stand⁴⁶:

Phase I "Ziele"

Diese erste von drei Phasen ist abgeschlossen. In einem partizipativen Verfahren wurden mit dem Mobilitätsdialog 2035+, dem Fachbeirat und der breiten Öffentlichkeit Leitziele für die Mobilität in Dresden für den Zeitraum 2035+ erarbeitet. Diese Leitziele wurden vom Stadtrat der LHD am 16. Dezember 2022 beschlossen⁴⁷.

Damit liegen 14 Leitziele als Basis für die Erarbeitung des Mobilitätsplans 2035+ vor. Das Leitziel 1 Klima lautet „Das Verkehrssystem leistet einen Beitrag zur erforderlichen CO₂-Minderung und damit zum Klimaschutz.“

Phase II "Szenarien"

Es werden zwei Forecasting-Szenarien und zwei Backcasting-Szenarien betrachtet.

- Backcasting-Szenarien:
 - Szenario A: Klimaneutral 2035, Einhaltung 1,5 Grad-Ziel
 - Szenario B: Klimaneutral 2045, Einhaltung KSG
- Forecasting-Szenarien:
 - Szenario C: überwiegend Pull-Maßnahmen
 - Szenario D: Push und Pull-Maßnahmen

Basierend auf den Berechnungsergebnissen zu den THG-Emissionen wird dann das Vorzugsszenario erarbeitet, voraussichtlich im 2. Quartal 2024. Parallel erfolgt eine Online-Beteiligung der Bürgerschaft zu den Szenarien und der Akzeptanz von verschiedenen Maßnahmen und Handlungsansätzen in Form eines Szenarientools.

⁴⁶ <https://www.dresden.de/de/stadtraum/verkehr/verkehrsplanung/verkehrsentwicklungsplanung/mobilitaetsplan-2035plus.php> [Zugriff am 28.12.2023].

⁴⁷ V1722/22 „Leitziele für Mobilität in Dresden 2035+“.

Phase III "Konzepterstellung"

Grundlage für die Erarbeitung des DMP 2035+ ist das vom Stadtrat der LHD beschlossene Vorzugsszenario. Der DMP 2035+ wird in Form eines strategischen Handlungskonzepts inklusive einer Umsetzungsstrategie erarbeitet. Dieses Handlungskonzept wird auf Basis der Maßnahmenpakete des ausgewählten Vorzugsszenarios mit Ableitung von geeigneten Einzelmaßnahmen und Handlungs- und Planungsgrundsätzen erstellt. Ziel ist es, das Notwendige in kommunaler Verantwortung möglich zu machen, um die im IEK festgelegten Klimaziele im Verkehrssektor einzuhalten (Leitziel 1) und auch die anderen 13 Leitziele so weit wie möglich zu erreichen.

8.4 Handlungsfeld Industrieprozesse und Produktverwendung

Die Erfassung und Reduktion von THG-Emissionen in Industrieprozessen und bei der Produktnutzung sind entscheidende Elemente für die Erreichung von THG-Neutralität. Das Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) bietet eine umfassende Struktur zur Kategorisierung und Quantifizierung dieser Emissionen, wodurch Organisationen in die Lage versetzt werden, die Herkunft ihrer THG-Emissionen zu verstehen und gezielte Maßnahmen zur Reduzierung zu ergreifen.

In energieintensiven Grundstoffindustrien wird häufig von "schwer vermeidbaren" Emissionen gesprochen. Die Umstellung auf EE gestaltet sich in diesen Industrien herausfordernd, da bestehende Produktionsverfahren grundlegend überarbeitet werden müssten und eingesetzte Stoffe nicht vollständig durch nachhaltige Alternativen ersetzt werden können.

In Industrieprozessen variieren die Emissionsquellen je nach Sektor. Beispiele für bedeutende Anwendungsfälle und zugehörige Treibhausgase sind:

- Chemische Industrie: Emissionen von Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) aus chemischen Reaktionen,
- Energiewirtschaft: Methanemissionen bei der Förderung, Verarbeitung und dem Transport von Erdgas.

Ein Schlüsselbegriff in diesem Kontext ist die Elektrifizierung. Wo möglich, sollten fossile Energieträger durch erneuerbaren Strom ersetzt werden. In der Chemieindustrie können beispielsweise die für verschiedene Prozesse benötigte Wärme und der Dampf elektrifiziert werden. Allerdings ist dies nicht in allen Bereichen realisierbar, anders als beispielsweise in der Automobilindustrie oder bei der Gebäudebeheizung. Viele Industrieprozesse lassen sich derzeit nicht direkt mit Solar- oder Windstrom betreiben und erfordern daher eine Umwandlung des Stroms, wobei die Wasserstoffelektrolyse eine zentrale Rolle spielt. Grüner Wasserstoff kann dabei in verschiedenen Industrieprozessen verwendet werden; Erdgas wird als Übergangslösung für einige Prozesse betrachtet, bis ausreichend grüner Wasserstoff verfügbar ist.

Die Entwicklung neuer klimaneutraler Produktionstechnologien befindet sich noch in einem frühen Stadium. Einige THG-Emissionen können derzeit nicht vermieden werden, wie beispielsweise bei der Zementherstellung. Die Technologie des "Carbon Capture and Use or Storage" (CCUS) steht vor großen Herausforderungen. Neue Technologien sind derzeit teurer als bestehende Prozesse und erfordern erhebliche Investitionen, beeinflusst durch die Verfügbarkeit von grünem Strom und Wasserstoff.

Trotz dieser Herausforderungen bieten sich auch Chancen. Im Rahmen des Pariser Abkommens zur Klimaneutralität müssen Unternehmen weltweit auf klimafreundliche Technologien umsteigen. Die ansässigen Unternehmen haben die Möglichkeit, Technologieführer zu werden und klimafreundliche Technologien zu exportieren. Obwohl die Investitionen groß sind, bringen sie neues Wissen, eröffnen neue Märkte und schaffen neue Wertschöpfungsmöglichkeiten.

Möglichkeiten zur Reduktion von Treibhausgasen

Um THG-Emissionen in Industrieprozessen und der Produktnutzung zu reduzieren, sind verschiedene Ansätze und Prinzipien verfügbar:

- **Energieeffizienzsteigerung:** Verbesserung der Energieeffizienz in industriellen Prozessen zur Verringerung von Scope-1-Emissionen,
- **Einsatz von EE:** Umstellung auf erneuerbare Energiequellen, um den indirekten Energieverbrauch (Scope 2) zu minimieren,
- **Technologische Innovationen:** Einführung neuer Technologien, die die THG-Emissionen bei der Produktion verringern, wie zum Beispiel kohlenstoffarme Produktionsverfahren in der Stahlindustrie,
- **Kreislaufwirtschaft und Recycling:** Reduzierung von THG-Emissionen durch die Förderung von Kreislaufwirtschaft und Recycling in der Produktnutzung (Scope 3).

Die Identifikation und Umsetzung dieser Maßnahmen erfordert eine sorgfältige Analyse der individuellen Prozesse und eine enge Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, politischen Entscheidungsträgern und der Forschungsgemeinschaft, um innovative Lösungen zu entwickeln und eine nachhaltige Transformation der Industrie zu ermöglichen.

Viele Unternehmen sind bereits aktiv dabei Klimaschutz (bzw. weitergehend auch generell Nachhaltigkeit) in ihre Unternehmensstrategie aufzunehmen. Dabei sind viele Unternehmen in Dresden bereits dabei sich eigene (zum Teil im Zusammenhang mit Konzernstrukturen) Klimaschutzziele zu stellen.

Die grundlegende Überarbeitung der Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung (CSRD) hat einen signifikanten Einfluss auf Unternehmen und ermutigt sie, verstärkte Anstrengungen im Bereich des Klimaschutzes zu unternehmen. Die CSRD-Richtlinien legen einen klaren Fokus auf transparente Berichterstattung und Offenlegung von nachhaltigkeitsbezogenen Informationen, einschließlich Umweltauswirkungen und Klimastrategien. Die CSRD schafft einen Rahmen, der es Unternehmen ermöglicht, nicht nur ihre Erfolge, sondern auch ihre Herausforderungen und Ziele im Bereich des Klimaschutzes offenzulegen. Dies fördert eine Kultur der Rechenschaftspflicht und stärkt das Bewusstsein für die Umweltauswirkungen unter den verschiedenen Stakeholdern. Unternehmen werden somit motiviert, effektive Klimastrategien zu entwickeln und umzusetzen, um ihre Leistung im Bereich der Umweltverträglichkeit kontinuierlich zu verbessern.

Zusätzlich ergibt sich für Unternehmen die Möglichkeit, sich als Vorreiter in Sachen Nachhaltigkeit zu positionieren, was sich positiv auf das Markenimage und die Reputation auswirken kann. Kunden, Investoren und andere Interessengruppen zeigen vermehrt Interesse an nachhaltigen Geschäftspraktiken, und die CSRD bietet eine Plattform, auf der Unternehmen ihre umweltfreundlichen Initiativen und Innovationen kommunizieren können.

Unterstützt werden können die Unternehmen vor allem durch zielführende Netzwerkarbeit, Austauschplattformen zu Best-Practice-Beispielen und Erfahrungen und gezielte Unterstützung in Genehmigungsverfahren. Ebenso haben einige Unternehmen in Dresden im Rahmen bereits mehrfach großes Interesse an der Errichtung von Windenergieanlagen in Standortnähe bekundet, da deren Klimaschutzziele oft nicht allein durch Bezug von bilanziellem Ökostrom erreicht werden können, sondern auch einen großen Anteil an Eigenproduktion von erneuerbarem Strom vorsehen. Dies ist in vielen Fällen bei energieintensiven Produktionsstandorten durch PV auf und an Gebäuden kaum zu leisten. Ebenso wurde ein Bedarf von grüner Fernwärme signalisiert. Dies kann im ersten Schritt (bis zur vollständigen Dekarbonisierung der Fernwärmenetze in Dresden) durch bilanzielle Öko-Fernwärme erfolgen. Hier kann die LHD gemeinsam mit der SachenEnergie AG gezielt Angebote schaffen, um die Rahmenbedingungen für nachhaltige Unternehmen deutlich zu verbessern.

8.5 Handlungsfeld Land- und Forstwirtschaft sowie andere Landnutzungen

Dieses Handlungsfeld befasst sich mit Emissionen der Treibhausgase Methan (CH_4), Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Lachgas (N_2O / Distickstoffmonoxid) aus der Viehwirtschaft, der Bewirtschaftung von Äckern, Wäldern und anderen Flächen aber auch dem flächenhaften Rückhalt bzw. der Bindung der Treibhausgase.

Hauptsächlich bei Rindern entstehen Methan und Lachgas bei der Verdauung. In der Landwirtschaft bestimmt das Nährstoffmanagement (Jauche, Gülle, Kunstoffdünger, Kalkung) die Höhe der THG-Emissionen. Auch das Wassermanagement kann entscheidend sein. So sind entwässerte Moore und Feuchtgebiete eine Quelle von CO_2 . Derzeit werden die Emissionen dieses Handlungsfeldes nicht in der städtischen Bilanz mittels BSKO erfasst. In einer ersten groben Bewertung wurde für den Viehbestand in 2020 eine THG-Emission von etwa 3.800 t/a und für die Landwirtschaft (gemessen an einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von 4.973 ha) von rund 13.000 t/a abgeschätzt. Eine kurze methodische Erläuterung dazu findet sich in Band III. Damit liegen die nicht-energetischen Emissionen für die landwirtschaftliche Nutzung deutlich unter 20.000 $t_{\text{CO}_2, \text{äq}}/\text{a}$, was im Vergleich zu den derzeit emittierten energiebedingten THG von mehr als 3 Mio. $t_{\text{CO}_2, \text{äq}}/\text{a}$ sehr gering ist. In Zukunft werden aber auch diese THG-Emissionen für die Erreichung von THG-Neutralität im Stadtgebiet eine zunehmende Rolle spielen. Es ist geplant diese nicht-energiebedingten THG-Emissionen zukünftig nachrichtlich im Rahmen der THG-Bilanz auszuweisen. Die Methodik dazu muss noch näher untersucht werden. Es kann aber mindestens auf die einfache, auf Bundes-Kennwerten basierende, Berechnung des Klimaschutzplaners zurückgegriffen werden.

Extensiv bewirtschaftetes Grünland und Wälder wirken meist als CO_2 -Senken. Kohlenstoff wird dabei in die Biomasse der Pflanzen eingelagert und verbleibt über längere Zeiträume im Holz bzw. im Boden. Demzufolge können Landnutzungsänderungen zu Änderungen des natürlichen Kohlenstoffspeichers führen. Des Weiteren entscheidet die Art der Holznutzung darüber, wie schnell das CO_2 wieder in die Atmosphäre gelangt: In Form von Baumaterial oder Möbeln wird CO_2 langfristig zurückgehalten, im Gegensatz zu einer sofortigen Freisetzung beispielsweise in einer Pelletheizung.

Flächenhafter Kohlenstoffspeicher

Eine nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern, landwirtschaftlichen Flächen (Äcker und Grünland), Moorflächen sowie des Stadtgrüns bietet die Möglichkeit, der Atmosphäre THG zu entziehen, insbesondere CO_2 . Im Boden, in den lebenden Pflanzen, dem Totholz und der Streu wird Kohlenstoff kurz- bis langfristig gespeichert. Besonders groß ist die Speicherung in Wäldern und Mooren, wobei Störungen des Ökosystems, wie durch großflächigen Borkenkäferbefall, den Wald für viele Jahre auch zu einer Kohlenstoffquelle werden lassen. So beweisen Messungen der TU Dresden, Lehrstuhl für Meteorologie⁴⁸, dass ein aufwachsender Wald zehn Jahre eine Quelle für THG ist und erst dann zu einer Senke wird.

Bei einer nachhaltigen Bewirtschaftung treten zahlreiche positive Nebeneffekte auf:

- ökologisch (Schutz der biologischen Vielfalt),
- bioklimatisch (Verbesserung des Lokalklimas),
- gesundheitlich (Luftreinhaltung, Erholung),
- wasserwirtschaftlich (Grundwasserneubildung, Hochwasser-/Starkregenschutz) und
- wirtschaftlich (Bodenfunktionalität).

⁴⁸ Grünwald et al., 2023: Net Biome Productivities controlled by land management and disturbances at a cluster of long-term ICOS monitoring sites in East Germany. Agricultural and Forest Meteorology, in Vorbereitung.

Derzeit gibt es keine Mechanismen zur Anrechnung dieser THG-Senken für die kommunale Bilanz. Lediglich auf nationaler Ebene wird die eventuelle Senkenfunktion der Landschaft bilanziert. Eine Anrechnung auf kommunaler Ebene würde eine doppelte Anrechnung bedeuten.

Die Bedeutung des im Boden und in der Pflanzenbiomasse gespeicherten Kohlenstoffs sowie aktuelle Raten für die Bindung/Freisetzung von THG zeigt eine Studie des IÖR⁴⁹ auf (methodische Details hierzu im Band III, Kapitel 8.5). Dementsprechend sind die wesentlichen natürlichen Kohlenstoffspeicher in Dresden (vergleiche Abbildung 8-10):

- die Waldgebiete (Dresdner Heide, Junge Heide, Hellerberge, Zschonergrund, Tännichtgrund, Wachwitzgrund, Helfenberger Grund, die Hänge der Weißeritz und der Lockwitz etc.), wo allein in den Waldbeständen (ohne Boden) je nach Baumart und -alter etwa 130 t Kohlenstoff festgelegt sind,
- baumbestandene Parks (z. B. Großer Garten, Waldpark),
- Grünzüge (z. B. Geberbach),
- durch Landwirtschaft, Gärten und lockere Bebauung geprägte Teile des Elbtals (z. B. in der Ortschaft Cossebaude und in der Nähe von Pillnitz) sowie
- die Elbwiesen.

Unter den Wiesen und Ackerflächen sind vor allem die relativ humusreichen Auenböden für höhere Kohlenstoffgehalte verantwortlich, während die zumeist krautige Vegetation selbst nur etwa sieben Tonnen Kohlenstoff pro Hektar (tC/ha) speichert.

Ein Großteil der bebauten Fläche in Dresden setzt sich aus weniger dicht bebauten bzw. mit viel Stadtgrün versorgten Gebieten zusammen und weist insgesamt einen Kohlenstoffspeicher von 25 bis 50 tC/ha auf.

Lediglich in der dicht bebauten Alt- und Neustadt, dem Ostragehege (hier eher humusarme Sandböden) sowie dem Güterbahnhof Friedrichstadt sind die Kohlenstoffspeicher mit knapp unter 25 tC/ha gering. Aber auch anderswo gibt es Standorte mit bodenbedingt geringem Kohlenstoffspeicher (um bzw. unter zehn tC/ha), z. B. südlich, südöstlich und nordwestlich des Zschonergrundes.

Die mittlere Speicherung von Kohlenstoff in den Ökosystemen Dresdens beträgt 83 tC/ha.

⁴⁹ Syrbe, Ralf-Uwe; Schwarz, Steffen; Schweppe-Kraft, Burkhard; Grunewald, Karsten (2023): Globale Klimaregulierung durch Ökosysteme in Deutschland: Der Ökosystemzustandsparameter "Kohlenstoffvorrat" und die Ökosystemleistung "Treibhausgasbindung". Naturschutz und Landschaftsplanung (eingereicht).

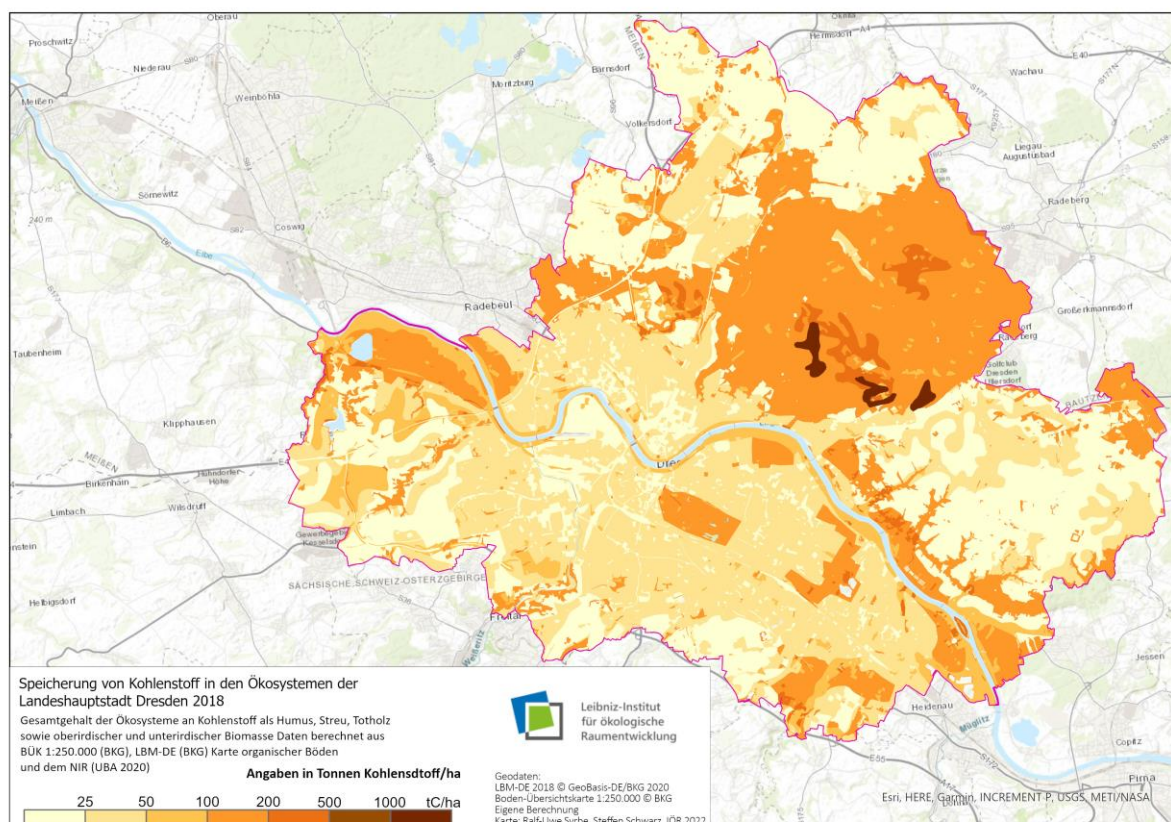


Abbildung 8-10: Speicherung von Kohlenstoff in den Ökosystemen in Dresden (Grafik: IÖR)

Die Karte der Bindung und Freisetzung von Treibhausgasen (Abbildung 8-11) zeigt die größten Bindungspotentiale für die Wälder auf (mehr als 5 t CO₂-eq/ha*a). Entlang des Elbschlauchs und in den Gründen und Flusstälern findet noch eine geringe Bindung statt, sonst ist in Dresden von einer leichten Freisetzung von Treibhausgasen auszugehen.

Der Mittelwert beträgt für Dresden -0,64 tCO₂-eq/ha*a, die Ökosysteme der Stadt sind somit eine leichte THG-Senke. In Summe wurden 2018 etwa 21.000 t/a mehr CO₂-eq in die Ökosysteme gespeichert, als diese an THG in die Atmosphäre abgaben. Die Zahlen orientieren sich an den Mittelwerten von Nutzungen und Böden im Nationalen Inventarbericht zum THG-Inventar⁵⁰. Damit zeigt sich, dass die städtischen Ökosysteme bilanziell die Restemissionen (auch die, die mit Erreichen von THG-Neutralität weiterhin entstehen würden) zu weniger als zehn Prozent binden können. Trotzdem sollte diese Senkenfunktion weiterhin erhalten bleiben. Wichtiger als die Bindungswirkung ist aber die Sicherstellung des Verbleibs des gebundenen Kohlenstoffs. Im Zuge des fortschreitenden Klimawandels könnten z. B. im Wald durch Schädlingsbefall, Brände, Sturmschäden etc. nennenswert Treibhausgase emittiert werden und das THG-Inventar belasten (auch wenn dies derzeit nicht in der kommunalen THG-Bilanz erfasst werden kann).

⁵⁰ UBA (2020): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2018, CLIMATE CHANGE 22/2020.

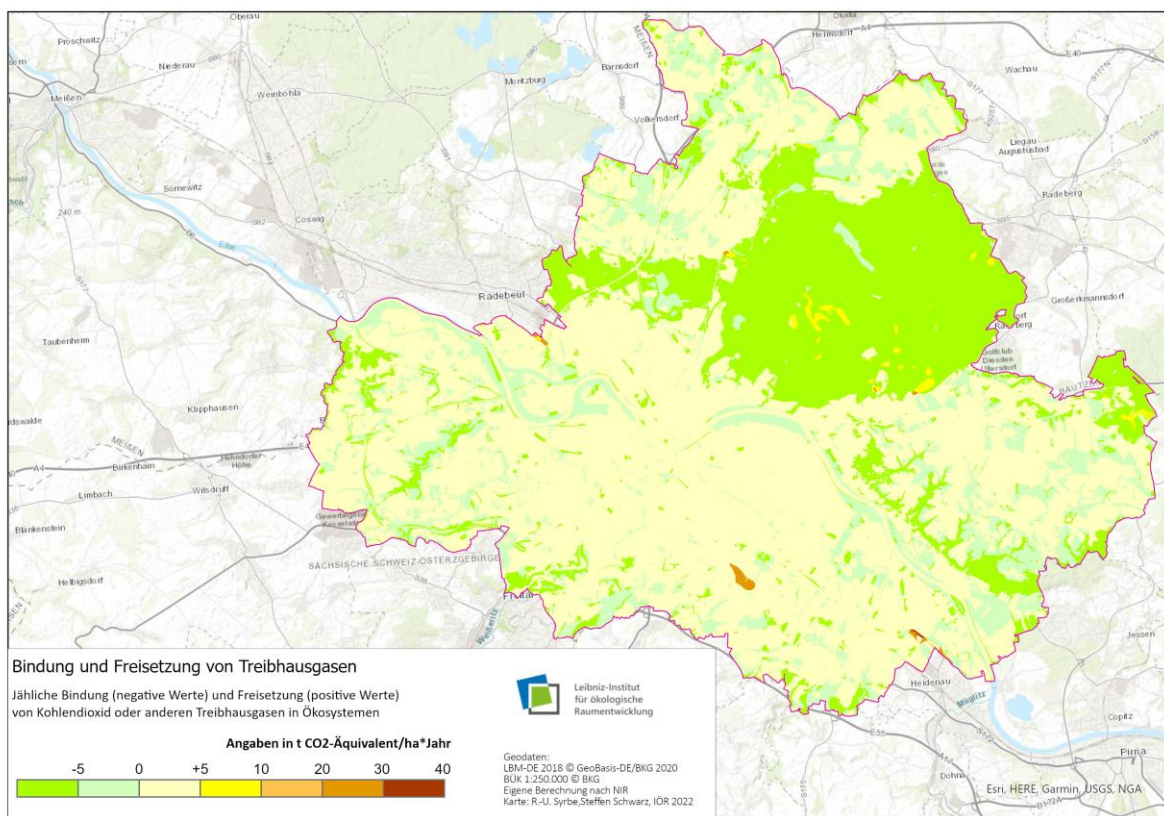


Abbildung 8-11: Bindung und Freisetzung von Treibhausgasen in Dresden (Grafik: IÖR)

Mögliche Maßnahmen

Das Handlungsfeld Land- und Forstwirtschaft sowie andere Landnutzungen wurde aufgrund der Fokussierung auf die energetischen THG-Emissionen in diesem Konzept nicht vertiefend betrachtet. Daher werden die Maßnahmen zur Reduktion von THG-Emissionen bzw. den Erhalt und Ausbau der Kohlenstoffsinken nur stichpunktartig aufgeführt:

- Reduktion des Flächenverbrauchs (Umwandlung von Vegetations- und Gewässerflächen in Siedlungs- und Verkehrsflächen): Maßnahmen der Freiraumsicherung, Freiraumentwicklung und der flächenschonenden Stadtentwicklung,
- Entwicklung und Qualifizierung von Grünflächen: Ziel der aktuell in Beratung befindlichen Begrünungssatzung für Dresden ist die Begrünung von Gebäuden und Freiflächen, wobei auch Maßnahmen zum Rückhalt und zur Speicherung von Regenwasser vor Ort adressiert werden. Die Umsetzung des Dresdner Straßenbaumkonzeptes (2020) zur Sicherung und Entwicklung des Baumbestandes sollte umfassend gewährleistet werden,
- Bewahrung und Verbesserung der Vitalität von Stadtgrün: Verbesserung der Standortbedingungen (z. B. Wurzelraum, Bewässerung, Streusalzeinsatz, Diversität), Pflanzung klimaangepasster Baumarten,
- Entwicklung bestehender Waldflächen auf dem Stadtgebiet zu naturnahen, klimaresilienten Mischbeständen und - wo möglich - Neuanlage von klimaresilienten Wäldern,
- Förderung der ökologischen Landwirtschaft und damit Verbesserung der Bodenqualität (Humuserhalt und -anreicherung) und Biodiversität. THG-Emissionen können durch einen verminderten Einsatz von Düngemitteln reduziert werden. Dauergrünland, wie die Elbwiesen, ist zu erhalten bzw. auszubauen.

8.6 Handlungsfeld Abfall- und Abwasserwirtschaft

Sowohl im Bereich der Abfall- als auch der Abwasserwirtschaft fallen in relevantem Umfang THG-Emissionen an. Zum einen sind dies energetische Emissionen im Zusammenhang mit Transport und Behandlung. Sofern dies im Gebiet der LHD erfolgt, werden diese THG-Emissionen entsprechend in der kommunalen THG-Bilanz berücksichtigt (siehe auch Kapitel 5.7). Zum Anderen entstehen im Rahmen von aeroben oder anaeroben Zersetzungsprozessen sowie im Rahmen von Verbrennungsprozessen nichtenergetische THG-Emissionen, welche über die BSKO-Systematik nicht bilanziert werden, aber ebenfalls einen relevanten Einfluss haben. Dies sind vor allem Lachgas (N_2O / Distickstoffmonoxid), Methan (CH_4) und biogenes CO_2 ⁵¹.

8.6.1 Abfallwirtschaft

THG-Emissionen fallen im Abfallwirtschaftsbereich bei Sammlung, Transport, Sortierung, Aufbereitung, Verwertung und Beseitigung der Abfälle an. In den letzten Jahren erfolgte die Ausrichtung der Abfallwirtschaft weg von der Abfallbeseitigung hin zur Abfallvermeidung und -verwertung. Dem Konzept der Kreislaufwirtschaft kommt daher eine immer größer werdende Bedeutung zu. Die auf diesen Ansatz ausgerichtete Abfallbewirtschaftung in der LHD trägt damit auch zur Minderung globaler THG-Emissionen bei.



Abbildung 8-12: Abfallpyramide gem. § 6 Abs. 1 Kreislaufwirtschaftsgesetz

Der Schwerpunkt für die LHD als öffentlich-rechtlicher Entsorger liegt auf der Entsorgung (Verwertung und Beseitigung) der in ihrem Gebiet anfallenden Abfälle aus privaten Haushalten. Mit der Durchführung zahlreicher abfallwirtschaftlicher Leistungen hat die LHD Dritte beauftragt. Hauptauftragnehmerin ist die Stadtreinigung Dresden GmbH (SRD). Der aktuelle Stand und die Ziele der Abfallwirtschaft der LHD werden regelmäßig im Abfallwirtschaftskonzept (AWK)⁵² der LHD analysiert und fortgeschrieben. Der sächsische Abfallwirtschaftsplan⁵³ sieht zudem vor, dass Klimaschutz und Energieeffizienz Eingang in die Fortschreibungen des AWK finden müssen.

Für den Bereich der Gewerbeabfälle besteht die Zuständigkeit der LHD nur für Abfälle, welche nicht verwertet werden. Ein Gesamtüberblick liegt hier zum Teil nur auf Bundesebene vor (vor allem Bau-

⁵¹ CO_2 welches aus kürzlich noch natürlich gewachsenen Brennstoffen (Pflanzen, Holz, Papier, Klärschlamm oder Tiermehl) entsteht.

⁵² <https://www.dresden.de/media/pdf/abfallwirtschaft/Abfallwirtschaftskonzept2020.pdf> [Zugriff am 30.11.2023].

⁵³ Schlussfolgerung 13; <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/27207> [Zugriff am 30.11.2023].

und Abbruchabfälle). Insgesamt ist die Datenlage der im Gebiet der LHD anfallenden Abfälle sowie der betrachtete Umfang im AWK damit unvollständig.

Vermeidung von Abfällen/ Vorbereitung zur Wiederverwendung

Abfälle welche vermieden werden, führen entsprechend auch nicht zu THG-Emissionen in der nachgelagerten Kette. Aktuell ist das Thema vor allem unter dem Begriff "Zero Waste" in der öffentlichen Debatte. Eine enge Verknüpfung besteht hier auch zum Handlungsfeld Graue Energie (siehe Kapitel 8.7).

Ein Schwerpunkt ist die Vermeidung von Lebensmittelabfällen, auch wenn ein Großteil der Einsparungen außerhalb des Bilanzraumes der LHD liegt. Laut Restabfallanalyse der LHD von 2021 in Verbindung mit der Restabfallmenge der LHD von 2022 sind 14,3 kg/(E*a) an Lebensmittelabfällen vermeidbar sowie 5,3 kg/(E*a) teilweise⁵⁴ vermeidbar. Dies entspricht einer Gesamtmenge von rund 8.000 t/a eindeutig vermeidbarer Lebensmittelabfälle im Restabfall. Zu Lebensmittelabfällen in der Biotonne liegen keine Analysedaten vor. Der Faktor zur Reduzierung von Treibhausgasen ist für vermiedene Lebensmittel mit durchschnittlich 1,61 kg CO₂-Äq/kg Lebensmittel bestimmt⁵⁵. Die Wirkungen treten dabei entlang der gesamten Kette von der Herstellung, über den Handel, den Verbrauch bis hin zur Abfallwirtschaft mit der Behandlung der Abfälle auf. Dazu kommt, dass die Entsorgung über den Restabfall nicht nur eine weitere Verwertung (Erzeugung von Biogas, Herstellung von Kompost) verhindert, sondern Lebensmittelabfälle den Gesamtheizwert des Restabfalls zudem reduzieren und so für einen geringeren Ertrag in der energetischen Verwertung sorgen.

Lebensmittelabfälle fallen neben dem Haushaltsbereich beispielsweise auch in Schulen, Kindertageseinrichtungen und anderen kommunalen Einrichtungen an. Das Amt für Stadtgrün und Abfallwirtschaft klärt seit mehreren Jahren zum Thema Lebensmittelabfälle auf und bindet aktuell das Bildungsprojekt „Zur Tonne“ des Tafel e. V. in seine Vermeidungskampagnen ein. Auch zukünftig wird ein Schwerpunkt der Abfallberatung/Öffentlichkeitsarbeit die Vermeidung von Lebensmittelabfällen sein, inkl. der Getrenntsammlung von Bioabfällen. Wichtige Zielgruppen sind neben den privaten Konsumenten der Handel und die Gastronomie.

Neben dem hohen Aufkommen an Lebensmittelabfällen, besteht vor allem hinsichtlich des Aufkommens von Verpackungen und Einwegartikeln ein erhebliches Vermeidungspotenzial. Darüber hinaus wird durch preiswerte Erzeugnisse mit kurzer Nutzungsdauer sowie schnell wechselnde Konsummuster mehr Abfall erzeugt.

In dieses Feld gehört zudem die Verlängerung der Nutzungsdauer durch die Wiederverwendung von Erzeugnissen bspw. über Second-Hand-Märkte, Gebrauchtwarenläden und gemeinnützige Einrichtungen, wie die Tafeln oder Kleiderkammern aber auch Repair-Cafés und Tauschbörsen. Die LHD hat zum 1. Juni 2022 ein entsprechendes Modellprojekt auf den städtischen Wertstoffhöfen zur Erfassung von Gebrauchsgütern und Elektro-Altgeräten, welche noch funktionstüchtig sind ins Leben gerufen.⁵⁶ Der Freistaat Sachsen bezuschusst zudem im Rahmen des Förderprogramms „Reparaturbonus“ seit November 2023 die Reparatur von Elektro- und Elektronikgeräten.⁵⁷

⁵⁴ teilweise vermeidbar sind z. B. Apfel- oder Kartoffelschalen, die aufgrund Zubereitungsart oder Allergien/Nahrungsunverträglichkeit nicht eindeutig im Rahmen eine Sortieranalyse von Restabfällen zugeordnet werden können.

⁵⁵ Umweltbundesamt 2023: Ermittlung der KlimaschutzPotentiale in der Kreislaufwirtschaft für Deutschland und die EU, <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ermittlung-der-klimaschutzpotentiale-in-der-0> [Zugriff am 28.12.2023].

⁵⁶ www.dresden.de/gebrauchtabergut [Zugriff am 30.11.2023].

⁵⁷ <https://www.smekul.sachsen.de/foerderung/foerderrichtlinie-reparaturbonus-fuer-elektro-und-elektronikgeraete.html> [Zugriff am 07.01.2023].

Getrenntsammlung/ Recycling

Voraussetzung einer hochwertigen, insbesondere stofflichen Verwertung ist die Getrenntsammlung der Abfälle. Seit dem 1. Januar 2005 ist gesetzlich eine Getrenntsammlung von Bioabfällen, Glas, Papier, Kunststoffen und Metallen (§ 11 Abs. 1 KrWG) sowie seit 2006 von Elektroaltgeräten vorgeschrieben. In der LHD besteht bereits ein umfangreiches System zur getrennten Erfassung der Abfälle. Auch das verursachergerechte Gebührensystem trägt zu einer Erhöhung der Qualität der Getrennterfassung bei. Ungeachtet dessen, enthält der Restabfall weiterhin Wertstoffe, welche zwischen 50 Prozent und 100 Prozent stofflich verwertet werden können. Ziel und Aufgabe ist es, durch geeignete Maßnahmen die Wertstoffpotentiale im Restabfall weiter zu erschließen und diese einer hochwertigen Verwertung zuzuführen. Aus Abfällen werden Sekundärrohstoffe, welche durch Substitution von Primärrohstoffen zur Ressourcenschonung und CO₂-Einsparung beitragen. Die Beiträge der getrennten Wertstofffassung und -verwertung können anhand ausgewählter Stoffe und Abfälle im Vergleich zum Primärrohstoffeinsatz wie folgt beschrieben werden⁵⁸:

- Aluminium: > 10 t CO₂/t an recyceltem Material
- Elektroaltgeräte: 1 t CO₂/t an recyceltem Material
- Leichtverpackungen: 0,5 t CO₂/t an recyceltem Material
- Altpapier: 0,4 t CO₂/t an recyceltem Material
- Altglas: 0,2 t CO₂/t an recyceltem Material

8.6.1.1 Nichtenergetische THG-Emissionen

Den Hauptbeitrag an nichtenergetischen THG-Emissionen verursachen Methan-Emissionen aus Deponien, die sich durch anaerobe Zersetzung von organischem Material bilden. Abfalldeponien sind weltweit für 2-3 Prozent der THG-Emissionen verantwortlich⁵⁹. Seit dem Jahr 2005 ist die Deponierung ohne Vorbehandlung in Deutschland verboten. Auf dem Gebiet der LHD gibt es insofern auch keine aktive Deponie mehr. Unabhängig, davon setzen Altdeponien weiterhin klimaschädliches Methan frei, insbesondere, wenn auf diesen Hausmüll mit entsprechend biogenem Anteil deponiert wurde. Im Gebiet der LHD gibt es insgesamt 19 Altdeponien von denen noch die Deponie auf der Radeburger Straße aktiv entgast wird. Das heißt, dass Gasbrunnen gebohrt wurden, welche eine Sammlung des Methans ermöglichen. Dieses wird anschließend mittels eines BHKWs zur Stromerzeugung genutzt und entweicht nicht in die Atmosphäre. Im Jahr 2022 wurden insgesamt circa 2,3 Mio. m³ Methangas gefasst und damit circa 3,3 MWh Strom über das BHKW produziert. Bei den übrigen Deponien handelt es sich vor allem um Schuttgutdeponien, welche nur noch in sehr geringem Umfang Methan emittieren. Gesonderte Daten für diese Deponien sind nicht verfügbar, da diese zu großen Teilen bereits rekultiviert sind und mögliche THG-Emissionen nur über spezielle Messprogramme erfassbar wären.

Im Rahmen der Vergärung des Bioabfalls entsteht vorrangig Biogas, welches aus Methan und CO₂ besteht. Dieses gelangt jedoch nicht in die Atmosphäre, sondern wird energetisch verwertet.

Perspektivisch ist für die Verwertung des Dresdner Restabfalls die Errichtung eines EBS-Heizkraftwerkes vorgesehen. Für die dabei entstehenden THG-Emissionen (CO₂, Stickstoffoxide (NO_x)) sind entsprechende Lösung vorzusehen, damit diese möglichst nicht in die Atmosphäre gelangen.

8.6.1.2 Energetische THG-Emissionen

Energetische THG-Emissionen entstehen bei:

⁵⁸ Quelle: Umsicht/ALBA: Recycling für den Klimaschutz – Ergebnisse der Fraunhofer Umsicht-Studie zur CO₂-Einsparung durch Recycling – eine Untersuchung für die ALBA Group, 2011.

⁵⁹ IPCC (2001). Summary for Policymakers and Technical Summary of Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Bert Metz et al. eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

- Sammlung und Transport (Kraftstoffverbrauch der eingesetzten Fahrzeuge),
- Sortierung und Aufbereitung (Elektroenergie, Gasverbrauch im Rahmen von Trocknungsprozessen),
- Verwertung und Beseitigung der Abfälle (Elektroenergie, Gasverbrauch im Rahmen thermische Verwertung).

Detaillierte Angaben zu Energieverbräuchen der einzelnen Anlagen sowie für die Sammlung liegen für diese einzelnen Schritte nicht vor. Nachfolgend erfolgt ein Überblick über die derzeit zur Verfügung stehenden Daten hinsichtlich der relevantesten Abfallarten der kommunalen Abfallbilanz. In Band III findet sich ein Überblick über die aktuelle Abfallbilanz der LHD für das Jahr 2022.

Restabfall

Der Restabfall wird seit Februar 2020 in der Umschlaganlage der SRD am Hammerweg umgeschlagen und anschließend in verschiedene thermische Abfallverwertungsanlagen verbracht. Die durchschnittliche Transportentfernung betrug im Jahr 2022 rund 134 km. Die LHD weißt für eine Großstadt bereits eine vergleichsweise geringe Restabfallmenge auf. Die Transportemissionen für die Sammlung der Restabfälle sind somit bereits reduziert.

Perspektivisch ist für die Verwertung des Dresdner Restabfalls die Errichtung eines EBS-Heizkraftwerkes vorgesehen. Dadurch könnten die bisherigen Transportwege entfallen und die entstehende Wärme für das Fernwärmenetz genutzt werden (siehe Kapitel 10.5.2) und Band II Maßnahme G.3-01).

Wertstoffe

Das **Altglas** wird Sortier- und Aufbereitungsanlagen zugeführt und in der Glasindustrie verwertet.

Das **Altpapier** wird zu einer Papierfabrik in Eisenach (Transportentfernung ca. 212 km) transportiert, dort sortiert und aufbereitet.

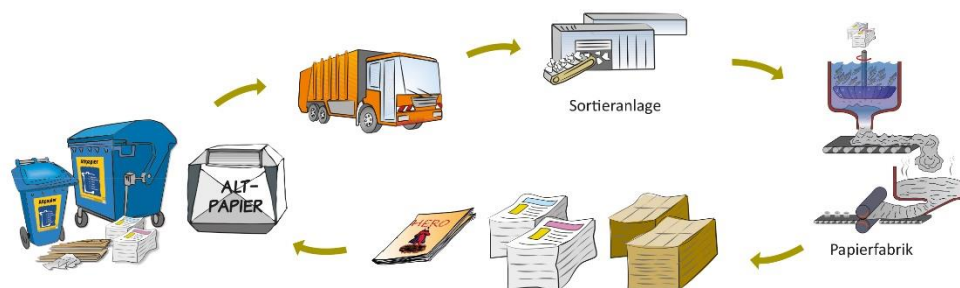


Abbildung 8-13: Verwertungsweg Altpapier in der LHD

Die Zuständigkeit für die Sammlung und Entsorgung der **Leichtverpackungen** liegt nicht bei der LHD, sondern erfolgt im Auftrag der Dualen Systeme Deutschland durch die Veolia Umweltservice Ost GmbH. Dabei werden etwa 55-60 Prozent recycelt. Der Rest wird thermisch verwertet.

Bioabfälle

Die Bioabfälle werden in der Vergärungsanlage der MVV Energie AG in Dresden Klotzsche verwertet. Das erzeugte Biogas wird zu einem Teil in BHKW verstromt und zu einem weiteren Teil zu Erdgasqualität aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist. Ein Teil der erzeugten Wärme wird zur Deckung des Wärmebedarfes der Anlage genutzt. Der Gärrest wird kompostiert. Der Kompost wird in der Landwirtschaft sowie im Garten- und Landschaftsbau verwendet.



Abbildung 8-14: Verwertungsweg Bioabfälle in der LHD

Grünabfälle/ Weihnachtsbäume

Die Verwertung der Grünabfälle erfolgt durch die Humuswirtschaft Kaditz GmbH in Kompostierungsanlagen. Etwa 75 Prozent der Grünabfälle werden kompostiert, etwa 25 Prozent energetisch verwertet. Dies sind überwiegend holzige Bestandteile.

Sperrmüll und Altholz

Sperrmüll und Altholz werden in der Wertstoffaufbereitungsanlage der Veolia Umweltservice Ost GmbH sortiert und aufbereitet. Der Sperrmüll wird dabei zu etwa 61 Prozent zur Ersatzbrennstoff-Herstellung genutzt. Der Holzanteil von rund 22 Prozent wird unmittelbar thermisch verwertet. Die übrigen Anteile werden etwa zu gleichen Teilen stofflich und thermisch verwertet. Das Altholz wird anschließend zu 99 Prozent thermisch, der Rest stofflich verwertet.

8.6.2 Abwasserwirtschaft

Der Eigenbetrieb Stadtentwässerung Dresden der LHD ist Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung in der LHD. Die Stadtentwässerung Dresden GmbH (SEDD) ist der für die Aufgabendurchführung eingesetzte Dienstleister.

Die öffentliche Abwasserbeseitigung umfasst die Sammlung und Behandlung des Abwassers. Zu den öffentlichen Abwasseranlagen der LHD zählen neben dem umfangreichen Dresdener Kanalnetz mit zahlreichen Pump- und Sonderbauwerken insbesondere die Kläranlage (KA) Kaditz und die Ortskläranlage Eschdorf. In der KA Dresden Kaditz werden dabei nicht nur die Abwässer der Bürger der LHD behandelt, sondern auch Einleitungen aus den Umlandgemeinden (insbesondere Pirna, Heidenau, Freital, Tharandt, Bannewitz, Radebeul sowie vom Abwasserzweckverband Wilde Sau in Wilsdruff) und von den in der LHD angesiedelten Unternehmen. Dabei kommt der Halbleiterindustrie eine zentrale Rolle zu. Umgekehrt werden Abwässer aus Dresden zum Teil in öffentliche Abwasseranlagen der Umlandgemeinden eingeleitet. Dies betrifft insbesondere:

- die Abwasserbeseitigung in den Ortsteilen Langebrück, Marsdorf und Teilen von Weixdorf, die in die Verbandskläranlage des Abwasserverbandes Rödertal entwässern,
- die Entwässerung des Ortsteils Schönborn, die zur KA Radeberg erfolgt,
- weitere Abwassereinleitungsverträge, u. a. mit den Städten Freital, Radebeul und Radeberg für einzelne Gebietsteile am jeweiligen Dresdner Stadtrand.

Das Abwasserbeseitigungskonzept bis 2038 (ABK)⁶⁰ ist die Handlungsgrundlage für die Entwicklung der Abwasserbeseitigung in der LHD. Unter Berücksichtigung zu erwartender gesetzlicher Anforderungen und den klimatischen Änderungen wurden hieraus die erforderlichen Maßnahmen zur Sicherstellung

⁶⁰ Beschluss Stadtrat zu V2387/23 (SR/056/2023) vom 16.11.2023.

eines zukunftssicheren Abwassersystems abgeleitet. Das Konzept stellt zudem die Weichen für den Weg zur Erhöhung des Anteils regenerativer Energien bzw. der Eigenenergieerzeugung hin zur energieautarken Kläranlage sowie der damit verbundenen weiteren Reduzierung von THG-Emissionen. Die nachfolgenden Ausführungen basieren insoweit auf diesem Konzept.

8.6.2.1 Nichtenergetische THG-Emissionen⁶¹

Im Rahmen der Abwasserbehandlung entstehen direkte Emissionen in Form von Lachgas und Methan. Dies ist neben den zentralen Kläranlagen grundsätzlich auch für die dezentrale Abwasserentsorgung (Kleinkläranlagen und abflusslose Gruben) relevant, welche in der LHD aber nur in geringem Umfang erfolgt.

Durch die SEDD erfolgt eine rechnerische Erfassung nichtenergetischer THG-Emissionen über Kennwerte aus der Literatur; jedoch keine messtechnische Ermittlung. Die Erfassung von Lachgas- bzw. Methan-Emissionen ist messtechnisch schwierig, da die Emissionen zeitlich und räumlich variabel auftreten. Die Lachgas-Emissionen resultieren überwiegend aus der Stickstoffentfernung bei der biologischen Abwasserbehandlung. Die Menge an Lachgasemissionen hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie zum Beispiel dem Betriebsregime, der Behandlungstechnologie und variierenden Zulauffrachten. Die Methan-Emissionen treten überwiegend im Rahmen der Schlammbehandlung als Teilprodukt der anaeroben Faulung und Biogasverwertung auf.

Hinsichtlich der Reduktion der Lachgas-Emissionen wird in der Literatur eine möglichst weitgehende biologische Stickstoffentfernung empfohlen. Dies wird durch betriebliche Optimierungsmaßnahmen bereits umgesetzt (derzeit etwa 85 Prozent Stickstoffelimination). Durch die Erweiterung der Abwasserbehandlung um zwei Belebungsbecken wird die Lachgas-Emission auf einem niedrigen Level gehalten, indem trotz der prognostizierten Steigerung des Abwasseranfalls ein gut eingestellter und stabiler Betrieb gewährleistet wird.

Für die Reduktion der Methan-Emissionen werden verschiedene Ansätze verfolgt. Der Fokus liegt hierbei auf der Minimierung der Verschleppung von Methan aus den Faultürmen, welches durch eine Vergrößerung der hydraulischen Verweilzeit in der Faulung erreicht wird. Dies wird gegenwärtig durch kontinuierliche Optimierung der Rohschlammeindickung bereits umgesetzt. Im ABK ist die Errichtung eines zusätzlichen Faulbehälters vorgesehen. Damit verbunden ist eine längere Gesamtverweilzeit der Faulung, die es ermöglicht, das Restgaspotenzial des Faulschlammes stärker zu nutzen. Einerseits wird durch die Erweiterung der Faulung die Biogasproduktion erhöht und andererseits wird dadurch die Methanverschleppung aus den Faultürmen reduziert. Aktuell erfolgt der Bau eines zweiten Gasspeichers, sodass das anfallende Biogas zukünftig auch bei Wartungsarbeiten gespeichert werden kann. Die Betriebsstunden der Gasfackel werden reduziert. Der Methanschlepp wird infolge der Reduzierung der Start-Stopp-Zyklen der BHKW abgemindert.

8.6.2.2 Energetische THG-Emissionen

Ausgangssituation

Der **Gesamtwärmeverbrauch** der KA Kaditz betrug 2022 rund 16.557 MWh_{th}/a. Davon:

- rund 2.457 MWh_{th}/a (15 Prozent) Baufeld A als Heizwärme für die Gebäudeheizung und Warmwasseraufbereitung,
- rund 14.100 MWh_{th}/a (85 Prozent) Baufeld B als Prozesswärme mit den Anlagen der Schlammbehandlung.

⁶¹ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2022). DWA-Regelwerk Merkblatt DWA-M 230-1 Treibhausgasemissionen bei der Abwasserbehandlung – Teil 1: Direkte Treibhausgasemissionen – Messen und Bewerten.

Der Wärmebedarf des Nahwärmenetzes Baufeld A wird zu etwa 87 Prozent über den Bezug von Fernwärme gedeckt. Für die verbleibenden 13 Prozent werden eigene regenerative Wärmequellen (Abwasserwärme, Serverwärme und Geothermie) genutzt. Der Wärmebedarf des Nahwärmenetzes auf dem Baufeld B wird zu 100 Prozent aus dem eigenen in der Schlammfäulung erzeugten Biogas gedeckt.

Der **Gesamtstrombedarf** für die Abwasserbeseitigung betrug in 2022 rund 24.700 MWh.

Dieser verteilt sich wie folgt:

- 21.701 MWh: Betrieb der KA Kaditz und ihrer Nebenanlagen
- 2.835 MWh: Abwasserableitung (insbesondere Abwasserpumpwerke im Kanalnetz)
- 130 MWh: KA Eschdorf

Der spezifische Elektroenergiebedarf liegt mit etwa 24,9 kWh/(EW*a) unterhalb des bundesdeutschen Medians vergleichbarer KA.

Ein gutes Monitoring der Energieverbräuche einer KA bietet die besten Voraussetzungen für die richtigen Entscheidungen im Bereich Energieeinsparung. Die SEDD hat mit dem Programm Energie21 bereits seit 2010 die Weichen für eine kontinuierliche Energieeinsparung sowie die Erhöhung des Anteils EE gestellt. Sowohl Elektro- als auch Wärmeenergie sind von erheblicher Relevanz. Beide Energiearten stehen seit Jahren im Fokus der Energieoptimierung. Angestrebt werden ein möglichst geringer Verbrauch sowie regenerative Herkunftsquellen.

Der Stromverbrauch konnte seit 2010 trotz einer deutlich gestiegenen Mehrbelastung der KA Kaditz durch zusätzliche Abwassermengen und -frachten um rund 15 Prozent reduziert werden (s. Abbildung 8-15). Auch beim Wärmeverbrauch konnten nennenswerte Einsparungen erreicht werden. Die Schritte in diesem Bereich konzentrieren sich auf Maßnahmen zur Reduzierung von Wärmeverlusten und auf die Steigerung des Wirkungsgrades der Heizungsanlagen über die technische Optimierung.

Energieverbrauch

in MWh_{el}

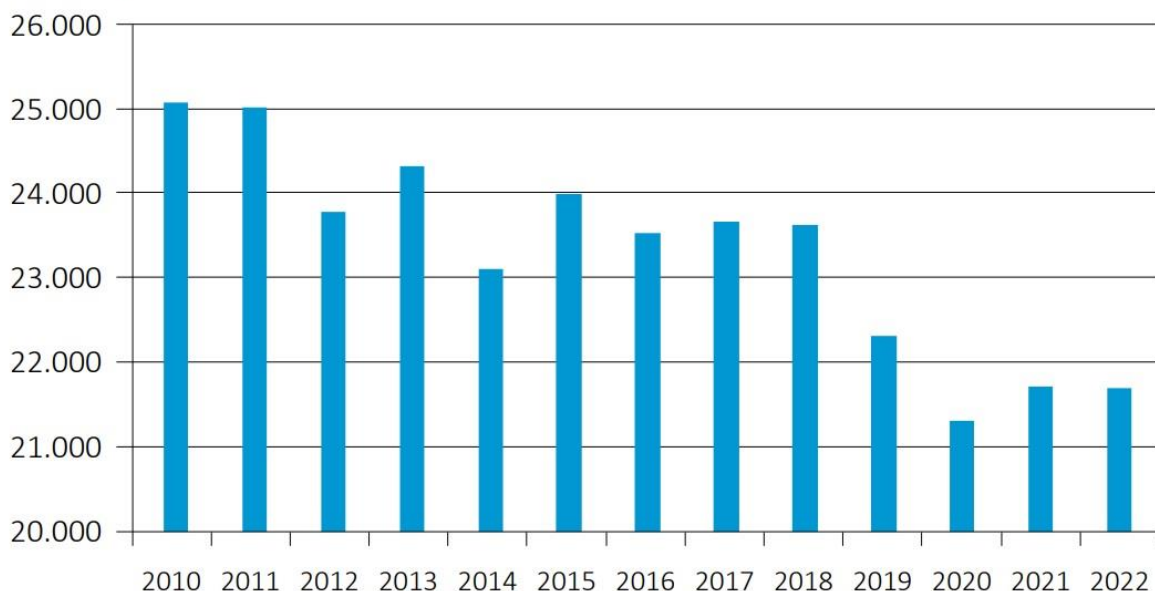


Abbildung 8-15: Entwicklung des Elektroenergieverbrauches der KA Kaditz

Die seitens der SEDD benötigte Energie wird zu einem weit überwiegenden Teil regenerativ erzeugt bzw. bei erforderlicher Beschaffung aus regenerativen Quellen bezogen.

Als Eigenenergiequellen werden genutzt:

- Biogas der Schlammfäulung für die Strom- und Wärme­gewinnung,
- Wasserkraftanlage im Kläranlagenablauf für die Stromerzeugung,
- PV für die Stromerzeugung,
- Wärme aus Abwasser für die Wärme­gewinnung und
- Geothermie für die Wärme­gewinnung.

Die Schlammbehandlung erfolgt in zwei Faulbehältern von jeweils 10.500 m³ Volumen, die zur Erzeugung von Biogas und der Hygienisierung des Klärschlammes dienen. Zur Steigerung der Biogasausbeute werden der Fäulung fermentierbare Co-Substrate aus externem Aufkommen zugeführt.

Das Sieb- und Rechengut der KA Kaditz und der KA Eschdorf wird biologisch getrocknet und als Ersatzbrennstoff thermisch verwertet.

Im Jahr 2022 konnte, gemessen am Bedarf, eine Eigenversorgungsquote für elektrischen Strom von über 80 Prozent erreicht werden. Bei der Eigenversorgungsquote für Heizungs- und Prozesswärme konnte in Relation zum Gesamtwärmebedarf der KA Kaditz bereits ein Eigenanteil von 87 Prozent erreicht werden.

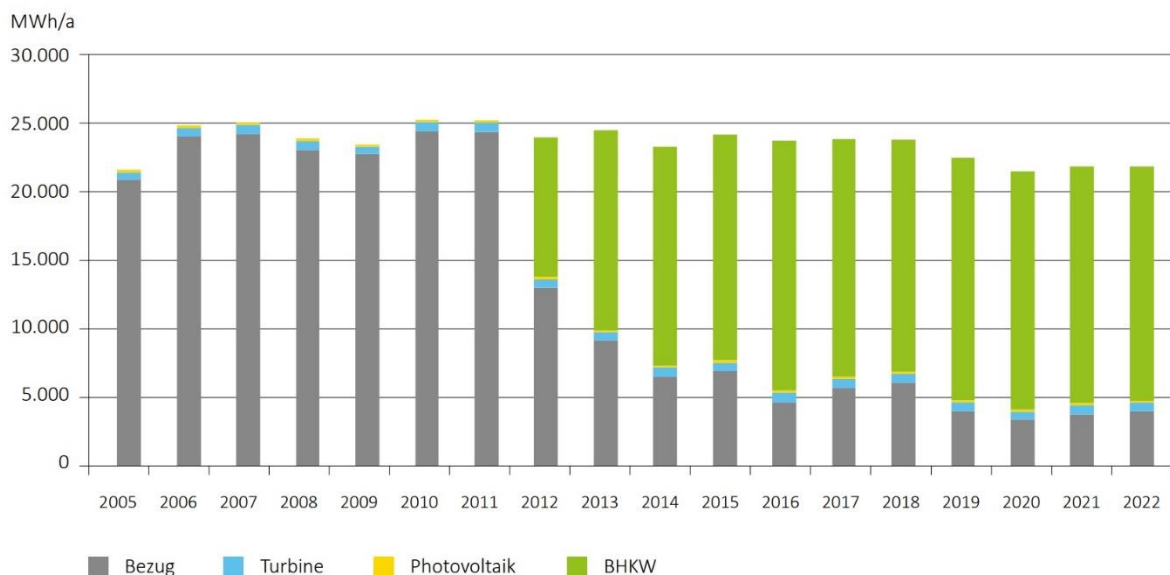


Abbildung 8-16: Entwicklung Jahresenergieverbrauch und Erzeugung regenerativer Elektroenergie

Entsprechend konnte seit 2005 auch eine deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen erreicht werden (s. Abbildung 8-17).

CO₂-Emission

in t_{CO₂}/a

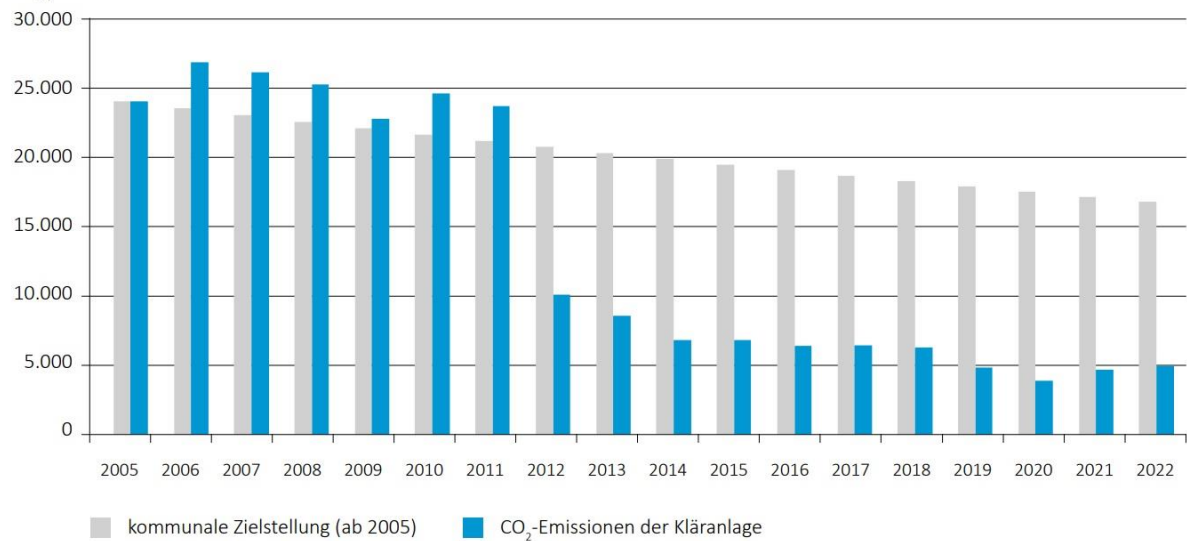


Abbildung 8-17: CO₂-Reduzierung am Standort KA Kaditz

Prognosen und zukünftige Maßnahmen

Das ABK geht unter Berücksichtigung der Einwohnerentwicklung, der Erhöhung des Anteils der bebauten Fläche sowie einer deutlichen Erhöhung der Abwassermengen aus der Mikroelektronik von einer deutlichen Steigerung der Mengen in den nächsten 15 Jahren aus (um ~ 62 Prozent auf 199.488 m³/d).

Sowohl die kontinuierliche Zunahme des behandlungsbedürftigen Abwassers mit den damit einhergehenden Mengen- und Frachtsteigerungen als auch weitere gesetzliche Anforderungen wie bspw. die Elimination von Mikroschadstoffen durch den Bau einer 4. Reinigungsstufe führen perspektivisch zu einem erhöhten Energiebedarf.

Auch der Wärmebedarf der Schlammbehandlung wird durch höhere Klärschlammengen um rund 30 Prozent ansteigen.

Energiebedarf

in MWh/a

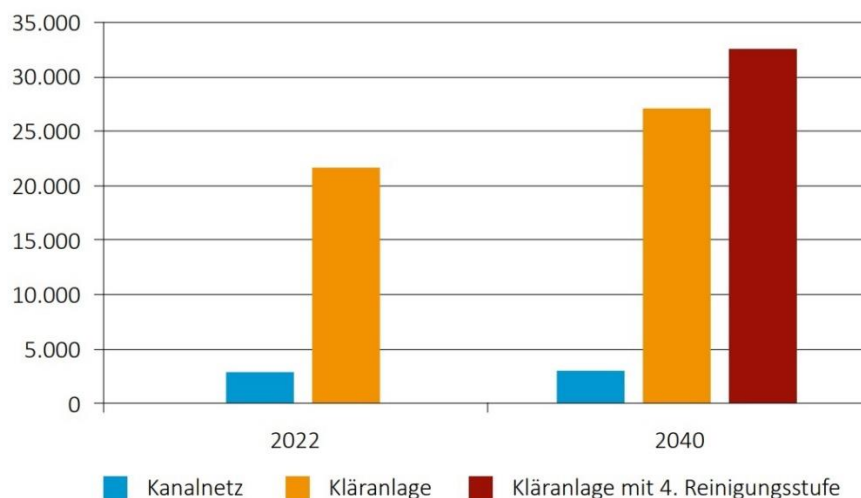


Abbildung 8-18: Vergleich derzeitiger und prognostizierter Energiebedarf der KA und des Kanalnetzes

Mit den im ABK vorgesehenen Ausbaumaßnahmen wird neben der Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Situation auch eine Verbesserung der Klimaauswirkungen der KA Kaditz erreicht.

An verschiedenen Stellen kann die Erzeugung von Eigenenergie damit deutlich gesteigert werden. Die Wärmeleistung der installierten BHKW ermöglicht die zeitnahe Steigerung der Wärmeeigenerzeugungsquote von 87 auf 100 Prozent. Im Zuge des Neubaus der Zulaufgruppe und der für die Errichtung der 4. Reinigungsstufe erforderlichen Verlagerung von Betriebs- und Verwaltungsgebäuden werden diese neu mit entsprechend besserer Wärmedämmung errichtet, so dass sich damit auch der künftige Heizwärmebedarf verringern wird.

In der Konzeption zum Ausbau der KA Kaditz ist ein dritter Faulbehälter zur Erweiterung der Schlammbehandlungskapazität vorgesehen, wodurch eine höhere Biogasausbeute und damit einhergehende Eigenstromproduktion erwartet wird.

Die zukünftigen über den heutigen Stand der Technik hinausgehenden Reinigungsanforderungen werden den spezifischen Energieverbrauch der Abwasserbehandlung erhöhen, was weitere Maßnahmen zur Erreichung der CO₂-Ziele nach sich ziehen wird. Daher ist eine ganzheitliche Emissions- und Aufwandsbewertung der Abwasserbehandlung und sämtlicher dazu erforderlicher Aufwendungen einschließlich der Energie- und Stoffverbräuche sinnvoll und notwendig.

Erschließung Wärmepotential aus Abwasser

Das Nutzungspotential der Wärme des Abwassers für Heizungszwecke wird bei alleiniger Betrachtung der Wärmenutzung im Kläranlagenbetrieb nicht ausgeschöpft. Das Verwertungspotential der Abwasserwärme kann um ein Vielfaches gesteigert werden, wenn die Wärme mit Wärmepumpen in Heizwasser transformiert und damit für die Fernwärmeversorgung nutzbar gemacht wird.

Die Entwicklung derartiger Konzepte überschreitet die Grenzen und Zuständigkeiten der Abwasserwirtschaft, ist aber im Sinne der Klimazielstellungen, des Ressourcenschutzes und der THG-Emissionsminderungsstrategien von großer Bedeutung. Gemeinsam mit den städtischen Partnern wird das Thema vertiefend untersucht (siehe Kapitel 10.3.3 und Band II Maßnahme G.3-03)

8.7 Handlungsfeld Graue Energie, Bau, Konsum und Ernährung

Der Begriff „Graue Energie“ bezieht sich auf den versteckten Energieaufwand, der bei der Herstellung, dem Transport und der Entsorgung von Produkten entsteht, aber nicht offensichtlich im Endprodukt sichtbar ist. Es handelt sich demzufolge um den indirekten Energiebedarf eines Produktes im Gegensatz zum direkten Energiebedarf bei dessen Nutzung. Die Analyse grauer Energie ist entscheidend, um den tatsächlichen ökologischen Fußabdruck eines Produkts oder einer Dienstleistung bilanzieren zu können.

Bausektor

Eine zentrale Rolle spielt graue Energie im Bausektor, da nur bei deren Berücksichtigung der Energieaufwand während des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden erfasst werden kann. Dieser Lebenszyklus erstreckt sich von der Rohstoffgewinnung über die Herstellung von Baustoffen, den Transport, die eigentliche Bauphase bis hin zu Betrieb und letztendlich der Entsorgung des Gebäudes.

Der Anteil der grauen Energie aus dem Bausektor an den gesamten THG-Emissionen beträgt in der Europäischen Union etwa neun Prozent.⁶² Demzufolge stellt dessen Reduzierung einen wichtigen Baustein zur Erreichung der Klimaneutralität dar.

Die graue Energie im Bausektor ist stark mit der Materialwahl verbunden. Die Produktion von Baumaterialien wie Zement, Stahl oder Dämmstoffen erfordert erhebliche Mengen an Energie und trägt somit maßgeblich zur grauen Energie bei. Darüber hinaus spielt der Transport der Materialien zur Baustelle und der Energieaufwand während der Bauphase selbst eine entscheidende Rolle.

Um den Einfluss der grauen Energie im Bausektor zu minimieren, setzt die Baubranche vermehrt auf nachhaltige Bauweisen, energieeffiziente Materialien und Recycling. Der Fokus liegt auf der Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks von Gebäuden, indem umweltfreundliche Baustoffe verwendet und energieeffiziente Bau- und Betriebsprozesse implementiert werden.

Eine wichtige Innovation zur Reduzierung der klimaschädlichen grauen Energie im Bausektor ist der Einsatz des an der TU Dresden entwickelten neuen Baustoffs Carbonbeton.⁶³ Im Rahmen des 2022 fertig gestellten Carbonbetonbaus „Cube“ auf dem Campus der TU Dresden wurde der Textilbaustoff weltweit das erste Mal in der Praxis angewendet.⁶⁴ Durch den Einsatz von Carbonbeton können je nach Bauteil bis zu 80 Prozent an Beton eingespart werden. Darüber hinaus sind damit Formen und Gestaltungen möglich, die mit herkömmlichen Beton nicht umsetzbar wären. Die höheren Baustoffkosten gleichen sich dadurch wieder aus, dass mit dem neuen Baustoff eine wesentlich dünnere und damit ressourcenschonende Bauweise realisiert werden kann.

Im Rahmen einer Zusammenarbeit des deutschlandweiten Carbonbetonverbandes C3 mit Sitz in Dresden und dem städtischen Tochterunternehmen STESAD GmbH soll der neue Baustoff zukünftig vermehrt bei städtischen Bauprojekten eingesetzt werden. Ein erstes diesbezügliches Projekt ist der in 2023 begonnene Bau der neuen Sporthalle der 49. Grundschule in Dresden Plauen.⁶⁵

Ein weiterer Ansatz für klimafreundlicheres Bauen ist der verstärkte Einsatz der Holzbauweise, der auch Bestandteil des aktuellen Koalitionsvertrages im Freistaat Sachsen ist.⁶⁶ Holz als Baustoff ist erneuerbar, bindet während seines Wachstums CO₂ und setzt damit im Vergleich zu anderen Baumaterialien deutlich weniger Treibhausgase im „Herstellungsprozess“ frei.

Neben dem Einsatz neuer sowie der Wiederverwendung alter Baustoffe ist die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft im Bauwesen eine zusätzliche Säule der Dekarbonisierung. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Stadt-Land-Plus - Verbundprojekt INTEGRAL bezweckt die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft hinsichtlich des mineralischen Stoffstroms im Bauwesen sowie die Gestaltung einer ressourcenschonenden und effizienten Flächennutzung. Dazu wird ein Tool mit den Modulen Qualität, Material und Fläche für die Landeshauptstadt Dresden sowie den Landkreis Meißen erstellt⁶⁷. Der Einsatz mineralischer Recycling-Baustoffe schont die endlichen Steine-Erden-Rohstoffe, verringert die Flächennutzung durch übermäßige Abbaustätten und spart Deponieraum ein.

⁶² <https://www.gebaeudeforum.de/wissen/ressourcen-und-emissionen/graue-energie-und-emissionen/> [Zugriff am 21.11.2023].

⁶³ https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/forschung/Forschungsfelder/CRC/grundlagen-crc/Grundlagen_TRC_SFB_528/SFB_528 [Zugriff am 21.11.2023].

⁶⁴ <https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/das-institut/news/feierliche-einweihung-des-weltweit-ersten-gebaeudes-aus-carbonbeton-cube-1> [Zugriff am 21.11.2023].

⁶⁵ <https://carbon-concrete.org/baustart/> [Zugriff am 21.11.2023].

⁶⁶ <https://medienservice.sachsen.de/medien/news/1067646> [Zugriff am 21.11.2023].

⁶⁷ Weitere Informationen siehe <https://integral-info.webspace.tu-dresden.de/entscheidungshilfetool/> [Zugriff am 21.11.2023].

Daneben führen die meist geringeren Aufwendungen in der Herstellung und den Transporten zu einem geringeren Primärenergieeinsatz und THG-Potential im Vergleich zur Verwendung qualitativ gleichwertiger Primärbaustoffe.

Das Amt für Hochbau und Immobilien erstellt aktuell einen Leitfaden „Nachhaltige kommunale Gebäude Dresden“ um die städtischen Hochbauprojekte zukünftig nachhaltiger, ressourcenschonender und klimafreundlicher umsetzen zu können. Das Amt für Schulen betreut aktuell bereits drei schulische Pilotbauprojekte die nach der Entwurfsfassung des Leitfadens erstellt und mit einer wissenschaftlichen Begleitforschung kombiniert werden. Bereits in den letzten Jahren wurden diverse städtische Bauprojekte unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten errichtet. Beispielsweise erhielt der 2018 fertig gestellte Schulcampus Tolkewitz 2020 die Gold-Zertifizierung entsprechend des Bewertungssystems für nachhaltiges Bauen (BNB) des Bundesbauministeriums.⁶⁸

Neben dem Bau von Gebäuden spielt graue Energie im kommunalen Kontext auch im Straßenbau eine entscheidende Rolle. Eine Reduzierung der damit verbundenen THG-Emissionen kann im Wesentlichen durch den verstärkten Einsatz umweltfreundlicher Baustoffe sowie neue Bauverfahren erreicht werden. Beispielsweise können asphaltierte Straßen mit recyceltem Asphalt oder anderen nachhaltigen Materialien hergestellt werden, wenn sie dem aktuellen Stand der Technik und somit den einschlägigen bundesweiten Richtlinien, Regelwerken, Zusätzlichen Vertragsbedingungen (ZTV) sowie DIN-Normen entsprechen.

Im Rahmen des Maßnahmenpaketes 7.1 „Graue Energie im Bausektor“ (siehe Band II) sollen neue Baustoffe sowie Bauweisen für einen klimafreundlichen Straßenbau sondiert und auf ihre Eignung für die LHD geprüft werden.

In der Gesamtschau befinden sich eine Reihe von konkreten kommunalen Maßnahmen und Strategien in der Entstehung, die sich einen Rückgang der grauen Energie im Bauwesen zum Ziel gesetzt haben.

Konsum

Klimafreundlicher und regionaler Konsum ist zu einem Schlüsselthema im Streben nach einem nachhaltigeren Lebensstil geworden. Der bewusste Einkauf von Produkten aus der eigenen Region trägt maßgeblich zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks bei und unterstützt die lokale Wirtschaft.

Beim klimafreundlichen, regionalen Konsum steht die Idee im Vordergrund, Ressourcen effizient zu nutzen und den Transportaufwand zu minimieren. Im kommunalen Kontext ist dabei insbesondere ein Konsumverhalten anzustreben, welches auf den Erwerb von abfall- und schadstoffarmen Produkten sowie die Nutzung von Mehrwegverpackungen ausgerichtet ist. Diesbezüglich kann die LHD unter anderem im Rahmen der eigenen Beschaffung und Vergabe sowie bei der Veranstaltung der kommunalen Märkte eine Vorreiterrolle einnehmen und so wichtige Impulse in die Stadtgesellschaft geben. Weitere Ansätze für einen klimafreundlicheren Lebens- und Konsumstil sind Reparaturangebote (bspw. Reparaturcafés) und insbesondere Sharing-Modelle in diversen Bereichen.

Insgesamt leistet klimafreundlicher, regionaler Konsum einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz, indem er dazu beiträgt, den ökologischen Fußabdruck zu reduzieren, die lokale Wirtschaft zu stärken und eine nachhaltige Lebensweise zu fördern.

⁶⁸ https://www.dresden.de/de/rathaus/aktuelles/pressemitteilungen/2020/08/pm_044.php?pk_kwd=news [Zugriff am 21.11.2023].

Ernährung

Grundsätzlich gelten die zur Thematik Konsum ausgeführten Argumente für eine klimafreundliche und nachhaltige Beschaffung auch für das Thema Ernährung. Ein wesentlicher Aspekt liegt dabei in der Reduzierung von Transportwegen. Durch den Bezug von Lebensmitteln aus der Umgebung werden lange Lieferketten vermieden, was den Energieverbrauch und die damit verbundenen THG-Emissionen deutlich verringert. Gering verarbeitete, saisonale Produkte aus der Region bedeuten oft auch weniger Verpackung und einen geringeren Bedarf an Konservierungsmitteln.

Die Unterstützung lokaler Landwirte und Produzenten ist ein weiterer entscheidender Aspekt klimafreundlicher regionaler Ernährung. Durch den Kauf von Produkten direkt vom Bauernhof oder auf lokalen Märkten sowie in ansässigen Supermärkten mit einem regionalen Angebot wird nicht nur die lokale Wirtschaft gestärkt, sondern auch die Vielfalt in der Landwirtschaft gefördert. Dies trägt zur Erhaltung traditioneller Anbau- und Zuchtmethoden bei, während gleichzeitig Monokulturen und umweltbelastende landwirtschaftliche Praktiken reduziert werden.

Eine klimafreundliche Ernährung ist in erster Linie eine ausgewogene und gesunde Ernährung. Viele ernährungsbedingte Krankheiten wie Diabetes mellitus oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen werden mit einem hohen Konsum von tierischen Produkten und stark verarbeiteten Lebensmitteln in Verbindung gebracht. Tierische Nahrungsmittel haben u. a. einen hohen Gehalt an gesättigten Fettsäuren und erhöhen dadurch den LDL-Cholesterinspiegel. Stark verarbeitete Lebensmittel wiederum sind mit viel Salz, Zucker, Konservierungsstoffen und Geschmacksverstärkern angereichert. Ballaststoffe und sekundäre Pflanzenstoffe wie Polyphenole und Carotinoide können nur über pflanzliche Lebensmittel aufgenommen werden. Eine Erhöhung des Anteils pflanzlicher Lebensmittel bei gleichzeitiger Reduktion tierischer Lebensmittel wirkt sich daher positiv auf die Gesundheit aus. In Verbindung mit einem regionalen und saisonalen Ansatz stellt die pflanzenbetonte Ernährung somit eine umwelt- und gesundheitsverträgliche Ernährungsform dar.

Ein regionales Dresdner Projekt ist in diesem Zusammenhang die „essbare Stadt Dresden“, die durch die LHD unterstützt wird.⁶⁹

In einer „essbaren Stadt“ werden städtische Flächen auch für die Kultivierung von essbaren Pflanzen, beispielsweise auf Grünflächen, Parks, Dachgärten und Gemeinschaftsgärten genutzt. Diese Flächen bieten nicht nur einen Erholungsaspekt, sondern auch eine lokal produzierte Nahrungsquelle.

8.8 Handlungsfeld Technische THG-Senken

Wie in Kapitel 7 benannt, kann es auch zukünftig unvermeidbare Rest-Emissionen geben, die kompensiert werden müssen, um das Ziel Netto-Null zu erreichen. Die verbleibenden THG-Emissionen müssen dann durch "negative Emissionen" bilanziell ausgeglichen werden. Mögliche technische Verfahren zur Bindung von Treibhausgasen sind z. B.:

- Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS),
- Direct Air Carbon Capture and Storage (DACCS) oder
- die stoffliche Bindung von CO₂ in grünem Polymeren (grünes Naphtha).

Bei den technischen THG-Senken handelt es sich derzeit noch um theoretische Überlegungen bzw. um Forschungsstände, aber noch nicht um marktreife Breitbandanwendungen. Es ist auch nicht klar wie dauerhaft derartige Speicher bzw. Nutzungslösungen zur Bindung von CO₂ sind. Zusätzlich erfordern

⁶⁹ u. a. <https://www.zukunftsstadt-dresden.de/projekte/f1/> [Zugriff am 21.11.2023].

diese Lösungen zur Abscheidung und Speicherung von CO₂ einen hohen Energie- und Ressourcen-Aufwand. Es ist davon auszugehen, dass technische CO₂-Senken damit nur einen geringen Beitrag zur Einhaltung der Klimaschutzziele leisten können.

Ein noch nicht gelöstes methodisches Problem ist dabei die Vermeidung von "Doppelzählungen". Es gibt in Deutschland keine Klimaschutzverpflichtungen unterhalb der Bundesebene - alle Leistungen auf Landes- oder kommunaler Ebene sind freiwillig. Um "Doppelzählungen" von Kompensationsprojekten unterhalb der Bundesebene mit Maßnahmen des Bundes auszuschließen, ist ein Verfahren zur Bewertung und Gewichtung der Kompensationsleistungen unterhalb der Bundesebene erforderlich. Ein solches Verfahren gibt es zurzeit nicht. Demzufolge sind lokale und regionale Klimaschutzprojekte als Kompensationsmaßnahmen zurzeit nur informell ansetzbar, da immer das Risiko einer Doppelzählung besteht. Hier ist eine weitere fachliche Auseinandersetzung mit der Thematik auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene erforderlich.

Natürliche CO₂-Senken sind Maßnahmen im Bereich der Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (siehe Kapitel 8.5).

Abschließend ist festzustellen, dass technische (und natürliche) Senken wichtig sind, um die (wenigen) unvermeidbaren Rest-THG-Emissionen zu kompensieren. In welcher Form diese dazu dauerhaft beitragen können, bleibt abzuwarten. Derzeit sollte der Fokus im Klimaschutz zwingend auf dem weitaus größeren und relevanten Potential zur Vermeidung von Treibhausgasen liegen.

8.9 Handlungsfeld Übergeordnete Organisation und Steuerung

8.9.1 Organisation des Klimaschutzes in der Stadtverwaltung

Konsequenzen aus dem Beschluss des Stadtrates zur Klimaneutralität

Das vom Stadtrat gesetzte Ziel, die Klimaneutralität möglichst bis 2035, in jedem Fall frühzeitig zu erreichen, ist ambitioniert. Deshalb ist konsequentes, zügiges Handeln geboten. Für die mit den Möglichkeiten der Stadtverwaltung und der städtischen Beteiligungsunternehmen direkt beeinflussbaren Handlungsfelder bedarf es klarer Prioritätensetzung zur Vorbereitung, Planung, Finanzierung, Entscheidung und Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen.

Angesichts der vielfältigen Auswirkungen auf Stadtgesellschaft und Wirtschaft, der Komplexität der neuen Infrastrukturaufgaben und der Bewertung von neuen fachlichen Erkenntnissen bzw. Innovationen ist stetige Beteiligung von Stadtgesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft sowie der politischen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger für Klimaschutzmaßnahmen unabdingbar.

Durch die Entwicklung der Gas- und Energiepreise sowie der CO₂-Bepreisung können sich dabei Maßnahmen in den Handlungsfeldern der Stadtverwaltung und der städtischen Beteiligungsunternehmen oftmals anders als früher eher wirtschaftlich darstellen. In diesen Fällen sind mit Klimaschutzmaßnahmen auch dauerhafte Kostenentlastungen für die Haushalte der Einwohnerinnen und Einwohner, der Unternehmen und der Stadt verbunden. Hinzu kommt die Wechselwirkung bestimmter Klimaschutzmaßnahmen mit dem Ziel der Resilienz und der Sicherheit der Energieversorgung unabhängig von Markt- und globalen Entwicklungen als Vorteil ihrer Umsetzung.

Als Folgeprojekt des vorliegenden Energie- und Klimaschutzkonzeptes soll vorbildhaft die THG-neutrale Stadtverwaltung bis 2035 zügig konzipiert und umgesetzt werden.

In Kenntnis dessen hat der Stadtrat mit dem Beschluss zur Bildung der Geschäftsbereiche vor der Beigeordnetenwahl am 26. Januar 2023 den Oberbürgermeister (OB) beauftragt:

- einen Klimabeirat zur Beratung von Stadtrat und Stadtverwaltung zu bilden (§ 25 Abs. 10 der Dresdner Hauptsatzung; Vorlage dazu ist derzeit in Beratung des Stadtrates),
- eine Koordinierungsstelle zur beschleunigten Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen und zur Erreichung der Mobilitätswende einschließlich der Planungen von Straßen und Verkehrswegen zu bilden (neuer § 28a der Dresdner Hauptsatzung)
- und eine Stabsstelle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung zu bilden und diese dem Geschäftsbereich Umwelt und Klima, Recht und Ordnung zuzuordnen.

Steuerung, Kontrolle und Beschleunigung der Klimaschutzmaßnahmen

Der Beschluss des Stadtrates zur Einrichtung der Koordinierungsstelle greift die Tatsache auf, dass eine Stabsstelle zwar Arbeiten in der Verwaltung horizontal koordinieren, kontrollieren und Maßnahmen initiieren kann. Die Entscheidung über gesamtstädtische Prioritäten und einzusetzende Ressourcen, die in der Entscheidungshöhe des Oberbürgermeisters liegen, werden über die Leitungskonferenz bzw. Dienstberatung unter Leitung des Oberbürgermeisters abschließend festgelegt, ansonsten dem Stadtrat zur Entscheidung vorgelegt.

Daher muss die Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen einschließlich der Maßnahmen zur Mobilitätswende regelmäßig in der Dienstberatung des Oberbürgermeisters berichtet und in grundsätzlichen Fällen bzw. bei Angelegenheiten, die mehrere Geschäftsbereiche gemeinsam betreffen, entschieden werden. In Bezug auf die Beteiligungsunternehmen können der Oberbürgermeister bzw. seine ihn vertretenden Beigeordneten als Aufsichtsratsvorsitzende und die Mitglieder Stadtrates als gewählte Aufsichtsratsmitglieder die Interessen der LHD in dem für die Funktion zulässigen Rahmen vertreten.

Zur Veranschaulichung der Zusammenhänge und gegenseitigen Abhängigkeiten siehe nachfolgende Abbildung 8-19.

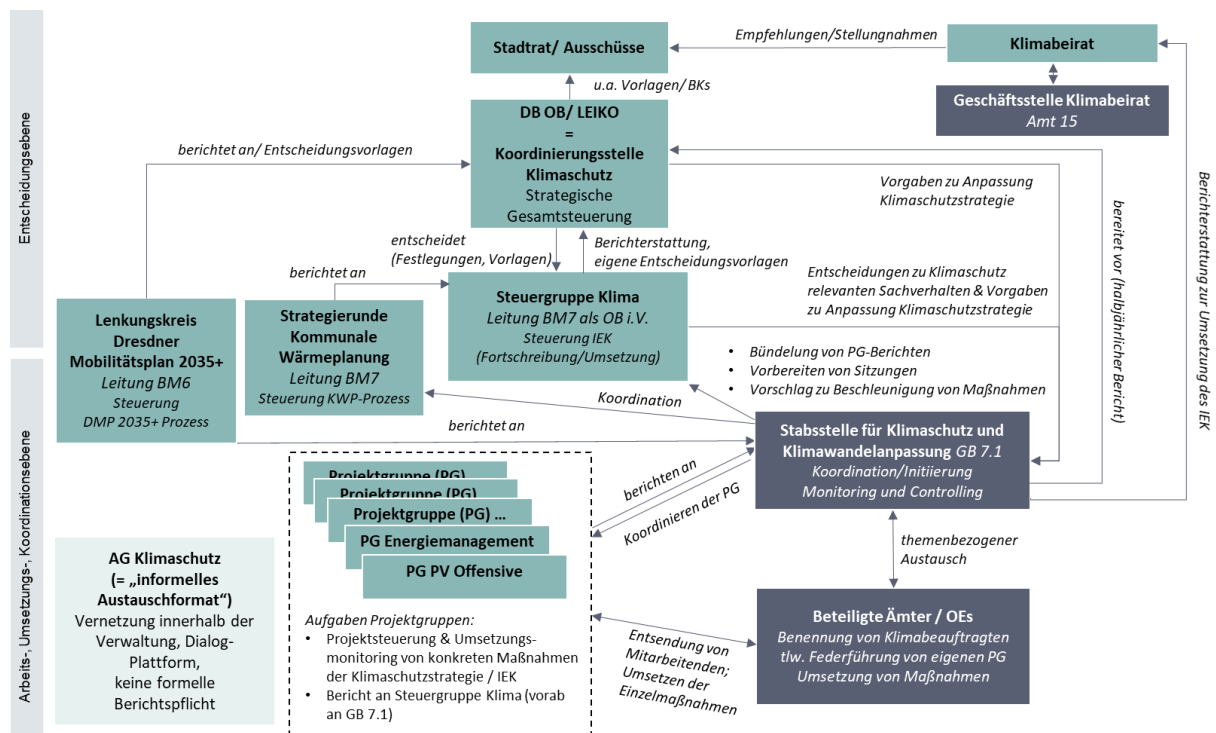


Abbildung 8-19: Organisationsstruktur Klimaschutz

Die Koordinierungsstelle, deren Aufgaben durch die Stabsstelle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung vorbereitet werden, führt die Fragen der strategischen Entwicklung der Stadt und der städtischen Beteiligungsunternehmen hinsichtlich des Klimaschutzes mit dem Controlling der Klimaschutzmaßnahmen in enger Abstimmung mit dem Klimabeirat zusammen.

Zur fachlichen Bewertung der laufenden Aktivitäten wird eine Halbjahresinformation der Stabsstelle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung an die Koordinierungsstelle vorgeschlagen, die Erfolge, das Erreichen von Meilensteinen und offene Problemstellungen schildert. Die Halbjahresinformation umfasst in Abstimmung mit dem Umweltamt auch Arbeitsstände und Projekte der Klimaanpassung. Das Controlling basiert auf Berichterstattung der einzelnen Geschäftsbereiche und auf der Selbsteinschätzung der Amts- und Betriebsleitungen.

Die jährliche Beschlusskontrolle an den Stadtrat und die Öffentlichkeit zur Umsetzung der Klimaschutzziele wird mit der aktuellen THG-Bilanz verbunden und erfolgt zusätzlich und ausführlicher, insbesondere auch unter Einbeziehung der Dekarbonisierung der Energie- und Wärmeversorgung und geht sowohl an den Klimabeirat als auch an die Mitglieder des Stadtrates. Sie wird insbesondere im Ausschuss für Umwelt und Klima zur Kenntnis auf die Tagesordnung gesetzt.

Die bereits bestehende geschäftsbereichsübergreifende Steuergruppe (SG) Klima berät unter Leitung der Beigeordneten für Umwelt und Klima, Recht und Ordnung in Vertretung des OB bei Bedarf auf Basis der Halbjahresinformation wichtige ressortübergreifend Entscheidungen zur Umsetzung von Klimaschutz und Klimaanpassung vor und tagt zur Vorbereitung der Dienstberatung des OB. Wichtige ressortübergreifende Maßnahmen sind insbesondere solche, die mehrere Geschäftsbereiche betreffen, wesentliche Fragen der Haushalts- und der Stellenplanung, der Schwerpunktsetzung innerhalb der Verwaltung oder der Zusammenarbeit mit den Beteiligungsunternehmen. Weitere Mitglieder der Steuergruppe Klima sind die jeweils für die zu beratenden Themen zuständigen Beigeordneten.. Vorschläge für die Themen der Steuergruppe können aus allen Geschäftsbereichen, Betrieben und Projektgruppen an die Stabsstelle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung gerichtet werden.

Bei Bedarf werden aufgrund der Vorberatung der Steuergruppe Klima Entscheidungsvorschläge erarbeitet, die in der Dienstberatung des OB abschließend beraten und entschieden bzw. dem Stadtrat zur Entscheidung vorgelegt werden. Die Stabsstelle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung bereitet die Dienstberatung des OB (Koordinierungsstelle) abschließend in diesem Punkt vor und stellt dabei den Zusammenhang der verschiedenen Konzepte mit der Umsetzung des IEK her, wie z. B. den Dresdner Mobilitätsplan 2035+ und dem Integrierten Stadtentwicklungskonzept (INSEK).

Klimaschutzmanagement innerhalb der Stadtverwaltung und mit den städtischen Beteiligungsunternehmen

Das Klimaschutzmanagement innerhalb der Stadtverwaltung dient der Verankerung der Klimaschutzziele und der Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen in der Stadtverwaltung und in den Beteiligungsunternehmen. Eingeschlossen hierin muss die Integration von Klimaschutzzielen in die Kernprozesse der Verwaltung sowie die ressortübergreifende Koordination und Organisation verschiedener Aktivitäten der Querschnittsaufgabe Klimaschutz sein. Für die im Stadthaushalt vorgesehenen Klimaschutzmaßnahmen ist eine stetige Finanzierung und Bewirtschaftung durch entsprechende Bewirtschaftungsvorschriften und Investitionsplanungen notwendig.

Diese Weiterentwicklung der Stadtverwaltung zum Erfüllen der Gemeinschaftsaufgabe Klimaschutz gelingt unter Berücksichtigung folgender Kriterien:

- Integration von Klimaschutzaspekten in alle relevanten kommunale Aufgaben,
- frühzeitige Priorisierung von Aufgaben mit notwendigem, längerem Vorlauf wie dem Um- und Ausbau der Energie-, Wärme- und Verkehrsinfrastruktur,

- Beobachtung, Förderung und Evaluation von Innovationen,
- vielfältige Kooperation mit Akteuren aus Wirtschaft und Handwerk sowie Stadtgesellschaft, NGOs und Wissenschaft,
- Klimaschutzmaßnahmen mit Relevanz für Wirtschaft und Stadtgesellschaft müssen mit Beteiligung der Betroffenen und der Allgemeinheit verbunden werden,
- eigenverantwortliche Durchführung von Projektsteuerung und –management in den Organisationseinheiten der Stadtverwaltung,
- Weiterbildung und Vernetzung zu Klimathemen; Förderung ressortübergreifender Kommunikation,
- genügende Personalausstattung für erweitert bzw. neu zu bewältigende Aufgaben,
- Wertschätzung der Führungspersonen für die geleisteten Querschnittsaufgaben und – wo nötig – Fehlerkultur.

Leitlinien für die Organisation von Klimaschutz innerhalb der Stadtverwaltung sollten dabei folgende sein:

- Klimaschutzmanagement ist ein zentraler Baustein für das Gelingen von Klimaschutzaktivitäten und der Zielerreichung zur Klimaneutralität.
- Die Umsetzung des IEK bedarf eigenständige Aktivitäten in allen Ämtern und Eigenbetrieben (im Folgenden bezeichnet als Organisationseinheiten).
- Die Umsetzung von Klimaschutzaktivitäten erfolgt dezentral und ressortübergreifend in Abstimmung mit sonstigen Aufgaben der Organisationseinheiten und nicht durch eine zentrale Stelle, da in den Organisationseinheiten die höhere Detail- und Sachkenntnis bei Vorgängen vorhanden ist.
- Die Kompetenzen der jeweiligen Akteure müssen klar geregelt sein, um effizientes Arbeiten zu ermöglichen. Parallelarbeiten sind zu vermeiden.
- Auch wenn Klimaschutz in der Verantwortung der Entscheiderinnen und Entscheider von oben nach unten verantwortet wird (Top-Down-Ansatz), sollen die jeweiligen Organisationseinheiten in ihrem Verantwortungsbereich selbständig und mit ihrer speziellen Kompetenz Klimaschutzmaßnahmen entwickeln und Klimaschutzaspekte in ihre Projekte einbeziehen (Bottom-up-Ansatz).
- Für die begleitende Kampagnen-, Bildungs- und Beteiligungsarbeit ist ergänzend zu den Möglichkeiten der Stadtverwaltung die Kooperation mit Dritten (städtische Beteiligungen, unabhängige Dritte wie SAENA oder Verbraucherzentrale oder beauftragte Dienstleistungsbüros) zu wählen. Sofern notwendig kann dabei auch die Bildung einer Agentur geprüft werden.

Als Instrument zur ressortübergreifenden Zusammenarbeit hat sich die Bildung von Projektgruppen für herausgehobene Themen bewährt. In diesen können sowohl Ämter und Eigenbetriebe der Stadtverwaltung als auch städtische Beteiligungsunternehmen und weitere externe Akteure zusammenarbeiten. Die erfolgreiche Projektgruppenarbeit setzt die Vereinbarung eines gemeinsamen Projektzieles, die Einsetzung einer Projektleitung und eine gemeinsame Arbeitsvereinbarung mit Projektziel voraus. In bestimmten Projektphasen können weitere Beteiligte hinzugezogen werden. Projektgruppen können zwischen den Beteiligten vereinbart oder aber im Auftrag des Oberbürgermeisters oder Beigeordneten gebildet werden. Die jeweils federführend zuständigen Beigeordneten oder Amtsleitungen koordinieren und kontrollieren die Arbeit der Projektgruppen in der Regel eigenständig soweit sich nicht besondere Regelungen erforderlich machen.

Um Beschleunigungs- und Umsetzungsvorschläge machen zu können sowie für das fachliche Controlling braucht die Stabsstelle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung über die in der Hierarchie verantwortlichen (Beigeordnete, Amts- und Betriebsleitungen) hinaus in wichtigen OE und Betrieben Ansprechpersonen für Rückfragen und Absprachen. Diese Ansprechpersonen kommunizieren mit der Stabsstelle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung direkt, stellen die Kommunikation innerhalb

ihrer Organisationseinheit sicher und bereiten dort die Entscheidungen auf der jeweils notwendigen Ebene verbindlich und zügig vor. Es wird vorgeschlagen, sie als Klimabeauftragte ihrer jeweiligen Organisationseinheiten zu bezeichnen.

8.9.2 THG-neutrale Stadtverwaltung

Im Freistaat Sachsen gibt es anders als in vielen anderen Bundesländern kein Landes Klimaschutzgesetz, welches gesonderte Vorgaben für die kommunalen Verwaltungen beinhaltet. Das IEK ist ein Konzept für die Gesamtstadt und adressiert damit nicht speziell die Stadtverwaltung selbst. Die Stadtverwaltung kann jedoch mit gutem Beispiel voran gehen und eine ambitioniertere Zielstellung zur THG-Neutralität umsetzen. Dafür wird das Jahr 2035 vorgesehen. Während für die THG-Neutralitätszielstellung des IEK nur ein kleiner Teil in städtischer Hand liegt, gibt es für die den eigenen Bilanzrahmen einen entsprechend großen Handlungsspielraum.

Die THG-neutrale Stadtverwaltung ist als ein eigenständiger Prozess zu sehen. Dieser Prozess muss, wie das Klimaschutzmanagement auf Stadtebene operationalisiert und systematisiert werden. Dazu gibt es für das Aufsetzen des notwendigen Prozesses Empfehlungen des Umweltbundesamts (UBA)⁷⁰. In dem dazu vom UBA veröffentlichten Leitfaden ist der Prozess in neun Etappen aufgeteilt. (Abbildung 8-20: Etappen zur THG-Neutralen Stadtverwaltung, eigene Darstellung nach UBA Abbildung 8-20)

Die Etappen umfassen die Bestimmung von Verantwortung und Zuständigkeiten, die Definition von System- und Bilanzgrenzen zur Ermittlung von THG-Emissionen, das Festlegen von Zielen und Maßnahmen, die Formulierung von Anforderungen für die Kompensation unvermeidbarer Emissionen, sowie die Gestaltung der internen und externen Kommunikation und die Überprüfung der Wirksamkeit von kommunalen Klimaschutzaktivitäten. Das Durchlaufen dieser Etappen sichert ein strukturiertes und effektives Herangehen an die Aufgabe „THG-neutrale Stadtverwaltung“.



Abbildung 8-20: Etappen zur THG-Neutralen Stadtverwaltung, eigene Darstellung nach UBA

Eine wichtige Grundlage für den Weg zur THG-neutralen Stadtverwaltung ist die Erstellung einer städtischen THG-Bilanz (Etappe Drei). Diese unterscheidet sich von der Bilanz für die Gesamtstadt. Wäh-

⁷⁰ Umweltbundesamt: Der Weg zur treibhausgasneutralen Verwaltung, Etappen und Hilfestellung, Nov. 2020, Dessau-Roßlau.

rend diese ausschließlich endenergiebasierte THG-Emissionen im Stadtgebiet umfasst (Prinzip „Käseglocke“, BSKO-Bilanzierung), soll die Bilanz für die Stadtverwaltung direkte und indirekte sowie vor- und nachgelagerte Emissionen im Sinne einer Unternehmens-THG-Bilanz berücksichtigen (nach dem Corporate Standard des Greenhouse-Gas-Protocol).

Dabei werden drei verschiedene Emissionskategorien (siehe auch Kapitel 6) unterschieden, welche für die kommunale Verwaltung in Tabelle 8-4 untersetzt sind, wobei der Scope 3 im Rahmen des Prozesses weiter untersetzt werden muss. Bezogen auf Produkte soll der komplette Lebenszyklus (Herstellungs- und Errichtungsphase, Nutzungsphase, Entsorgungsphase) berücksichtigt werden, also auch die für die Herstellung und den Transport aufzuwendende „Graue“ Energie.

Tabelle 8-4: THG-Emissionskategorien bezogen auf die kommunale Verwaltung

Scope 1 (direkte Emissionen)	Scope 2 (indirekte Emissionen durch bezogene Energie)	Scope 3 (indirekte Emissionen in der Wertschöpfungskette)
<ul style="list-style-type: none"> ■ Heizung (Erdgas, Öl) ■ Fuhrpark (Verbrennerfahrzeuge) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bezug von Strom, Fernwärme, Kälte ■ Fuhrpark (E-Mobilität) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bau und Abriss von Gebäuden ■ Arbeitswege, Dienstreisen ■ Beschaffung ■ Feste und Veranstaltungen ■ Kommunale Märkte ■ Ernährung ■ Entsorgung

Bislang erfolgt in der LHD eine Erfassung der Energieverbräuche der kommunalen Liegenschaften. Der Strombezug kann aktuell noch nicht vollständig durch Eigenerzeugungsanlagen gedeckt werden. Daher beschafft die LHD ab 2024 Grünstrom, zunächst aus Wasserkraftwerken, später auch aus weiteren Erneuerbaren Energien. Daraus ergibt sich ab dem kommenden Jahr bereits eine Einsparung von 16.900 t_{CO₂,äq}/a. Eine systematische Erfassung der THG-relevanten Daten für die übrigen Bereiche liegt bisher nicht vor⁷¹. In einem ersten Schritt bedarf es demnach der Schaffung einer entsprechenden Datengrundlage.

Die LHD erfüllt ihre kommunalen Aufgaben nicht nur im Rahmen der sog. „Kernverwaltung“, sondern auch in der Rechtsform des Eigenbetriebes sowie in privatrechtlich organisierten Gesellschaften (vorwiegend GmbH und AG). Die Eigenbetriebe sind rechtlich unselbstständig. Sie werden entsprechend mit in den Bilanzrahmen der LHD einbezogen. Dies sind im Einzelnen⁷²:

- Eigenbetrieb Heinrich-Schütz-Konservatorium
- Eigenbetrieb IT-Dienstleistungen
- Eigenbetrieb Kindertageseinrichtungen
- Eigenbetrieb Städtisches Friedhofs- und Bestattungswesen
- Eigenbetrieb Städtisches Klinikum Dresden
- Eigenbetrieb Sportstätten Dresden

Die städtischen Beteiligungsgesellschaften erstellen eine eigene THG-Bilanz. Die erste Bilanz der städtischen Beteiligungsgesellschaften soll für das Bilanzjahr 2022, zunächst mit dem Fokus auf Scope 1 und 2 vorgelegt werden. Auf dieser Grundlage sind geeignete Maßnahmen zur Erreichung der THG-

⁷¹ Im Rahmen der BSKO-Bilanz werden auch die THG-Emissionen der kommunalen Einrichtungen erfasst, dies umfasst aber nur die Energieverbräuche (Scope 1 und 2) und ist nicht für alle Liegenschaften systematisch erfasst

⁷² Der Eigenbetrieb Stadtentwässerung betreibt selbst kein operatives Geschäft, sondern bedient sich zur Erfüllung seiner Aufgaben der Stadtentwässerung Dresden GmbH.

Neutralität bis 2035 analog der Vorgaben für die Stadtverwaltung zu entwickeln. In einem nächsten Schritt erfolgt die Erweiterung der Bilanz um den Scope 3 sowie eine entsprechende Erweiterung der Maßnahmen.

Der Weg zur THG-neutralen Stadtverwaltung (ohne städtische Beteiligungsunternehmen) ist ein Prozess der gesamten Stadtverwaltung unter Federführung der Stabsstelle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung. Im ersten Schritt sollen aufgrund der zum Teil schwierigen Datenbeschaffung zunächst die Emissionen aus Scope 1 und Scope 2 betrachtet werden. Scope 3 soll perspektivisch in die THG-Bilanz der Verwaltung aufgenommen werden.

Die Stadtverwaltung hat bereits jetzt erste Aktivitäten initiiert bzw. unterstützt Aktivitäten, welche auf alle drei Scopes einzahlen:

- erste Zertifizierungen mit dem BNB-Gütesiegel für nachhaltiges Bauen im Bereich Schulhausneubau⁷³,
- Entwicklung eines Leitfadens für nachhaltiges Bauen, welches eine eigene Zertifizierung anstrebt,
- Task Force Energiesparen der LHD⁷⁴ als Teil der Projektgruppe Energiemanagement,
- Entwicklung eines LoRaWAN-Netzes zum smarten Erheben von Daten im Rahmen des Projektes MAtchUP⁷⁵,
- Durchführung von umweltpädagogischem Unterricht⁷⁶,
- Klimaschulen: Aspekte des Klimawandels, des Klimaschutzes und der Klimaanpassung ganzheitlich im schulischen Handeln verankern⁷⁷,
- die LHD als eine von 50 bundesweiten Modellkommunen zur Bildung für nachhaltigen Entwicklung im kommunalen Kontext (BiNaKom): in der Schulträgerverantwortung und in Zusammenarbeit mit Schulen und Zivilgesellschaft wird so konkret an der Umsetzung der UN Nachhaltigkeitszielen gearbeitet,
- Fair-Trade-Stadt Dresden.

Ein besonders positives Beispiel sind die in der nachfolgenden Infobox dargestellten Aktivitäten des Kulturbereichs.

Infobox: Klimaschutz in Kunst und Kultur

Nachhaltigkeit in Kunst und Kultur zu implementieren, ist mit dem neuen Kulturentwicklungsplan der LHD (V0257/20, Beschluss 2020) von zentraler Bedeutung. Die Kulturverwaltung hat daher im Rahmen des mehrjährigen Prozesses „Culture for Future“ gemeinsam mit Dresdner Kultureinrichtungen in kommunaler, staatlicher und freier Trägerschaft, Strategien und Maßnahmen zum strukturellen Wandel im Hinblick auf Nachhaltigkeit und insbesondere auf Klimaschutz erarbeitet.⁷⁸ Insgesamt 38 Kultureinrichtungen unterzeichneten im Frühjahr 2022 die Dresdner Charta für Nachhaltigkeit im Kultursektor, mit der sie sich das Ziel setzen, eine umfassende Nachhaltigkeitstransformation des Kultursektors zu unterstützen, und mit dieser in Gesellschaft, Politik und Wirtschaft zu wirken.

⁷³ Ehrenfried-Walther-von-Tschirnhaus-Gymnasium und Grundschule Briesnitz: Gütesiegel in Silber, Schulcampus Tolkewitz: Gütesiegel in Gold.

⁷⁴ https://www.dresden.de/de/rathaus/aktuelles/pressemitteilungen/2023/12/pm_023.php [Zugriff am 15.12.2023].

⁷⁵ Für weitere Informationen s. https://www.sachsen-gigabit.com/wps/portal/gigabit/cms/menu_main/kommunen-wohnen/lorawan [Zugriff am 28.12.2023].

⁷⁶ https://www.dresden.de/de/stadtraum/umwelt/abfall-stadtreinigung/mitmachen/umweltpaedagogik.php?pk_campaign=Shortcut&pk_kwd=umweltbildung [Zugriff am 28.12.2023].

⁷⁷ Projekt des Freistaates Sachsen; <https://www.klima.sachsen.de/klimaschulen-in-sachsen-12616.html> [Zugriff am 28.1.2023].

⁷⁸ <https://www.dresden.de/de/kultur/culture-for-future.php> [Zugriff am 28.12.2023].

Infobox: Klimaschutz in Kunst und Kultur

Der Dresdner Stadtrat fasste Ende 2022 einen Beschluss⁷⁹ zur Implementierung nachhaltiger Entwicklung in Dresdner Kultureinrichtungen. Hiermit sind die kommunalen Kultureinrichtungen der LHD beauftragt, jährlich eine THG-Bilanzierung durchzuführen. Um den Kultureinrichtungen die CO₂-Bilanzierung zu ermöglichen, haben sich die Städte Leipzig und Dresden im Frühjahr 2023 zusammengeschlossen, um gemeinsam ein geeignetes Instrument zu entwickeln, das dauerhaft sowie kostenfrei zur Verfügung gestellt werden kann. Im Rahmen eines sektorenübergreifenden Kooperationsprojektes der Städte mit der AG Mittelstandsinitiative „Energiewende und Klimaschutz“, der WIPS-com GmbH, der GICON GmbH und des Fraunhofer-Zentrums konnte das „E-Tool“, das bereits als CO₂-Rechner erfolgreich von Handwerksbetrieben genutzt wird, für den Kulturbereich spezifiziert und weiterentwickelt werden. Die Bilanzierung der Emissionsquellen erfolgt nach GHG-Protokoll als global anerkanntem Standard in allen drei Scopes. Im Rahmen eines Beteiligungsprozesses mit 150 Kultureinrichtungen aus Dresden und Leipzig konnte der Rechner in der Entwicklungsphase speziell an den Bedarf von Kultur angepasst werden. Seit November 2023 ist der CO₂-Kultur-Rechner veröffentlicht. Die ersten Bilanzierungen der Dresdner Kultureinrichtungen werden 2024 erwartet. Mit den Bilanzen in den kommenden Jahren können dann anhand der Datenerfassung vertiefte Analysen zu notwendigen Klimaschutzmaßnahmen in Kunst und Kultur getroffen und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Sobald die THG-Emissionen der Kultureinrichtungen erfasst sind, kann auch die Berichterstattung zu Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsmaßnahmen erfolgen. Hierzu hat die Dresdner Kulturverwaltung gemeinsam mit der Nachhaltigkeitsagentur plant values 2023 einen Leitfaden für Kultureinrichtungen entwickelt, um mittels der Vorgaben des Deutschen Nachhaltigkeitskodex (DNK) einen bundesweit anerkannten Bericht anfertigen zu können. Die 20 Kriterien des DNK werden berücksichtigt und unter dem Punkt „Klimarelevante Emissionen“ wird auch über das Ergebnis der THG-Bilanz berichtet. Ziel ist es, über mehrere Jahre die Entwicklung zu Einsparpotentialen darzustellen.

Aber auch zu weiteren Klimaschutzmaßnahmen arbeiten Kulturverwaltung und Kultureinrichtungen eng zusammen. So ist das Thema „Kreislaufwirtschaft“ für alle von großer Bedeutung. Im Rahmen des Prozesses „Culture for Future“ wurde immer wieder der Bedarf angemeldet, mit Materialien im Sinne des Klimaschutzes verantwortungsbewusster umzugehen. Ziel ist es, Materialien, die bspw. im Museums- oder Theaterbereich gebraucht werden, nach Nutzung wiederzuverwenden oder weiterzugeben. Hierfür benötigt es einerseits einen Lagerort wie bspw. ein Zentraldepot und andererseits Möglichkeiten der Kommunikation über diese Materialien. Zu Letzterem hat die Initiative Zündstoffe bereits eine digitale Plattform entwickelt, auf die Materialien zur Weiterverwendung eingestellt und eingesehen werden können.

Immer wieder wird deutlich, dass Klimaschutz eine übergreifende Aufgabe ist. Daher bedarf es eines Netzwerkes, in dem sich kultureinrichtungsübergreifend ausgetauscht und beraten werden kann. Nach Rückkopplung mit Dresdner Kultureinrichtungen wird eine Verstetigung und Weiterentwicklung des Projektes „Culture for Future“ auch über 2023 hinaus für die kommenden Jahre gewünscht, bei der es insbesondere um die Vernetzung und den fachlichen Austausch gehen soll. Die Implementierung eines „Klima-Netzwerk KULTUR“ gibt die Möglichkeit, den Klimaschutz und weitere Nachhaltigkeitsziele innerhalb der Kultureinrichtungen der LHD weiter voranzubringen. Daher hat die Kulturverwaltung gemeinsam mit Kultureinrichtungen im Rahmen der Kommunalrichtlinie Nationale Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz die Stärkung des „Klima-Netzwerk KULTUR in Dresden“ beantragt. Hiermit soll eine neue Stelle im Amt für Kultur und Denkmalschutz gefördert werden, die zur Aufgabe hat, Kultureinrichtungen im Hinblick

⁷⁹ Stadtratsbeschluss zu V1860/22 (SR/048/2023) vom 23.03.2023

Infobox: Klimaschutz in Kunst und Kultur

auf Klimaschutzmaßnahmen zu beraten, den fachlichen Austausch herzustellen und die Netzwerkarbeit fortzuführen. Siehe dazu auch Maßnahme O.2-05, Band II.

9 Szenarien

Zur Darstellung der möglichen Entwicklung hin zur THG-Neutralität werden im IEK drei Szenarien betrachtet:

- zwei sogenannte Zielszenarien, entsprechend des Stadtratsbeschlusses (V1818/22) zur Erreichung der THG-Neutralität bis 2035 und alternativ bis 2040 sowie
- ein Referenzszenario, in dem die derzeitigen bundespolitischen Vorgaben mit einer geringen Verzögerung erreicht werden.

Weitere Szenarien, welche die THG-Neutralität nicht vor 2050 erreichen, werden nicht berücksichtigt. Es gibt demnach kein Szenario „weiter wie bisher“. Die LHD erkennt ihren Beitrag zur Erreichung der bundespolitischen Ziele und des Ziels des Pariser Klimaabkommens an.

Die Szenarien unterscheiden sich hinsichtlich einer Vielzahl politischer, sozialer und wirtschaftlicher Aspekte, die die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen beschleunigen, verzögern oder nur eingeschränkt ermöglichen. Dazu gehören u. a.:

- politischer Umsetzungswille,
- Verfügbarkeit von Flächen für Erneuerbare Energien (EE),
- Genehmigungszeiten und –kapazitäten,
- Akzeptanz in der Bevölkerung,
- Handwerker (Kapazitäten, Expertise),
- Skalierungseffekte (z. B. Verringerung der Anlagenpreise, verringerter Planungsaufwand durch seriellen Roll-Out),
- Verfügbarkeit von Rohstoffen (z. B. H₂) und Material (Anlagenteile),
- technischer Fortschritt und Wandel zu nachhaltigem Wirtschaften.

Abbildung 9-1 gibt eine Kurzdarstellung und Tabelle 9-1 weitere Details zu den Szenarien wieder.

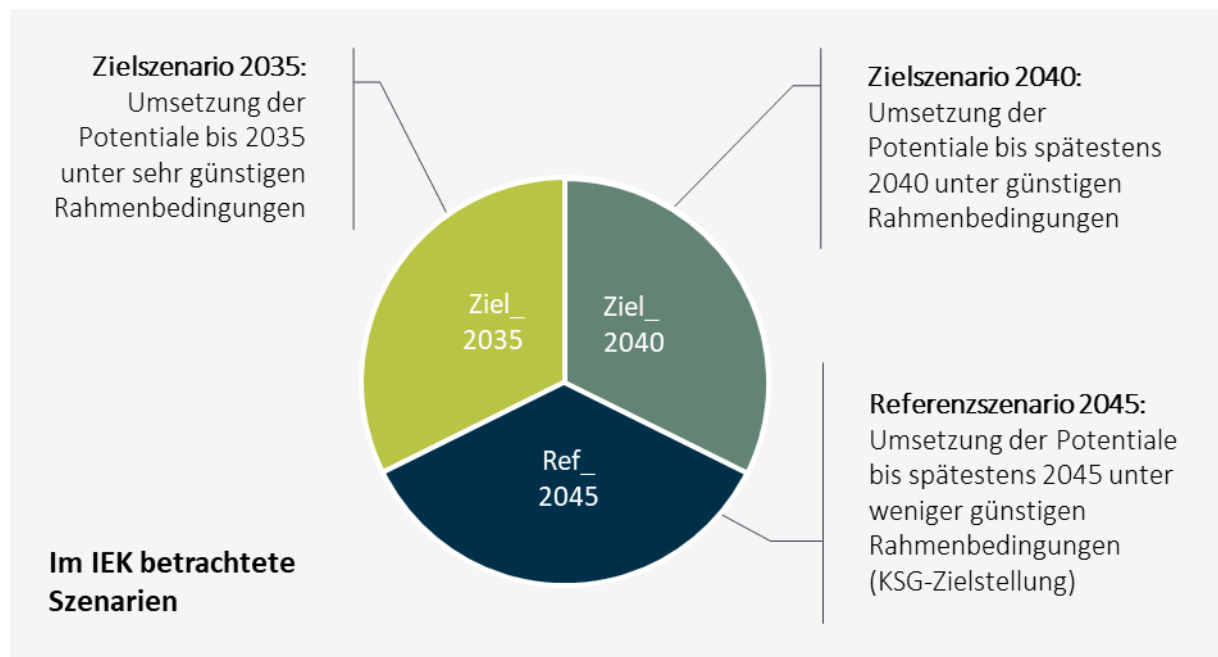


Abbildung 9-1: Betrachtete Szenarien im IEK

Tabelle 9-1: Details zu den im IEK verwendeten Szenarien

	Ziel_2035	Ziel_2040	Ref_2045
Name des Szenarios	Zielszenario 2035	Zielszenario 2040	Referenzszenario 2045
Beschreibung	Erreichen der THG-Neutralität bis 2035 bei sehr günstigen Bedingungen auf lokaler und Bundesebene	Erreichen der THG-Neutralität bis 2040 bei günstigen Bedingungen auf lokaler und Bundesebene	Erreichen der THG-Neutralität bis 2045 bei weniger günstigen Bedingungen auf lokaler und Bundesebene (entsprechend KSG)
Bedingungen auf lokaler und Bundesebene	Sehr kurze Genehmigungszeiten, sehr hohe Akzeptanz in Bevölkerung, sehr gute Verfügbarkeit von Fachfirmen, Handwerkern und Material	Kurze Genehmigungszeiten, hohe Akzeptanz in Bevölkerung, gute Verfügbarkeit von Fachfirmen, Handwerkern und Material	Längere Genehmigungszeiten, geringe Akzeptanz in Bevölkerung, weniger gute Verfügbarkeit von Fachfirmen, Handwerkern und Material
Potentiale Windenergie	Errichtung von 21 Windenergieanlagen von 2028 bis 2035; sinkende Anlagenpreise, Erhöhung Anlagenleistung	Errichtung von 21 Windenergieanlagen von 2030 bis 2040; sinkende Anlagenpreise, Erhöhung Anlagenleistung	Errichtung von 10 Windenergieanlagen von 2034 bis 2045; moderat sinkende Anlagenpreise, Erhöhung Anlagenleistung
Potentiale Gebäudeunabhängige PV	Umsetzung von 25 % des theoretischen Flächenpotentials bis 2035	Umsetzung von 25 % des theoretischen Flächenpotentials bis 2040	Umsetzung von 12,5 % des theoretischen Flächenpotentials bis 2045
Potentiale Gebäude-PV	Hebung des größten Teils (rund 65 %) der wirtschaftlichen Ertragspotentiale bis 2035 20 % höhere Investitionskosten	Hebung des größten Teils (rund 65 %) der wirtschaftlich nutzbaren Potentiale bis 2040 10 % höhere Investitionskosten	Hebung des größten Teils (rund 65 %) der wirtschaftlichen Ertragspotentiale bis 2045 Denkmalschutz und Fassadenpotentiale wurden herausgenommen
PotEEGeb-Studie lokale gebäude-nahe EE-Potentiale (Fokus Wärmeversorgung)	„Wärmepumpen-Szenario“ Günstige Strompreise auf Grund pünktlicher Zielerreichung EE-Ausbau	„Basis-Szenario“ Leicht höhere Strompreise auf Grund verspäteter Zielerreichung EE-Ausbau Investitionskosten für Wärmepumpentechnologien bleiben gleich	„Basis-Szenario“ Leicht höhere Strompreise auf Grund verspäteter Zielerreichung EE-Ausbau Investitionskosten für Wärmepumpentechnologien bleiben gleich

	Ziel_2035	Ziel_2040	Ref_2045
	<p>Wärmepumpentechnologien um 30 % günstiger in Investitionskosten ab 2030</p> <p>Umstellung aller Gebäude auf THG-neutrale Wärmetechnologien bis 2035</p>	<p>Umstellung aller Gebäude auf THG-neutrale Wärmetechnologien bis 2040</p>	<p>Umstellung aller Gebäude auf THG-neutrale Wärmetechnologien bis 2045</p>
Dekarbonisierung Fernwärme	<p>Integration von großen Industrieabwärmeequellen neben weiteren THG-neutralen Wärmequellen</p> <p>Zeitliches Vorziehen von Umrüstungsinvestitionen in Wasserstoff-KWK / Erzeuger-Anlagen auf 2030 (Sonderabschreibungen)</p> <p>Moderater Zuwachs Fernwärmeanteil am Gesamtbedarf</p> <p>Hohe finanzielle Förderungen für Transformationsinvestitionen, zur Deckung vorhandener Wirtschaftlichkeitslücken</p>	<p>Integration von großen Industrieabwärmeequellen neben weiteren THG-neutralen Wärmequellen</p> <p>Zeitliches Vorziehen von Umrüstungsinvestitionen in Wasserstoff-KWK / Erzeuger-Anlagen auf 2030 (Sonderabschreibungen)</p> <p>Hoher Zuwachs Fernwärmeanteil am Gesamtbedarf</p> <p>Hohe finanzielle Förderungen für Transformationsinvestitionen, zur Deckung vorhandener Wirtschaftlichkeitslücken</p>	<p>Integration von Tiefengeothermie neben weiteren THG-neutralen Wärmequellen</p> <p>Hoher Zuwachs Fernwärmeanteil am Gesamtbedarf</p> <p>Hohe finanzielle Unterstützung in Form von Förderungen für Transformationsinvestitionen</p>
Erdgas	<p>Phase-Out Erdgas (durch Umstellung Erdgasnetz / H₂-Netz) weitgehend bis 2035</p> <p>Keine Umstellung von Erdgas- auf H₂-Netz innerhalb Fernwärmegebiete</p>	<p>Phase-Out Erdgas (durch Umstellung Erdgasnetz / H₂-Netz) weitgehend bis 2040</p> <p>Keine Umstellung von Erdgas- auf H₂-Netz innerhalb Fernwärmegebiete</p>	<p>Phase-Out Erdgas (durch Umstellung Erdgasnetz / H₂-Netz) weitgehend bis 2040, kleine Restmengen bis 2045</p> <p>Keine Umstellung von Erdgas- auf H₂-Netz innerhalb Fernwärmegebiete</p>
Wasserstoff (H₂)	<p>H₂ wird ab 2030 zur Verfügung stehen</p> <p>Ab 2030 wird bereits von importierten grünem H₂ in erforderlicher Menge ausgegangen</p>	<p>H₂ wird ab 2030 zur Verfügung stehen</p> <p>Ab 2030 wird bereits von importierten grünem H₂ in erforderlicher Menge ausgegangen</p>	<p>H₂ wird ab 2035 zur Verfügung stehen</p> <p>Ab 2035 wird zunächst von blauem H₂ ausgegangen, welcher sich zu einem hälftigen Mix aus grün-blauem H₂ bis 2045 entwickelt</p>

	Ziel_2035	Ziel_2040	Ref_2045
Industrieprozesse	Vollständiger Wechsel Erdgas-H ₂ bis 2035 Effizienzpotentiale: 1,6 % pro Jahr bis 2040	Vollständiger Wechsel Erdgas-H ₂ bis 2040 Effizienzpotentiale: 1,6 % pro Jahr bis 2040	Vollständiger Wechsel Erdgas-H ₂ bis 2040 Effizienzpotentiale: 1,6 % pro Jahr bis 2040
Deutscher Strommix	Bundesziele für EE-Ausbau im Stromsektor werden pünktlich erreicht (80 % EE-Anteil in 2030)	Bundesziele für EE-Ausbau im Stromsektor werden pünktlich erreicht (80 % EE-Anteil in 2030)	Bundesziele für EE-Ausbau im Stromsektor werden verspätet erreicht (65 % EE-Anteil in 2030)
Mobilitätssektor	Berücksichtigung Reduktionspfad nach KSG (Zieljahr 2045)	Berücksichtigung Reduktionspfad nach KSG (Zieljahr 2045)	Berücksichtigung Reduktionspfad nach KSG (Zieljahr 2045) mit einem Aufschlag zur Berücksichtigung der Annahme für den Deutschen Strommix.

10 Potentiale zur THG-Reduktion

In diesem Kapitel wurden sowohl Erneuerbare-Energien (EE)-Potentiale als auch Energieeffizienz-Potentiale untersucht. Für das IEK wird eine möglichst breite Betrachtung vorgenommen, da absehbar ist, dass eine Auswahl an Potentialen für die THG-Neutralität nicht ausreicht und keines der Potentiale leicht umzusetzen sein wird. Auch wenn für das Gebiet der LHD keine Energieautarkie erreichbar ist und mit einem weiter steigenden Bedarf gerechnet wird (vgl. Kapitel 10.2) sollen die bestehenden Möglichkeiten innerhalb des Stadtgebietes aufgezeigt werden. Nicht zuletzt ist die Verfügbarkeit von EE auch ein Faktor für regionale Wertschöpfung, Beschäftigungswachstum in neuen/nachhaltigen Geschäftsfeldern sowie für zukünftige Industrieansiedlungen.

10.1 Einordnung Potentiale

Potentiale unterliegen je nach betrachteten Einflussgrößen unterschiedlichen Definitionen. Eine einheitliche, normative Vorgabe gibt es nicht.

- Das theoretische Potential umfasst das gesamte physikalische Angebot einer erneuerbaren Energiequelle in einem bestimmten Gebiet für einen bestimmten Zeitraum und kann damit als Obergrenze des maximal möglichen Nutzungspotentials einer Fläche angesehen werden.
- Das technische Potential ist der Teil dieser Energie, welcher bei der Umwandlung in elektrische Energie genutzt werden kann. Grundlegende technische Randbedingungen werden berücksichtigt. Dabei ist von der aktuell besten, am Markt verfügbaren Technik auszugehen.
- Das technisch-ökologische Potential stellt schließlich den Teil des technischen Potentials dar, der unter Berücksichtigung ökologischer Restriktionen nutzbar ist. Dieses Potential ist beispielsweise relevant für Freiflächen-PV oder Windenergieanlagen (WEA), da Auswirkungen auf Mensch und/oder Natur möglich sind, nicht aber für PV auf Dächern.
- Das ökonomische Potential (auch wirtschaftliches Potential) ist der Teil des technischen(-ökologischen) Potentials, welches unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen Gesichtspunkten erschließbar ist. Hierbei bestimmen die ökonomischen Rahmenbedingungen, z. B. die Preise für Energieträger und die CO₂-Kosten, die Höhe des ökonomischen Potentials.
- Das realisierbare Potential (auch erwartbares oder ausschöpfbares Potential) stellt einen kleineren Teil des Potentials dar, der sich aus der Schnittmenge des technisch-ökologischen und technisch-ökonomischen Potentials ergibt. Es umfasst weitere Restriktionen wie landschaftsästhetische Gesichtspunkte oder die Akzeptanz der Bevölkerung vor Ort.

In dieser Studie werden folgende Bereiche auf ihre Potentiale untersucht:

- Gebäudesanierung: Ableitung aus Szenarienbetrachtung, empirischen Daten und Konsultation Wohnungswirtschaft, weshalb es sich hier um ein realisierbares Potential handelt,
- Prozessenergie Industrie: pauschale Effizienzsteigerung aufgrund empirischer Daten, welches lediglich ein theoretisches Potential darstellt,
- PV auf Dächern und an Fassaden: technisches Potential unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte,
- Umgebungswärme: Ökonomisches Potential im Rahmen der angenommenen Preisentwicklungen,
- PV auf landwirtschaftlichen Flächen, auf Gewässern, auf Parkplätzen, auf Lärmschutzinfrastrukturen, auf Freiflächen: technisches Potential unter Berücksichtigung erster ökologischer und erster wirtschaftlicher Aspekte. Weitere ökologische und ökonomische Einzelfallbetrachtungen sind notwendig (z. B. besonderer Artenschutz, Netzanbindung),

- Windenergieanlagen: technisches Potential unter Berücksichtigung erster ökologischer und erster wirtschaftlicher Aspekte. Weitere ökologische und ökonomische Einzelfallbetrachtungen sind notwendig (z. B. besonderer Artenschutz, durchschnittliches Windaufkommen am Standort),
- Fernwärme: technisches und ökonomisches Potential,
- Wasserstoff: erste Abschätzungen zum technischen und wirtschaftlichen Potential.

Allgemein gilt, dass für jede dieser Potentialanalysen im Nachgang noch entsprechende Einzelfallbetrachtungen notwendig sind.

10.2 Energieeffizienzpotentiale für Gebäude- und Industrieprozesse

10.2.1 Entwicklung der Gebäudeenergiebedarfe und ihrer Effizienzpotentiale

Die Entwicklung der Gebäudeenergiebedarfe, insbesondere für Wärme und Strom, ist essentiell zur Berechnung der zukünftigen THG-Emissionen und die Bestimmung der notwendigen Dekarbonisierungspotentiale und –technologien. Dabei ist die zukünftige Energiebedarfsentwicklung mit hohen Unsicherheiten behaftet, da eine Vielzahl von Parametern auf sie einwirkt, welche nicht sicher vorhergesagt werden können. Dies können zum Beispiel die energetische Sanierungsrate für Gebäude oder zusätzliche Verbrauchsgeräte wie Klimaanlage sein. Deshalb müssen Annahmen für verschiedene Einflussfaktoren getroffen und die Bedarfsentwicklung modellhaft berechnet werden. Im folgenden werden daher das Wärmebedarfsmodell und das Strombedarfsmodell für die Gebäude in Dresden, sowie deren Annahmen beschrieben.

10.2.1.1 Wärmebedarfsmodell und -entwicklung

Das Wärmebedarfsmodell schreibt den aktuellen Wärmebedarf im Gebäude für die Bereitstellung von Raumwärme und Trinkwarmwasser anhand langfristig den Wärmebedarf beeinflussender Parameter in die Zukunft fort. Auf der Grundlage des in Kapitel 5.2.1 vorgestellten Wärmekatasters, welches den Ist-Stand des Wärmebedarfs und der Wärmeverteilung in Dresden abbildet, wurde ein Wärmebedarfsmodell bei der SachsenEnergie in Zusammenarbeit mit der TU Dresden und der LHD entwickelt⁸⁰.

Durch die Parametrisierung des Gebäudebestandes lässt sich der Wärmebedarf im Modell szenarienbasiert und gebäudescharf bis zum Jahr 2045 prognostizieren. Außerdem ist eine Aggregation des Wärmebedarfs auf den Ebenen Block, Stadtteil und Gesamtstadt möglich.

Die langfristige Entwicklung des Wärmebedarfs einer Stadt wird durch mehrere Parameter beeinflusst. Zu diesen Parametern gehören das Klima, das Bevölkerungswachstum, die Änderung der Pro-Kopf-Wohnfläche, die energetische Sanierung der Gebäudehüllen, die Verteil- und Speichertechnik im Gebäude, der Wirkungsgrad und der Wechsel der Heiztechnik sowie das Nutzerverhalten. Im Wärmebedarfsmodell sind zu jedem Parameter mehrere potentiell mögliche Ausprägungen hinterlegt. Details zur Methodik werden in Band III Kapitel 10.2.1 ausgeführt. Um die Wärmebedarfsentwicklung zu berechnen, muss ein Szenario mit entsprechenden Parameterausprägungen definiert werden. Dabei wurden im Wesentlichen drei verschiedene Szenarien gebildet, welche bzgl. der Energiebedarfsentwicklung eine stark reduzierte, eine dem bisherigen Trend folgende und eine stark erhöhte Entwicklung ergeben. So wurden beispielsweise geringere oder höhere energetische Sanierungsraten der Gebäudehülle sowie ambitioniertere Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäude gerechnet. Für die folgenden Berechnungen und Ergebnisse wurde dabei das Trend-Szenario zu Grunde gelegt, da es den aktuellen Entwicklungen und einer im Rahmen der Wärmekatastererstellung durch die Sachsen Energie AG

⁸⁰ Ebeling, A., Anke, CP., Möst, D. et al. Erstellung eines Modells zur Berechnung der Entwicklung der Wärmenachfrage bis 2045 am Beispiel der Stadt Dresden. Zeitschrift für Energiewirtschaft 47, 24–45 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12398-023-0915-3>.

durchgeführten Befragung von Wohnungsunternehmen in Dresden entspricht. Details dazu finden sich im Band III, Kapitel 10.2.1.

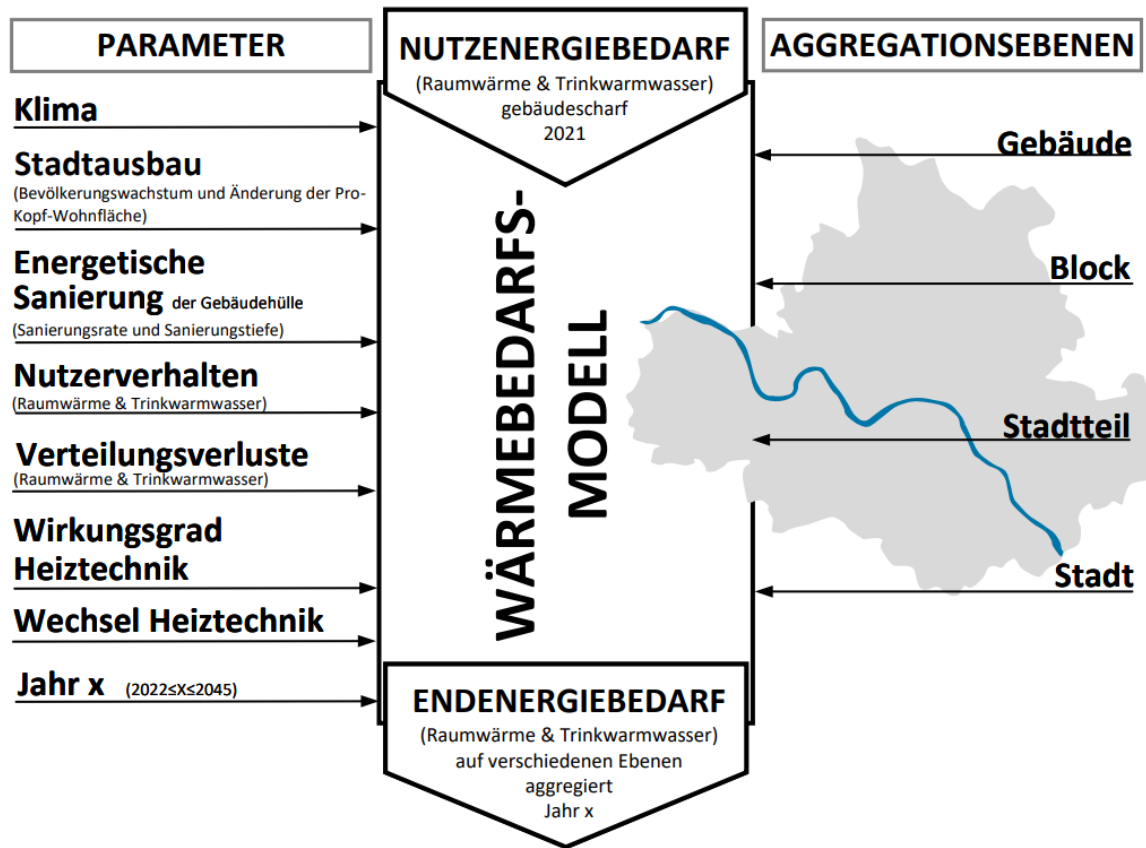


Abbildung 10-1: Berechnung des Wärmebedarfs für ein zukünftiges Jahr

10.2.1.2 Ergebnis der Wärmebedarfsberechnung

Die Entwicklung des Wärmebedarfs der Dresdner Gebäude im Trendszenario zeigt Abbildung 10-2. Dabei wird der Wärmebedarf ausgewertet, welcher durch die Wärmeerzeuger im Gebäude bereit gestellt werden müsste. Dieser Wärmebedarf wird wie in den vorherigen Punkten beschrieben, durch Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäude und der Gebäudehülle beeinflusst und stellt damit die durch energetische Sanierung im und am Gebäude zu erreichenden Energieeinsparungen dar. Der Wärmebedarf sinkt am Anfang stärker, da davon ausgegangen wird, dass die Gebäude mit den höchsten spezifischen Wärmebedarfen zuerst energetisch saniert werden. Insgesamt wird im Trendszenario eine Energieeinsparung von 530 GWh durch energetische Sanierungen im und am Gebäude erreicht.

Entwicklung des Wärmebedarfs der Stadt Dresden im Trendszenario

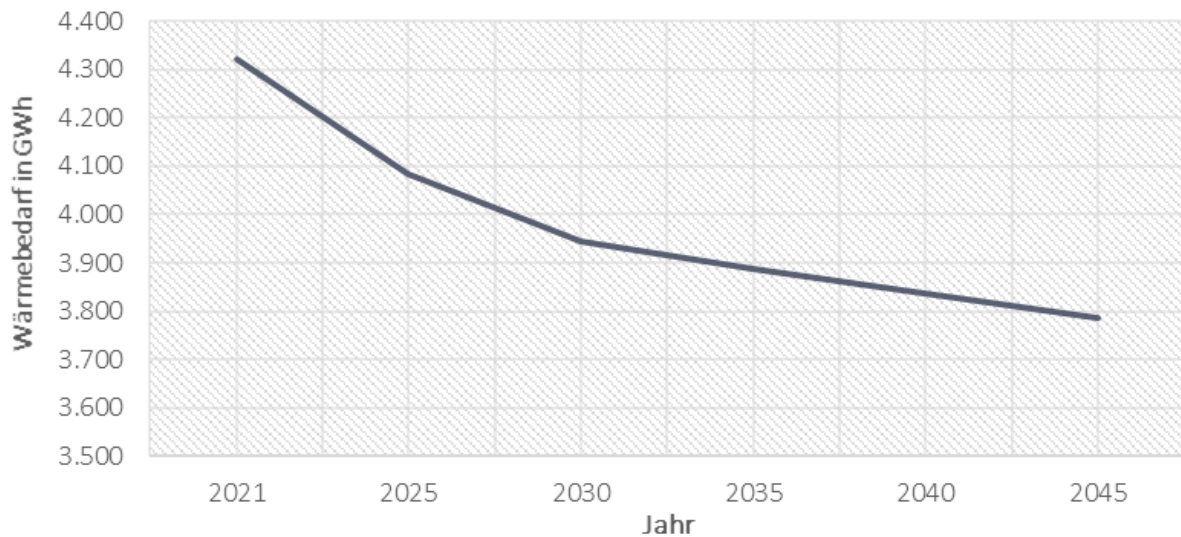


Abbildung 10-2: Wärmebedarfsentwicklung im Trendszenario

Bis zum Jahr 2045 können in diesem Szenario, ausgehend vom Zustand im Jahr 2021, 12 Prozent des Wärmebedarfs in Gebäuden durch die Sanierung der Gebäudehüllen (9 Prozent) und Effizienzmaßnahmen (3 Prozent) im Gebäude hinsichtlich der Speicherung, Verteilung und Übergabe von Raumwärme und Trinkwarmwasser eingespart werden. Für die Zielszenarien Ziel_2035 und Ziel_2040, wird angenommen, dass der reduzierte Wärmebedarf aus 2045 (siehe Abbildung 10-2) in den jeweiligen Zieljahren 2035 bzw. 2040 bereits erreicht wird.

10.2.1.3 Strombedarfsmodellierung und Ergebnisse

Zur Modellierung der Strombedarfe wurde auf die gebäudescharfe Zuordnung, welche in Kapitel 5.2.2 vorgestellt wurde, zurückgegriffen. Darauf basierend wurden die unterjährige Stromlastaufteilung über Stromlastprofile abgebildet und eine zukünftige Entwicklung abgeleitet, was im Folgenden kurz erläutert wird.

Stromlastprofile

Den Gebäuden wurden entsprechend ihrer überwiegenden Nutzung s.g. Stromlastprofile zugeordnet, welche den jährlichen Strombedarf unterjährig verteilen. Dies berücksichtigt beispielweise erhöhte Strombedarfe an Wochenende in Wohngebäuden, während an Sonn- und Feiertagen ein geringerer Strombedarf bei Nichtwohngebäuden i.d.R. vorliegt. Details dazu finden sich im Band III Kapitel 10.2.

Annahmen zur zukünftigen Entwicklung

Die zukünftige Entwicklung der Strombedarfe hat ähnlich wie der Wärmebedarf zahlreiche Einflussfaktoren. Im Rahmen der Potentialbetrachtung wurden die Parameter zur Gebäude- und Bevölkerungsentwicklung analog zum Wärmebedarfsmodell (Kapitel 10.2.1) als konstant angenommen. Es wird dabei im Sinne einer konservativen „Worst-Case“ Betrachtung die Annahme getroffen, dass Effizienzgewinne im Wohngebäudebereich z. B. durch neue effizientere Haushaltsgeräte durch Rebound-Effekte, also zusätzlichen Haushaltsgeräte kompensiert werden. Dies sollte selbstverständlich vermieden und auf eine Bedarfssenkung hingewirkt werden. Dennoch erscheint eine vorsichtige Betrachtung belastbarer und somit wurde für den zukünftigen Strombedarf keine Reduktion durch Effizienzsteigerung angenommen. Die Effizienzsteigerungen hinsichtlich des Strombedarfes der Industrie werden in Kapitel 10.2.2 ausgeführt.

Folgende wesentliche Bereiche wurden für die Entwicklung des zukünftigen Dresdner Strom-Mehrbedarfes identifiziert:

- Wärmebereich: zunehmender Einsatz von Wärmepumpen und Stromdirektheizungen
- Mobilität: zunehmender Einsatz von E-Fahrzeugen (Kapitel 8.3) statt Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor
- Kühlung: Zusätzliche Klimatisierungsbedarfe aufgrund steigender Temperaturen in den Sommermonaten (Klimawandel)
- Industrie: Mehrbedarf durch Erweiterung der Produktionskapazitäten und Neuansiedlung (Kapitel 10.2.2)

Der zusätzliche Strombedarf aus dem Wärmebereich wurde detailliert im Wärmebedarfsmodell berücksichtigt und kommt dort als szenarienabhängige Ergebnisgröße heraus (siehe Kapitel 10.2.1 und 11.2). Zusätzlich wurde angenommen, dass der Kühlungsbedarf im Gewerbebereich leicht zunimmt. Die Details zur Berechnung von Kühlbedarfen sind in Band III Kapitel 10.2.1 beschrieben. Für den Wohn- und Nichtwohngebäudebereich ergeben sich die Entwicklungspfade für den Allgemein-, den Heiz- und den Kühlstrombedarf, wie in Abbildung 10-3 dargestellt.

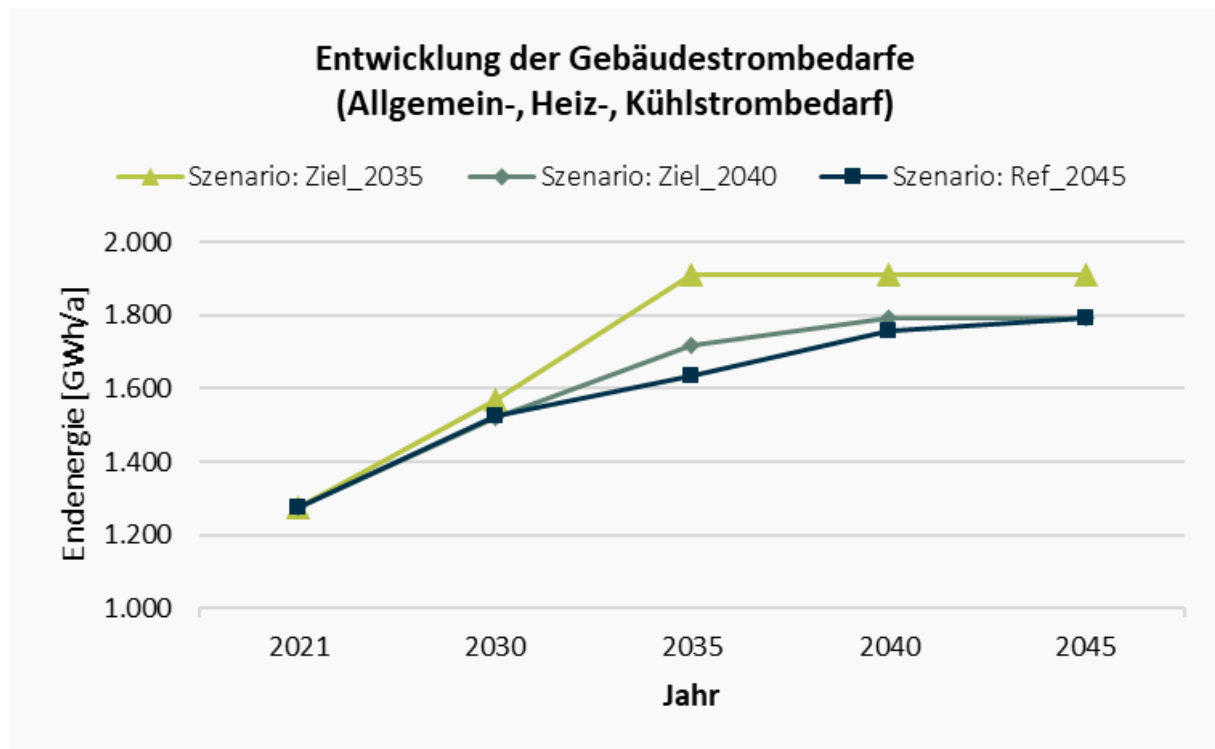


Abbildung 10-3: Entwicklung der szenarienabhängigen Gebäudestrombedarfe, ohne Industrie und Elektromobilität

Die Bedarfe für die zukünftige Elektromobilität werden im Rahmen des DMP2035+ (siehe Kapitel 8.3) bestimmt und wurden, um einen Vorgriff zu vermeiden, hier nicht ausgewiesen. Die Annahmen zur Entwicklung der Energiebedarfe für die Prozessenergie (Industrie) finden sich im folgenden Kapitel.

10.2.2 Effizienz- und zukünftige Bedarfsannahmen für Prozessenergie

Die Prozessenergie, welche insbesondere in der Industrie und hier vor allem in der Halbleiterindustrie benötigt wird, wird in Kapitel 5.3 im Status Quo beschrieben.

Es lagen für die Erstellung dieses Berichtes keine spezifischen, quantifizierbaren Einsparpotentiale für die Prozessenergiebedarfe in Dresden vor. Dennoch wird davon ausgegangen, dass im Rahmen von Kosten- und Prozessoptimierungen auch die Energieeffizienz in den Industriebetrieben steigt. Zur Ab-

schätzung zukünftiger Effizienzgewinne wurde daher die Entwicklung der Energieintensität in Deutschland bis 2021 herangezogen. Hierbei kann auf Basis verschiedener Quellen von einer durchschnittlichen Effizienzsteigerung um 1,6 Prozent/a ausgegangen werden⁸¹. Diese wird als mögliche Endenergiebedarfsreduktion für Dresden in den Prozessenergiebedarfen für Strom, Erdgas und Wasserstoff angewendet, nicht jedoch für die Fernwärme. Das Reduktionspotential für die Fernwärme leitet sich aus der Gebäudeeffizienz (siehe Kapitel 10.2.1) ab. Der Einsatz von Wasserstoff als Substitut von Erdgas für die Prozessenergie ist wie in Kapitel 9 beschrieben, szenarienabhängig. Insofern stellt auch lediglich der Zeitpunkt der Wasserstoff-Verfügbarkeit und eine damit einhergehende Substitution von Erdgas eine signifikante Unterscheidung in den Szenarien dar, welche ansonsten einen ähnlichen Verlauf besitzen, wie in Abbildung 10-4 zu sehen ist. Eine detaillierte Darstellung der Entwicklung einzelner Energieträger im Bereich Prozessenergie erfolgt in Band III unter Kapitel 10.2.2. Auf die Effizienzpotentiale der Prozessenergie wird es zudem im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung eine vertiefte Untersuchung geben, um u. a. auch die Abwärmepotentiale und ggf. Effizienzsteigerungen an älteren Fabrikstandorten zu prüfen.

Den Effizienzgewinnen steht das industrielle Wachstum insbesondere in der Dresdner Halbleiterindustrie gegenüber. Um diese wirtschaftlich erfreuliche Entwicklung ebenfalls zu berücksichtigen, wurde auf Grundlage vorläufiger Schätzungen ein Strom-Mehrbedarf von rund 760 GWh/a bis 2030 berücksichtigt. Diese werden jedoch durch die angenommenen Effizienzgewinne in allen Szenarien bis 2035 überkompensiert.

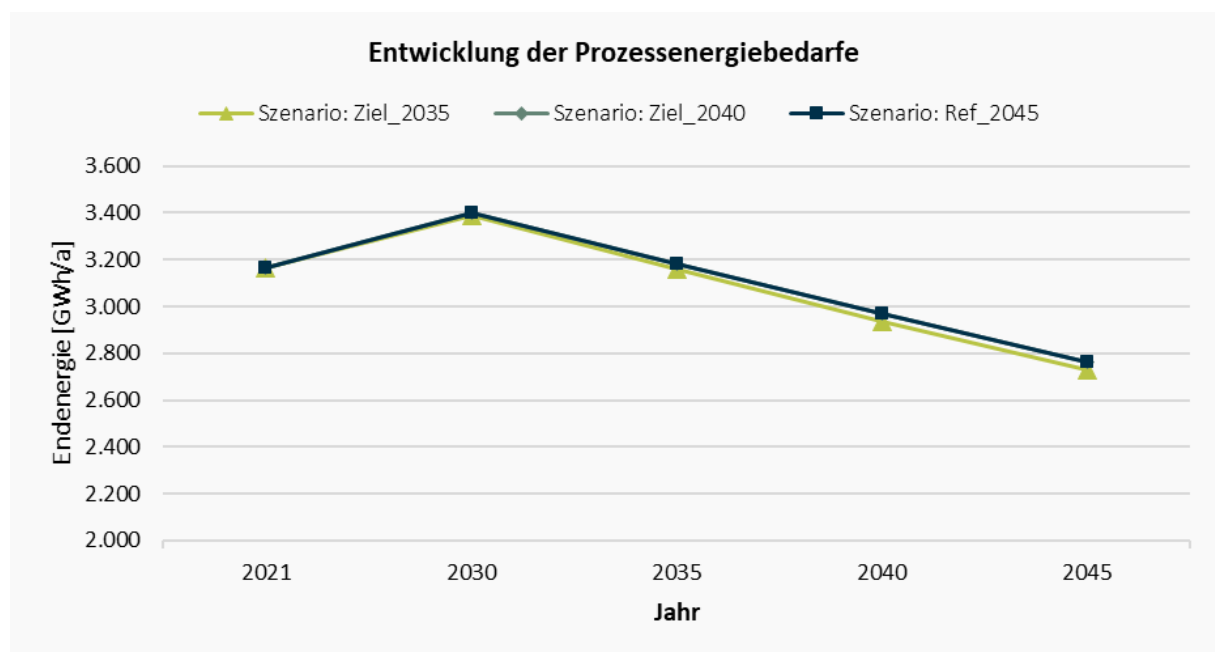


Abbildung 10-4 Entwicklung Prozessenergiebedarfe

10.3 Lokale gebäudenahere Erneuerbare-Energien

Zur Ermittlung der lokalen gebäudenaheren Potentiale für EE, sowie deren ökonomische Bewertung und Zuweisung auf Basis der geringsten Kosten, wurde die Gebäudeenergiestudie PotEEGeb im Rahmen der IEK Erstellung durchgeführt. Grundlage dieser Studie sind die Nutzung georeferenzierter Daten, welche auf Gebäude- und Flurstücksebene vorliegen bzw. beschafft oder errechnet wurden. Dies sind beispielsweise Daten zur Gebäudekubatur, Flurstücksflächen, Wärmebedarfen, Solarpotentialen,

⁸¹ <https://energiestatistik.enerdata.net/gesamtenergie/welt-energie-intensitaet-bilanz-data.html> [Zugriff am 04.09.2023].

Heiztechnologien, verfügbarer Infrastruktur, Umweltinformationen, soziökonomische Daten, etc. Abbildung 10-5 zeigt das grundsätzliche Vorgehen der PotEEGeb-Studie auf.

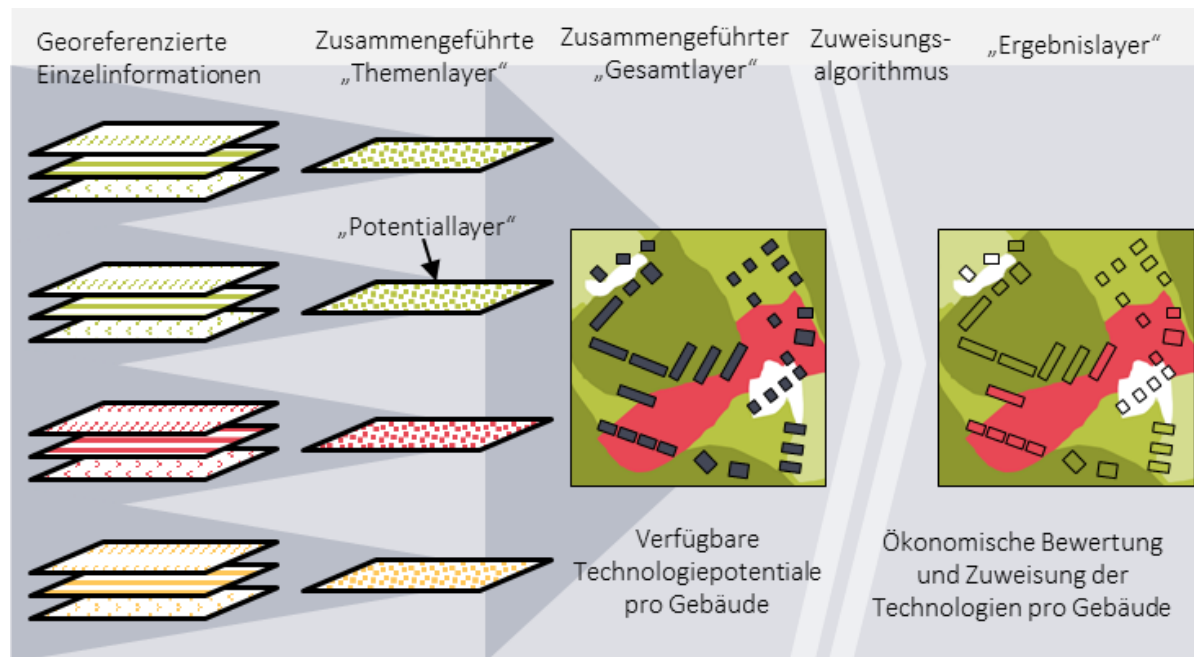


Abbildung 10-5: Schema der Gebäude-Potentialstudie PotEEGeb

Auf die Verzahnung des Wärmebedarfsmodells der SachsenEnergie AG und der PotEEGeb-Studie wurde bereits in Kapitel 10.2.1 eingegangen. Details zur Vorgehensweise der Studie finden sich in Band III in Kapitel 10.3 ff.

Neben der energetischen Nutzung der Dächer und Fassaden von Gebäuden hat auch eine Dachbegrünung positive Auswirkungen, wie beispielsweise lokale Kühlungseffekte, Lebensraum für Insekten etc. Dies ist auch ein wichtiger Beitrag zur Klimaanpassung (siehe Kapitel 4.3). Im Idealfall können Gründächer und PV-Anlagen kombiniert werden, um somit die Vorteile beider Nutzungsformen auf einer gemeinsamen Fläche zu vereinen.

10.3.1 Solare Energienutzung auf und an Gebäuden

Für die Ermittlung potentieller PV-Flächen und deren Ertrag in Dresden wird auf die PV-Gebäude-Potentialstudie⁸² des Leibniz Institutes für ökologische Raumentwicklung (IÖR) und szenarienabhängige Ausbaupfade zurückgegriffen. Die Analyse des IÖR umfasst alle 135.583 Gebäude des virtuellen 3D-Stadtmodells Dresden aus dem Jahr 2019. Neben Aussagen zur Dachform, -ausrichtung und -fläche wurden die solaren Strahlungspotentiale dachteilflächenscharf ermittelt und beispielsweise auch Verschattungseffekte berücksichtigt. Es wurden zusätzlich die Potentiale auf und an denkmalgeschützten Gebäuden ausgewiesen. Zur detaillierten Aufschlüsselung des methodischen Vorgehens wird auf Band III Kapitel 10.3.1 verwiesen. Die ermittelten Potentiale sind als Input-Daten in die PotEEGeb-Studie eingeflossen. Für die folgenden Betrachtungen werden insbesondere das technische und das wirtschaftliche Ertragspotential für PV-Anlagen näher betrachtet. Eine Nutzung für Solarthermie zur Wärmeenergieerzeugung oder als PVT-Anlage, wobei Strom- und Wärmeenergieerzeugung kombiniert werden, ist auf Basis der errechneten Daten ebenfalls ableitbar und wird in diesem Kapitel im Abschnitt Solarthermie und Kombination PV-Solarthermie als Alternative skizziert.

⁸² <https://www.ioer.de/presse/aktuelles/solarenergiepotenzial-fuer-dresden-berechnet> [Zugriff am 10.10.2023].

Die Ergebnisse der Studie sind auch gebäudescharf im Themenstadtplan der Landeshauptstadt Dresden⁸³, sowie im Dresdner 3D-Stadtmodell⁸⁴ abrufbar.

10.3.1.1 Gebäude PV-Potential in Dresden (IÖR Studie)

Im Folgenden sollen die wirtschaftlichen Ertragspotentiale auf Gebäuden ohne Denkmalschutz näher aufgezeigt und analysiert werden. Die Betrachtung des Denkmalschutzes wird auf Grund der notwendigen zusätzlich zu betrachtenden Aspekte in Kapitel 10.3.1 gesondert ausgeführt.

Bei der Betrachtung der wirtschaftlichen Ertragspotentiale fällt in Abbildung 10-6 auf, dass die besonders attraktiven Flächen mit einer Ertragsklasse von $\geq 900 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ vorwiegend auf Wohngebäude entfallen. Darauf folgen die Ertragspotentiale von Gebäuden aus Gewerbe und Industrie. In der Ertragsklasse zwischen $\geq 800 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ bis $< 900 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ weisen beide Gebäudearten ein annähernd gleichgroßes Potential auf. Ein erheblicher Teil der Dachflächenpotentiale entfällt zudem auf Dächer mit mindestens 100 m^2 Fläche, wovon die Flachdächer (Neigung zwischen 0° und 15°) einen besonders großen Anteil darstellen. Um eine wirtschaftliche Umsetzung zu gewährleisten, wird angenommen, dass die Anlagen in der Regel mindestens $700 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ generieren müssen. Damit ergibt sich ein wirtschaftliches Ertragspotential von insgesamt 916 GWh/a . Von diesem Potential befinden sich rund 611 GWh/a auf Dächern mit Flächen größer als 100 m^2 , welche grundsätzlich besonders attraktiv für eine Erschließung sind. Da sich dennoch nicht alle wirtschaftlichen Ertragspotentiale auf Grund verschiedener Aspekte, wie einer unzureichenden Statik, umsetzen lassen, wird auf den Dächern ohne Denkmalschutz von einer Realisierbarkeit von rund 60 Prozent bis 70 Prozent des Potentials ausgegangen. Mithin wird für Dächer mit mindestens $700 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ spezifischem Ertrag und ohne Denkmalschutz von einer realisierbaren Größenordnung von 575 GWh/a ausgegangen.

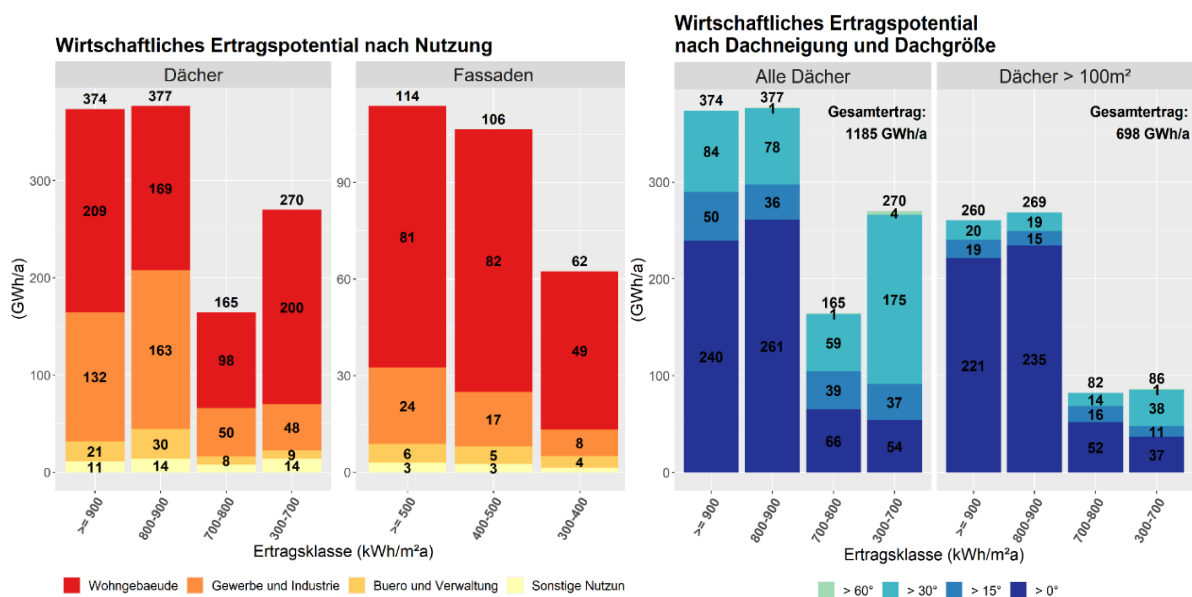


Abbildung 10-6: Wirtschaftliche Ertragspotentiale nach Nutzung und Dachgröße (Grafik: IÖR)

Die räumliche Verteilung der besonders gut geeigneten Dachpotentiale mit guten Ertragsmöglichkeiten $> 800 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ wird aus Abbildung 10-7 ersichtlich. Hierbei wird deutlich, dass Gebiete mit großen Gewerbe bzw. Industriegebäuden oder Großraumwohnsiedlungen besonders hohe Potentiale besitzen. In diesen „PV-Hot Spots“ könnten in relativ kurzer Zeit große Potentiale erschlossen werden.

⁸³ <https://stadtplan.dresden.de/?permalink=n1HyxD> [Zugriff am 10.10.2023].

⁸⁴ <https://arcg.is/1Obb1X0> [Zugriff am 10.10.2023].

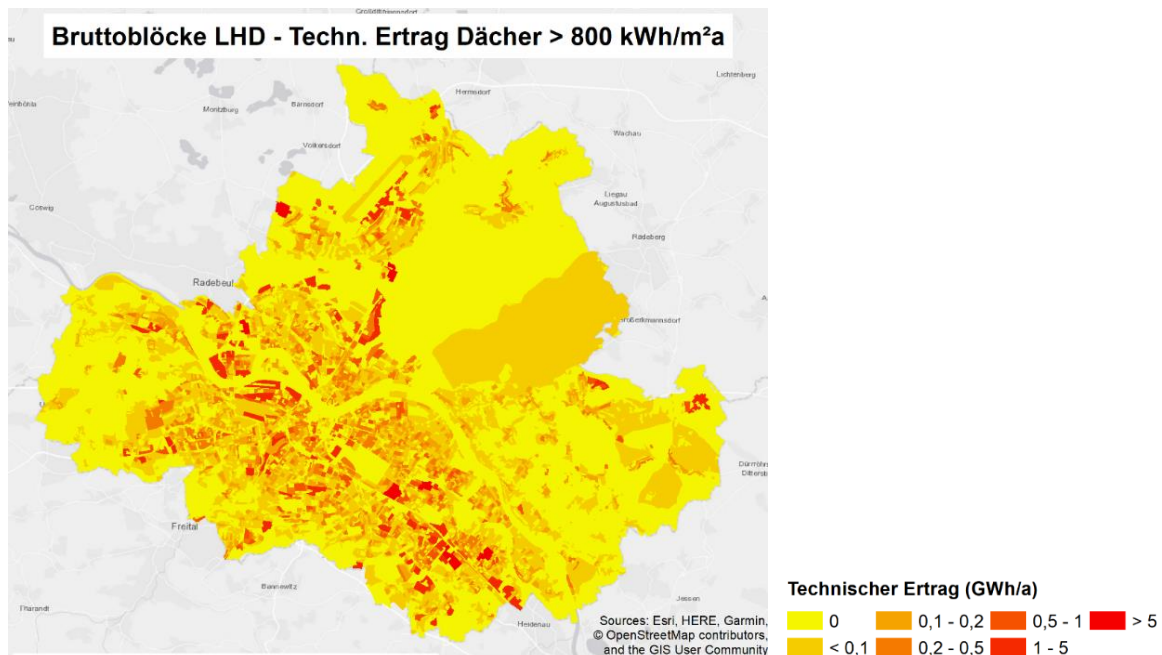


Abbildung 10-7: Räumliche Verteilung wirtschaftliche PV-Dachpotentiale (Grafik: IÖR)

10.3.1.2 Fassaden PV

Ein weiteres solares Potential stellt die Nutzung von Fassaden dar. Dieses befindet sich zum größten Teil an Wohngebäuden (Abbildung 10-6). PV-Anlagen an Fassaden oder auch bauwerksintegrierte PV (BIPV) sind Bauelemente, die zusätzlich zur Stromgewinnung klassische Funktionen wie Wärmedämmung, Wind- und Wetterschutz oder auch architektonische Funktionen übernehmen.⁸⁵ Auf Grund dieses zusätzlichen Nutzens (neben der Stromgewinnung), können PV-Anlagen an Fassaden auf ihren Lebenszyklus betrachtet auch wirtschaftlich vorteilhaft sein. Diese gesamtheitliche Betrachtung ist wichtig, da wegen der geringeren spezifischen Energieerträge, welche um rund 30 Prozent unter denen einer Dachanlage liegen, eine ausschließliche Nutzung zur Stromgewinnung ökonomisch herausfordernd ist.

Bei günstigen Rahmenbedingungen und der Nutzung der bereits genannten zusätzlichen Vorteile einer PV-Fassadenanlage als Ersatz für andere notwendige Bauelemente oder auch zur Erreichung von Vorgaben zur Nutzung von Erneuerbaren Energien, kann eine Wirtschaftlichkeit gegeben sein und eine attraktive architektonische Fassadengestaltung⁸⁶ erzielt werden. Beispiele für eine gelungene Umsetzung in Dresden sind u. a. das Chemie-Laborgebäude der TU Dresden (Südfassade und Dachgeschoss mit vorgehangenen PV-Modulen), Forschungsgebäude für Energietechnik der TU Dresden (flächige Fassadengliederung mit PV-Modulen) und das Schulzentrum Tolkewitz (Technikzentrale auf dem Dach ist mit PV-Modulen verkleidet). Zudem wurden in der IÖR-Studie Gebäudetypen mit besonders attraktivem Verhältnis zwischen Dach- und Fassadenpotential identifiziert. Dies trifft insbesondere bei Gebäuden des industriellen Wohnungsbaus wie dem sechsgeschossigen WBS70-Typ zu, wo etwa der gleiche Stromertrag an der Fassade, wie auf dem Dach erzielt werden kann. Abbildung 10-8 zeigt dies am Beispiel von Gebäuden im Stadtteil Prohlis im Vergleich zu sonstigen Gebäuden auf.

⁸⁵ <https://www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/energieeffiziente-gebaeude/gebaeudehuelle/bauwerkintegrierte-pv-bipv.html> [Zugriff am 10.10.2023]

⁸⁶ https://www.dresden.de/media/pdf/stadtplanung/stadtplanung/2021_Energiewende_im_Stadtbild_Druckversion.pdf [Zugriff am 10.10.2023]

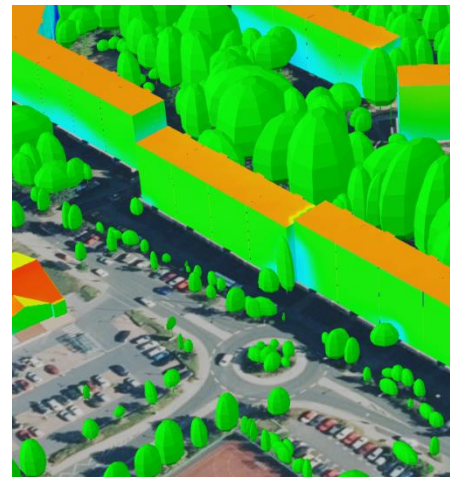
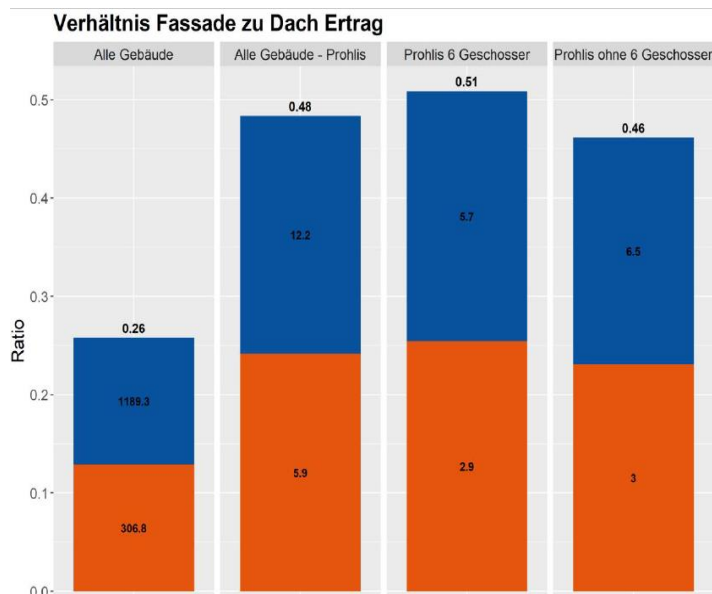


Abbildung 10-8: Verhältnis Fassade zu Dach PV-Ertrag am Beispiel ProhliS (Grafik: IÖR)

Der wirtschaftliche Nachteil durch geringere spezifische Stromerträge relativiert sich zudem bei so genannten „Balkonkraftwerken“, also kleinen PV-Anlagen mit meist nur ein bis zwei Modulen und einer maximalen Leistung von 800 W_p. Hier ist die Wirtschaftlichkeit aufgrund der sehr geringen Investitionskosten, Installationsanforderungen sowie der hohen Eigenstromnutzung und somit der Reduktion von Netzbezugsstrom oftmals gegeben.

Aus dieser Vorbetrachtung heraus wird angenommen, dass unter günstigen Umständen bis zu ein Drittel der wirtschaftlichsten Fassadenpotentiale (>500 kWh/m²a) realisiert werden könnte, also mit hin rund 34 GWh/a.

10.3.1.3 Denkmalsgeschützte Gebäude mit PV

Wie zuvor ausgeführt, befinden sich in Dresden signifikante Potentialanteile auf denkmalgeschützten Flächen. Wie aus Abbildung 10-9 hervorgeht, ist der Anteil bei Wohngebäuden besonders hoch. Hier sind fünf von 19 km² an theoretischem Flächenpotential denkmalgeschützt. Für die Eigentümer eines denkmalgeschützten Gebäudes ist es notwendig, einen Antrag auf denkmalschutzrechtliche Genehmigung einer PV-Anlage zu stellen (§ 12 Abs. 1 SächsDSchG). Davon wurde in den letzten Jahren zunehmend Gebrauch gemacht (vgl. Tabelle 10-1).

Tabelle 10-1: Entwicklung Anträge auf denkmalschutzrechtliche Genehmigung

	2018	2019	2020	2021	2022	1. Hj. 2023
Anzahl Anträge	3	2	12	21	57	35
Davon positiv beschieden⁸⁷	3	2	11	14	40	29

Ansprechpartner für alle diesbezüglichen Anliegen ist das Amt für Kultur und Denkmalschutz der LHD als untere Denkmalschutzbehörde.

⁸⁷ teilw. mit Nebenbestimmungen/ Auflagen

Denkmalschutz und Denkmalpflege sind in der Verfassung des Freistaates verankert und stellen daher Aufgaben mit Verfassungsrang dar. Damit ist verbunden, dass EE bei der Schutzgüterabwägung gleichrangig mit dem Denkmalschutz abzuwiegen sind und diese in Sachsen nicht per se die Interessen des Denkmalschutzes überwiegen. Denkmalschutzrechtliche Entscheidungen über das Anbringen von Anlagen zur Gewinnung EE sind stets Einzelfallentscheidungen. Bei der Einzelfallprüfung sind vor allem durch die Genehmigungspraxis gefestigte und mit dem Erlass des Sächsischen Staatsministerium für Regionalentwicklung vom 12. Januar 2023 in Ziffer 6⁸⁸ niedergelegte Kriterien ausschlaggebend:

Entsprechend wird bei einem Antrag auf denkmalschutzrechtliche Genehmigung insbesondere das Ausmaß des Eingriffes in die Originalsubstanz und Statik eines Bauwerks, die Konstruktion, Farbigkeit und Oberflächenstruktur, die Auswirkung auf das Erscheinungsbild des Kulturdenkmals betrachtet, welche auch entsprechend Ziffer 6 Buchstabe g. des Erlasses mit der denkmalschutzrechtlichen Genehmigung näher geregelt werden können. Mit Nr. 7 des Erlasses werden gleichzeitig Kriterien benannt, welche jedoch eine denkmalschutzrechtliche Genehmigung ausschließen können.

Es ist angedacht, entsprechende Informationen zukünftig auf der Internetpräsentation des Amtes für Kultur und Denkmalschutz anzubieten.

Für die Zukunft wird es notwendig sein, die Anforderungen des Denkmalschutzes und die Erschließung dieser Solarpotentiale bestmöglich zu verbinden.

Für denkmalgeschützte Gebäude mit einem spezifischen Ertrag von mindestens $>700 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ gibt es ein wirtschaftliches Stromertragspotential von etwa 212 GWh/a. Da nicht alles realisiert werden kann, wird nur für die Zielszenarien die Hälfte dieses Potentials mit 106 GWh/a als realisierbar angenommen.

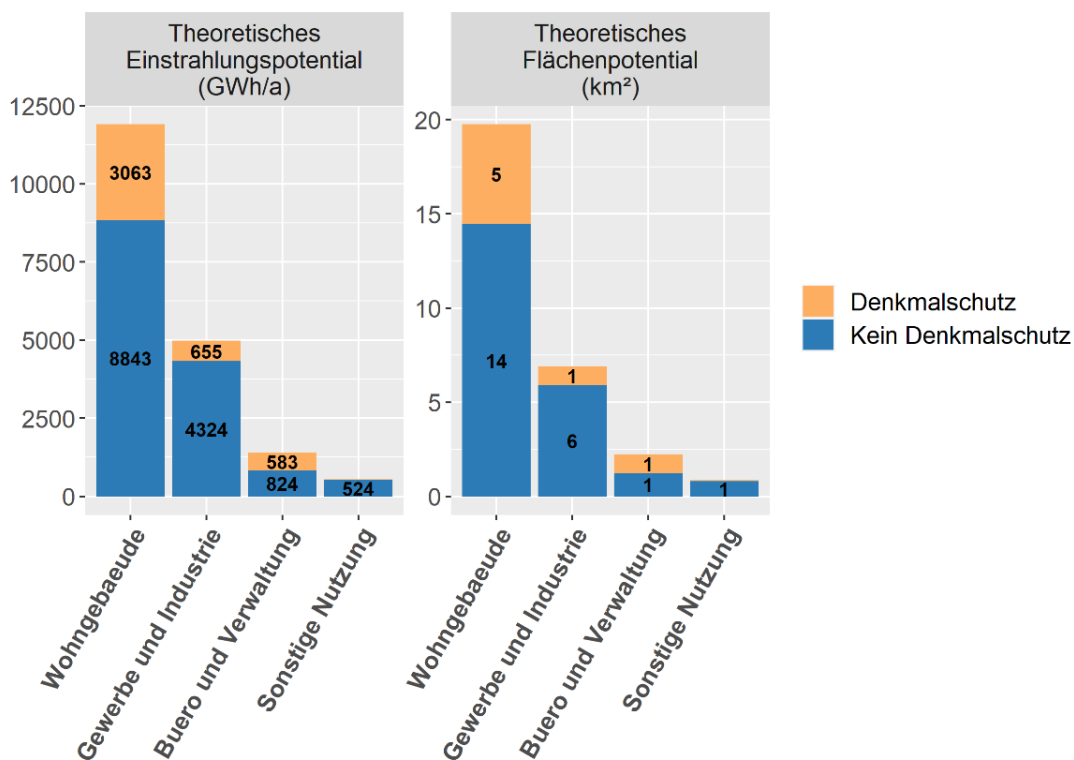


Abbildung 10-9: Anteile Denkmalschutz am theoretischen Einstrahlungs- und Flächenpotential auf Gebäuden (Grafik: IÖR)

⁸⁸ https://www.bauen-wohnen.sachsen.de/download/Erlass_SolaranlageninundumKulturdenkmalen.pdf [Zuzgriff: 04.01.2024].

10.3.1.4 Ergebnisse und zeitliche Einordnung

Für die modellhafte Abbildung der zeitlichen Erschließung vorgenannter PV-Potentiale, welche in Tabelle 10-2 noch einmal übersichtlich dargestellt ist, wurden die einzelnen Gebäudepotentiale anhand ihrer Ertragseignung sortiert und deren Zubau bis 2045 verteilt. Dabei wurden drei unterschiedliche Szenarien angenommen. Für das Referenzszenario 2045 wurde ein maximaler jährlicher Zubau in Höhe von 30 MW_p angenommen. Dies entspricht nahezu einer Verdopplung des bisherigen Rekordzubaues im Jahr 2023 von rund 15 MW_p. Zum Vergleich: Bereits im starken Ausbaujahr 2022 wurden weniger als 8 MW_p installiert (vgl. Kapitel 5.6), so dass hier eine Steigerung um fast 90 Prozent in 2023 erfolgte. Für das Referenzszenario 2045 soll dennoch ein moderater Ausbaupfad dargestellt werden, weshalb neben der Ausbaudeckelung auch die Potentiale für Fassaden und Denkmalschutzgebäude nicht aufgenommen werden. Für das Zielszenario 2035 und das Zielszenario 2040 werden hingegen diese beiden Potentiale mitberücksichtigt. Im Zielszenario 2040 wird von einer Realisierung der PV-Potentiale bis 2040 ausgegangen, was einer Verdreifachung des jährlichen Zubaues auf etwa 45 MW_p entspricht. Für das Zieljahr 2035 werden die Potentiale entsprechend bis 2035 realisiert, was einer Vervielfachung des jährlichen Zubaues auf knapp 60 MW_p entspricht.

Die aus Tabelle 10-2 folgenden szenarienabhängigen Ausbaupfade sind in Abbildung 10-10 ersichtlich.

Tabelle 10-2: Potentiale Gebäude-PV und deren Szenarien abhängige Realisierung

	Potentielle Modulfläche (m ²)	Potentieller Ertrag (MWh/a)	Angesetztes Potential (MWh/a)	Realisierung in Szenarien
Wirtschaftliches Ertragspotential auf Dächern ohne Denkmalschutz	6.569.058	915.726	575.000	Ziel_2035: ja, bis 2035 Ziel_2040: ja, bis 2040 Ref_2045: ja, bis 2045
Wirtschaftliches Ertragspotential auf Dächern mit Denkmalschutz	1.554.422	212.043	106.000	Ziel_2035: ja, bis 2035 Ziel_2040: ja, bis 2040 Ref_2045: nein
Ertragspotential an Fassaden (> 500 kWh/m²a)	1.217.059	105.579.217	34.000	Ziel_2035: ja, bis 2035 Ziel_2040: ja, bis 2040 Ref_2045: nein
Gesamtpotential	9.340.539	1.233.348	715.000	

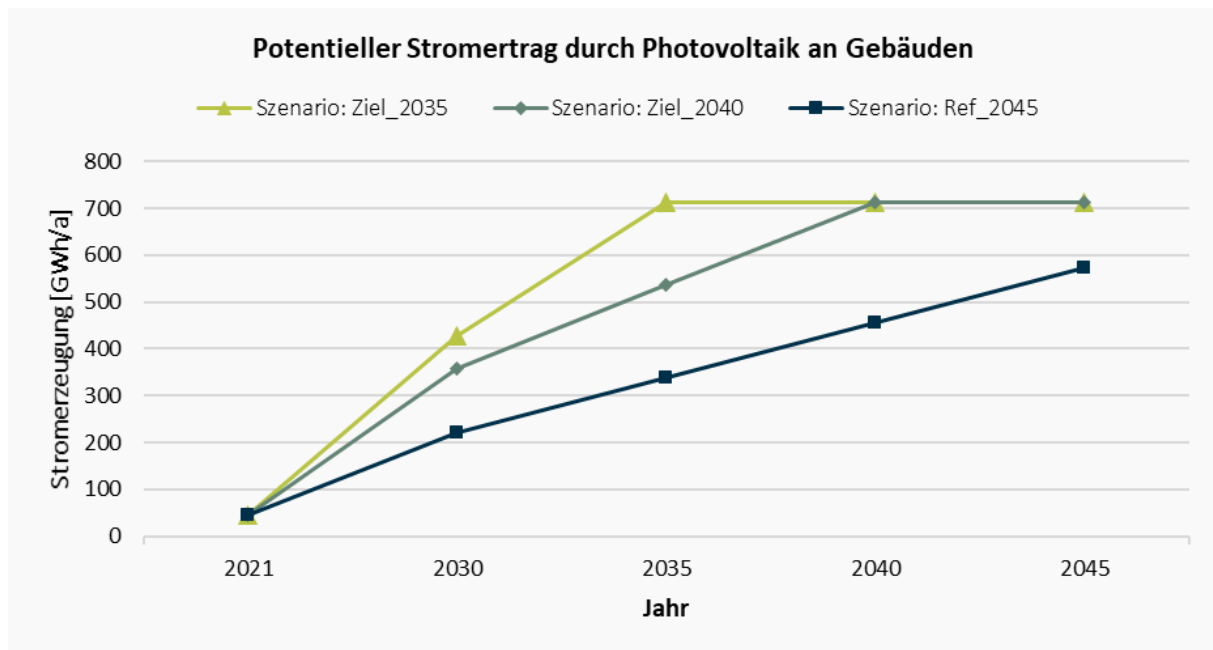


Abbildung 10-10: Ausbaupfade für potentiellen Stromertrag aus PV-Anlagen an Gebäuden

Die Investitionskosten für die aufgezeigten Ausbaupfade beruhen auf den gebäudescharfen Dachpotentialen und zeitlichen Ausbauannahmen. Die Investitionskosten wurden dabei in Abhängigkeit der Anlagengröße berechnet, da größere Anlagen deutlich geringere spezifische Investitionskosten aufweisen als kleinere Anlagen. Details zur Berechnungsmethodik und Annahmen können in Band III in Kapitel 10.3.1.4 nachgelesen werden.

Die deutlich schnelleren Ausbaupfade in den Zielszenarien, stellen eine Verdrei- bzw. Vervielfachung des jährlichen Zubaus gegenüber dem heutigen Niveau dar. Um diese zusätzliche Nachfrage in einem Markt mit heute bereits begrenzten Installationskapazitäten in den Investitionskosten symbolisch abzubilden, wurden statische Aufschläge auf die Investitionskosten von 20 Prozent bzw. 10 Prozent für das Zielszenario 2035 bzw. das Zielszenario 2040 berücksichtigt. Die Investitionskostenaufschläge sollen lediglich die erhöhte Nachfrage in einem kurzen Zeitraum symbolisieren, es liegen hierfür jedoch keine konkreten Preiselastizitätsanalysen zu Grunde. Dass eine stark steigende PV-Nachfrage und Probleme in den Lieferketten bereits zur Erhöhung von Modulpreisen in 2021 und 2022 von bis zu 30 Prozent geführt haben, zeigt jedoch den grundsätzlichen Effekt auf. Während inzwischen die Modulpreise wieder sinken und der Entfall der Umsatzsteuer auf gebäudenahe PV-Anlagen privater Anlagenbetreiber ebenfalls einen kostendämpfenden Effekt hat, sind Wartezeiten von mehreren Monaten auf Installateure noch zu beobachten. Die Knappheit an Installationskapazitäten kann die genannten sinkenden Kostenbestandteile je nach Nachfrageanstieg grundsätzlich überkompensieren.

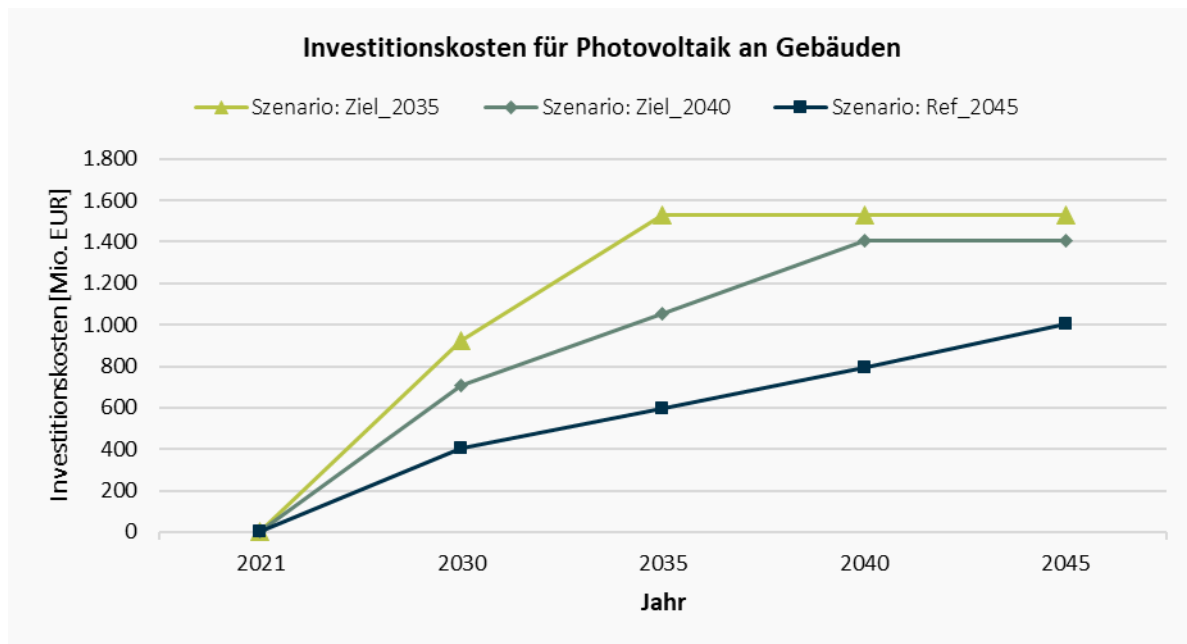


Abbildung 10-11: Kumulierte Investitionskosten für Photovoltaik an Gebäuden

Ausblick

PV-Anlagen auf und an Gebäuden stellen bereits heute eine wichtige Stromerzeugungsquelle dar und erfreuen sich eines hohen, dynamischen Wachstumspotentials. Auf Grund günstigerer Rahmenbedingungen, u. a. dem Entfall der Umsatzsteuer, Abbau von Bürokratiehemmnissen, Vereinfachungen für „Balkonkraftwerke“ und dem vom Bundeskabinett am 16. August 2023 beschlossenen „Solarpaket“ erscheint ein weiteres dynamisches Wachstum als wahrscheinlich. Dabei besteht in Dresden ein großes Stromerzeugungspotential aus Gebäude PV-Anlagen, welches auf etwa 715 GWh/a geschätzt wird. Dies entspräche einer bilanziellen Deckung des heutigen Dresdner Stromverbrauches von rund 27 Prozent, wobei auf Grund der untertägigen und saisonalen Erzeugungsschwankungen zwingend flexible Stromverbraucher, netzseitige Anpassungen und ein Speicherausbau zur erfolgreichen Integration vorangebracht werden müssen (siehe Kapitel 8.1.3). Zukünftige Strombedarfe aus der Mobilität und der Wärmeversorgung werden die gebäudenah und damit verbrauchsnahe Nutzung von PV-Anlagen wirtschaftlich noch attraktiver machen und die Ausbaudynamik wahrscheinlich unterstützen. Für die Hebung der PV-Potentiale auf Denkmalschutzgebäuden und an Fassaden sind u. a. zusätzliche Beratungsangebote sinnvoll, um ggf. bestehende Hemmnisse abzubauen und gute Lösungsansätze zu finden.

10.3.1.5 Solarthermie und Kombination PV-Solarthermie (PVT)

Überall wo Photovoltaikmodule eingesetzt werden, können grundsätzlich auch solarthermische Kollektoren zur Anwendung kommen. Daher wird zur Bestimmung des Solarthermie-Potentials der gleiche Ansatz zur Auswahl geeigneter Gebäudedächer wie bei der Photovoltaik angewendet. Es werden nur Dächer mit einer solaren Einstrahlungskategorie von "geeignet", "gut geeignet" und "sehr gut geeignet" berücksichtigt, sofern sie eine Bruttofläche von mehr als 10 m² haben.

Ein vereinfachter Ansatz wird verwendet, um die mögliche Wärmemenge abzuschätzen, die mit solarthermischen Kollektoren für jedes Gebäude erzeugt werden könnte. Details zur Berechnung finden sich in Band III in Kapitel 10.3.1. Abbildung 10-12 zeigt die räumliche Verteilung von möglichen bilanziellen Deckungsgraden von Solarthermie für die Gebäude. Demnach könnten etwa 14.000 der beheizten Gebäude (19,5 Prozent) ihren Wärmebedarf bilanziell zu mehr als 50 Prozent mit Solarthermie decken. Die bilanzielle Betrachtung berücksichtigt allerdings die hohe Überdeckung des Bedarfes im Sommer und die Unterdeckung im Winter nicht. Damit ist die reale Wärmebedarfsdeckung niedriger.

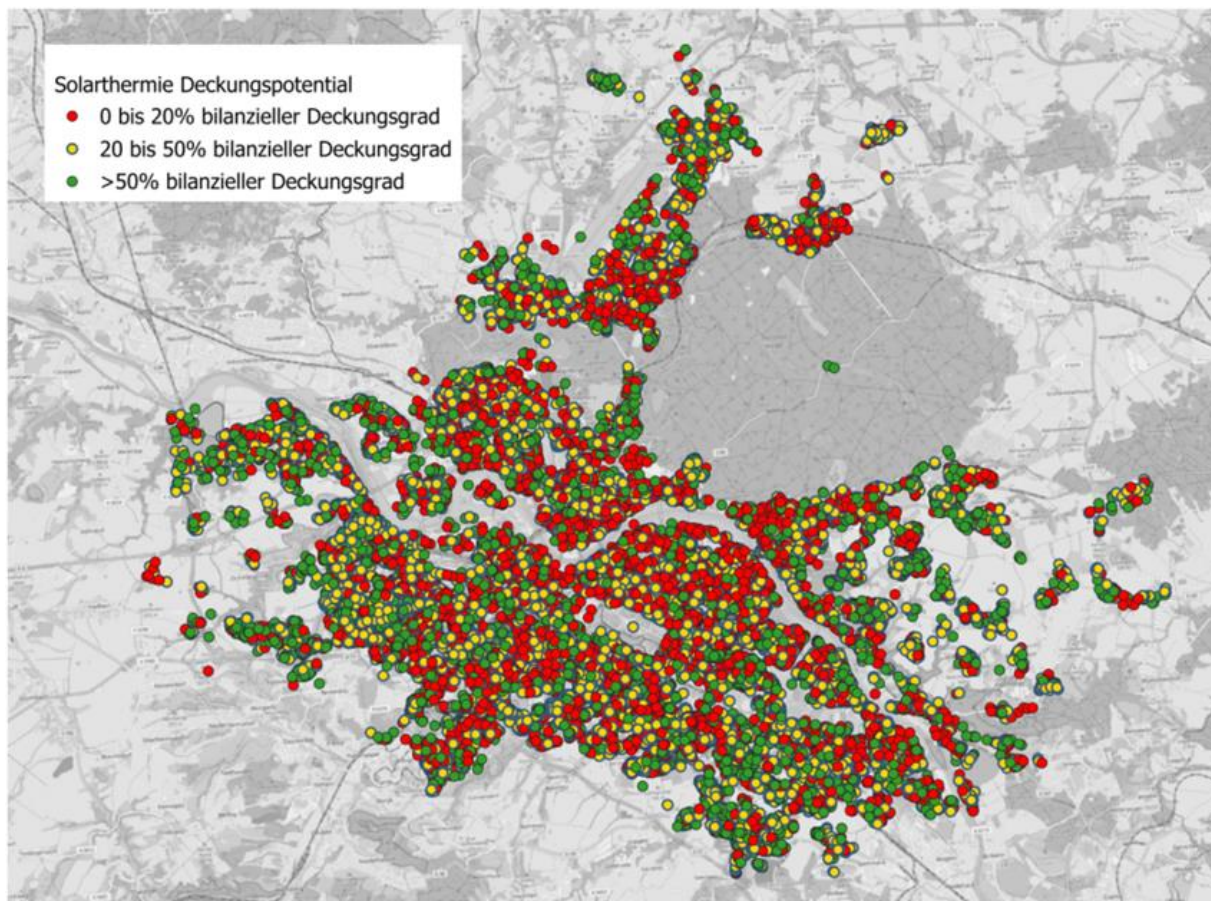


Abbildung 10-12: Solarthermiepotentialkarte (Quelle: BLS/DigiKoo)

Dennoch kann Solarthermie eine sinnvolle Ergänzung darstellen und sogar mit Wärmepumpen kombiniert werden. So kann zur Energieertragsoptimierung und zur Deckung des Gesamtwärmebedarfes beispielweise eine PVT-Anlage, also eine Kombination aus PV- und Solarthermieanlage zusammen mit einer Wärmepumpe genutzt werden, um mit der gleichen Fläche einen Mehrfachnutzen zu generieren. Bei PVT-Modulen befindet sich auf der Vorderseite das PV-Modul und auf der Rückseite ein Wärmeüberträger. Dieser Wärmeüberträger verwendet die auf die PV-Kollektorfläche mittels Sonneneinstrahlung eingebrachte Wärmeenergie genauso wie die in der Umgebungsluft enthaltene Wärme. So können Strom und Wärme mit der gleichen Fläche genutzt werden und PVT-Kollektoren oftmals als alleinige Wärmequelle für die Wärmepumpe eingesetzt werden. Eine solche Wärmepumpe arbeitet geräuschlos und muss daher keine Schallimmissionsgrenzen berücksichtigen. Diese Systeme können mit einem passend ausgelegten Warmwasser, Eis- oder auch Erdwärmespeicher, z. B. in Form von Erdkollektoren, kombiniert werden, womit eine Betriebsoptimierung und höhere Wärmebedarfsdeckungen ermöglicht werden. Die Versorgung mittels PVT-Kollektoren in Kombination mit einer Wärmepumpe stellt somit ein interessantes Potential für den Neubau, aber insbesondere auch für den Altbau dar. Sie kommt zudem auch für Mehrfamilienhäuser oder größere Objekte in Frage, so lange eine ausreichend große Dachfläche zur Verfügung steht. Auch hybride Varianten aus PVT-Wärmepumpe und Erdgaskesseln wurden im Bestands-Mehrfamilienhausbereich bereits umgesetzt.⁸⁹ Die PVT-Wärmepumpen Technologie wird auch durch das vom BMWK geförderte Forschungsprojekt „integrate“ (Initiative zur Marktetablierung und Verbreitung von Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor)⁹⁰ explizit gefördert und für eine

⁸⁹ https://www.duesseldorf.de/fileadmin/Amt19/saga/pdf/Stellschrauben-Vortraege/Fischer_-_PVT_Kollektoren_Waerpumpen_compressed.pdf [Zugriff am 10.10.2023].

⁹⁰ <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/integrate.html> [Zugriff am 10.10.2023].

breite Markteinführung unterstützt. Bislang handelt es sich dennoch um ein Nischenprodukt, welches vorwiegend im Einfamilienhaus eingesetzt wird, auch wenn die Anzahl der zugebauten Anlagen bzw. die zugebaute PVT-Fläche pro Jahr steigt und eine Verschiebung hin zu Mehrfamilienhäusern zu beobachten ist. Ein wesentlicher Grund für die überschaubare Verbreitung könnte an der geringen Anzahl an Fachkräften und -unternehmen liegen, welche diese Systeme installieren können. Auf Grund der komplexen Potentialabschätzung wird nicht weiter auf dieses Potential eingegangen. Es wird jedoch ein Untersuchungsgegenstand in der Kommunalen Wärmeplanung der Landeshauptstadt Dresden werden.

10.3.2 Umgebungswärme an Gebäuden

Die Umgebungswärme beinhaltet die Umweltwärme und oberflächennahe Geothermie. Dabei umfasst die Umweltwärme bodennahe Luftschichten und Oberflächengewässer, aus welchen Wärme entnommen und technisch nutzbar gemacht werden kann. Oberflächennahe Geothermie bezeichnet die im oberflächennahen Erdreich bis zu einer Tiefe von 400 Metern gespeicherte Wärme. Hierzu zählt auch die Wärme im Grundwasser. Die aufgeführten Wärmequellen sind zu kalt, um direkt zum Heizen von Gebäuden oder zur Warmwasserbereitung genutzt werden zu können, weshalb je nach Wärmequelle passende Wärmepumpen eingesetzt werden müssen. Die grundsätzliche Funktionsweise von Wärmepumpen wird in Band III in Kapitel 10.3.2 erläutert. Eine wichtige Kenngröße zur Bewertung der Effizienz von Wärmepumpen ist die Jahresarbeitszahl (JAZ). Diese gibt an, wie viele Einheiten Wärme aus einer Einheit elektrischer Energie durchschnittlich über ein Jahr gewonnen werden können. Je höher die JAZ, desto effizienter die Wärmepumpe. Ein wesentlicher Einflussfaktor auf die JAZ stellt die Wärmequelle dar (vgl. typische Bandbreiten für JAZ in Tabelle 10-3).

Tabelle 10-3: Übersicht Umgebungswärmequelle, die fett markierten Quellen wurden detailliert untersucht

Umweltwärme	Oberflächennahe Geothermie
<ul style="list-style-type: none"> ■ bodennahe Luftschichten, JAZ: 2,5-4 ■ Oberflächengewässer, JAZ 5-7 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wärme im Erdreich bis 400m Tiefe, JAZ: 5-6 ■ Wärme im Grundwasser, JAZ: 6-7

Für den vorliegenden Bericht wurden die bodennahen Luftschichten sowie die oberflächennahe Wärme aus dem Erdreich berücksichtigt, da sich hierbei auf Grund bereits bestehender hoher Marktanteile große und relativ schnell umsetzbare Potentiale ableiten lassen. Die Betrachtung fand für jedes beheizte Gebäude in Dresden (Stand 2022) und dessen Flurstück mittels einer umfangreichen Modellierung statt. Eingeflossen sind die auf dem Wärmekataster (siehe Kapitel 5.2.1) basierende Wärmebedarfsentwicklung (Kapitel 10.2.1), verschiedene Umwelt- sowie statistische Daten. Eine detaillierte Vorstellung der Methodik erfolgt in Band III Kapitel 10.3.2.

10.3.2.1 Oberflächennahe Geothermie

Zur Erschließung von oberflächennaher Wärme im Erdreich können im Wesentlichen zwei technologische Verfahren unterschieden werden. Einerseits Erdkollektoren, welche den Wärmeentzug flächhaft und sehr oberflächennah realisieren. Andererseits Erdsonden, welche punktuell durch Bohrungen einen Wärmeentzug realisieren. Beide Wärmequellen müssen mittels einer Sole-Wasser-Wärmepumpen auf das im Gebäude nötige Vorlauf- bzw. Warmwasser-Temperaturniveau angehoben werden. Details zu den Annahmen und Berechnungen finden sich in Band III Kapitel 10.3.2.

Erdkollektoren

Erdkollektoren liegen i.d.R. bis maximal 5 m Tiefe und können waagrecht oder senkrecht verlegt werden. Im Fall der waagerechten Verlegung sind auch mehrere Schichten z. B. in einem Abstand von einem Meter möglich, sodass der mögliche Wärmeertrag pro Quadratmeter gesteigert werden kann.

Für diesen Bericht wurde ein waagrechtes Erdkollektoren-System mit zwei Lagen und einer Tiefe von etwa 2 m angenommen.

Abbildung 10-13 zeigt das räumliche verteilte Deckungspotential des Gebäudewärmebedarfes mittels Erdkollektoren-Wärmepumpen in Dresden. Es wird ersichtlich, dass auf Grund des Flächenbedarfs viele Gebäude in Dresden nicht mit Erdkollektoren alleine (monovalent) versorgt werden können. Insbesondere in den Gebieten mit geringerer Wohndichte ist vermehrt ein für Erdkollektoren ausreichendes Verhältnis zwischen Wohnflächen und verfügbare Kollektorfläche gegeben.

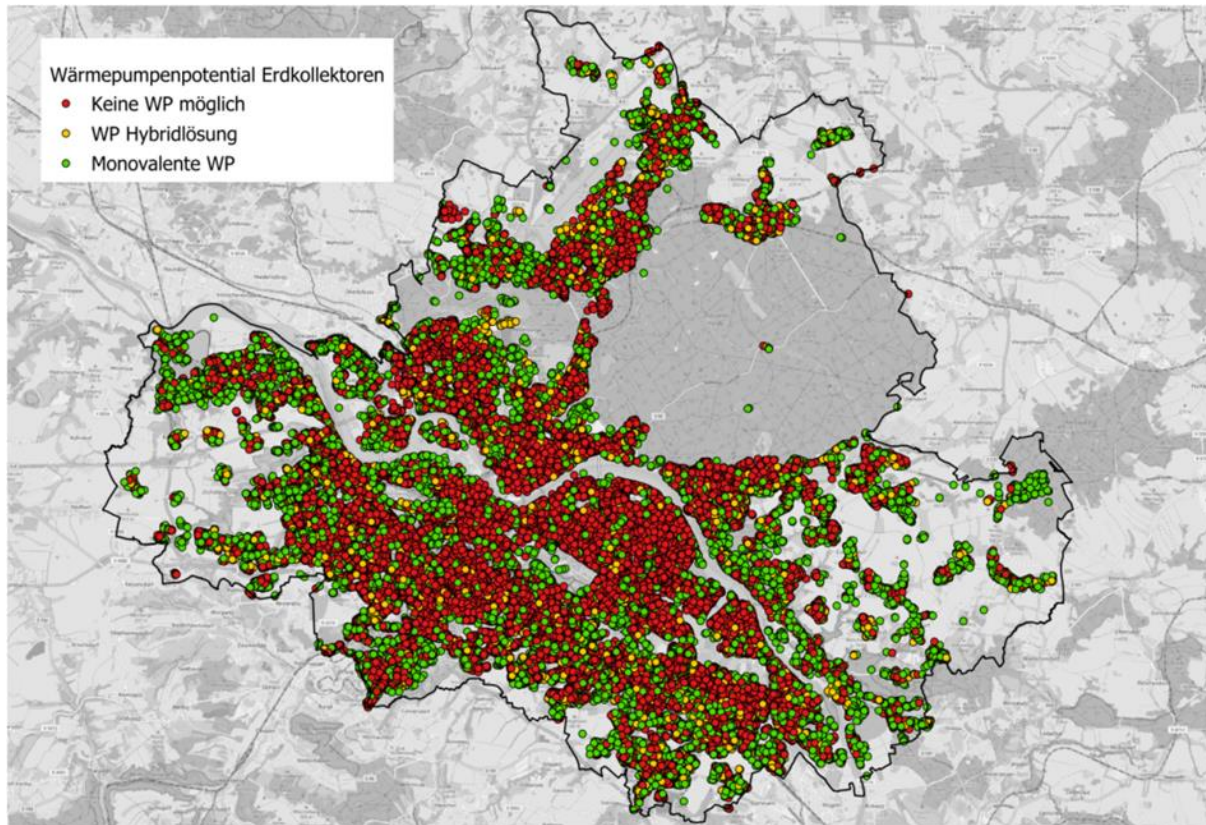


Abbildung 10-13: Räumliche Darstellung des Erdkollektorenpotentials (Quelle: BLS/DigiKoo)

Diese Einschätzung bestätigt auch ein Vergleich der Erdkollektoren-Potentiale für die Gesamtstadt mit Potentialen außerhalb der Fernwärmegebiete (Tabelle 10-4). Dabei stehen Fernwärmegebiete für typischerweise dicht besiedelte Gebiete mit hohen Wärmelastdichten. Von den 13.435 Gebäuden, bei welchen eine Wärmebedarfsdeckung zu mehr als 95 Prozent und damit grundsätzlich monovalent mittels Erdkollektoren-Wärmepumpe möglich wäre, befinden sich 11.760 (87,5 Prozent) außerhalb der Fernwärmegebiete. Hier können 13,7 Prozent des Wärmebedarfs mit Erdkollektoren gedeckt werden. Innerhalb der Fernwärmegebiete sind es nur halb so viel.

Tabelle 10-4: Deckungspotential Erdkollektoren

	Erdkollektoren Gesamtstadt	Erdkollektoren außerhalb Fernwärmegebiete
Anzahl Gebäude mit > 95 % Deckung	13.435	11.760
Wärmemenge > 95 % Deckung [MWh]	312.130	242.382
Anteil Wärmemenge > 95 % Deckung	7,2 %	13,7 %

Auf eine wirtschaftliche Einordnung und einen zeitlichen Ausbau der Erdkollektoren Potentiale wird in Kapitel 10.3.4 näher eingegangen.

Erdsonden

Erdsonden bieten gegenüber Erdkollektoren den Vorteil, auf weniger Raum höhere Wärmeerträge auf Grund der Erschließung tieferer Schichten zu erreichen. Damit kommen mehr Gebäude in Dresden in Frage, welche ein Deckungspotential für den Wärmebedarf von mehr als 95 Prozent besitzen, wie aus der räumlichen Potentialdarstellung in Abbildung 10-14 ersichtlich wird. Für Dresden wurden dabei Bohrtiefen bis max. 100 m in kritischen Bereichen (gespannte Grundwasserleiter) angenommen. In unkritischen Bereichen wurden maximal 200 m Bohrtiefe angenommen. Trinkwasserschutzgebiete und Gebiete mit unterirdischen Hohlräumen wurden ausgeschlossen.

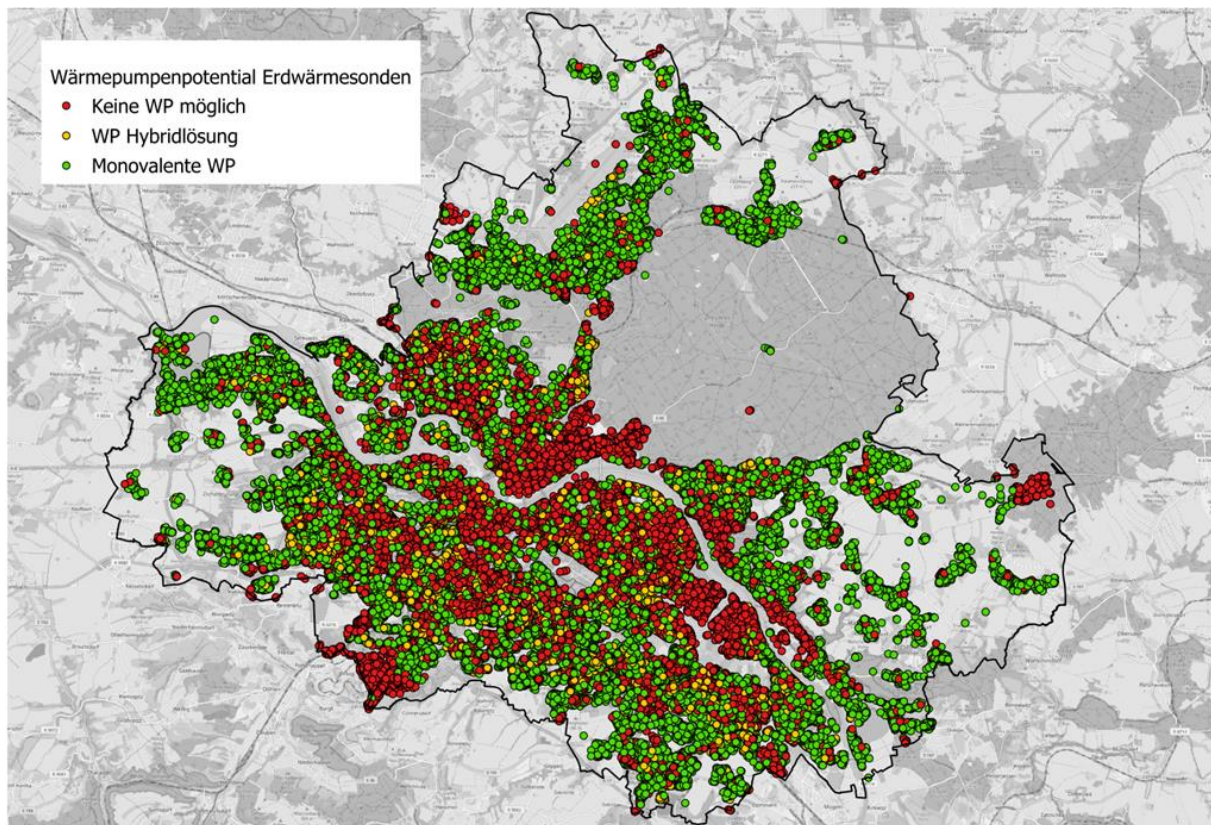


Abbildung 10-14: Räumliche Darstellung des Erdsondenpotentials (Quelle: BLS/DigiKoo)

Auch für die Erdsonden zeigt sich, dass ihr Potential außerhalb der Fernwärmegebiete deutlich größere ist, als innerhalb dieser dicht besiedelten Gebiete, wie aus Tabelle 10-5 hervorgeht.

Tabelle 10-5: Deckungspotentiale Erdsonden

	Erdsonden Gesamtstadt	Erdsonden außerhalb Fernwärmegebiete
Anzahl Gebäude mit > 95 % Deckung	27.573	24.288
Wärmemenge > 95 % Deckung [MWh]	723.384	555.469
Anteil Wärmemenge > 95 % Deckung	16,7 %	31,3 %

Auf eine wirtschaftliche Einordnung und einen zeitlichen Ausbau der Erdkollektorenpotentiale wird in 10.3.4 näher eingegangen.

Grundwasser

Dresden verfügt über reiche Grundwasservorräte, die im Stadtgebiet vielfältig genutzt werden⁹¹. Für die Wärmebedarfsdeckung stellt Grundwasser grundsätzlich eine weitere relevante Umgebungswärmequelle dar. Wie in Tabelle 10-3 beschrieben, kann durch die Nutzung von Wärmepumpen eine hohe JAZ erreicht werden. In Dresden sind bereits eine Vielzahl an Gebäuden unterschiedlicher Größe und Nutzung mit Wasser-Wasser-Wärmepumpen und Grundwasser als Wärmequelle ausgestattet. Dennoch sind u. a. auf Grund der Fließdynamik und der Zusammensetzung des Grundwassers Potentialabschätzungen nicht trivial. Die Nutzung von oberflächennahem Grundwasser für den Betrieb einer Wärmepumpenanlage bedarf zudem der wasserrechtlichen Erlaubnis. Aufgrund der Komplexität der Hebung dieser Wärmequelle, wurde für das IEK auf eine pauschale Potentialabschätzung verzichtet. Es wird jedoch für weitere Betrachtungen im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung und insbesondere für Quartierslösungen möglichst ortskonkret und in Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde untersucht.

10.3.2.2 Umweltwärme an Gebäuden

Umgebungsluft

Die Nutzung der Luft als Wärmequelle stellt eine relativ einfach zu erschließende Wärmequelle dar, da sie überall verfügbar ist und nur sehr wenig Platz für die Erschließungstechnik benötigt. Inzwischen gibt es entsprechende Luft-Wasser-Wärmepumpenmodelle in den verschiedensten Größenklassen und auch ein kaskadierte Nutzung, also eine Kombination mehrerer Luft-Wasser-Wärmepumpen, ist möglich. Somit sind grundsätzlich auch größere Objekte und Altbauten versorgbar, sofern die Vorlauftemperaturen des Heizungssystems unter 65°C liegen. Neben dieser Restriktion stellen Lärmemissionen der Geräte eine Einschränkung dar. Entsprechende maximale Lärmimmissionen sind durch Abstände zu Nachbargebäuden einzuhalten. Details zur Berechnung der Luft-Wasserwärmepumpenpotentiale werden in Band III Kapitel 10.3.2 beschrieben. Es lässt sich aber hier bereits feststellen, dass die Entfernungsrestriktion in den wenigsten Fällen greift. Die Luft-Wasser-Wärmepumpen sind wie aus der räumlichen Darstellung des Potentials in Abbildung 10-15 hervorgeht, in der deutlichen Mehrheit der Gebäude in Dresden einsetzbar.

⁹¹ <https://www.dresden.de/de/stadtraum/umwelt/umwelt/grundwasser.php> [Zugriff am 29.12.2023]s

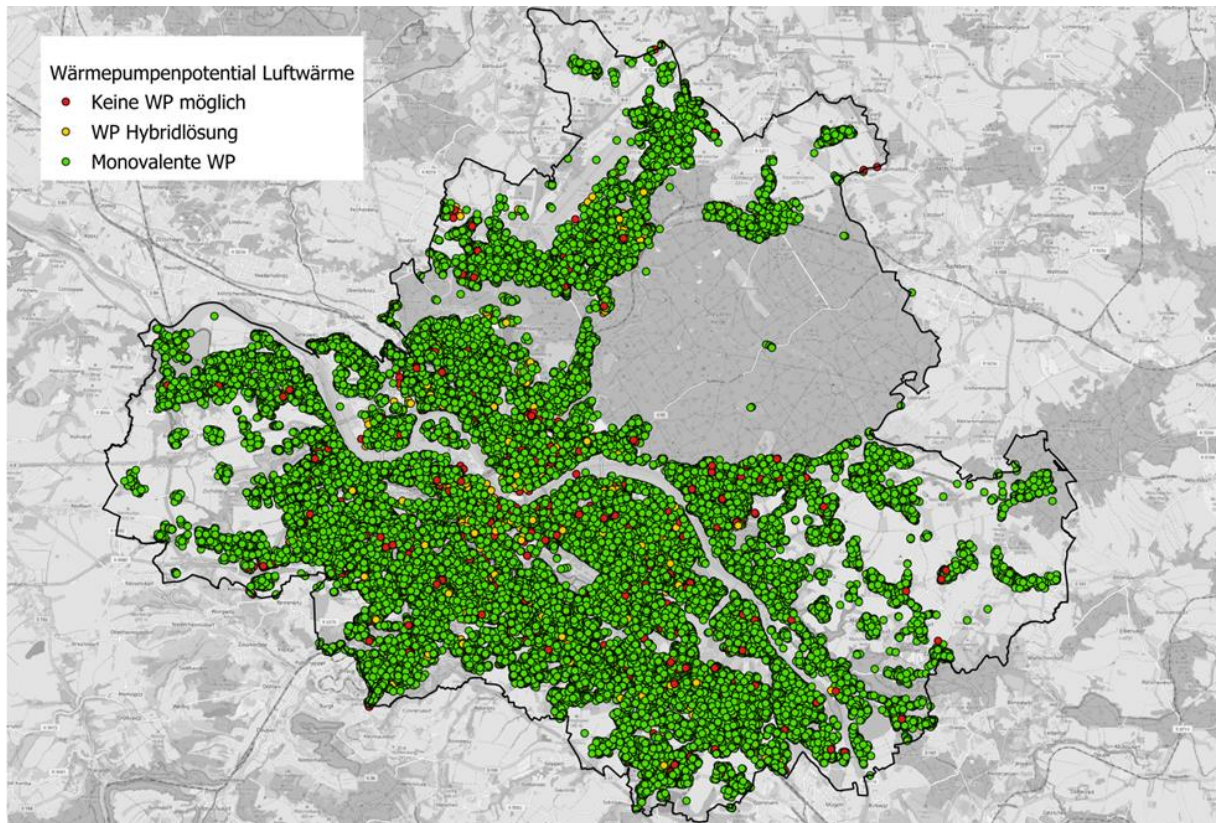


Abbildung 10-15: Räumliches Deckungspotential Luft-Wasser-Wärmepumpe (Quelle: BLS/digiKoo)

Der Deckungsanteil für die Gesamtstadt ist mit 75,3 Prozent sehr hoch. Für die Gebäude außerhalb der Fernwärme erhöht sich das relative Potential noch einmal geringfügig auf 85,2 Prozent. Es muss jedoch betont werden, dass in dieser Studie keine Schallüberlagerungseffekte untersucht werden konnten, welche ggf. das Potential mindern könnten. Zudem könnte es bei einer derart flächenhaften Nutzung zu Engpässen in der Niederspannungsebene des Stromnetzes kommen, was bereits als Handlungsfeld in Kapitel 8.1.3 adressiert wurde. Generell ist zu beachten, dass Luft-Wasser-Wärmepumpen i.d.R. die ineffizienteste Form der Wärmepumpen darstellen und ihr Strombedarf besonders hoch ist, wenn die Außentemperaturen im Winter niedrig sind. Dies führt gegenüber den anderen vorgestellten Wärmequellen zu deutlich höheren Stromlasten aber auch Energiebedarfen im Winter. Dies muss aus systemischer Sicht bei der Netzentwicklung und ggf. Ableitung von Maßnahmen mit berücksichtigt werden.

Tabelle 10-6: Deckungspotential durch Luft-Wasser-Wärmepumpen

	Luft-Wasser-Wärmepumpen Gesamtstadt	Luft-Wasser-Wärmepumpen außerhalb Fernwärmegebiete
Anzahl Gebäude mit > 95 % Deckung	68.407	46.734
Wärmemenge > 95 % Deckung [MWh]	3.253.989	1.510.821
Anteil Wärmemenge > 95 % Deckung	75,3 %	85,2 %

Auf eine wirtschaftliche Einordnung und einen zeitlichen Ausbau der Erdkollektoren Potentiale wird in Kapitel 10.3.4 näher eingegangen.

Oberflächengewässer

Weitere Wärmequellen-Potentiale stellen Oberflächengewässer in Dresden dar. Dabei könnte insbesondere das Flusswasserwärme-Potential eine relevante Größenordnung erreichen. Auf Grund des relativ hohen Aufwandes hinsichtlich Planung, Genehmigung und Realisierung sind tendenziell nur große Anlagen, welche in ein Fernwärmenetz einspeisen, wirtschaftlich darstellbar. Diese Anlagen nehmen in Deutschland zu. Als Beispiel sei die im Oktober 2023 an das Fernwärmenetz Mannheim gegangene Flusswasserwärmepumpe mit 20 MW_{th} genannt⁹². Aus diesen Gründen wird dieses Potential auf Einzelgebäudeebene nicht weiter betrachtet, sondern im Rahmen des Wärmetransformationsplanes der Fernwärme als Wärmequellenpotential berücksichtigt.

Das Wärmepotential aus Seewasser ist in Dresden aufgrund der sehr wenigen und relativ kleinen Seen, wie der Kiesgrube in Leuben oder dem unteren Becken des Pumpspeicherwerkes Niederwartha (Cossebaude) begrenzt. Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung könnte es ggf. für einzelne Quartierskonzepte eine Rolle spielen, wird aber an dieser Stelle für das IEK nicht weiter betrachtet.

10.3.3 Abwärme

Unvermeidbare Abwärme stellt ein weiteres Wärmequellenpotential dar, welches je nach Quelltemperaturniveau direkt oder mittels Wärmepumpen genutzt werden kann (Tabelle 10-7). Hochtemperatur-Abwärme liegt in Dresden im Wesentlichen durch den Kraftwerksbetrieb zur Stromerzeugung vor und wird z. B. in Form von KWK-Anlagen für die Fernwärme, soweit möglich, bereits genutzt. Weitere direkt nutzbare Hochtemperatur-Abwärme der Industrie liegt in begrenztem Maße in Dresden vor. Beispielsweise können Kraftwerksanlagen der Industrie, welche noch nicht zwingend ins Fernwärmenetz integriert sind, ein mögliches Potential darstellen. Diese werden im Rahmen des Wärmetransformationsplanes der Fernwärme betrachtet und bereits für das Zielszenario 2035 erwähnt (siehe auch Kapitel 9 und 10.5).

Niedertemperatur-Abwärme liegt u. a. im Dresdner Abwassernetz vor (siehe Band II Maßnahme G.3-03 und Kapitel 8.6.2). Dieses und weitere Abwärmepotentiale lassen sich i.d.R. besser auf Quartiers- oder Wärmenetzebene erschließen, weshalb sie für eine Einzelgebäudebetrachtung im Rahmen des IEK nicht weiter berücksichtigt werden. Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung werden sie näher beleuchtet.

Tabelle 10-7: Übersicht Abwärmepotentialbegriffe

Niedertemperatur-Abwärme	Hochtemperatur-Abwärme
<ul style="list-style-type: none">■ Abwasserwärme■ Abwärme aus Gewerbe/Industrie	<ul style="list-style-type: none">■ Hochtemperatur-Industrieprozess■ Verbrennungsprozesse zur Stromerzeugung

⁹² <https://www.mvv.de/ueber-uns/unternehmensgruppe/mvv-umwelt/aktuelle-projekte/mvv-flusswaermepumpe> [Zugriff am 1.11.2023].

10.3.4 Ergebnisse und zeitliche Einordnung

Aus den vorangegangenen Potentialbetrachtungen ergeben sich die Übersichten zu den im IEK weiter berechneten Potentialen für die Gesamtstadt (Tabelle 10-8). Da diese Potentiale sich oftmals pro Gebäude überlagern und die Gebäudebesitzer auch weitere Heiztechnologieoptionen, wie beispielweise Fernwärme oder Biomasse (Pelletheizung) nutzen könnten, wurde mittels eines Zuweisungsalgorithmus die jeweils wirtschaftlichste Technologie pro Gebäude zum Zeitpunkt des notwendigen Heizungsaustausches bestimmt.

Tabelle 10-8: Deckungspotential oberflächennaher Geothermie Gesamtstadt

	Erdkollektoren	Erdwärmesonden	Luft-Wärmepumpen
Anzahl Gebäude mit > 95 % Deckung	13.435	27.573	68.407
Wärmemenge > 95 % Deckung [MWh]	312.130	723.384	3.253.989
Anteil Wärmemenge > 95 % Deckung	7,2 %	16,7 %	75,3 %

Eine maximale Heizungswechselquote von 4 Prozent pro Jahr (alle Heizungstypen) wirkte als begrenzendes Element im Referenzszenario 2045, um die Handwerkskapazitäten zu berücksichtigen. In den Zielszenarien wurden die Heizungswechselraten entsprechend des Zieljahres angepasst, also erhöht. Weitere Details zum Zuweisungsalgorithmus finden sich in Band III in Kapitel 10.3.4. Daraus ergibt sich folgende Potentialerschließung der Umweltwärme-Quellen in den Szenarien (Abbildung 10-16).

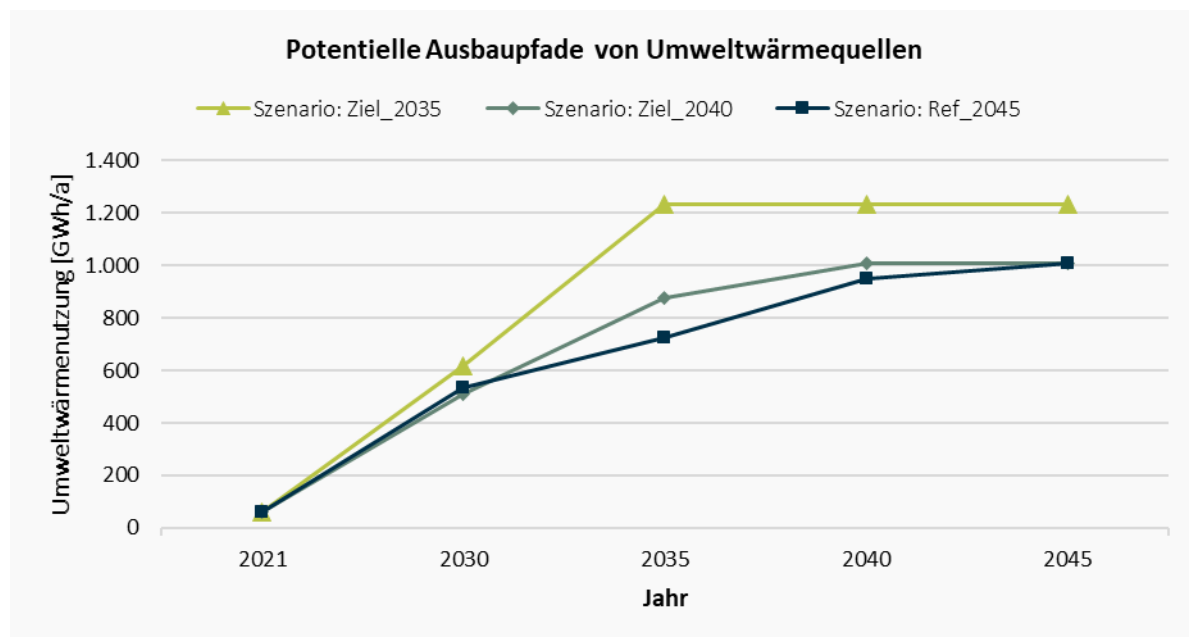


Abbildung 10-16: Potentielle Ausbaupfade von Umweltwärmequellen

Die Unterschiede zwischen den drei betrachteten Umweltwärmepotentialen sind dabei erheblich. Erwartungsgemäß erreicht das Potential der Umgebungsluft als Wärmequelle mit bis zu 41 Prozent im Ziel_2035 Szenario den größten Deckungsanteil des Nutzwärmebedarfes für Raumwärme und Warmwasser in 2045. Auch im Ziel_2040 und Ref_2045 Szenario ist der Deckungsanteil mit 33 Prozent immer noch sehr hoch. Bemerkenswert ist jedoch, dass das Erdwärmesondenpotential, welches wie in Tabelle 10-8 dargestellt, größer als das Erdkollektoren-Potential ist, lediglich 1 bis 2 Prozent des Nutzwärmebedarfes in 2045 deckt. Die Erdkollektoren werden hingegen mit 6 bis 7 Prozent deutlich stärker genutzt. Dies liegt an den relativ hohen Investitionskosten für Erdwärmesonden, wobei hier die Vorteile für die passive Kühlung der Gebäude oder ggf. geringe Netzausbaukosten, sowie geringere

Energiebedarfe im Winter nicht berücksichtigt wurden. Generell erreicht die Umweltwärme einen Marktanteil am Gesamtnutzwärmebedarf von 50 Prozent im Ziel_2035 Szenario und von 40 Prozent im Ziel_2040 und Ref_2045 Szenario.

Tabelle 10-9: Umweltwärme-Deckungsanteile am Nutzwärmebedarf 2045 (Raumwärme und Warmwasser)

Deckungsanteil Nutzwärmebedarf 2045	Erdkollektoren	Erdwärmesonden	Umgebungsluft
Ziel_2035	7 %	2 %	41 %
Ziel_2040	6 %	1 %	33 %
Ref_2045	6 %	1 %	33 %

Für die erforderlichen Investitionskosten (siehe Tabelle 10-10) müssen zudem zwei gegenläufige preisliche Annahmen beachtet werden. Einerseits sind auf Grund der kürzeren Umsetzungszeiten für die Zielszenarien und die deutlich erhöhte Heizungswechselquote pauschale Preisaufschläge von 10 Prozent bzw. 20 Prozent für Ziel_2040 bzw. Ziel_2035 berücksichtigt. Andererseits wird im zugrundeliegenden Wärmepumpen-Szenario der PotEEGeb-Studie für das Ziel_2035 Szenario von 30 Prozent geringeren Investitionskosten für Wärmepumpen ab 2030 ausgegangen, so dass dieses Szenario günstiger ist als das Ziel_2040 und das Ref_2045 Szenario, in welchen die Kosten gleich hoch bleiben.

Tabelle 10-10: Investitionen für Heizungswechsel zur Potentialerschließung der Umweltwärme

Szenario	Erdkollektoren	Erdwärmesonden	Luft-Wärmepumpen
Ziel_2035 (inkl. Aufschlag 20 %)	330 Mio. €	120 Mio. €	1.743 Mio. €
Ziel_2040 (inkl. Aufschlag 10 %)	408 Mio. €	113 Mio. €	2.046 Mio. €
Ref_2045	371 Mio. €	103 Mio. €	1.860 Mio. €

Ob diese Ziele erreichbar sind, hängt nicht nur von den finanziellen Mitteln, sondern auch den Umsetzungskapazitäten insbesondere im Handwerk ab. Für das Ziel_2035 Szenario müssten zwischen 2025 bis 2025 rund 5.500 Wärmeerzeuger jährlich getauscht werden. Das entspräche einer jährlichen Heizungswechselrate von 7,5 Prozent und läge damit um etwa 89 Prozent höher als im Ref_2045 Szenario, welches mit durchschnittlich 3,7 Prozent jährlicher Wechselrate und rund 3.000 ausgewechselten Anlagen pro Jahr auskommt. Das Ziel_2040 Szenario ordnet sich mit etwa 5,4 Prozent jährlicher Heizungswechselrate und etwa 4.000 gewechselten Anlagen pro Jahr dazwischen ein (Tabelle 10-11). Bei der Berechnung wurden bestehende Fernwärmeanschlüsse, welche erneuert werden müssen, nicht mitgezählt.

Tabelle 10-11: Szenarienabhängige Heizungswechselraten

Szenario	Anzahl jährlich zu wechselnder Anlagen	Jährliche Heizungswechselrate
Ziel_2035	5.500	7,5 %
Ziel_2040	4.000	5,4 %
Ref_2045	3.000	3,7 %

10.4 Großformatige Erneuerbare-Energien-Anlagen

In diesem Kapitel werden die Potentiale zum Ausbau der erneuerbaren Energien zur Stromversorgung im Stadtgebiet abseits von Gebäuden betrachtet. Dies umfasst insbesondere Photovoltaik-Anlagen auf freien Flächen, PV auf Parkplatzflächen, Agri-PV, Floating PV, Freiflächen-PV) sowie Windenergieanlagen (WEA).

Im § 6 EEG 2023⁹³ wird die finanzielle Beteiligung der Kommunen am Ausbau der EE geregelt. Bei WEA an Land (größer 1 MW) dürfen Gemeinden die im Umkreis von 2,5 km liegen, Beträge von insgesamt 0,2 Cent pro Kilowattstunde für die tatsächlich eingespeiste Strommenge und für die fiktive Strommenge angeboten werden. Bei PV-Freiflächenanlagen dürfen den betroffenen Gemeinden Beträge von insgesamt 0,2 Cent pro Kilowattstunde für die tatsächlich eingespeiste Strommenge angeboten werden.

Anlagenbetreiber sollen betroffene Kommunen beteiligen. Eine Pflichtbeteiligung haben bisher nur die Länder Mecklenburg-Vorpommern (Bürger- und Gemeindenbeteiligungsgesetz) und Brandenburg (Windenergieanlagenabgabengesetz) eingeführt.

10.4.1 PV auf Parkplatzflächen

Im Zusammenhang des PV-Ausbaus im Stadtgebiet Dresdens sind mögliche Freiflächen für das Parken des mobilen Individualverkehrs auf potentielle Eignung untersucht worden. Bisher ist in der LHD ein Pilotprojekt eines Parkplatzes mit PV-Anlage realisiert.⁹⁴ Es ist demzufolge notwendig, die Potentiale auf Parkplatzflächen Dresdens zu prüfen und zu heben. Zu beachten ist dabei, dass bei der Installation von PV-Anlagen auf Parkplatzflächen eine Flächenkonkurrenz zur Begrünung und damit zu Maßnahmen der Klimawandelanpassung bestehen kann. Gemäß den Regelungen der Satzung der Landeshauptstadt Dresden über Stellplätze und Garagen sowie Abstellplätze für Fahrräder sind bei der Gestaltung von Parkplätzen immer auch Begrünungen vorzusehen (je nach Anzahl der Stellplätze bzw. der Stellplatzart: Pflanzstreifen, Bäume, Dachbegrünungen). Für die zukünftige Nutzung von PV auf Parkplatzflächen sind insofern Lösungen zu finden, welche die Vereinbarkeit von Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen entsprechend gewährleisten. Dies gilt insbesondere in den überwärmten innerstädtischen Bereichen.

Je nach Lage des potentiellen Parkplatzes ist außerdem zu prüfen, ob durch die Installation einer PV-Anlage keine negativen Blendeffekte entstehen können. Generell sollte es das Ziel sein, Parkplatzflächen zu entsiegeln und in das Gebäude zu integrieren, zum Beispiel in Form von Parkdecks, die dann mit PV überdacht sind. Dies führt zu einer Verringerung des Aufheizens der PKWs und die PV-Anlage ist höher gelegen, so dass es weniger Störungen für das Umfeld verursacht.

Die potentiellen geeigneten Parkplatzflächen für PV sind mithilfe von Daten aus dem Open-Data-Portal der LHD⁹⁵ ermittelt worden. Anschließend wurden die Flächen anhand verschiedener Kriterien gefiltert (weitere Details zur Methodik siehe Band III, Kapitel 10.4.1).

⁹³ Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) geändert worden ist).

⁹⁴ VEE Sachsen e.V. (2019): „Autarker Plus-Energie Parkplatz“ – Informationsveranstaltung mit Besichtigung zum Tag der Erneuerbaren Energien 2019 [online]. <https://www.vee-sachsen.de/artikel/autarker-plus-energie-parkplatz-informationsveranstaltung-mit-besichtigung-tag-der-erneuerbaren-energien> [Zugriff am 17.01.2022].

⁹⁵ Layer „Verkehrsflächen“: <https://opendata.dresden.de/informationsportal/#app/mainpage//Verkehrsfl%C3%A4chen> [Zugriff am 18.11.2021].

Mithilfe des Photovoltaic Geographic Information System⁹⁶ wurde die daraus folgende potentielle Produktion elektrischer Energie berechnet. Anhand der genannten Vorgaben wurde eine Grundfläche von 542.373 m² ermittelt, die technische Potentiale zur Stromproduktion von insgesamt 69,6 GWh/a durch PV-Anlagen aufweisen (siehe Tabelle 10-12).⁹⁷

Tabelle 10-12: Potentielle Parkplatzflächen-PV

	Potentielle Grundfläche (m ²)	Potentieller Ertrag (Einspeisung in Stromnetz in MWh/a)
Parkplatzflächen	542.373	69.642

Die voraussichtlichen Investitionskosten zur Erschließung der Potentiale belaufen sich auf circa 45 Mio. Euro im Ziel_2035-Szenario (siehe Abbildung 10-18). Dabei wurden die Kosten für die Errichtung von PV-Anlagen auf der Grundlage einer EU-Studie aus 2018⁹⁸ dahingehend angepasst, dass in den kommenden Jahren mit einem stetigen Rückgang der spezifischen Kosten zu rechnen ist.

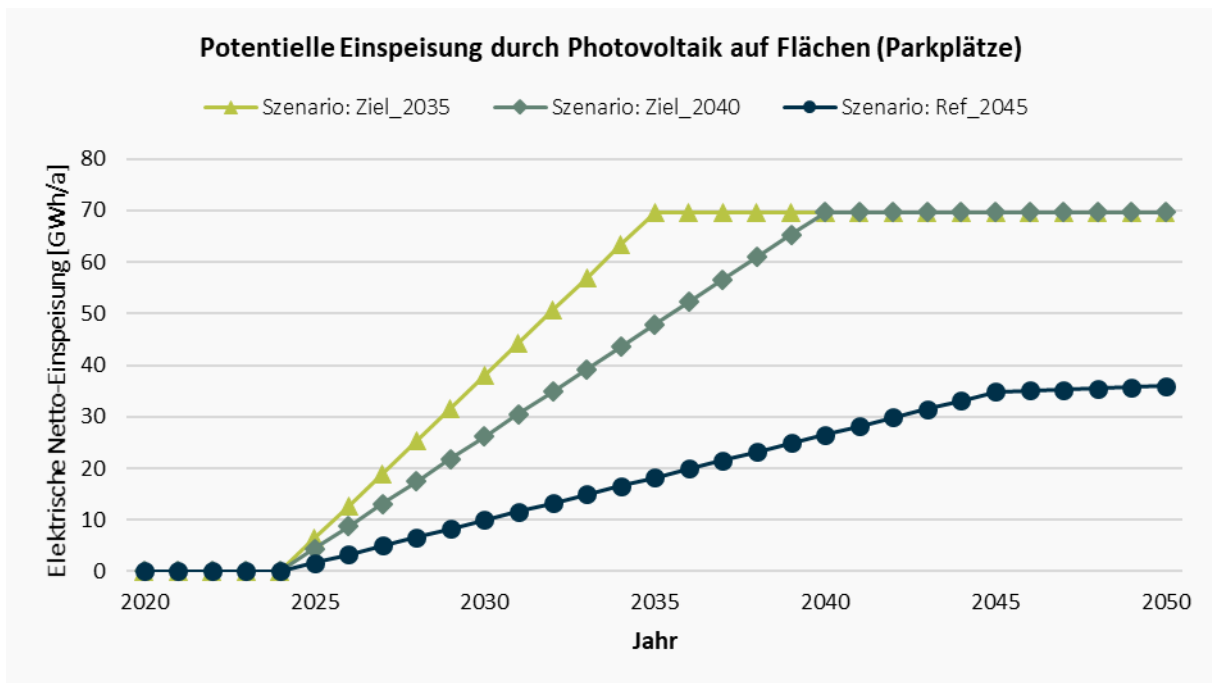


Abbildung 10-17: Potential Parkplatz-PV

⁹⁶ Photovoltaic Geographic Information System: Kostenloses Online-Tool der Europäischen Kommission, mit dem man den Ertrag einer Photovoltaik-Anlage berechnen kann.

⁹⁷ European Commission (2022): Photovoltaic Geographical Information System [online]. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP [Zugriff am 13.07.2021].

⁹⁸ Tsiropoulos I, Tarvydas, D, Zucker, A (2018): Cost development of low carbon energy technologies - Scenario-based cost trajectories to 2050, 2017 Edition, EUR 29034 EN, Publications Office of the European Union, Luxemb-bourg, doi:10.2760/490059, JRC109894.

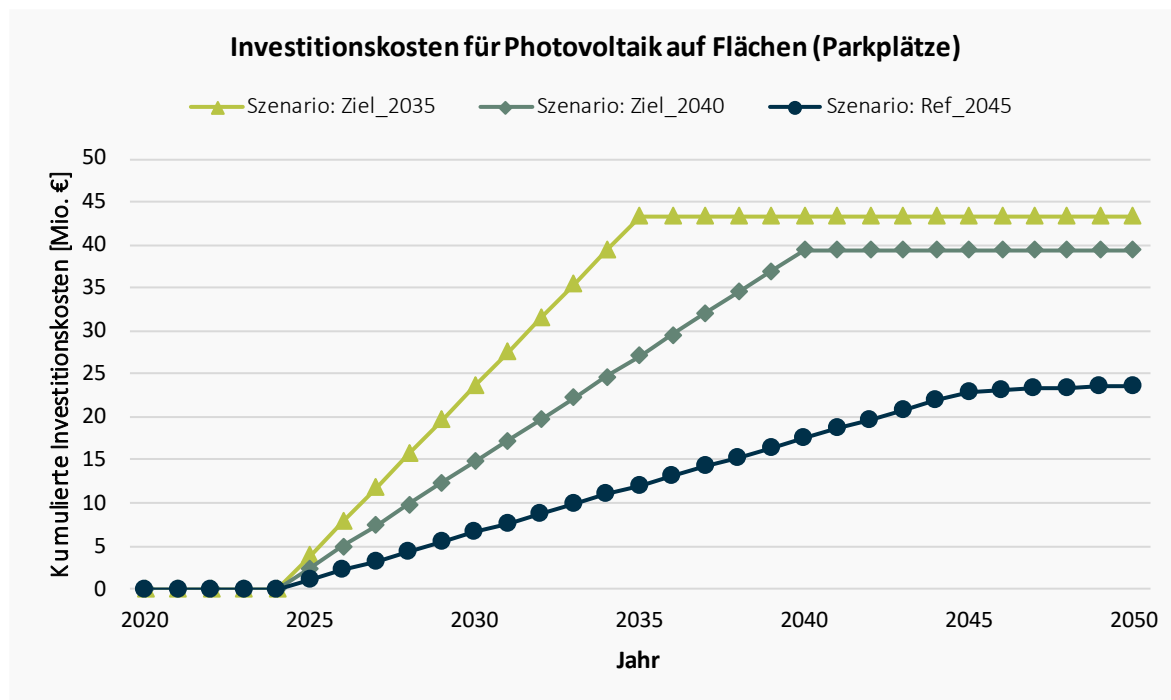


Abbildung 10-18: Investitionskosten Parkplatz-PV

Zur Betrachtung weiterer wirtschaftlicher Kenndaten wurden die Investitionskosten, die Gesamtkosten (zuzüglich Kapital- und Betriebskosten) sowie der Gesamtertrag für die Erschließung anhand von zwei Beispielanlagen über die Laufzeit von 20 Jahren (Abschreibungszeitraum) für die Potentialerschließung im Jahr 2025 abgeschätzt (siehe Tabelle 10-13). Für die Anlagenbetreiber ergibt sich entsprechend dieser en Kalkulation im Falle einer kleinen Beispielanlage mit einer Anlagenleistung von 50 kWp ein Verlust von 23.353 Euro und im Falle einer großen Beispielanlage mit einer Anlagenleistung von 1.200 kWp ein Gewinn von 205.288 Euro (Gesamtertrag minus Gesamtkosten) in 20 Jahren. Für die LHD könnten Gewerbesteuererträge und zusätzliche Pachterträge anfallen. Überdies würde die lokale Wertschöpfung beim Bau und Unterhalt der Anlagen gefördert. Weiterhin könnten für die LHD Einnahmen aus Vergütungen nach § 6 EEG in Höhe von 2.054 Euro (kleine Anlage) bzw. 49.296 Euro (große Anlage) generiert werden, sofern die Anlagenbetreiber diese anbieten.

Tabelle 10-13: Wirtschaftliche Kennzahlen Parkplatz-PV über 20 Jahre

	Investition (€)	Gesamtkosten (€)	Gesamtertrag (€)
Anlage klein (50 kWp)	50.000	95.243	71.890
Anlage groß (1.200 kWp)	798.000	1.520.072	1.725.360

Ausblick

Im Rahmen der weiteren Erschließung der Parkplatzflächen-PV ist abzuklären, wie Klimaschutz und Klimawandelanpassung miteinander vereinbart werden können. Eine weitere Frage ist, wie insbesondere in sensiblen Innenstadt- bzw. Altstadtbereichen mit den Themen Denkmalschutz und ästhetischen Gesichtspunkten der Stadtplanung umzugehen ist. Darüber hinaus kam die wirtschaftliche Betrachtung zu dem Ergebnis, dass die Wirtschaftlichkeit von kleinen Anlagen derzeit noch nicht gegeben ist. In Folge des zu erwartenden Kostenrückgangs sollte sich dies zukünftig jedoch ändern. Darüber hinaus erhöht sich die Wirtschaftlichkeit der Anlagen bei einer Eigennutzung des Stroms, die in

vielen Fällen in der Praxis zumindest teilweise gegeben sein dürfte (insbesondere durch Nutzung des Stroms für E-Ladesäulen). Siehe hierzu das nachfolgende Praxisbeispiel in der Infobox.

Infobox: Autarker Plus-Energie-Parkplatz

Das Elektrobildungs- und Technologiezentrum e. V. (EBZ) in Dresden hat im Rahmen seiner langjährigen Kompetenzzentrums-Entwicklung in 2018 eine PV Lehr- und Lernanlage auf Ihren Parkplätzen errichtet. Als ein Kompetenzzentrum für Aus-, Weiter- und Fortbildung wird diese Anlage in die Bildungsprogramme integriert. Die technischen Kenndaten sind:

- PV-Module mit einer Gesamtleistung von 12,5 kW_p
- davon 19 bifaziale Module (je 270 W_p) und 26 monofaziale Module (je 285 W_p)
- Ausrichtung nach Süden, 5° Neigung
- Speicher mit 22 kWh Kapazität
- 5 Ladepunkte mit 33 kW Ladeleistung
- Intelligenter Energiemanager
- Clever Light - Parkplatzbeleuchtung

Damit werden etwa 11.000 kWh/a Strom produziert. Größtenteils wird der Strom zum kostenlosen Laden für Mitarbeiter und Kursteilnehmer genutzt. Ein Angebot, das gut ankommt: die Zahlen der Kursteilnehmer mit Elektrofahrzeugen steigt rasant. Die Einspeisung ins Stromnetz wurde auf 5 Prozent gedeckelt, zum einen, weil eine hohe Eigennutzung angestrebt ist und zum anderen, weil das Projekt keine wirtschaftlichen Interessen verfolgt. Der Eigenverbrauch der produzierten Strommenge beträgt rund 85 Prozent, der Autarkiegrad 64 Prozent. Da das Projekt mit Bundesforschungsmitteln gefördert wurde und keine Einnahmen generiert werden, können keine Aussagen zur Amortisierung der Anlage gemacht werden.

Wichtig bei der Planung sind die mögliche Verschattung durch Bäume und umliegende Gebäude, Reflexionseffekte von den Modulen auf umliegende Gebäude sowie der Umgang mit den bereits im Erdreich verlegten Medien. Letzteres war kein großes Problem vor Ort.



Abbildung 10-19: Eine von drei Parkplatzüberdachungen des EBZ (Foto: Thomas Pluntke)

10.4.2 Agri-PV

Im Zuge der Potentialuntersuchung wurde die Thematik möglicher Agri-PV-Anlagen eruiert. Es handelt sich dabei um eine kombinierte Nutzung von Flächen für Landwirtschaft und Stromerzeugung. Grundsätzlich werden zwei Arten der Agri-PV unterschieden. Erstens in Form von vertikalen PV-Wänden, die in Abständen von bspw. 12 Metern aufgestellt werden und dazwischen eine landwirtschaftliche Bewirtschaftung zulassen sowie zweitens in Form von hoch aufgeständerten, die Bewirtschaftungsfläche überspannenden PV-Anlagen.

Für PV-Anlagen auf Landwirtschaftsflächen sind neben der reinen Fläche weitere Aspekte zu betrachten, um Potentialflächen zu definieren. Die Wirtschaftlichkeit der Anlagen ist besser, wenn der produzierte Strom vor Ort verbraucht wird und keine Einspeisung in das öffentliche Stromnetz notwendig ist. Zum einen liegen die Erlöse für die Einspeisung deutlich unter den eingesparten Kosten gegenüber dem Strombezug aus dem öffentlichen Stromnetz und andererseits können notwendige Anbindekosten (Stromanschluss) bei dezentral liegenden Flächen erhebliche Kosten verursachen. Des Weiteren sind die eingebrachten Pflanzen-Kulturen, deren Eigenschaften und die Bewirtschaftung für die PV-Nutzung wichtig. Es ist notwendig, dass Ertragsminderungen in der Ernte durch die aufgebrauchten PV-Module minimiert werden. Nicht für alle Kulturen sind bisher die konkreten Auswirkungen auf den Ernteertrag bekannt. Zusätzlich ist die verwendete Technik zu betrachten. Die Größe eingesetzter Landwirtschaftsmaschinen kann der Installation von Agri-PV-Anlagen entgegenstehen. Die Größe der Landwirtschaftsmaschinen ist auch von den jeweiligen Pflanzenkulturen abhängig und kann erheblich variieren. Landwirtschaftliche Flächen sind auf die genannten Aspekte zu prüfen und daraufhin als mögliche Agri-PV-Potentialfläche zu bestimmen.

Auf Grundlage der bisherigen Forschungen zur Agri-PV bspw. der Professur für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft an der HTW Dresden kann bereits festgehalten werden, dass sich der Obst- und Beerenanbau für Agri-PV eignet. Mittels einer über den Pflanzen installierten PV-Anlage kann der ohnehin notwendige Hagelschutz ersetzt werden. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Temperaturen unter den PV-Modulen 3 bis 4 Grad höher sind als auf der umliegenden freien Fläche, wodurch Ernteauffälle in Folge von Nachfrösten im Frühjahr vermieden bzw. reduziert werden können. Schwieriger gestaltet sich der Einsatz von Agri-PV im Ackerbau, da hier entsprechende und bisher noch nicht klar definierte Durchfahrbreiten für landwirtschaftliche Nutzfahrzeuge gewährleistet werden müssen. Das führt dazu, dass vertikale Anlagen nur in großen Abständen eingesetzt werden können und horizontale, aufgeständerte Anlagen bei großen Abständen großen Windlasten ausgesetzt sind, was zu aufwendigen Fundamenten führt. Zur Untersuchung der vielfältigen Problemstellungen hat die HTW Dresden im Rahmen des Projektes „Agri-PV mit vertikal aufgestellten bifazialen Modulen auf Standorten für Feldfrüchte“ am Standort Pillnitz eine Versuchsanlage errichtet. Entsprechende Bewirtschaftungskonzepte sind noch zu optimieren, z. B. hinsichtlich der zu nutzenden Fruchtfolgen. Positive Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion können sich durch die Agri-PV auch bei Acker- und Grünflächen ergeben, bspw. durch Erosionsschutz, weniger Verdunstung und Windschutz. Aufgrund des niedrigen Anteils von Obst- und Beerenanbauflächen in Dresden werden im Rahmen der folgenden Betrachtungen nur vertikale Module untersucht, da diese vorrangig für Acker- und Grünflächen in Frage kommen.

Agri-PV stellt eine untergeordnete Nebennutzung auf hauptsächlich weiter landwirtschaftlich genutzten Flächen dar. Sie kann somit theoretisch auf allen Arten landwirtschaftlicher Flächennutzung eingeordnet werden. Ermittelt wurde eine Flächenkulisse von rund 450 ha (weitere Details zur Methodik siehe Band III, Kapitel 10.4.2).

Der ermittelte potentielle Ertrag der Anlagenflächen beläuft sich auf ein technisches Potential von 159 GWh/a (siehe Tabelle 10-14).

Tabelle 10-14: Potentiale Agri-PV

	Potentielle Grundfläche (m ²)	Potentieller Ertrag (Einspeisung in Stromnetz in MWh/a)
Agri-PV	4.580.000	159.074

Die voraussichtlichen Investitionskosten zur Erschließung der Potentiale belaufen sich auf etwa 100 Mio. Euro im Ziel_2035-Szenario (siehe Abbildung 10-21). Dabei wurden die Kosten für die Errichtung von PV auf der Grundlage einer EU-Studie aus 2018⁹⁹ dahingehend angepasst, dass in den kommenden Jahren mit einem stetigen Rückgang zu rechnen ist.

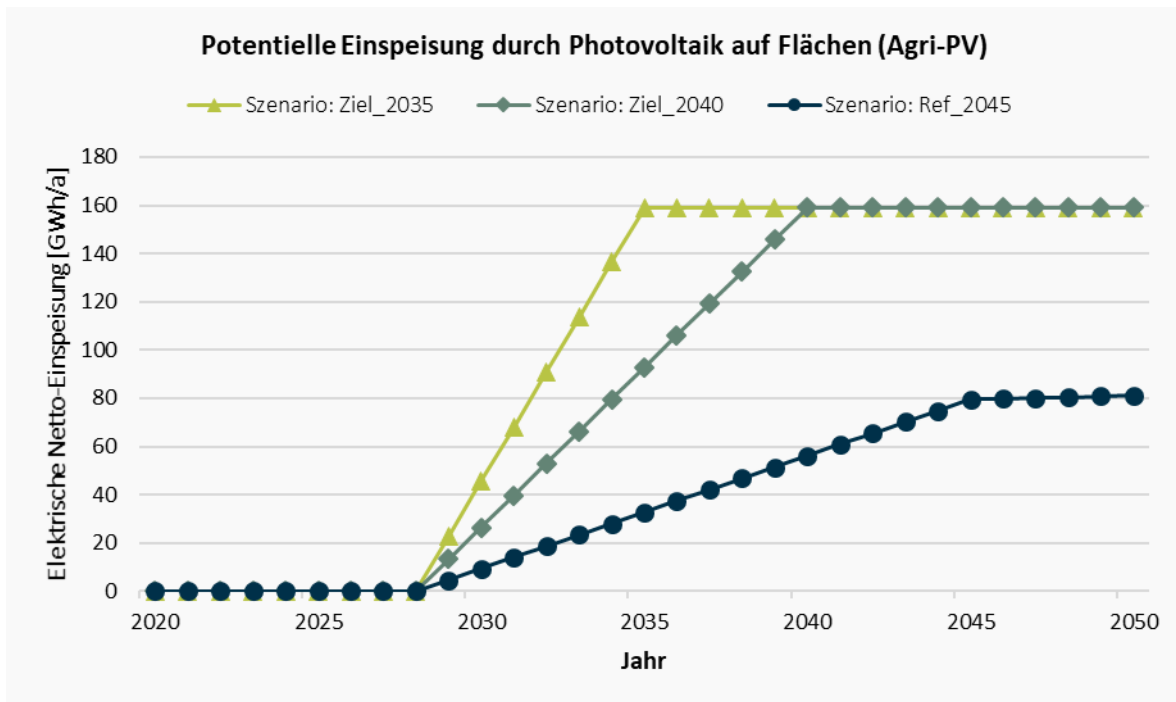


Abbildung 10-20: Potentiale Agri-PV

⁹⁹ Tsiropoulos I, Tarvydas, D, Zucker, A (2018): Cost development of low carbon energy technologies - Scenario-based cost trajectories to 2050, 2017 Edition, EUR 29034 EN, Publications Office of the European Union, Luxemburg, doi:10.2760/490059, JRC109894.

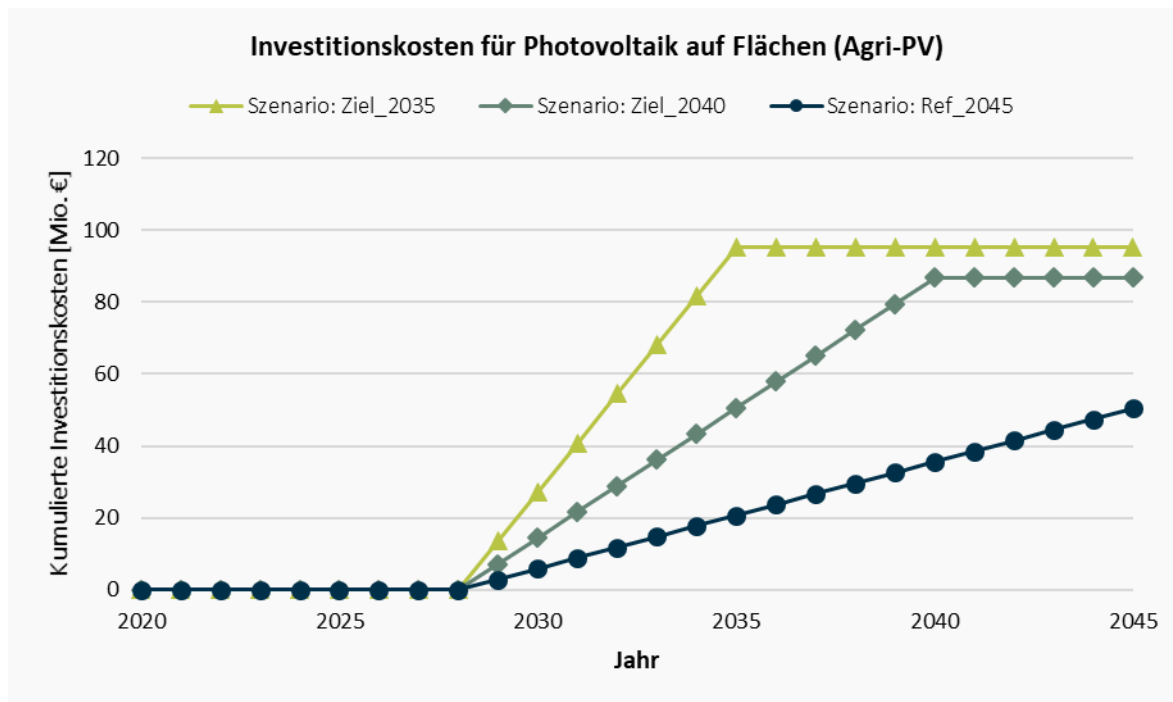


Abbildung 10-21: Investitionskosten Agri-PV

Zur Betrachtung weiterer wirtschaftlicher Kenndaten wurden die Investitionskosten, die Gesamtkosten (zuzüglich Kapital- und Betriebskosten) sowie der Gesamtertrag für die Erschließung im Jahr 2028 anhand von zwei Beispielanlagen (kleine Anlage mit 50 kWp und große Anlage mit 1.200 kWp) über die Laufzeit von 20 Jahren (Abschreibungszeitraum) abgeschätzt. Für die Anlagenbetreiber ergibt sich entsprechend dieser groben Kalkulation für die kleine Beispielanlage ein Verlust von 15.222 Euro (Gesamtertrag minus Gesamtkosten) und für die große Beispielanlage ein Gewinn von 480.428 Euro in 20 Jahren (siehe Tabelle 10-15). Für die LHD könnten gegebenenfalls Gewerbesteuererinnahmen sowie zusätzliche Pachterträge ergeben. Überdies wird die lokale Wertschöpfung beim Bau und Unterhalt der Anlagen gefördert. Weiterhin könnten für die LHD Einnahmen aus Vergütungen nach § 6 EEG in Höhe von 1.606 Euro (kleine Anlage) bzw. 38.544 Euro (große Anlage) generiert werden, sofern die Anlagenbetreiber diese anbieten.

Tabelle 10-15: Wirtschaftliche Kennzahlen Agri-PV über 20 Jahre

	Investition (€)	Gesamtkosten (€)	Gesamtertrag (€)
kleine Anlage (50 kWp)	37.500	71.432	56.210
große Anlage (1.200 kWp)	456.000	868.612	1.349.040

Ausblick

Bisher werden Agri-PV-Konzepte in der Praxis nur auf wissenschaftlicher Ebene erprobt. Im Rahmen der Verpachtung landwirtschaftlicher Flächen durch die LHD könnten zukünftig erste Pilotversuche auch auf städtischen Flächen realisiert werden, um positive Praxisbeispiele zu generieren. Die wirtschaftliche Betrachtung für die kleine Beispielanlage weist aktuell noch einen Verlust über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren aus. Sofern sich die Kosten für PV wie erwartet in den nächsten Jahren und Jahrzehnten deutlich reduzieren, ist von einer zunehmenden Wirtschaftlichkeit der Anlagen auch für kleine Anlagen im Bereich Agri-PV auszugehen.

10.4.3 Lärmschutzinfrastruktur-PV, Floating-PV, Sonstige Freiflächen-PV

10.4.3.1 Lärmschutzwälle und Lärmschutzwände

Verkehrsinfrastruktur, die hohe Lärmemissionen verursachen, wird in Richtung Wohnbebauungen durch Lärm abmindernde Strukturen begleitet. Besonders an Autobahnen im Stadtgebiet sind viele Kilometer Lärmschutzwälle und -wände verbaut. Zur umfangreichen Ermittlung möglicher PV-Flächen sind die Lärmschutzstrukturen an Autobahnen im Stadtgebiet Dresdens mitbetrachtet worden. Nicht einbezogen wurden Lärmschutzstrukturen an weiteren Straßen im Stadtgebiet. Im Bereich der Lärmschutzwände existiert ein größeres Potential auch abseits der untersuchten Autobahnen (bspw. Coventrystraße). Haupthinderungsgrund für eine Erschließung dürfte aus baufachlicher Sicht sein, dass Lärmschutzwände mit PV-Modulen die Schallabsorbierung behindern und damit die eigentliche Funktionalität der Lärmschutzwände nicht mehr gegeben sein dürfte. Insoweit ist weiterer Forschungsbedarf zur zukünftigen Potentialerschließung notwendig, um spezielle PV-Module mit geringer Schalltransmission und -reflexion zu erhalten.

Für die Ermittlung der Potentiale im Stadtgebiet wurden die Lärmschutzwälle und -wände anhand aktueller Satellitenfotos, Google Earth sowie Google Street View kartiert. Zur weiteren Berechnung wurden Annahmen zu Abschlägen getroffen, um die Flächennutzbarkeit realistisch einzuschätzen.¹⁰⁰ Die Details zum methodischen Vorgehen sind in Band III, Kapitel 10.4.3 dargestellt.

Die Erträge von PV-Anlagen sind abhängig von der Anlagengröße, der Ausrichtung und Neigung der Modulfläche, des möglichen Systemverlustes und der verfügbaren Sonneneinstrahlung. Anhand des Photovoltaic Geographic Information Systems konnte ein technisch potentieller jährlicher Ertrag durch PV-Anlagen auf Lärmschutzwällen von circa 4,6 GWh/a ermittelt werden. Die Lärmschutzwände bieten ein technisches Potential von circa 1,1 GWh/a an erzeugtem Strom (siehe Tabelle 10-16).¹⁰¹

Tabelle 10-16: Potentiale Lärmschutzinfrastruktur-PV

	Potentielle Grundfläche (m ²)	Potentieller Ertrag (Einspeisung in Stromnetz in MWh/a)
Lärmschutzwälle	37.908	4.579
Lärmschutzwände	13.674	1.111

Hinsichtlich der zeitlichen Erschließbarkeit der ermittelten Potentiale wurde davon ausgegangen, dass aufgrund der im Vorfeld noch zu klärenden Problemstellungen sowie der nur mittelbaren Einflussnahmemöglichkeiten der Kommunen auf die Verkehrswege des Bundes eine Installation erster Anlagen ab 2028 realistisch ist.

Zur Betrachtung weiterer wirtschaftlicher Kenndaten wurden die Investitionskosten, die Gesamtkosten (zuzüglich Kapital- und Betriebskosten) sowie der Gesamtertrag für die Erschließung im Jahr 2028 anhand von jeweils zwei Beispielanlagen (kleine Anlage mit 50 kWp und große Anlage mit 400 kWp) über die Laufzeit von 20 Jahren (Abschreibungszeitraum) abgeschätzt. Für die Anlagenbetreiber ergibt sich entsprechend dieser groben Kalkulation im Bereich der Lärmschutzwälle ein Gewinn von 4.087 Euro (kleine Anlage) bzw. ein Gewinn von 207.946 Euro (große Anlage) (Gesamtertrag minus Gesamtkosten) in 20 Jahren. Für den Bereich der Lärmschutzwände ergeben sich für die Anlagenbetreiber Verluste von 6.554 Euro (kleine Anlage) und 146.500 Euro (große Anlage) in 20 Jahren (siehe

¹⁰⁰ European Commission (2022): Photovoltaic Geographical Information System [online]. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP [Zugriff am 13.07.2021].

¹⁰¹ European Commission (2022): Photovoltaic Geographical Information System [online]. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP [Zugriff am 13.07.2021].

Tabelle 10-17). Für die LHD fallen gegebenenfalls zusätzliche Gewerbesteuereinnahmen an. Überdies wird die lokale Wertschöpfung beim Bau und Unterhalt der Anlagen wird gefördert. Weiterhin könnten für die Kommune Einnahmen aus Vergütungen nach § 6 EEG in Höhe von 1.300 Euro bis 15.520 Euro generiert werden, sofern die Anlagenbetreiber diese anbieten.

Tabelle 10-17: Wirtschaftliche Kennzahlen Lärmschutz-PV über 20 Jahre

	Investition (€)	Gesamtkosten (€)	Gesamtertrag (€)
Lärmschutzwälle			
kleine Anlage (50 kWp)	33.500	63.813	67.900
große Anlage (400 kWp)	176.000	335.254	543.200
Lärmschutzwände			
kleine Anlage (50 kWp)	42.000	80.004	45.500
große Anlage (400 kWp)	268.000	510.500	364.000

Ausblick

Zur Erschließung der aufgezeigten technischen Potentiale wird es notwendig sein, gemeinsam mit der Autobahn GmbH des Bundes die Installation von PV-Anlagen an bzw. auf Lärmschutzinfrastrukturen voranzutreiben. Eine erste Pilotanlage an der A3 wurde durch die Autobahn GmbH bereits errichtet und wird aktuell getestet¹⁰². Zur Entwicklung von schallabsorbierenden und schalldämmenden Modulkonzepten läuft noch bis 2024 ein Forschungsprojekt des Fraunhofer ISE.¹⁰³ Die Ergebnisse der aktuellen Forschungen und Praxiserprobungen sind abzuwarten und auszuwerten. Anschließend können – vorbehaltlich der Ergebnisse – die ersten Potentiale ab 2028 erschlossen werden. Im Bereich von PV-Anlagen an Lärmschutzwänden ergaben die vorstehenden groben Kalkulationen ein negatives wirtschaftliches Ergebnis für potentielle Betreiber. Sofern sich die Kosten für PV, wie erwartet, in den nächsten Jahren und Jahrzehnten deutlich reduzieren, ist von einer zunehmenden Wirtschaftlichkeit der Anlagen auszugehen.

10.4.3.2 Floating-PV

Floating-PV-Anlagen befinden sich auf Wasserflächen und erzeugen über schwimmende PV-Module Strom. In der Praxis kommen diese PV-Anlagen noch nicht weitreichend zum Einsatz. Gewässerflächen wurden in Deutschland bisher nur geringfügig mit PV-Modulen ausgestattet. Ein wesentliches Thema sind in diesem Zusammenhang die Auswirkungen von großflächigen PV-Anlagen auf das Ökosystem der Gewässer. Im Rahmen einer Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) zum 1. Januar 2023 wurde eine Beschränkung der nutzbaren Gewässerfläche für Floating-PV auf künstlichen und erheblich veränderten Gewässern von maximal 15 Prozent durch den Gesetzgeber vorgesehen (§ 36 Absatz 3 Satz 2 WHG).

¹⁰² <https://www.autobahn.de/die-autobahn/aktuelles/detail/laermschutzwand-mit-photovoltaik-pilotprojekt-an-der-a-3-ist-ein-erfolg> [Zugriff am 05.06.2023].

¹⁰³ <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/pvwins.html#Zum%20Projekt> [Zugriff am 20.06.2023].

Auf dem Gebiet der LHD befinden sich mit den Staubecken Oberwartha und Niederwartha größere Wasserflächen, bei denen ein Potential für Floating-PV vorhanden sein könnte. In der folgenden Potentialbetrachtung wurde das Oberbecken in Oberwartha nicht weiter geprüft. Infolge der aktuellen Überlegungen zur Stilllegung des Pumpspeicherkraftwerkes davon ausgegangen werden muss, dass dessen Wasserflächen in Form und Umfang nicht mehr weiter verfügbar sein würden.

Demgegenüber soll das Unterbecken in Niederwartha auch bei einer Stilllegung in der heutigen Größe erhalten bleiben. Zudem bietet die hier vorhandene technische Infrastruktur ein sehr gutes Potential für den Anschluss an das öffentliche Stromnetz. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass es sich bei dem Staubecken im rechtlichen Sinne nicht um ein natürliches oder künstliches Gewässer, sondern um eine technische Anlage handelt. Demzufolge gelten die Vorgaben des WHG für Gewässer in diesem Fall nicht. Gleichwohl erscheint eine analoge Anwendung als Ansatz für das nutzbare Potential sinnvoll. Deshalb wurde eine Flächenbelegung von 15 Prozent durch eine Floating-PV Anlage angenommen.

Über das online Open-Data Angebot der LHD wurden die exakte Flächengröße des Stausees Niederwartha beziffert. Analog der Regelung des WHG wurde eine Flächenbelegung von 15 Prozent durch eine Floating-PV Anlage angenommen.

Mithilfe des Photovoltaic Geographic Information System¹⁰⁴ konnte der potentielle Ertrag der Anlagenflächen errechnet werden.¹⁰⁵ Bei einer Flächenbelegung von 15 Prozent der Seefläche beträgt das technische Potential rund 10 GWh/a (siehe Tabelle 10-18).¹⁰⁶

Tabelle 10-18: Potential Floating-PV

	Potentielle Grundfläche (m ²)	Potentieller Ertrag (Einspeisung in Stromnetz in MWh/a)
Unteres Becken Stausee Niederwartha (15 % Belegung)	67.500	9.998

Hinsichtlich der zeitlichen Erschließbarkeit des ermittelten Potentials wurde davon ausgegangen, dass aufgrund der derzeit nicht abschließend geklärten Zukunft des Pumpspeicherkraftwerks Niederwartha und der Tatsache, dass sich Floating-PV – zumindest in Deutschland und Europa – noch in der Erprobungsphase befindet, von einer nachgelagerten Potentialerschließung in 2030 auszugehen ist.

Zur Betrachtung weiterer wirtschaftlicher Kenndaten wurden die Investitionskosten, die Gesamtkosten (zuzüglich Kapital- und Betriebskosten) sowie der Gesamtertrag für die Erschließung des Potentials im Jahr 2030 über die Laufzeit von 20 Jahren (Abschreibungsdauer) abgeschätzt (siehe Tabelle 10-19). Für den Anlagenbetreiber ergeben sich entsprechend dieser groben Kalkulation unter den aktuellen Bedingungen zur Einspeisevergütung Gewinne von 2,0 Mio. Euro (Gesamtertrag minus Gesamtkosten) in 20 Jahren.

Für die LHD fallen gegebenenfalls zusätzliche Gewerbesteuererinnahmen an, und die lokale Wertschöpfung beim Bau und dem Unterhalt der Anlagen wird gefördert. Weiterhin könnten für die Kommune Einnahmen aus Vergütungen nach § 6 EEG in Höhe von 399.937 Euro generiert werden, sofern der Anlagenbetreiber diese anbietet.

¹⁰⁴ Photovoltaic Geographic Information System: Kostenloses Online-Tool der Europäischen Kommission, mit dem man den Ertrag einer Photovoltaik-Anlage berechnen kann.

¹⁰⁵ European Commission (2022): Photovoltaic Geographical Information System [online]. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP [Zugriff am 13.07.2021].

¹⁰⁶ European Commission (2022): Photovoltaic Geographical Information System [online]. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP [Zugriff am 13.07.2021].

Tabelle 10-19: Wirtschaftliche Kennzahlen Floating-PV über 20 Jahre

	Investition (Mio. €)	Gesamtkosten (Mio. €)	Gesamtertrag (Mio. €)
Floating-PV	6,28	11,97	14,00

Ausblick

Aufgrund der aufgezeigten Wirtschaftlichkeit der potentiellen Anlage ist davon auszugehen, dass das Potential ohne staatliche Unterstützung durch den Markt erschlossen werden kann. Der große Vorteil des aufgezeigten Potentials ist, dass die gesamten 10 GWh/a im Rahmen einer einzelnen Anlage realisiert werden können. Darüber hinaus kommt die vorhandene Strominfrastruktur durch das nicht in Betrieb befindliche Pumpspeicherkraftwerk hinzu. Oftmals werden PV-Projekte dadurch unwirtschaftlich, dass verhältnismäßig lange Leitungen für den Anschluss ans Stromnetz, mit entsprechenden Kosten, zu verlegen sind. Im Rahmen der weiteren Überlegungen zur Zukunft des Pumpspeicherkraftwerks und Stausees Niederwartha sollte das Thema Floating-PV ab sofort mitgedacht werden.

10.4.3.3 Freiflächen-PV auf sonstigen Flächen

Im Rahmen einer Flächenanalyse wurden restriktionsfreie Flächen im Stadtgebiet identifiziert, die sich für die Installation einer „herkömmlichen“ Flächen-PV eignen würden.

Im ersten Schritt wurden unbebaute Flächen identifiziert, auf denen die Errichtung von Freiflächen-PV grundsätzlich nicht auszuschließen ist. Dazu wurden zunächst Ausschlusskriterien, danach Einzelfallprüfungs- bzw. Abwägungskriterien zusammengestellt und schrittweise zu einer Flächenkulisse zusammengefasst. Die verbleibenden restriktionsfreien Flächen wurden nach verschiedenen Kriterien ausgewertet. Es ist zu betonen, dass die Analyse in dieser Form noch kein Planungskonzept darstellt. Dazu wäre eine umfassende planerische Abwägung aller öffentlichen und privaten Belange auf den ermittelten Flächen erforderlich.

Von den ermittelten restriktionsfreien Flächen von 612 ha wurden die Flächen für Gewerbe nicht weiter betrachtet, da davon ausgegangen wird, dass diese für die weitere Gewerbeentwicklung in Dresden unabdingbar sind. Bei den verbleibenden Flächen handelt es sich um 512 ha Landwirtschaftsflächen (Acker- und Grünflächen die nicht über eine sehr hohe oder extrem hohe Bodenqualität verfügen). Bezüglich der Flächen wurde die Annahme getroffen, dass grundsätzlich 25 Prozent in den nächsten Jahren bis Jahrzehnten mit einer Freiflächen-PV (Achtung keine kombinierte Nutzung wie bei der vorstehenden Agri-PV) erschlossen werden können.

Der ermittelte potentielle Ertrag der Anlagenflächen beläuft sich auf ein technisches Potential von 164 GWh/a (siehe Tabelle 10-20).

Tabelle 10-20: Potentiale sonstige Flächen

	Potentielle Grundfläche (m ²)	Potentieller Ertrag (Einspeisung in Stromnetz in MWh/a)
restriktionsfreie Flächen	1.280.000	164.355

Hinsichtlich der zeitlichen Erschließbarkeit der ermittelten Potentiale wurde davon ausgegangen, dass von einer schrittweisen Potentialerschließung ab 2025 auszugehen ist.

Zur Betrachtung weiterer wirtschaftlicher Kenndaten wurden die Investitionskosten, die Gesamtkosten (zuzüglich Kapital- und Betriebskosten) sowie der Gesamtertrag für die Erschließung im Jahr 2025 anhand von zwei Beispielanlagen über die Laufzeit von 20 Jahren (Abschreibungsdauer) abgeschätzt. Für die Anlagenbetreiber ergeben sich entsprechend dieser groben Kalkulation Gewinne in Höhe von

8.077 Euro für die kleine Beispielanlage (50 kWp) bzw. Gewinne in Höhe von 719.598 Euro für die große Beispielanlage (1.200 kWp) (Gesamtertrag minus Gesamtkosten) in 20 Jahren. Für die LHD fallen gegebenenfalls zusätzliche Gewerbesteuererinnahmen und/oder Pachterträge an. Überdies wird die lokale Wertschöpfung beim Bau und dem Unterhalt der Anlagen wird gefördert. Weiterhin könnten für die Kommune Einnahmen aus Vergütungen nach § 6 EEG in Höhe von 2.054 Euro bis 49.296 Euro generiert werden, sofern die Anlagenbetreiber diese anbieten.

Tabelle 10-21: Wirtschaftliche Kennzahlen Sonstige-Freiflächen-PV über 20 Jahre

	Investition (Euro)	Gesamtkosten (Euro)	Gesamtertrag (Euro)
kleine Anlage (50 kWp)	33.500	63.813	71.890
große Anlage (1.200 kWp)	528.000	1.005.762	1.725.360

Ausblick

Aufgrund der aufgezeigten Wirtschaftlichkeit der potentiellen Anlagen ist davon auszugehen, dass die Potentiale ohne staatliche Unterstützung durch den Markt erschlossen werden können. In den ausgewiesenen Potentialflächen sind lediglich 2 ha städtische Flächen enthalten. Die Erschließung der städtischen Flächen könnte bspw. über die PV-Offensive der LHD erfolgen.

10.4.3.4 Deponieflächen

Insgesamt verfügt die LHD über 19 stillgelegte Deponien, wovon ein Großteil seit 1990 saniert und revitalisiert wurde. Eine besondere Problemstellung bilden dabei die Deponien mit radioaktiven Altlasten (bspw. in Coschütz-Gittersee, ehemalige Uranfabrik 95 der Wismut AG¹⁰⁷).

Grundsätzlich kommen für eine PV-Nutzung in der Regel nur die Plateauoberflächen der Deponien oder Teile davon in Frage. Die meisten Böschungen wurden (bzw. werden) bei der Stilllegung/Sanierung begrünt, mit Sträucher und Bäumen bepflanzt, um die Wasserhaushaltsschicht zu verbessern und die Stabilität der Böschungen zu gewährleisten.

Zu beachten ist weiterhin, dass sich einige der Deponien in privatem Eigentum befinden und damit durch die LHD kein direkter Zugriff möglich ist. Im ersten Schritt wurde sich daher auf die städtischen Flächen konzentriert, bei denen eine Erschließung mit PV-Anlagen besser abgeschätzt werden kann. Bei den Deponien in privater Hand wären Einzelfallprüfungen bzw. Absprachen mit den Eigentümern notwendig. Weiterhin sind im Zusammenhang mit der Deponienutzung für PV-Anlagen noch die folgenden Grundsätze / Kriterien zu beachten bzw. zu prüfen:

- Ggf. müssen die Flächen zusätzlich nivelliert und verdichtet werden.
- Ggf. ist zusätzlich im erheblichen Umfang ein naturschutzfachlicher Eingriffsausgleich oder sogar ein Waldausgleich zu leisten.
- Ggf. ist mit zusätzlichen Planungsaufwänden zu rechnen. Bei noch laufender Nachsorge werden gesonderte Abstimmungen mit den Abfallbehörden erforderlich. In der Folge kann dies mit zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen verbunden sein.
- Es sind zusätzliche Versicherungsaufwände für ggf. erforderliche Sanierungen - insb. durch Schäden bei Stürmen und bei Starkregen - zu berücksichtigen.

¹⁰⁷ <https://www.dresden.de/de/stadtraum/umwelt/umwelt/boden/altlasten/stillgelegte-deponien/coschuetz-gittersee.php> [Zugriff am 07.11.2023].

- Ggf. betroffene Artenschutzbelange und damit verbundene zusätzliche Aufwände für Kompensations- und Ausgleichsmaßnahmen notwendig.

Die radioaktiv belastete Deponie Coschütz-Gittersee wurde von den weiteren Prüfungen ausgeschlossen, da aufgrund des radioaktiven Inventars bewusst extrem langfristig orientierte, nichttechnische Oberflächenabdichtungen mit einer weitgehenden Bewaldung (z. B. für eine sehr hohe Erosionssicherheit) vorgesehen wurden. Darüber hinaus würde die Errichtung von PV-Anlagen eine Anpassung der strahlenschutzrechtlichen Genehmigung erfordern. Hierzu wären (zeit-) aufwändige Gutachten notwendig. In Abstimmung mit dem Umweltamt ist aufgrund der Generationenverantwortung im Ergebnis daher zu empfehlen, grundsätzlich keinerlei technischen Anlagen auf dem Deponiekörper mit ihrem radioaktiven Inventar vorzusehen, insofern auch keine PV-Anlagen.

Auch bei den grundsätzlich geeigneten Deponieflächen ist zu beachten, dass gegebenenfalls zusätzliche Planungsaufwände, zusätzliche naturschutzfachliche Eingriffsausgleiche sowie bei laufender Nachsorge gesonderte Abstimmungen mit den Abfallbehörden erforderlich sein können.

Von den untersuchten 19 Deponien käme eine Deponie die sich in vollständigem Besitz der LHD befindet für eine Erschließung mit Freiflächen-PV in Frage. Die Deponie umfasst eine Gesamtfläche von 28.000 m², wovon sich aber nur einer kleiner – derzeit nicht quantifizierbarer – Teil der Plateaufläche eignen würde.

Weitere neun Deponien wären grundsätzlich geeignet, sofern eine entsprechende Einigung mit dem privaten (Mit-) Eigentümer getroffen werden könnte. Diese Deponien umfassen eine Fläche von circa 300.000 m², wovon wiederum nur ein nicht quantifizierbarer Teil für Freiflächen-PV in Frage kommen würde.

Genauere Aussagen zu möglichen Erschließungsflächen können nur im Rahmen konkreter Einzelfallplanungen ermittelt werden.

Für die Deponie Radeburgerstraße wurde ein erstes Pilotprojekt zur Errichtung einer PV-Anlage auf einer stillgelegten Deponie in Kooperation mit der SachsenEnergie AG vereinbart. Die Anlage befindet sich derzeit in Planung und soll vorbehaltlich der noch ausstehenden Beschlüsse der Gremien der SachsenEnergie AG sowie der Ergebnisse der Ausschreibung der Bundesnetzagentur voraussichtlich im ersten Quartal 2025 fertig gestellt werden. Dabei ist im Rahmen eines ersten Bauabschnittes eine Anlagenerrichtung auf einer Fläche von 1,43 ha mit einer Leistung von 2 MWp und einem Ertrag von circa 2 GWh/a vorgesehen (siehe Abbildung 10-22).



Abbildung 10-22: Ansicht der geplanten PV-Anlage auf der Deponie Radeburger Straße (Grafik: SachsenEnergieAG)

10.4.3.5 Zusammenfassung Sonstige Freiflächen-PV

Die Abbildung 10-23 weist die Potentiale für alle sonstigen Freiflächen (Lärmschutzinfrastruktur, Floating-PV und sonstige Freiflächen-PV) kumuliert aus. Insgesamt belaufen sich die ermittelten potentiellen Erträge auf circa 180 GWh/a für die beiden Zielszenarien.

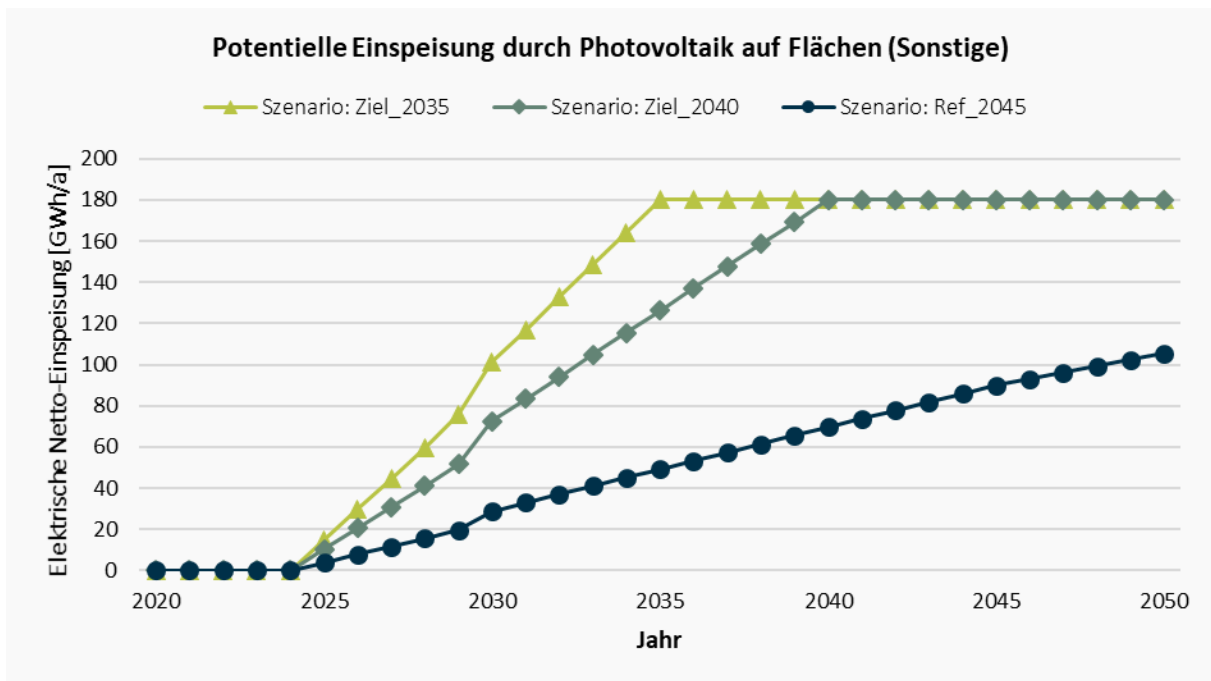


Abbildung 10-23: Potential Sonstige Flächen-PV

Die voraussichtlichen Investitionskosten zur Erschließung der Potentiale belaufen sich auf rund 80 Mio. Euro im Ziel_2035-Szenario (siehe Abbildung 10-24). Dabei wurden die Kosten für die Errichtung von PV auf der Grundlage einer EU-Studie aus 2018¹⁰⁸ dahingehend angepasst, dass in den kommenden Jahren mit einem stetigen Rückgang zu rechnen ist.

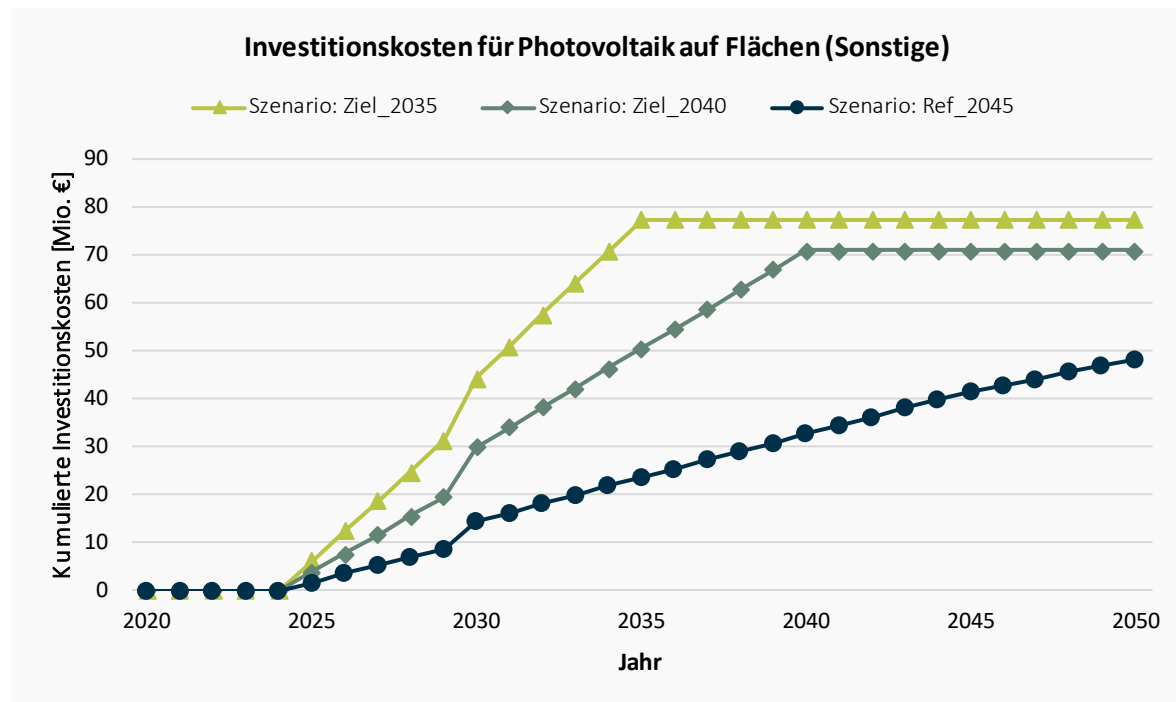


Abbildung 10-24: Investitionskosten sonstige Flächen-PV

10.4.4 Zusammenfassung Potentiale gebäudeunabhängige-PV

Laut der PV-Strategie 2023 der Bundesregierung soll zukünftig die Hälfte des PV-Zubaus in Deutschland durch Freiflächen-PV erfolgen. Gründe hierfür sind, dass die Errichtung in der Regel kostengünstiger erfolgen kann, als im Rahmen von Gebäude-PV sowie dass im Vergleich auch größere Anlagen realisiert werden können, wodurch ein schnellerer Zubau als bei der Gebäude-PV gewährleistet ist.¹⁰⁹ Darüber hinaus spricht die höhere Akzeptanz in der Bevölkerung für PV-Anlagen gegenüber Windkraftanlagen für die vorrangige Erschließung der aufgezeigten Potentiale. Laut einer Umfrage der Agentur für Erneuerbare Energien für 2022 ist die Akzeptanz für Freiflächen-PV in Wohnortnähe mit 65 Prozent um 15 Prozent höher als die Akzeptanz für Windenergieanlagen. Infolge der durch den Ukraine-Krieg ausgelösten Energie-Krise haben sich die Akzeptanzwerte im Übrigen gegenüber den Werten der Umfrage für 2021 deutlich erhöht. Beispielsweise sind die Werte beim Thema Windenergie um 11 Prozent und bei der Freiflächen-PV um 6 Prozent gestiegen. An dieser Stelle eröffnet sich eine Chance für das Thema Erneuerbare Energie, indem man durch den Energieautarkie-Gedanken auch Menschen erreichen kann, die nicht so empfänglich für das Thema Klimaschutz sind.¹¹⁰

Grundsätzlich erfordert die Erschließung aller aufgezeigten Potentiale eine ausreichende personelle Ausstattung der zuständigen Genehmigungsbehörden, um eine zügige Umsetzung zu gewährleisten.

¹⁰⁸ Tsiropoulos I, Tarvydas, D, Zucker, A (2018): Cost development of low carbon energy technologies - Scenario-based cost trajectories to 2050, 2017 Edition, EUR 29034 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2760/490059, JRC109894.

¹⁰⁹ <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.html> [Zugriff am 1.11.2023].

¹¹⁰ <https://www.solarserver.de/2022/12/13/akzeptanzumfrage-2022-buergerinnen-wuenschen-ausbau-der-solarenergie> [Zugriff am 1.11.2023].

Darüber hinaus ist zu konstatieren, dass Teile der untersuchten Bereiche auf der Grundlage der aktuellen Marktgegebenheiten derzeit noch unwirtschaftlich sind (PV Lärmschutzwände sowie kleine Anlagen Agri-PV und Parkplatzflächen-PV). In Folge des zu erwartenden Kostenrückgangs für PV-Anlagen sollte sich dies zukünftig jedoch ändern.

Insgesamt können im Rahmen der Freiflächen-PV erhebliche Strommengen von über 400 GWh/a produziert werden (siehe Abbildung 10-25). Dies entspricht 16 Prozent des aktuellen Stromverbrauchs von 2.605 GWh/a (Basis Gesamtstromverbrauch 2018).

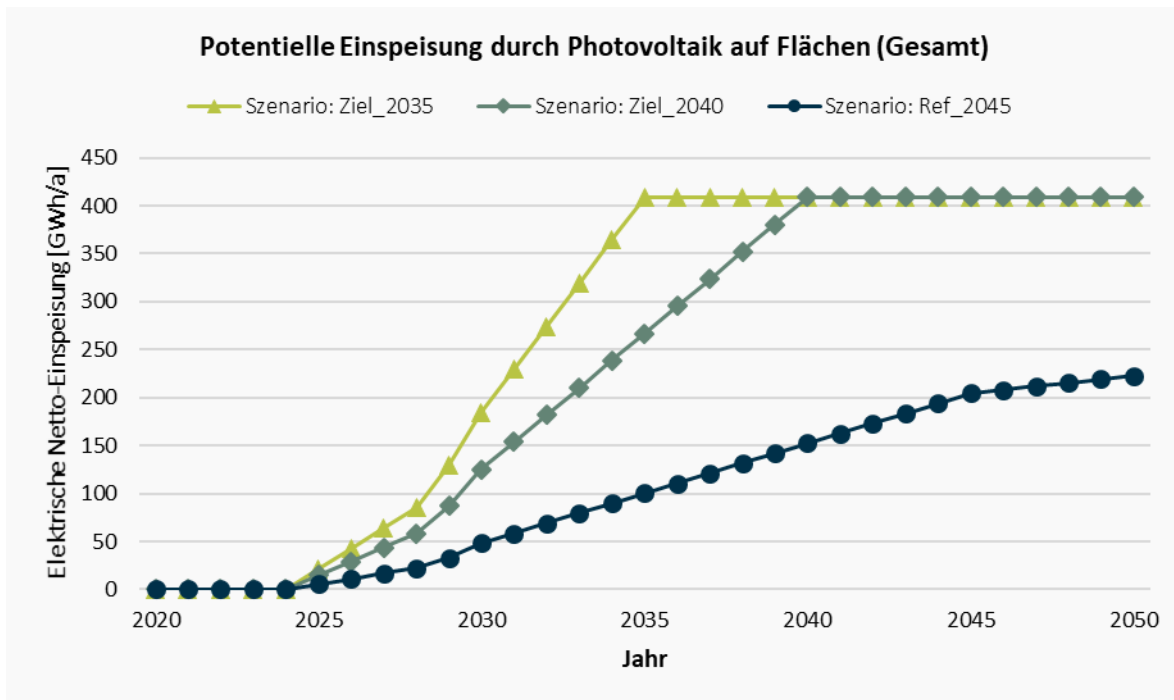


Abbildung 10-25: Potential Freiflächen-PV (Gesamt)

Allerdings stecken einige der aufgezeigten Teilbereiche noch in der Erprobungsphase, wodurch eine Umsetzung noch mit Unsicherheiten behaftet ist.

Die zur Erschließung der Gesamtpotentiale notwendigen Investitionskosten belaufen sich im optimistischsten Szenario (Ziel_2035) auf rund 220 Mio. Euro (siehe Abbildung 10-26). Dabei wurde bereits beachtet, dass mit rückläufigen Kosten für die Errichtung von PV-Anlagen in den nächsten Jahren zu rechnen sein wird.

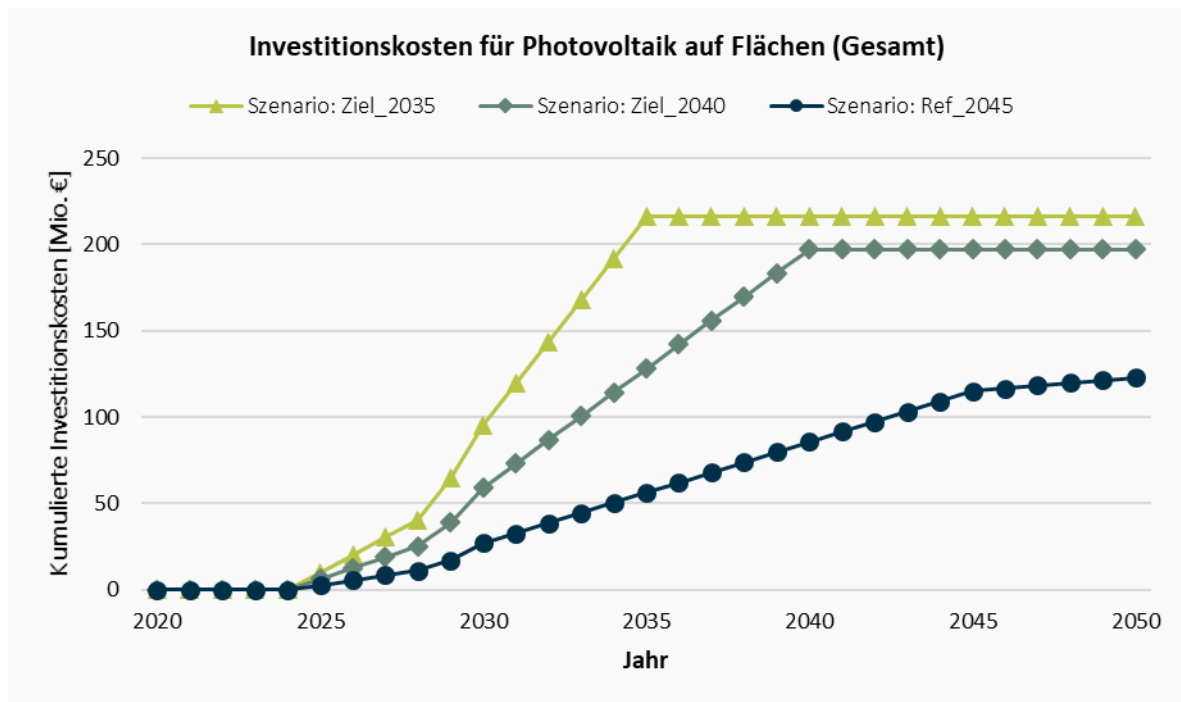


Abbildung 10-26: Investitionskosten Freiflächen-PV (Gesamt)

Im Vergleich aller gebäudeunabhängiger PV-Potentiale wird deutlich, dass insbesondere die Bereiche Parkplatzflächen-PV, Agri-PV und sonstige Freiflächen-PV einer erhöhten Aufmerksamkeit bedürfen, während die Potentiale Lärmschutzinfrastruktur-PV und Floating-PV in der Gesamtbetrachtung von geringer Bedeutung sind (siehe Tabelle 10-22).

Tabelle 10-22: Übersicht Potentiale gebäudeunabhängige PV

Bereich	Stromertrag (GWh/a)	Anteil (%)
Parkplatzflächen-PV	69,6	17
Agri-PV	159,1	39
Lärmschutzinfrastruktur-PV	5,6	1
Floating-PV	10,0	3
Sonstige Freiflächen-PV	164,4	40
Gesamt	408,7	100

10.4.5 Windenergie

Einleitung

Windenergie besitzt ein großes Potential für die Dekarbonisierung des Energiesystems. In 2040 könnten rund zwei Drittel der Nettostromerzeugung aus Windenergieanlagen (WEA) stammen¹¹¹, womit es kurz- bis mittelfristig das wirtschaftlichste Ausbaupotential unter den erneuerbaren Energien hat¹¹². In Deutschland hatte die Windkraft im Jahr 2020 mit 53 Prozent den größten Anteil bei der regenerativen Stromerzeugung. Die Gestehungskosten von WEA an Land sind für 2030 mit 4 bis 8 Cent pro Kilowattstunde prognostiziert¹¹³. Damit liegen diese in etwa in der Höhe der Gestehungskosten von Photovoltaik-Freiflächenanlagen (>1 MW_p). Bei konventionellen Kraftwerken werden hingegen in den nächsten Jahren durch steigende Kosten für CO₂-Zertifikate die Stromgestehungskosten kontinuierlich steigen.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen auf Bundes- und Länderebene wurden zu Gunsten eines beschleunigten Ausbaus von Windkraftanlagen verändert, z. B. mit dem Gesetz für den Ausbau Erneuerbarer Energien (EEG, 2023), dem Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land (Windenergie-an-Land-Gesetz, 2022), dem Gesetz zur Festlegung von Flächenbedarfen für Windenergieanlagen an Land (Windenergieflächenbedarfsgesetz – WindBG 2022), sowie Änderungen in Bau- und Naturschutzgesetzen. Demzufolge sind bis 2032 bundesweit etwa zwei Prozent der Landesfläche als Vorranggebiete Windenergie auszuweisen. Die Regionalen Planungsverbände wurden in Sachsen als zuständige Planungsträger für die planerischen Gebietsausweisungen bestimmt (§ 4a SächsLPIG¹¹⁴). Für Sachsen wurde konkretisiert, dass jeder Regionale Planungsverband zwei Prozent seiner Fläche bis 2027 auszuweisen hat (§ 4a SächsLPIG). Damit steht auch die LHD in der Verantwortung ihren Beitrag zum Ausbau der Windenergie zu leisten. Dem steht der Beschluss des Stadtrates vom 20. Juni 2013 entgegen, dass innerhalb des Stadtgebietes keine WEA errichtet werden dürfen. Der für das Gebiet der LHD zuständige Regionale Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge beschloss im Juli 2023 die Teilfortschreibung des Regionalplans im Bereich Energie und führte im vierten Quartal 2023 ein Beteiligungsverfahren zur beabsichtigten planerischen Herangehensweise durch. Ein Planentwurf wird voraussichtlich 2025 vorliegen.

Bis zur Festsetzung von entsprechenden Vorranggebieten sind für die Errichtung von WEA die bundesrechtlichen Vorgaben zu erfüllen (vgl. § 6 BImSchG¹¹⁵). WEA sind im Außenbereich grundsätzlich privilegiert (vgl. § 35 Abs. 1 Nr. 5 BauGB), sofern durch den Regionalplan keine Konzentration auf Vorrang- und Eignungsgebietes erfolgt ist. Für die LHD war im bisherigen Regionalplan kein entsprechendes Gebiet ausgewiesen. Die Zweite Gesamtfortschreibung des Regionalplans Oberes Elbtal/Osterzgebirge wurde jedoch teilweise für unwirksam erklärt¹¹⁶. Dadurch gibt es im Gebiet des Regionalplans Oberes

¹¹¹ Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020): Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität (ermittelt aus Abbildung 9).

¹¹² <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/windenergie-an-land#flaeche> [Zugriff am 29.12.2023].

¹¹³ <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2021/studie-zu-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien-aufgrund-steigender-co2-kosten-den-konventionellen-kraftwerken-deutlich-ueberlegen.html> [Zugriff am 29.12.2023].

¹¹⁴ Landesplanungsgesetz vom 11. Dezember 2018 (SächsGVBl. S. 706), das zuletzt durch Artikel 25 des Gesetzes vom 20. Dezember 2022 (SächsGVBl. S. 705) geändert worden ist. Zu beachten ist dabei, dass gemäß WindGB keine Ertrags- oder Leistungsziele sondern Flächenziele verfolgt werden.

¹¹⁵ Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 11 Absatz 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) geändert worden ist.

¹¹⁶ Sächs OVG Bautzen, Normenkontrollurteil vom 11. Mai 2023 - 1 C 72/20, erklärt Kapitel 5.1.1 Windenergienutzung für unwirksam

Elbtal/Osterzgebirge insgesamt derzeit keine Vorrang- und Eignungsgebiete für die Windenergienutzung. Die bisher nicht vorhandene Ausweisung von Vorrang- und Eignungsgebieten auf dem Gebiet der LHD steht der Errichtung von WEA auf dem Gebiet der LHD insofern auch nicht entgegen.

Kleinwindkraftanlagen mit einer maximalen Höhe von 50 m und maximal 100 kW Leistung besitzen bisher nur eine geringe Bedeutung, da das Kosten-Nutzen-Verhältnis deutlich ungünstiger als bei PV-Anlagen ist. Des Weiteren sind die Erträge sehr unregelmäßig und stark von den lokalen Windbedingungen abhängig¹¹⁷. Daher werden Kleinwindkraftanlagen hier nicht weiter betrachtet.

Methodik

Mögliche Standorte für Windkraft in Dresden wurden in 2021 durch die Sachsenkraft GmbH ermittelt. Diese Studie wird an dieser Stelle exemplarisch genutzt, um die Ausbaupotentiale von Windkraft zu verdeutlichen. Sie ist kein Vorgriff auf die aktuellen Ausweisungen von Windeignungsgebieten des Regionalen Planungsverbandes. Die Kriterien zur Ausweisung von Tabuzonen, die Details zur Abschätzung der aktuellen und zukünftigen Stromerzeugungspotentiale sowie die Berechnung wirtschaftlicher Kenndaten sind im Band III, Kap. 10.4.5 dokumentiert.

Ergebnisse und zeitliche Einordnung

In der Studie wurden fünf potentielle Standorte mit insgesamt 21 WEA im Stadtgebiet Dresdens identifiziert. Davon befinden sich 13 auf Waldflächen und acht auf Landwirtschaftsflächen.

Es wird angenommen, dass in den Ziel-Szenarien alle 21 WEA errichtet werden können, womit sich ein maximales Potential von 315.100 MWh/a bzw. 316.900¹¹⁸ MWh/a ergibt (Tabelle 10-23). Für das Referenz-Szenario werden ungünstige äußere und lokale Rahmenbedingungen (regulatorischer Rahmen, Akzeptanz der Bevölkerung, eventuell schwieriger Windausbau in Wäldern) angenommen, so dass nur 50 Prozent der WEA umgesetzt werden können und sich lediglich ein Potential von 150.900 MWh/a ergibt.

Tabelle 10-23: Potentiale von WEA in Dresden

Szenario	Anzahl Anlagen	Potentielle elektrische Nettoeinspeisung (MWh/a)
Ziel_2035	21	315.100
Ziel_2040	21	316.961
Ref_2045	10	150.934

Für den zeitlichen Verlauf des Zubaus von WEA in Dresden werden folgende Annahmen getroffen und im Reduktionspfadrechner umgesetzt (Details siehe Band III, Kap. 10.4.5):

- Bis 2030 sind im Szenario Ziel_2035 zwei Standorte mit drei Anlagen vorstellbar, im Szenario Ziel_2040 ein Standort. Einer Unterschreitung des Abstandes von 1.000 m zur Wohnbebauung wäre sowohl durch den Stadtrat als auch durch die jeweilige Ortschaft zuzustimmen (§ 84 Abs. 4

¹¹⁷ <https://www.wegatech.de/ratgeber/kleinwindkraftanlage/> [Zugriff am 29.12.2023].

¹¹⁸ die höhere Einspeisung im Szenario Ziel_2040 ergibt sich aus der unterstellten stetigen Leistungszunahme der WEA bis 2030. Durch den späteren Beginn des Zubaus in Ziel_2040 haben die Anlagen eine größere kumulierte Leistung als in Ziel_2035.

SächsBO¹¹⁹). Die Planungszeiten liegen derzeit bei mindestens fünf Jahren (Auskunft SachsenEnergie), laut einer deutschlandweiten Studie sogar bei acht Jahren¹²⁰.

- Im Rahmen der beabsichtigten Aufstellung eines Teilregionalplans Windenergienutzung werden auch Möglichkeiten zur Errichtung von WEA beispielsweise in Landschaftsschutzgebieten, Wäldern und mit weniger als 1.000 m Abstand zu Wohnbebauung geprüft. Daraus ergeben sich gegebenenfalls neue Möglichkeiten zur Aufstellung von Anlagen.
- Eine parallele Realisierung mehrerer Anlagenparks durch verschiedene Akteure ist denkbar, wenn die personellen Ressourcen für Planungen und Genehmigungen sowie das Material ausreichen. Einige Vorarbeiten, wie Flächenakquise können schon vor 2027 begonnen werden.
- Im Szenario Ziel_2035 werden alle 21 Anlagen bis 2035 gebaut.
- Im Szenario Ziel_2040 wird der Zubau als zeitlich gestreckt bis 2040 abgebildet.
- Für das Szenario Ref_2045 wird angenommen, dass insgesamt weniger Anlagen errichtet werden: zehn WEA an drei Standorten.
- Der Nettoenergieertrag der zu errichtenden WEA berechnet sich unter Berücksichtigung der kontinuierlich zunehmenden WEA-Leistung, der Zunahme der Volllaststunden (Ausbau Netzinfra- und Speicherstruktur), der zukünftig geringeren spezifischen Investitionskosten sowie Leitungsverlusten von 3 Prozent.

Abbildung 10-27 verdeutlicht den zeitlichen Verlauf der Einspeisemengen durch WEA. Bei den Ziel-Szenarien wird im maximal angenommenen Ausbaugrad ein Nettoenergieertrag zwischen 315.100 und 317.000 MWh/a erzielt, im Referenz-Szenario von 150.900 MWh pro Jahr. Das entspricht bilanziell einem Anteil von 12 Prozent bzw. 6 Prozent des Gesamtstrombedarfs der LHD aus dem Jahr 2018 (2.605,2 GWh/a).

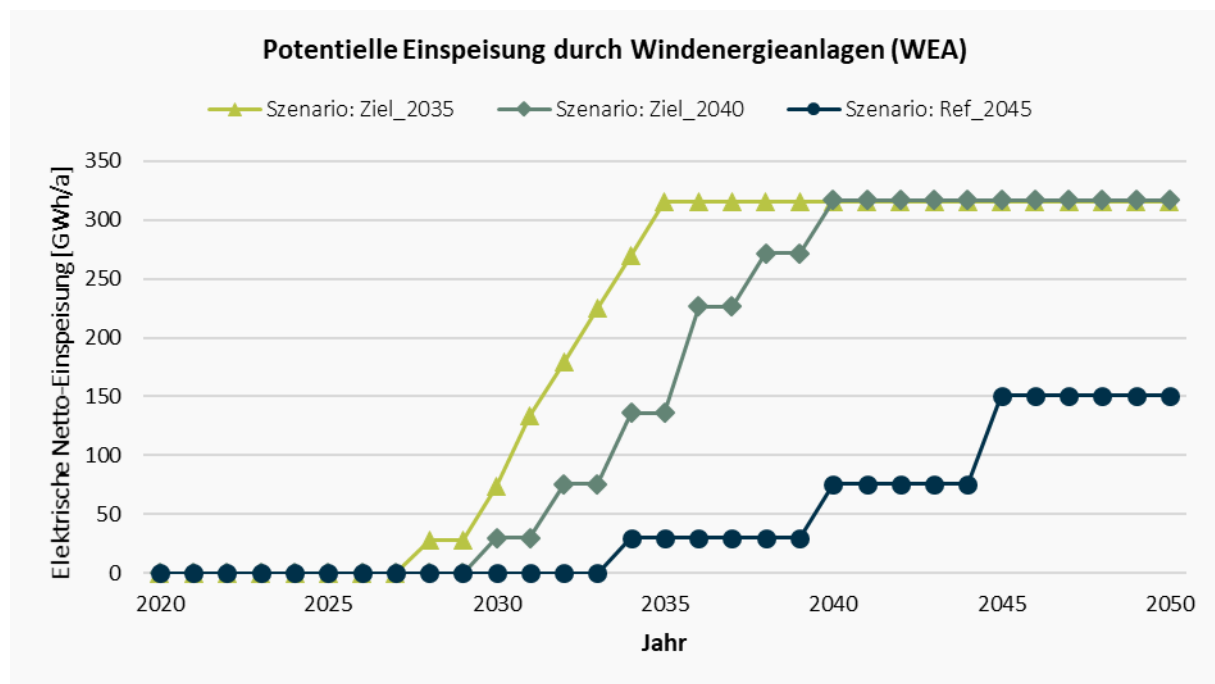


Abbildung 10-27: Potentielle Einspeisung durch WEA im Stadtgebiet in verschiedenen Szenarien

¹¹⁹ Sächsische Bauordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 11. Mai 2016 (SächsGVBl. S. 186), die zuletzt durch Artikel 24 des Gesetzes vom 20. Dezember 2022 (SächsGVBl. S. 705) geändert worden ist.

¹²⁰ Fachagentur Wind (2023): Typische Verfahrenslaufzeiten von Windenergieprojekten - Empirische Datenanalyse für den Zeitraum 2011 bis 2022, <https://www.fachagentur-windenergie.de/aktuelles/detail/typische-verfahrenslaufzeiten-von-windenergieprojekten/> [Zugriff am 29.12.2023].

Die Wirtschaftskennzahlen für zwei Varianten von WEA (Stand 2022 und Stand 2030) sind in Tabelle 10-24 zusammengefasst. Die reinen Investitionskosten betragen zwischen 7 und 9 Mio. Euro. Die Gesamtkosten, inklusive Kapital- und Bewirtschaftungskosten sind gerechnet über 20 Jahre Nutzungsdauer in etwa doppelt so hoch. Für den Anlagenbetreiber ergeben sich pro Anlage entsprechend dieser groben Kalkulation etwa 2,5 Mio. Euro Gewinn (Gesamtertrag minus Gesamtkosten) in 20 Jahren, für die Kommunen über die mögliche Beteiligung von 0,2 ct/kWh zwischen 400.000 und 600.000 Euro. Multipliziert mit der Anzahl an errichteten Anlagen könnten signifikante Einnahmen für die LHD generiert werden. Weiterhin fallen zusätzliche Gewerbesteuererinnahmen und/oder Pachteinnahmen an, und die lokale Wertschöpfung beim Bau und dem Unterhalt der Anlagen wird gefördert.

Tabelle 10-24: Wirtschaftskennzahlen über 20 Jahre für zwei WEA Varianten

WEA	Investition (Mio. €)	Gesamtkosten (Mio. €)	Gesamtertrag (Mio. €)	Mögliche Gesamtvergütung an Kommunen (€)
Variante 2022: 4,245 MW	7,22	14,94	17,47	416.000
Variante 2030: 5,790 MW	9,26	19,60	22,05	604.000

In der Abbildung 10-28 sind die aufzuwendenden Investitionskosten (Capex) bis zu den Zieljahren 2035, 2040 bzw. 2045 ersichtlich, berechnet mit prognostizierten, stetig abnehmenden spezifischen Investitionskosten. Demzufolge sind in den Ziel-Szenarien Investitionen in Höhe von 189,2 Mio. Euro für 21 installierte WEA und im Referenz-Szenario 84,1 Mio. Euro für zehn WEA notwendig.

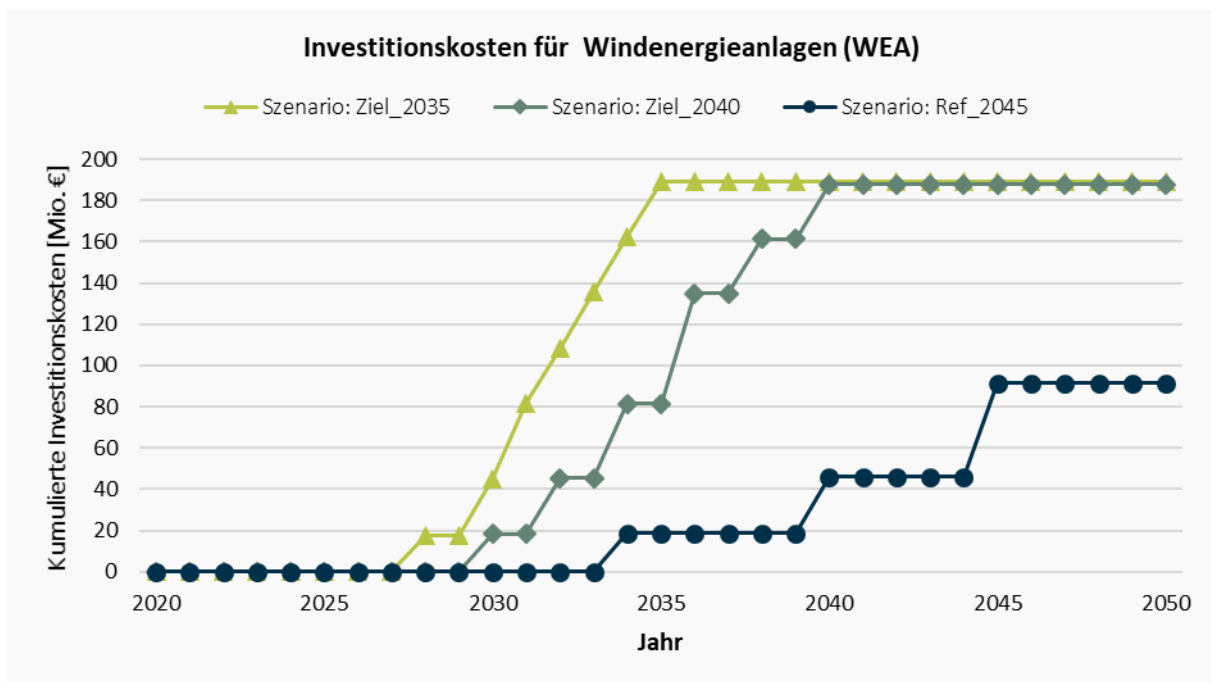


Abbildung 10-28: Investitionskosten (Capex) für potentielle WEA im Stadtgebiet Dresden

10.5 Dekarbonisierung und Entwicklung des Fernwärmenetzes

Im Folgenden wird die Dekarbonisierungsstrategie der SachsenEnergie AG für das Zentrale Fernwärmenetz in Dresden vorgestellt. Diese wurde im Rahmen des Dekarbonisierungskonzeptes der SachsenEnergie AG erarbeitet. Im Rahmen eines im Rahmen des BEW-Förderprogrammes¹²¹ geförderten Wärmetransformationsplanes werden aus den hier vorgestellten Potentialen, die konkreten Maßnahmen zur vollständigen Dekarbonisierung der Fernwärme derzeit noch detaillierter erarbeitet. Erste konkrete Maßnahmensteckbriefe finden sich im Band II Maßnahmepaket G.3.

10.5.1 Bedeutung der Fernwärme im zukünftigen Energiesystem

Durch den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung nimmt die Volatilität im Stromsystem massiv zu. Wie Abbildung 10-29 zeigt, wird es zukünftig bei einer rein regenerativen Energieversorgung sehr hohe Lastgradienten und große Erzeugungsüberschüsse auf der einen sowie Zeiträume mit längeren Lücken in der Energiebedarfsdeckung aus EE, den so genannten Dunkelflauten, auf der anderen Seite geben¹²². Diese Lücken zeigen, dass vorzugsweise hocheffiziente wasserstoffbasierte KWK-Anlagen, integriert in Fernwärmesysteme, auf Dauer zur Sicherung der Versorgungstabilität unverzichtbar sein werden. Die Dekarbonisierung der Fernwärme benötigt einen Mix verschiedener Energieträger. Eine ausschließliche Nutzung elektrischen Stromes aus EE hinsichtlich der technischen und ökonomischen Umsetzung, sowie der Versorgungssicherheit wird daher als nicht umsetzbar gesehen.

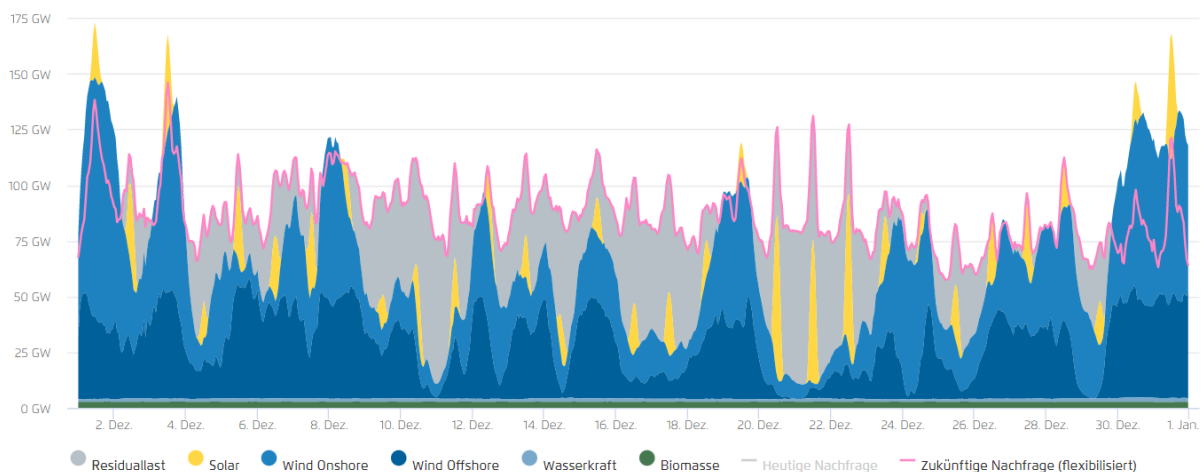


Abbildung 10-29: Volatilität einer rein regenerativen Stromversorgung

Infolge der Volatilität der Stromversorgung wird aktuell davon ausgegangen, dass es Zeiten mit sehr niedrigen und Zeiten mit sehr hohen Strompreisen auf der Großhandelsebene geben wird. Ein Fernwärmesystem, in das verschiedene Erzeugungstechnologien und Großwärmespeicher integriert sind, kann in jeder Marktsituation effizient Wärme (und Strom) erzeugen und Flexibilität für die Stabilisierung des volatilen Stromsystems bereitstellen (siehe Abbildung 10-30)¹²³. Fernwärmesysteme mit integrierten wasserstoffbasierten KWK-Erzeugern, Power-to-Heat-Anlagen und Großwärmespeichern sind damit unverzichtbarer Bestandteil einer erfolgreichen Energiewende sowohl im Wärme- als auch im Stromsektor.

¹²¹ BEW: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze. Fördert Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen erneuerbaren Energien sowie die Dekarbonisierung von bestehenden Netzen.

¹²² „Agorameter“, Netzseite des Thinktank AGORA-Energiewende, Prognose Monat Dezember 2040, ausgehend von Dezember 2021: https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/future_power_generation/01.12.2021/31.12.2021/future/2040/ [Zugriff am 22.06.2022].

¹²³ Preiszeitreihe Prognose 2040, BET 04/2021, eigene Darstellung (SachsenEnergie AG).

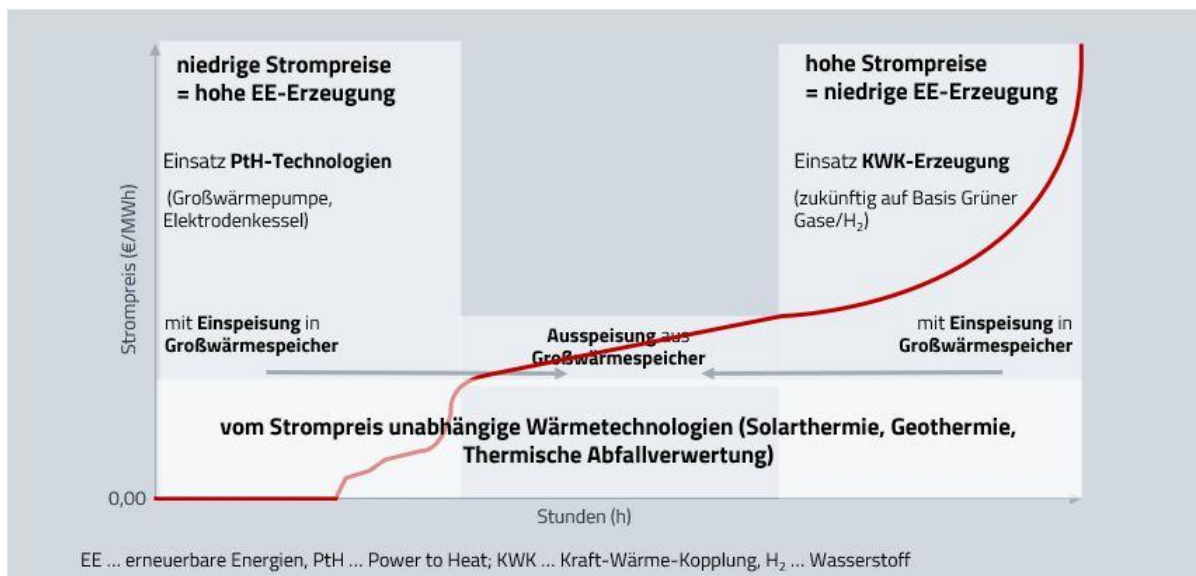


Abbildung 10-30: Strompreiszeitreihe

10.5.2 Wesentliche Potentiale zur Dekarbonisierung der Dresdner Fernwärme

Die Umstellung und Erweiterung des Fernwärmesystems erfordert erhebliche finanzielle, aber auch personelle Ressourcen, welche jedoch begrenzt sind. Daher müssen die einzelnen Potentiale schrittweise für eine Umsetzung geprüft und qualifiziert werden. Mithilfe eines permanenten Monitorings in Bezug auf die wirtschaftliche Umsetzbarkeit einzelner Dekarbonisierungspotentiale und die Zielerreichung der vollständigen Dekarbonisierung der Fernwärme in Dresden kann ein optimaler und fortlaufend aktualisierter Dekarbonisierungspfad bestimmt werden. Grundlage für dieses fortlaufende Monitoring sind Szenarien und Preiszeitreihen aus einem Fundamentalmodell zur Abbildung möglicher Entwicklungen, welche an die aktuellen politischen Rahmenbedingungen angepasst werden, sowie eine Wärmebedarfsprognose für die Stadt Dresden.

Um die Fernwärme zu dekarbonisieren, plant die SachsenEnergie AG derzeit die Umsetzung der in Abbildung 10-31 aufgeführten Potentiale, welche als Meilensteine bis zum Jahr 2045 dargestellt sind.

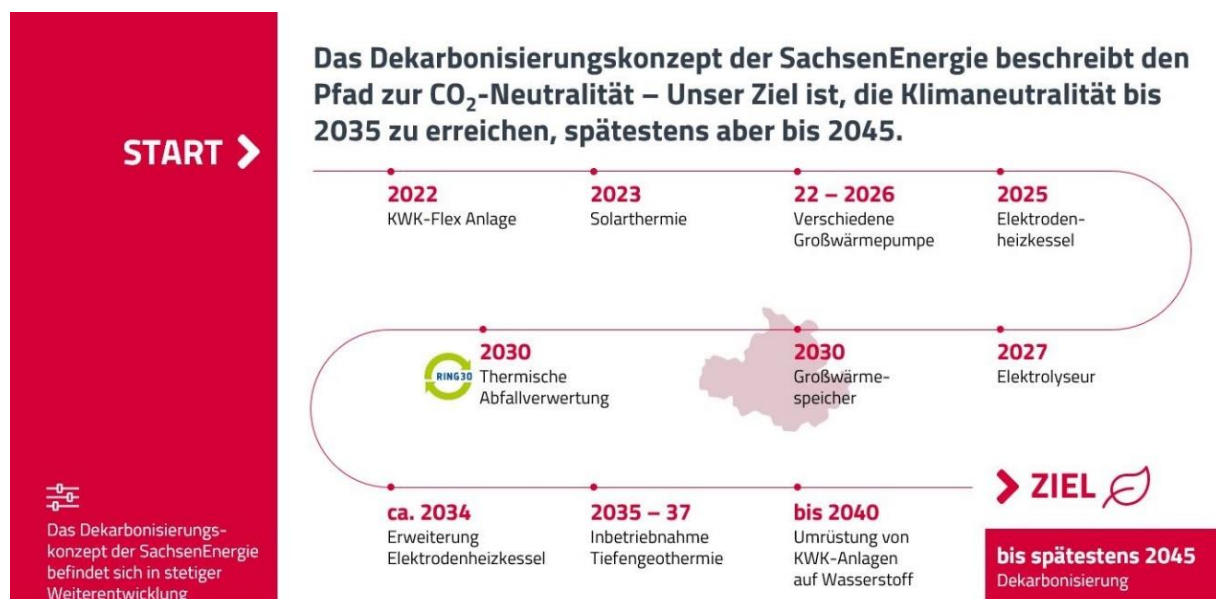


Abbildung 10-31: Potentiale zur Dekarbonisierung der Fernwärme in Dresden, SachsenEnergie AG

Die beschriebenen Potentiale unterliegen alle der Annahme, dass sie wirtschaftlich abbildbar und technisch umsetzbar sind. Diese sind:

- Low Ex - Absenkung der Netztemperaturen,
- Großwärmepumpen,
- Thermische Abfallverwertung,
- Solarthermie,
- Tiefengeothermie,
- Elektrodenheizkessel,
- Wärmespeicher,
- Elektrolyseur,
- Umrüstung vorhandener KWK-Anlagen auf Wasserstoff.

Low Ex – Absenkung der Netztemperaturen

Low Ex bedeutet die Absenkung des Temperaturniveaus im Fernwärmenetz. Hierdurch können Wärmeverluste, welche aktuell bei circa 15 Prozent liegen, im Fernwärmenetz reduziert werden. Außerdem ermöglicht ein geringeres Temperaturniveau die bessere Einspeisung von erneuerbarer Wärme ins Netz sowie die kostengünstige Wärmespeicherung in drucklosen Großwärmespeichern (Temperaturniveau < 100°C). Zusätzlich wird die thermische Beanspruchung der im Fernwärmenetz verwendeten Kunststoffmantelrohre verringert und damit deren Lebensdauer erhöht. Dieses Potential gehört zu den zentralen Voraussetzungen zur weiteren Dekarbonisierung der Fernwärme. Um das Fernwärmesystem auch im Winter (Nennauslegungsfall) mit niedrigeren Vorlauftemperaturen betreiben zu können, ist die Neuauslegung der Wärmeübertrager in den rund 8.000 Abnahmestellen im Fernwärmenetz und die Reduktion der Netz-Rücklauftemperatur aus den Kundenanlagen erforderlich. Damit gehört diese Maßnahme zu den langfristigen Zielen mit einem Zeithorizont der vollständigen Umsetzung bis 2035/2040. Bis zur vollständigen Umrüstung aller Kundenanlagen wird das Netz in Zeiträumen mit sehr hohen Lastanforderungen (wenige hundert Stunden im Jahr) aus hydraulischen Gründen weiterhin mit höheren Temperaturparametern betrieben. Im restlichen und damit überwiegenden Teil des Jahres ist aber eine Low-Ex-Fahrweise bereits heute möglich.

Errichtung von Großwärmepumpen

Wärmepumpen können unter Einsatz von elektrischer Energie, Umwelt- oder Abwärme niedrigen Temperaturniveaus auf für die Fernwärme nutzbare Temperaturniveaus anheben.

Es befinden sich derzeit mehrere Großwärmepumpenprojekte in Planung (Tabelle 10-25). Aufgrund von erheblichen Herausforderungen bei der Bestimmung eines exakten Standortes, der Klärung der Eigentumsverhältnisse und der wirtschaftlichen Betreibung der Wärmepumpen kann zum aktuellen Zeitpunkt nicht von der Umsetzbarkeit aller Projekte ausgegangen werden.

Tabelle 10-25: Übersicht Großwärmepumpenprojekte, Stand

Aufstellort	Medium	Beitrag Fernwärme in MWh	Bedarf an Grünstrom in MWh	Investitionsbedarf	Davon gefördert	Inbetriebnahme
Kraftwerk Reick	Luft	3.500	1.400	2,5 Mio. €		Q1 2024
TU Dresden	Wasser (Rechnerabwärme)	24.000	6.000	2,9 Mio. €	70%	Q4 2024

Aufstellort	Medium	Beitrag Fernwärme in MWh	Bedarf an Grünstrom in MWh	Investitionsbedarf	Davon gefördert	Inbetriebnahme
Landesrechenzentrum	Wasser (Rechnerabwärme)	8.800	2.500	4,5 Mio. €	40% + Betriebsförderung	Q1 2028
Kaditz (Kläranlage)	Wasser (geklärtes Abwasser)	84.000	27.200	25 Mio. €	40% + Betriebsförderung	Q2 2030
Gorbitz	Wasser (Grubenwasser)	7.900	2.700	4 Mio. €	40% + Betriebsförderung	Q1 2027
Löbtau (Vereinigte Weißeritz)	Wasser (Flusswasser)	26.000	10.830	10 Mio. €	40% + Betriebsförderung	Q4/2028

Ring 30 – Abfallbehandlungs- und verwertungsanlage

Die SachsenEnergie AG plant zusammen mit der Stadtreinigung Dresden GmbH den Bau und Betrieb einer Thermischen Abfallverwertungsanlage in Form eines Ersatzbrennstoff-Heizkraftwerkes.

Mit dem Bau einer eigenen Anlage in Dresden und deren Anbindung an das zentrale Fernwärmenetz der LHD kann die im Restabfall enthaltene Energie bis zu 80 Prozent genutzt werden. Durch Vorbehandlung und Trocknung der Abfälle können zudem im Restabfall noch enthaltene Wertstoffe in Stoffkreisläufe zurückgeführt und ein heizwertreicher Ersatzbrennstoff für die Wärmeerzeugung am gleichen Standort produziert werden. Der bislang erforderliche Abfallumschlag und -ferntransport für die Abfallmengen aus dem Ballungsraum Dresden könnte damit perspektivisch entfallen. Die vor Ort anfallenden Mengen werden auch vor Ort sicher entsorgt. Bisher eingesetztes und aus dem Ausland importiertes Erdgas zur Erzeugung von Wärme wird anteilig substituiert. Im Ergebnis können durch diese eigenwirtschaftliche Lösung in kommunaler Hand lokale Stoff- und Energiekreisläufe geschlossen werden. Für weitere Einzelheiten siehe Band II Maßnahme G.3-01.

Solarthermie

Solarthermie muss sich zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit in unmittelbarer Nähe zum Fernwärmenetz befinden. Zudem besteht eine Flächenkonkurrenz zwischen Solarthermie und PV. Aktuell wird eine 1 MW-Solarthermieanlage in Dresden Räcknitz errichtet, deren Inbetriebnahme für März 2024 vorgesehen ist. Der Ausbau weiterer Solarthermieflächen zur Einspeisung in das zentrale Fernwärmenetz ist zurzeit nicht angedacht.

Tiefengeothermie

Die Nutzung tiefengeothermischer Wärme im Fernwärmenetz würde dieses für lange Zeit mit emissionsfreier und (betriebs)kostengünstiger Wärme versorgen können. Die technologischen, geologischen und damit finanziellen Risiken sind jedoch hoch. Derzeit finden Voruntersuchungen statt, in denen für den Untergrund geeignete Verfahren der Erdwärmennutzung und die bergrechtlichen Rahmenbedingungen untersucht werden. Bei Reduktion der Risiken (geologische und Kostenrisiken) auf ein tragfähiges Niveau und der technischen Umsetzbarkeit sollen Mitte der 30er Jahre rund 40 MW Wärmeleistung durch Tiefengeothermie erschlossen werden.

Elektrodenheizkessel

In Elektrodenheizkesseln wird Wasser durch den direkten Einsatz von elektrischer Energie erwärmt. Am Kraftwerk Nossener Brücke ist bereits ein Elektrodenheizkessel in Betrieb. Zusätzlich sollen perspektivisch zwei weitere Anlagen mit je 40 MW am Standort Reick gebaut werden, um Stromspitzen abzufangen und eine Wärmeversorgung mit Grüner Wärme sicherzustellen. Mitte der 30er Jahre wird der Bau weiterer Elektrodenheizkessel am Standort Nossener Brücke erfolgen, sodass die Summe der Elektrodenheizkessel etwa 10 Prozent der Wärmeversorgung dekarbonisiert.

Wärmespeicher

Am Innovationskraftwerk Reick sind bereits zwei Speicherstraßen vorhanden. Da in Zukunft die Volatilität in der Erzeugung weiter zunehmen wird, sollen weitere Wärmespeicher am Standort Nossener Brücke mit einer thermischen Speicherfähigkeit von 1.750 MWh Ende der 20er Jahre folgen. Die Speicher sollen aus Kostengründen vorzugsweise als drucklose Speicher (Temperaturniveau $<100^{\circ}\text{C}$) realisiert werden.

Elektrolyseur

Beim Betrieb eines Elektrolyseurs fällt Abwärme an. Derzeit prüft die SachsenEnergie AG, ob eine Beteiligung am Betrieb von Elektrolyseuren sinnvoll ist. Dafür wird der Bau eines Elektrolyseurs geplant, dessen Abwärmepotential von 3,75 MWh_{th} sich für die Fernwärmeversorgung nutzen ließe. Ein Erweiterungspotenzial für Dresden und Umgebung wird auf bis zu 210 GWh_{th} geschätzt, welches je nach Lage des Elektrolyseurs ebenfalls in das zentrale Fernwärmenetz eingespeist werden kann.

Umrüstung vorhandener KWK-Anlagen auf Wasserstoff

Eine vollständige Dekarbonisierung des Erzeugerparcs der Dresdner Fernwärme ist im Ergebnis der erfolgten Untersuchungen nur über den Einsatz von Wasserstoff in den weiterhin notwendigen KWK-Anlagen möglich. Dazu sind zum einen der Anschluss der Kraftwerksstandorte Nossener Brücke und Dresden Reick an den European Hydrogen Backbone (EHB) und die ausreichende Verfügbarkeit von Wasserstoff zu wirtschaftlich tragfähigen Preisen notwendig. Zum anderen ist die Wasserstofftauglichkeit der Anlagen herzustellen, wozu ein Umbau des Gasmotoren-Heizkraftwerkes in Reick und des Gasturbinen-Heizkraftwerkes der Nossener Brücke erfolgen muss.

10.5.3 Erzeugungsbilanz und Emissionspfad

Bei Umsetzung aller vorgestellten Dekarbonisierungspotentiale für die Fernwärme zu einem bestimmten Zeitpunkt ergibt sich eine zeitliche Veränderung des Erzeugerparcs der Fernwärme. Abbildung 10-32 zeigt die jährliche Erzeugungsbilanz für das zentrale Fernwärmenetz in den Jahren 2021 bis 2045. Die Erzeugungsbilanz ist das Ergebnis einer Einsatzoptimierungsrechnung, welche in einem mathematischen Optimierungsmodell anhand der minimalen Gesamterzeugungskosten die optimale Fahrweise jeder einzelnen Erzeugereinheit berechnet. In das Modell einfließende Parameter sind neben technischen Anlagenparametern die stündlichen Preiszeitreihen eines energiewirtschaftlichen Szenarios, die prognostizierte Entwicklung des Wärmebedarfs und die Temperaturverläufe von Umwelt- und Abwärmequellen.

Der zukünftige Erzeugerpark des zentralen Fernwärmenetzes wird sich aus verschiedenen Technologien zusammensetzen. Diese werden je nach aktuellem Strom-, CO₂- und Gas/Wasserstoff-Preis eingesetzt und wirken so optimal zusammen. Bei niedrigen Strompreisen lassen sich die Power-to-Heat-Anlagen wie Elektrodenheizkessel, Großwärmepumpen und Elektrolyseure wirtschaftlich betreiben und speisen Wärme in das zentrale Fernwärmenetz ein. Bei hohen Strompreisen sollen zukünftig vor allem die vorhandenen, langfristig mit Wasserstoff betriebenen KWK-Anlagen zur Wärmebereitstellung ein-

gesetzt werden. Die Wärmebereitstellung aus thermischer Abfallverwertung, Abwärme aus industriellen Prozessen, Tiefengeothermie und Solarthermie kann aufgrund niedriger variabler Wärmegestehungskosten unabhängig vom Strompreis erfolgen. Durch die Integration von Großwärmespeichern ins System können die Erzeugung und der Verbrauch von Wärme zeitlich entkoppelt und somit die Flexibilität und Wirtschaftlichkeit des Fernwärmenetzes erhöht werden.

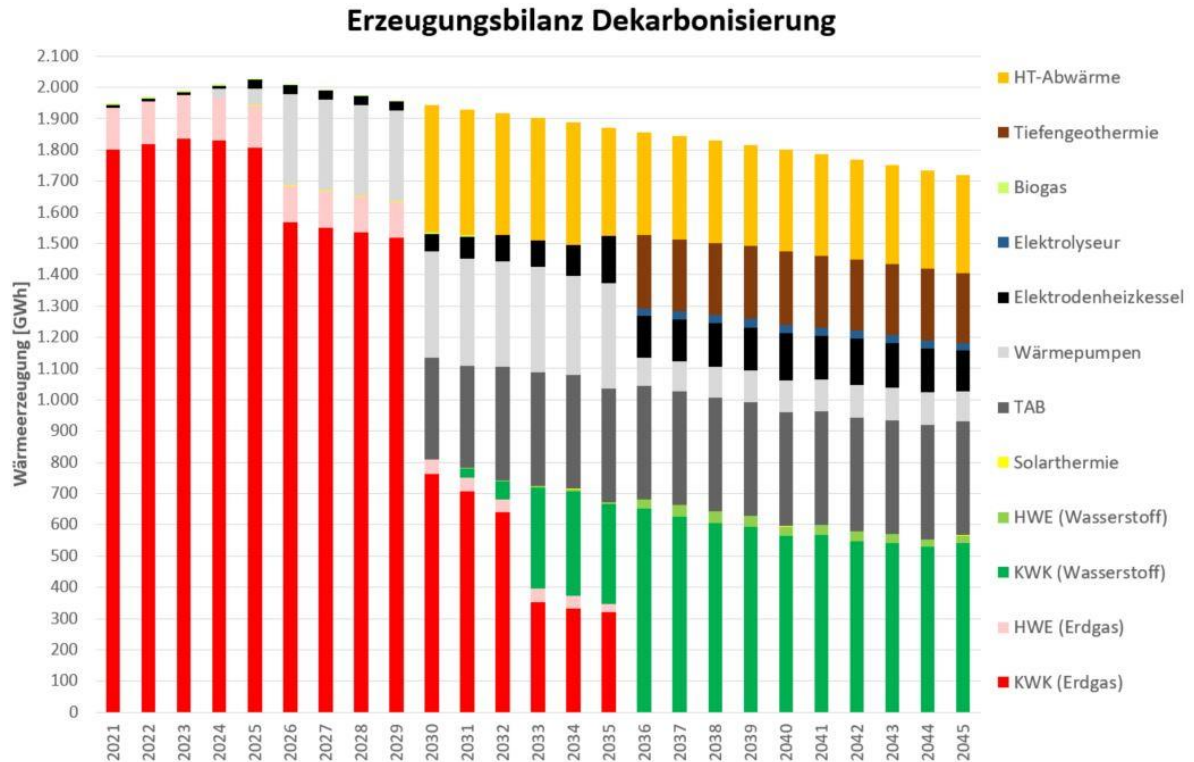


Abbildung 10-32: Verlauf der Dekarbonisierung in der Erzeugungsbilanz des Zentralen Fernwärmesystems in Dresden

Aus der Erzeugereinsatzoptimierung lässt sich der Pfad der CO₂-Emissionen berechnen. Abbildung 10-33 zeigt dabei ein beschleunigtes Dekarbonisierungsszenario für die Fernwärme an. Es zeigt sich, dass eine weitgehende Dekarbonisierung bis 2035/2036 erreicht werden kann.

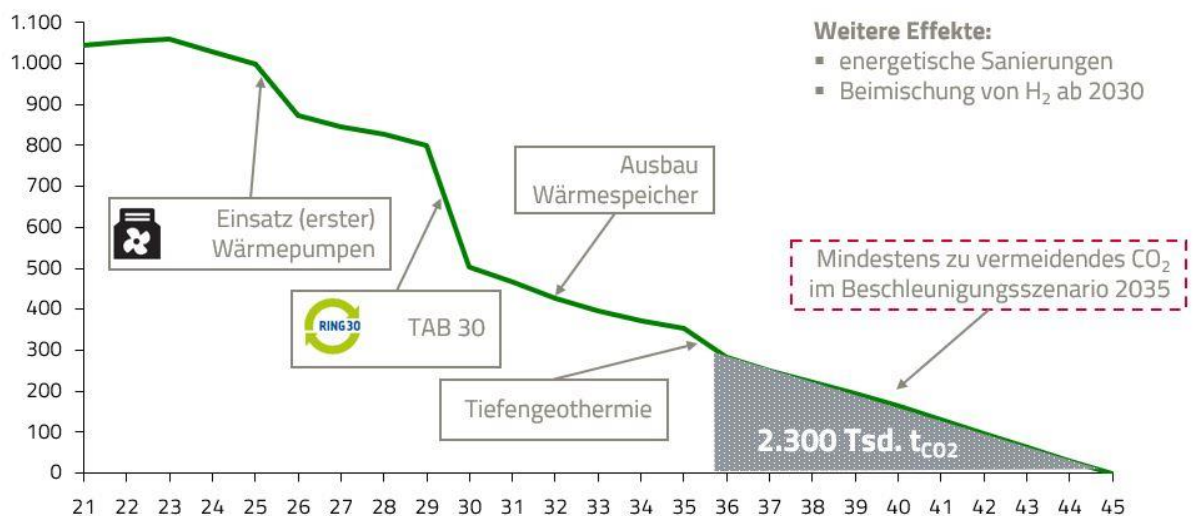


Abbildung 10-33: Verlauf der CO₂-Emissionen im Basisszenario sowie Ausweis der zu vermeidenden CO₂-Emissionen in Tsd. TCO₂ pro Jahr

Für eine vollständige Dekarbonisierung der Dresdner Fernwärme bis zum Jahr 2035 in diesem Beschleunigungsszenario müssen gegenüber einem Basisszenario (Zieljahr: 2045) zusätzlich 2.300 Tsd. t CO₂ eingespart werden (siehe Abbildung 10-34). Dies entspricht einer zusätzlichen Einsparung von 300 Tsd. t CO₂ pro Jahr. Eine beschleunigte Dekarbonisierung der Fernwärme bis 2035 ist technisch möglich, bedarf aber nicht direkt beeinflussbarer politischer und technischer Voraussetzungen. So sind der Anschluss an den European Hydrogen Backbone und die Verfügbarkeit von Wasserstoff zu wirtschaftlich tragfähigen Preisen bereits Anfang der 30er Jahre erforderlich. Weiterhin muss industrielle Abwärme noch umfänglicher für die Einspeisung in das Fernwärmenetz zur Verfügung stehen und nicht zuletzt müssen Genehmigungsverfahren deutlich beschleunigt werden. Um die Wirtschaftlichkeit, Sozialverträglichkeit der Energieversorgung und Versorgungssicherheit weiterhin zu gewährleisten, ist von einem zusätzlichen Förderbedarf auszugehen.

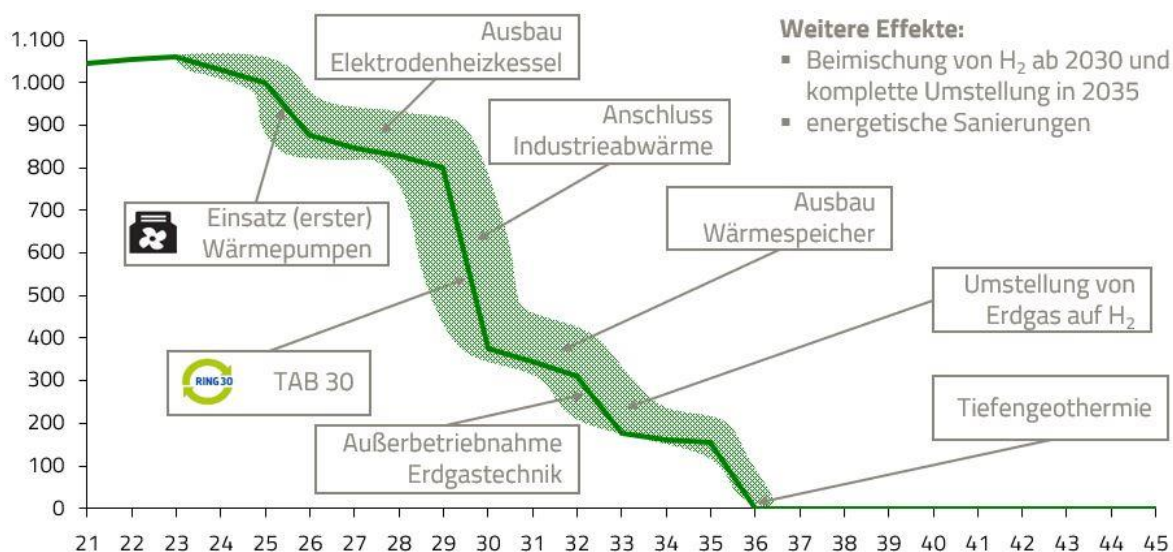


Abbildung 10-34: CO₂-Minderungspfad im Beschleunigungsszenario bis zur vollständigen Dekarbonisierung Ende 2035 in Tsd. tCO₂ pro Jahr

10.5.4 Ausbau und Nachverdichtung

In den dichter besiedelten Quartieren der Stadt, wo Potentiale für EE eingeschränkt sind, stellt die Nutzung einer dekarbonisierten Fernwärme eine wichtige klimaneutrale Heizungsalternative zu bestehenden Erdgas- oder Heizöllösungen dar. Dies trifft für Gebäude in bereits bestehenden Fernwärmegebieten zu, welche jedoch noch einen Erdgasanschluss nutzen und für dicht besiedelte Gebiete, welche noch nicht zum Fernwärmeversorgungsgebiet gehören, aber grundsätzlich eine Anschlussperspektive haben könnten. Eine vorläufige Fernwärmekarte mit angenommenen Ausbaugebieten zeigt Abbildung 10-35. Diese wurde im Rahmen der PotEEGeb-Studie zu Grunde gelegt und dabei ermittelt, dass von rund 13.300 in 2021 mit Fernwärme versorgten Gebäuden ein Zuwachspotential von gut 4.000 Gebäuden im Bestands- und Ausbaugebiet besteht. Im Rahmen des Wärmetransformationsplans (siehe Kapitel 8.1.3.1) untersucht die SachsenEnergie AG, welche Nachverdichtungs- und Ausbaupotentiale für das Dresdner Fernwärmenetz realisierbar sind. Die Ergebnisse werden in der kommunalen Wärmeplanung entsprechend berücksichtigt.

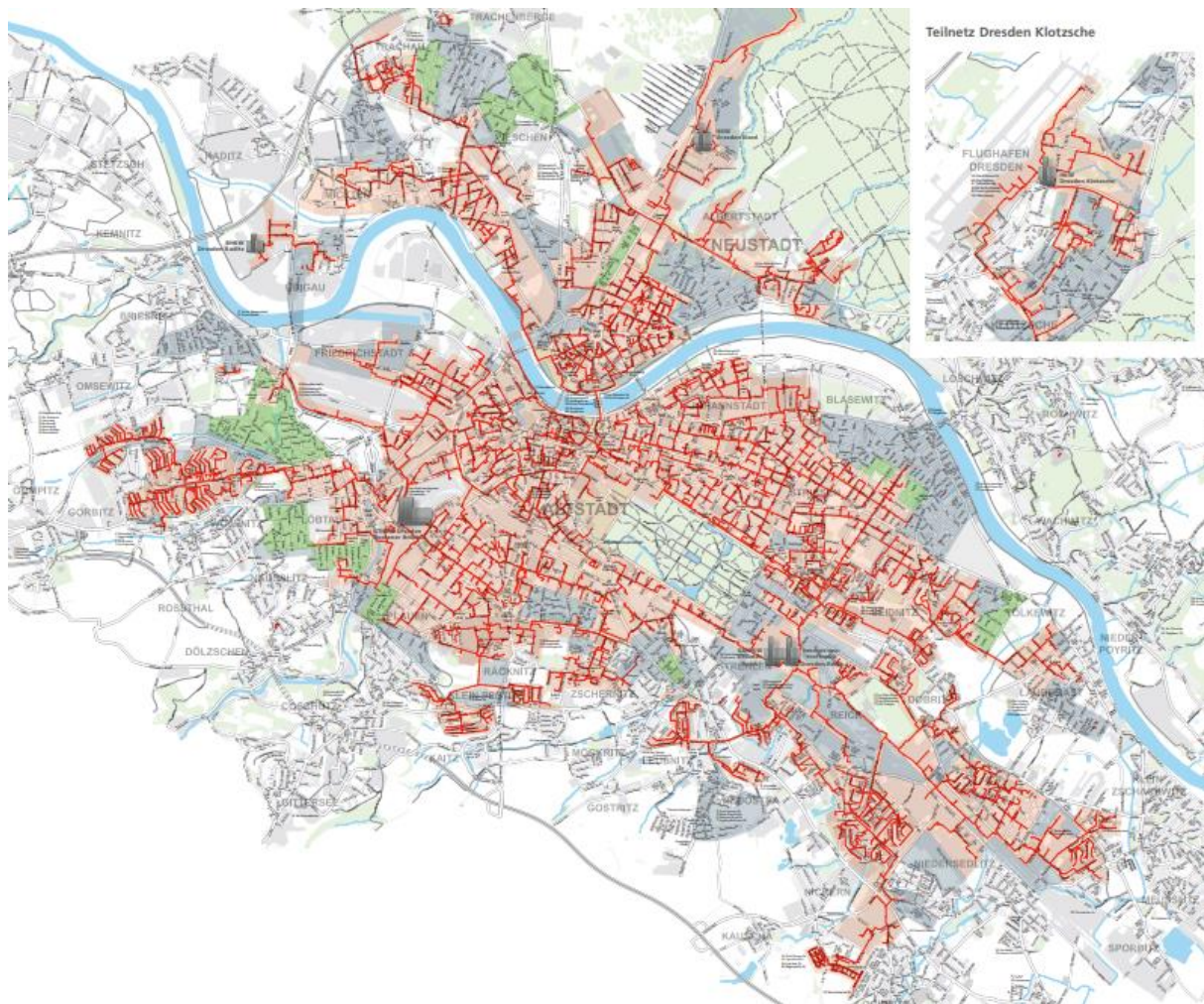


Abbildung 10-35: Fernwärmekarte mit Bestands- (rot), Ausbau- (grün) und Prüfgebieten (dunkelgrau) der SachsenEnergie AG, Stand Oktober 2023

10.5.5 Ausblick

Das Potential zur vollständigen Dekarbonisierung der Fernwärme ist in Dresden gegeben und eine Umstellung der Fernwärme auf die Nutzung CO₂-freier Wärmequellen ist möglich. Schon heute ist das Fernwärmesystem ein wichtiger Bestandteil der Wärmeinfrastruktur in Dresden. Durch seinen signifikanten Anteil am Dresdner Wärmemarkt und die Möglichkeit der Bereitstellung von zukünftig vollständig dekarbonisierter Wärme, wird das Fernwärmesystem auch langfristig eine wichtige Bedeutung für das Gelingen der Dekarbonisierung der Dresdner Wärmeversorgung haben. Infolgedessen werden im aktuell entstehenden Wärmetransformationsplan der SachsenEnergie AG auch die Verdichtung des Fernwärmebestandsgebietes und der Ausbau des Fernwärmenetzes untersucht.

10.6 Einsatz von klimafreundlichem Wasserstoff

In diesem Kapitel sollen zunächst die verschiedenen Herkunftsarten von Wasserstoff (bezeichnet mit Farbcodes) und ihr Einfluss auf die Reduktion von Treibhausgasen erläutert und anschließend die generelle Bedeutung von Wasserstoff für die Transformation des Energiesystems sowie übergeordnete Strategien kurz dargestellt werden. Schließlich werden die für Dresden relevanten Bereiche und die zeitliche Einordnung in Kapitel 10.6.3 dargestellt.

10.6.1 Farbcodes von Wasserstoff und Definition der Klimafreundlichkeit

Farbcodes

Die namentliche Farbgebung des Wasserstoffs repräsentiert unterschiedliche Herstellungsverfahren mit verschiedenen Umweltauswirkungen. Im Folgenden werden acht verbreitete Wasserstoff-Farben und ihre Beziehung zu THG-Emissionen näher beleuchtet.

Tabelle 10-26: Übersicht Wasserstoff-Farben

Farbcode	Erläuterung
Grauer Wasserstoff	Dieser wird traditionell durch die Methan-Dampfreformierung gewonnen. Bei diesem Prozess wird Methan mit Wasserdampf bei hohen Temperaturen und Drücken umgewandelt. Das Hauptproblem dabei ist, dass dabei erhebliche Mengen an CO ₂ freigesetzt werden, was grauen Wasserstoff zu einem umweltbelastenden Energieträger macht.
Blauer Wasserstoff	Um die Umweltauswirkungen zu minimieren, wird bei der Herstellung von blauem Wasserstoff die Methan-Dampfreformierung mit der CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung (CCS) kombiniert. CO ₂ wird abgeschieden und in unterirdischen Lagerstätten gelagert, wodurch die direkten THG-Emissionen deutlich reduziert werden. Dennoch gibt es Bedenken hinsichtlich der Effizienz der CCS-Technologie und ihrer Langzeitstabilität.
Grüner Wasserstoff	Dieser wird mithilfe elektrolytischer Spaltung von Wasser hergestellt, wobei erneuerbare Energiequellen wie Wind- oder Solarenergie als Stromquelle dienen. Da dieser Prozess keine CO ₂ -Emissionen verursacht, wird grüner Wasserstoff als umweltfreundlichste Option betrachtet. Allerdings sind die Produktionskosten noch relativ hoch, und die Verfügbarkeit erneuerbarer Energiequellen ist standortabhängig.
Türkiser Wasserstoff	Türkiser Wasserstoff wird durch die Kombination von CCS mit Elektrolyse hergestellt, wodurch die Vorteile von blauem und grünem Wasserstoff vereint werden. Dieser Ansatz verspricht eine geringere Umweltbelastung als blauer Wasserstoff, obwohl die technologische Komplexität und die Kosten weiterhin Herausforderungen darstellen.
Roter Wasserstoff	Ist Wasserstoff, der mithilfe von Kernenergie erzeugt wurde. Die Erzeugung ist dabei zwar CO ₂ -frei, aber das benötigte Uran bleibt eine fossile und nicht erneuerbare Ressource, der CO ₂ -Fußabdruck für die Stilllegung von Kernkraftwerken schwer abzuschätzen. Die Risiken und Kosten der Atomkraft sind insbesondere durch die ungeklärte Lagerung der Abfälle als besonders hoch einzuschätzen.
Gelber Wasserstoff	Bezeichnet die Wasserstoffproduktion aus einer Mischung Erneuerbarer Energien und fossiler Brennstoffe.
Oranger Wasserstoff	Orangener Wasserstoff wird aus Biomasse oder unter Verwendung von Strom aus Anlagen der Abfallwirtschaft etwa Abfallverbrennungsanlagen oder Biogasanlagen erzeugt.
Weißer Wasserstoff	Davon wird gesprochen, wenn der Wasserstoff lediglich als Abfallprodukt anderer chemischer Verfahren entsteht.

Annahmen zu THG-Emissionen von Wasserstoff

Die oben vorgestellten unterschiedlichen Wasserstoffarten sind nicht alle als treibhausgasneutral oder zumindest „klimafreundlich“ zu verstehen. Als treibhausgasneutral wird allein grüner Wasserstoff betrachtet. Dies bildet auch die Wasserstoffstrategie des Bundes¹²⁴ ab. Für die Übergangszeit bis ausreichend grüner Wasserstoff zur Verfügung steht, soll auch orangener Wasserstoff und blauer Wasserstoff aus Erdgas mit CO₂-Abscheidung und Speicherung (CCS) zugelassen sein. Dieser Wasserstoff verursacht höhere THG-Emissionen als grüner Wasserstoff, weshalb dieser auch nur als Übergangslösung betrachtet wird und keine direkte Förderung erhalten wird.

Für das IEK wurden für die Zielszenarien eine Verfügbarkeit von importierten grünem Wasserstoff aus der MENA-Region („Middle East and North Africa“) ab 2030 angenommen. Für das Referenzszenario wurde hingegen davon ausgegangen, dass ab 2035 zunächst nur blauer Wasserstoff verfügbar ist und sich bis 2045 zu einem hälftigen Mix aus blauem und grünem Wasserstoff entwickelt. Die für die Abschätzung zugrunde liegenden Emissionsfaktoren beruhen auf den Ergebnissen einer IINAS (Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien) Kurzstudie¹²⁵. Die für die verschiedenen Szenarien verwendeten THG-Emissionsfaktoren von Wasserstoff finden sich in Tabelle 10-27. Damit stellt Wasserstoff im Vergleich zu den mit Erdgas verbunden spezifischen THG-Emissionen von 247 g_{CO₂äq}/kWh (Pipeline-Erdgas) bereits eine deutliche THG-Reduktion dar.

Tabelle 10-27: Angesetzte THG-Emissionen für Wasserstoff

THG-Emissionfaktoren (inkl. Transport)	ab 2030	2035	2045
Zielszenarien (Ziel_2035, Ziel_2040): Grüner Wasserstoff (aus MENA Region)	33 g/kWh	33 g/kWh	33 g/kWh
Referenzszenario (Ref_2045): Blau-grüner Wasserstoff (50 %/50 %)	-	53 g/kWh _{end}	43 g/kWh

Diese Annahmen, gerade für die Zielszenarien, sind als optimistisch zu betrachten. Es sei darauf hingewiesen, dass Dresden selbst keine ausreichenden Mengen an grünem Wasserstoff produzieren kann.

10.6.2 Klimafreundlicher Wasserstoff: Bedeutung und Strategien

Wasserstoff spielt eine entscheidende Rolle in der Transition zu einem klimaneutralen Energiesystem. Dies gilt auch für Dresden. So wurde bereits in Kapitel 10.5 die Bedeutung von Wasserstoff für die Dekarbonisierung der Dresdner Fernwärme, aber auch für die Stabilisierung des Stromnetzes in so genannten Dunkelflauten durch Wasserstoff-KWK-Anlagen beschrieben. Vielversprechende Einsatzpotentiale von Wasserstoff sind im Folgenden kurz skizziert.

Erneuerbare Energieintegration

Wasserstoff ermöglicht die Speicherung und den Transport von überschüssiger erneuerbarer Energie, die in Zeiten geringer Nachfrage erzeugt wird. Dies ist besonders wichtig für intermittierende Energiequellen wie Wind- und Solarenergie. Durch Elektrolyse kann Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff umgewandelt werden, wobei der Wasserstoff gespeichert und bei Bedarf zur Energieerzeugung genutzt wird.

¹²⁴ BMBF: Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie, 2020

¹²⁵ <https://iinas.org/app/uploads/2021/12/IINAS-2021-KEV-THG-Gas-ASEW-final.pdf> [Zugriff am 13.06.2023].

Sektorenkopplung

Wie bereits in Kapitel 8.1.3 erwähnt, ermöglicht Wasserstoff die Integration verschiedener Sektoren, wie zum Beispiel Verkehr, Industrie, Wärme- und Stromerzeugung. Grüner Wasserstoff (siehe Kapitel 10.6.1), kann als sauberer Brennstoff, (saisonaler) Speicher, aber auch zur stofflichen Nutzung in verschiedenen Anwendungen eingesetzt werden. Im Folgenden sind die wesentlichen Sektoren beschrieben und wie diese im Rahmen des IEK eingeschätzt werden:

- Einsatz in der Industrie: Generell bietet der Einsatz für schwer dekarbonisierbare Produktionsprozesse, wie z. B. die Stahlproduktion, eine wichtige Option die Klimaneutralität zu erreichen. Zudem werden bereits heute rund 55 TWh Wasserstoff in Deutschland stofflich insbesondere in der Grundstoff- und petrochemischen Industrie genutzt, wobei dieser heute vorwiegend zu etwa 93 Prozent als grauer Wasserstoff und damit klimaschädlich Verwendung findet. Dieser könnte entsprechend substituiert werden. Zudem gibt es auch Industrien, welche einen hohen Energiebedarf haben und zwingend eine hohe Versorgungssicherheit benötigen. Dies trifft auch auf die Dresdner (Halbleiter-)industrie zu, welche diesen Bedarf derzeit noch mit Erdgas deckt. Es wird davon ausgegangen, dass Wasserstoff in Zukunft diesen Erdgasbedarf substituieren wird (siehe Kapitel 10.2.2).
- Einsatz im Stromsektor: Insbesondere in den so genannten Dunkelflauten, wenn die Stromerzeugung aus Windkraft- und PV-Anlagen kaum zur Deckung der Stromnachfrage zur Verfügung steht, können Gaskraftwerke auf Wasserstoffbasis die Lücken schließen und somit die Versorgungssicherheit klimafreundlich gewährleisten. Durch die Verwendung von Wasserstoff-KWK-Anlagen erfolgt dies durch die gleichzeitige Nutzung der Abwärme bei der Stromerzeugung auch hocheffizient (siehe auch Kapitel 10.5.1).
- Einsatz im Wärmesektor: Auch in der Wärmeerzeugung und hier insbesondere im beschriebenen Fernwärmesystem wird Wasserstoff eine wichtige Rolle spielen, indem er konventionelle Brennstoffe ersetzt. Inwiefern er auch eine Bedeutung für die Beheizung einzelner Gebäude besitzen wird, ist momentan noch Gegenstand verschiedener Untersuchungen und wird u. a. im erwähnten GTP (siehe Kapitel 8.1.3.1) und der Kommunalen Wärmeplanung analysiert werden.
- Einsatz im Mobilitätsbereich: Wasserstoff kann als Treibstoff in Brennstoffzellenfahrzeugen dienen. Im Vergleich zu batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen bietet Wasserstoff den Vorteil einer schnelleren Betankung und einer größeren Reichweite, was insbesondere für bestimmte Anwendungen im Schwerlast-Transportsektor oder ggf. für Rettungsdienste relevant ist.

Internationale Energiewende

Insgesamt kann Wasserstoff eine Schlüsselrolle bei der Schaffung eines klimaneutralen Energiesystems spielen, da er als vielseitiger, sauberer Energieträger in verschiedenen Sektoren eingesetzt werden kann und somit dazu beiträgt, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern. Aus diesem Grund wurden auf EU-, Bundes- und Landesebene Wasserstoffstrategien entwickelt, um einen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen. Im Folgenden sind diese überblickartig dargestellt.

Tabelle 10-28: Übersicht Wasserstoffstrategien

Ebene	Wesentliche Zielstellungen
Europäische Union	Wasserstoffstrategie für ein klimaneutrales Europa ¹²⁶ <ul style="list-style-type: none">■ Einsatz von Wasserstoff als wichtiger Baustein zur Erfüllung der Verpflichtungen des Pariser Klimaabkommens

¹²⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301> [Zugriff am 29.12.2023].

Ebene	Wesentliche Zielstellungen
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Steigerung des Anteils von Wasserstoff am europäischen Energiemix von derzeit weniger als 2 % auf 13-14 % bis 2050 ■ Aufbau der europäischen Produktionsleistung in 3 Phasen: mind. 6 GW bis 2024, mind. 40 GW Elektrolyseleistung bis 2030 installieren und komplette Defossilisierung des Energiesystems bis zum Jahr 2050
Bundesrepublik Deutschland	<p>Nationale Wasserstoffstrategie und deren Fortschreibung (Juli 2023)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Wasserstoffkapazität bis 2030: 10 GW ■ Leitungsnetz mit 1.800 Kilometern bis 2027/2028 ■ Emissionsminderung in den Bereichen Industrie, Verkehr und Energie durch den Einsatz von Wasserstofftechnologien, Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft in diesem Gebiet ■ Ergänzung (11/2023): Aufbau eines Wasser-Kernetzes mit 9.700 km bis 2032 mit Kosten von rund 19,8 Mrd. €
Freistaat Sachsen	<p>Sächsische Wasserstoffstrategie¹²⁷</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Signifikanter Beitrag von Wasserstoff als Sekundärenergieträger zur Sektorenkopplung (Strom-, Wärme-, Gasnetze und Mobilität) sowie zum Klimaschutz; Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette in Sachsen bis 2030 ■ Erarbeitung eines Maßnahmenkatalogs (sieben Handlungsfelder, insgesamt 24 Einzelmaßnahmen), um Voraussetzungen für die mittelfristige Nutzung von Wasserstoff als Energieträger zu schaffen

Entwicklung eines europäischen und deutschen Wasserstoff-Fernleitungsnetz

Um die Wasserstoffinfrastruktur in Europa zu stärken, wurde das European Hydrogen Backbone (EHB) ins Leben gerufen. Damit soll auf Basis der entstehenden Wasserstoffnetze in den EU-Mitgliedstaaten ein grenzüberschreitendes Netzwerk von Wasserstoffpipelines geschaffen werden. Die erste Ausbaustufe stellen 4.500 Leitungskilometer der Infrastrukturprojekte im IPCEI¹²⁸ Wasserstoff dar (1.500 km Neubau und 3.000 km Umnutzung von Erdgasleitungen)¹²⁹. In Deutschland wird parallel dazu an einem Wasserstoff-Kernnetz gearbeitet, welches nach aktuellen Abstimmungen der Fernleitungsnetzbetreiber und des BMWK etwa 9.700 km umfassen und dabei alle Bundesländer (siehe Abbildung 10-36) umfassen soll. Aktuell werden dafür etwa 19,8 Mrd. Euro an Investitionskosten veranschlagt. Es wird für dieses Kernnetz in 2030 von einer Ausspeisekapazität von 270 TWh/a ausgegangen, welche den für 2030 angenommenen Bedarf von rund 95 – 130 TWh/a bewusst überschreitet, um einen weiteren Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft bereits zu berücksichtigen. Flankierende gesetzliche Rahmen, z. B. zur Finanzierung und zur Beschleunigung, sind in aktuell in Erarbeitung beim BMWK.¹³⁰

¹²⁷ <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/38820> [Zugriff am 29.12.2023].

¹²⁸ Important Project of Common European Interest – ein Vorhaben von gemeinsamem europäischen Interesse.

¹²⁹ https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fortschreibung-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=9 [Zugriff am 29.12.2023].

¹³⁰ <https://www.zfk.de/politik/deutschland/wasserstoff-kernetz-1500-kilometer-robert-habeck> [Zugriff am 29.12.2023].

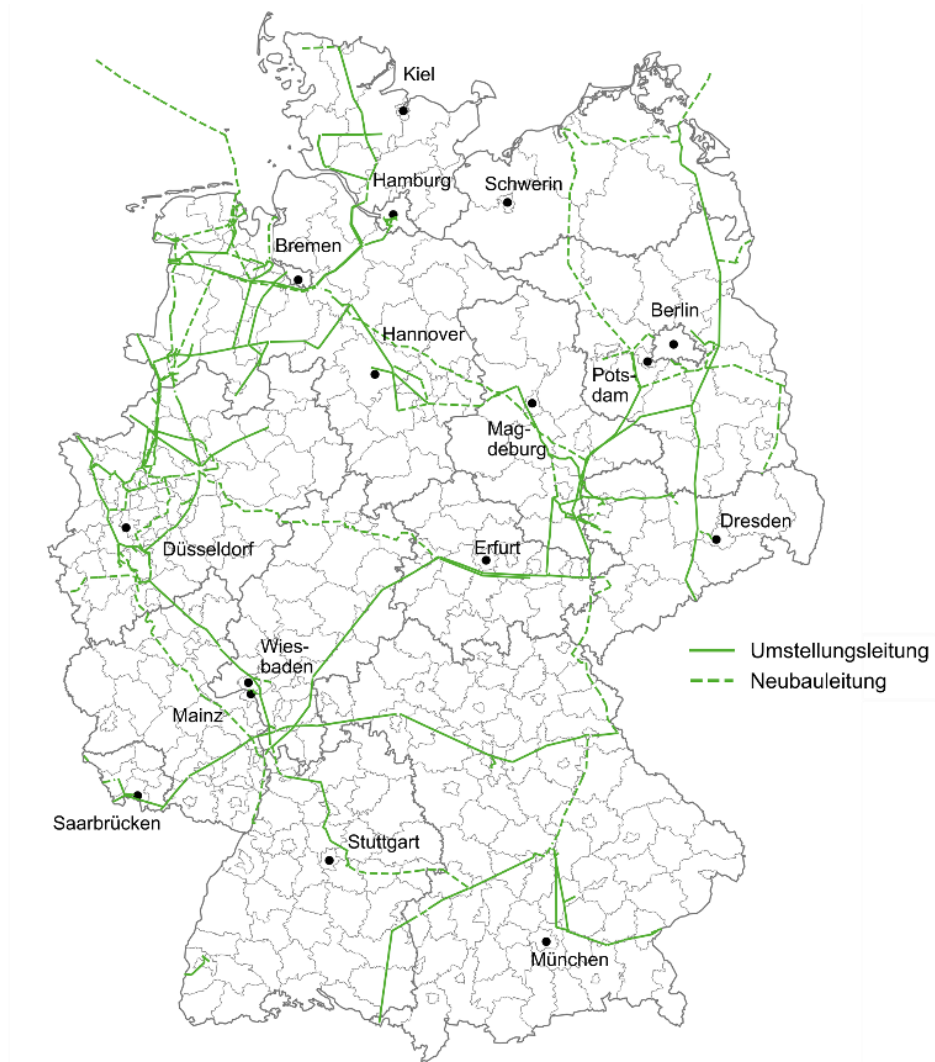


Abbildung 10-36: Entwurf Wasserstoff-Kernnetz, Stand 15.11.2023, Quelle: fnb-gas.de

Einschätzung der Nachfrage- und Kostenentwicklung

Laut der der vorgenannten EU-Wasserstoffstrategie wird in Regionen mit günstigem Strom aus EE mit einer Wettbewerbsfähigkeit von grünem gegenüber grauem Wasserstoff bis 2030 gerechnet. Zudem ist jedoch auch eine dezentrale Herstellung von Wasserstoff eine relevante Option, wobei z. B. die bei der Wasserstoffherstellung im Elektrolyseverfahren anfallende Abwärme in Wärmenetzen genutzt werden könnte und somit die Effizienz erhöht¹³¹. Dennoch geht auch die Bundesregierung aktuell davon aus, dass rund 50 - 70 Prozent des Wasserstoffbedarfes Deutschlands zukünftig importiert werden müssen. Deshalb wird die Entwicklung des European Hydrogen Backbone, sowie der Aufbau von Wasserstoff-Importterminals und eine möglichst große Anzahl an Wasserstoff-Produzenten zur Risikodiversifikation angestrebt. Auf Grund der hohen erwarteten Nachfrage aus Industrie (bis zu 500 TWh/a), Energiewandlung (50-150 TWh/a) und Verkehr (150 bis 300 TWh/a) kann von erheblichen Skalierungseffekten und somit einem degressiven Kostenverlauf für die Herstellung von Wasserstoff ausgegangen

¹³¹ https://www.izes.de/sites/default/files/publikationen/Veranstaltungen/7.%20BMU-Fachtagung%202021_11_Hanke-Rauschenbach.pdf [Zugriff am 29.12.2023].

werden. Dennoch wird die Wärmeversorgung von Einzelgebäuden auf Basis von Wasserstoff bei einigen Studien als zu teuer eingeschätzt¹³². Die Kosten hängen neben den Investitionskosten für Elektrolyseure und technischer Peripherie, vor allem vom Strompreis für die Elektrolyse ab, variieren jedoch in verschiedenen Studien noch sehr stark.

Berücksichtigung von Risiken bei der Nutzung von Wasserstoff

Die Nutzung von Wasserstoff zur Energiegewinnung birgt verschiedene Risiken, die sorgfältig berücksichtigt werden müssen. Eine zentrale Herausforderung besteht im Aufbau der Wasserstoffwirtschaft, da parallel die Wasserstoffproduktion, der -transport und die -abnahme aufgebaut werden und dies in relativ kurzer Zeit. Zudem kann die Gefahr bestehen, neue Abhängigkeiten von Staaten zu schaffen, welche über besonders günstige Bedingungen zur Wasserstoffgewinnung verfügen.

Umweltrisiken entstehen durch mögliche Wasserstoff-Leckagen, die sich negativ auf die Atmosphäre auswirken können.

Es besteht darüber hinaus die Gefahr von so genannten Lock-In-Effekten, wenn weiterhin an fossilen Infrastrukturen festgehalten wird, insbesondere dann, wenn grüner Wasserstoff nicht in ausreichendem Umfang verfügbar ist und auf grauen oder blauen Wasserstoff zurückgegriffen werden müsste.

Infolgedessen ist es ratsam, Wasserstoff nur in dem Umfang zu nutzen, wie er für eine klimaneutrale Energieversorgung notwendig ist. Alternative Pläne, wie beispielsweise die intensivere Nutzung von Abwärmequellen für die Dresdner Fernwärme, welche einen geringeren Anteil an Wasserstoff zur Folge hätte, sollten forciert werden. Grundsätzlich ist es daher auch wichtig, die Energieeffizienz weiter zu steigern, um die Energiebedarfe und mithin die Menge an benötigtem Wasserstoff auf ein notwendiges Maß zu beschränken.

10.6.3 Klimafreundlicher Wasserstoff in Dresden

Akteure der Sächsischen Wasserstoffwirtschaft in Dresden

In der Sächsischen Wasserstoffstrategie werden zahlreiche Unternehmen und Institutionen in Sachsen, aber auch in Dresden benannt, welche an der Umsetzung der Strategie mitwirken. Beispielhaft sollen zwei Dresdner Akteure genannt werden. Einerseits die eingerichtete sächsische Kompetenzstelle Wasserstoff (kurz KH2)¹³³, welche von der Bietergemeinschaft des Energy Saxony e.V. aus Dresden und HZwo e.V. aus Chemnitz betrieben wird. Die „KH2“ ist die zentrale Anlaufstelle für Bürgerinnen und Bürger, Kommunen, Medien, Wirtschaft und Wissenschaft, an die sich bei allen Fragen rund um Wasserstoffherzeugung, -transport, -speicherung und -anwendung in Sachsen gewendet werden kann¹³⁴. Ein weiterer überregional bekannter Dresdner Akteur ist die Sunfire GmbH, welche im Rahmen der IPCEI-Projekte den Aufbau einer Serienfertigung für Elektrolyseure durch den Bund und den Freistaat Sachsen gefördert bekommt und damit im Juli 2022 gestartet ist¹³⁵. Teile der Fertigung werden auch direkt in Dresden entstehen. In jedem Fall stellt es einen wichtigen Teil der Wasserstoffwertschöpfungskette dar, welcher nun einen entscheidenden Schritt Richtung Industrialisierung bzw. Skalierung nehmen kann.

¹³² https://www.cines.fraunhofer.de/content/dam/zv/cines/dokumente/HyPAT_Working-Paper-01_2023_Preiselastische-Nachfrage.pdf [Zugriff am 29.12.2023].

¹³³ <https://www.energy-saxony.net/aktuelles/projekte/wasserstoffland-sachsen.html> [Zugriff am 29.12.2023].

¹³⁴ <https://www.energie.sachsen.de/kh2.html> [Zugriff am 29.12.2023].

¹³⁵ <https://www.medienservice.sachsen.de/medien/news/1048968>.

Übersicht zum Einsatz in Dresden und im IEK

Wie aus Abbildung 10-36 ersichtlich wird, kann Dresden mit einem Anschluss an das Wasserstoff-Kernnetz voraussichtlich in 2032 rechnen. Damit ist eine Grundlage für die Annahmen zu folgendem Einsatz von Wasserstoff in Dresden gegeben:

- Dekarbonisierung des Fernwärmenetzes, siehe Kapitel 10.5
- Umstellung der industriellen Erdgasbedarfe auf Wasserstoff, siehe Kapitel 10.2.2

Darüber hinaus sind der Einsatz von Wasserstoff für die Dresdner Mobilität und insbesondere den Schwerlastverkehr, zu prüfen. Dies erfolgt im Rahmen des DMP 2035+, welcher im Kapitel 8.3 als Handlungsfeld vorgestellt wurde. Zudem wurde für das IEK angenommen, dass keine Verwendung von Wasserstoff für die dezentrale Gebäudewärme genutzt wird. Da dies jedoch noch mit Unsicherheiten behaftet ist, wird wie in Kapitel 8.1.3 beschrieben, eine erweiterte Prüfung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erfolgen.

Wasserstoff wird einen wichtigen Bestandteil für die Erreichung der Dresdner THG-Neutralität darstellen. Gleichzeitig ist dessen Nutzung mit entsprechenden Risiken verbunden (siehe Punkt 10.6.2). Es wird daher empfohlen, eine kommunale Wasserstoffagenda der LHD zu erarbeiten, um dieses Dekarbonisierungspotential aktiv zu entwickeln. Siehe dazu auch Maßnahmenpaket G.5, Band II.

11 Szenarienanalyse zum Reduktionspfad

11.1 Reduktionspfadrechner

Der Reduktionspfadrechner ist ein Werkzeug, das die mögliche Reduktion der Treibhausgase (THG) für das Stadtgebiet Dresden im zeitlichen Verlauf in den drei verschiedenen Szenarien (vgl. Kapitel 9) darstellt. Der zeitliche Verlauf umfasst dabei den Zeitraum vom Startjahr 2018 bis zum Zieljahr der THG-Neutralität 2035, alternativ 2040 und darüber hinaus bis 2045. Ausgangsbasis für den Reduktionspfadrechner ist die THG-Bilanz des Bilanzjahres 2018.

Zu beachten ist, dass der Reduktionspfadrechner ein Modell ist, das aufzeigt, unter welchen Bedingungen die THG-Neutralität in Dresden erreicht werden kann. Die Minderungspotentiale, die in den Rechner eingehen, basieren jeweils auf konkreten und berechneten Potentialen. Anhand des Pfads kann jedoch nicht beurteilt werden, wie sich der gezeigte Verlauf in der Realität umsetzen lässt. Dafür müssen die jeweiligen zugrundeliegenden Annahmen geprüft und mit der jeweiligen Realisierbarkeit für konkrete Maßnahmen abgeglichen werden. Trotz dem gibt der Reduktionspfad wichtige Hinweise auf die „Stellschrauben“ zur Erreichung von THG-Neutralität. Dieser soll vor allem dazu dienen, eine Zusammenstellung der einzelnen Schritte zur Erreichung der THG-Neutralität 2035 bzw. 2040 zu visualisieren sowie eine umfassende, potentialübergreifende Analyse zu ermöglichen. Die Zielstellung für den Reduktionspfadrechner ist:

- Darstellung der zeitlich eingeordneten Potentiale zur THG-Minderung (siehe Kapitel 10),
- Darstellung der resultierenden Endenergiebedarfe und THG-Emissionen bei Berücksichtigung der Energiebedarfs- und THG-Minderungspotentiale im zeitlichen Verlauf,
- Prüfung der Erreichung der THG-Neutralität bis 2035 bzw. 2040 in den Szenarien,
- Darstellung der Differenz der resultierenden THG-Emissionen zum THG-Neutralitätsziel („Ambitionsücke“) für die Szenarien.

In den Reduktionspfad gehen neben den aktuellen THG-Emissionen (2018) die THG-Minderungspotentiale aus Kapitel 10 und die Veränderungen außerhalb des Stadtgebiets (Szenariorahmen) aus Kapitel 9 ein. Der Reduktionspfad orientiert sich an der Berechnungsmethodik, die für die städtische THG-Bilanz (vgl. Kapitel 15.2.1) verwendet wird. Dem liegt die Berechnung der THG-Emissionen als Produkt von Endenergiebedarf und spezifischem THG-Emissionsfaktor (CO₂-Äquivalente) je Energieträger zugrunde. Die Potentiale können rechnerisch auf den Endenergiebedarf oder die spezifischen THG-Emissionen (THG-Emissionsfaktor) wirken. Tabelle 11-1 zeigt die Potentiale und deren Wirkmechanismus für den Reduktionspfad.

Tabelle 11-1: Wirkmechanismen der untersuchten Minderungspotentiale auf den Reduktionspfad

	Wirkung auf THG-Reduktionspfad	Bereich
Verringerung des Wärmebedarfs durch energetische Sanierung von Gebäuden	Verringerung des Endenergiebedarfs Erdgas und sonst. fossiler Brennstoffe; Heizstrom; Fernwärme; erneuerbare Wärme(-energieträger)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wohngebäude ■ Nichtwohngebäude
Erhöhung des Kühlbedarfs	Erhöhung des Endenergiebedarfs Strom	<ul style="list-style-type: none"> ■ (Wohngebäude) ■ Nichtwohngebäude

	Wirkung auf THG-Reduktionspfad	Bereich
Wechsel von Heizungstechnologien	Verringerung des Endenergiebedarfs Erdgas und sonst. fossiler Brennstoffe Erhöhung des Endenergiebedarfs Heizstrom; Fernwärme; erneuerbare Wärme(-energieträger)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wohngebäude ■ Nichtwohngebäude
Elektrifizierung Verkehrsmittel	Verringerung des Endenergiebedarfs für fossile Kraftstoffe Erhöhung des Endenergiebedarfs Strom für Mobilität	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verkehr
„Ergrünung“ des Bezugsstroms	Verringerung des THG-Emissionsfaktors für Bundesstrommix	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wohngebäude ■ Nichtwohngebäude ■ Prozessenergie Industrie ■ Verkehr
Erhöhung des Anteils erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung im Stadtgebiet (Ausbau PV und Ausbau Windenergie)	Verringerung des THG-Emissionsfaktors für lokalen Strommix ¹³⁶	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wohngebäude ■ Nichtwohngebäude ■ Prozessenergie Industrie ■ Verkehr
Dekarbonisierung der Fernwärme	Verringerung des THG-Emissionsfaktors Fernwärme	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wohngebäude ■ Nichtwohngebäude ■ Prozessenergie Industrie
Wechsel zu Wasserstoff als Energieträger	Verringerung des Endenergiebedarfs Erdgas und sonst. fossiler Brennstoffe/sonstiger Kraftstoffe Erhöhung des Endenergiebedarfs Wasserstoff	<ul style="list-style-type: none"> ■ Prozessenergie Industrie ■ Verkehr

Die Wirkmechanismen sind im Reduktionspfadrechner entsprechend hinterlegt.

Eine Übersicht zur Verarbeitung der Daten im Reduktionspfad zeigt Abbildung 11-1. Weitere Details zum Reduktionspfadrechner und ein ausführliches Schema finden sich in Band III, Kapitel 11 bzw. im Band III – Anlagenteil, Anlage 1. Auszüge der Berechnungstabellen finden sich in Band III – Anlagenteil, Anlage 2.

¹³⁶ gilt auch für Anteil von eigengenutztem PV-Strom aufgrund der Systematik der THG-Bilanz (s. Band III Kapitel 11).

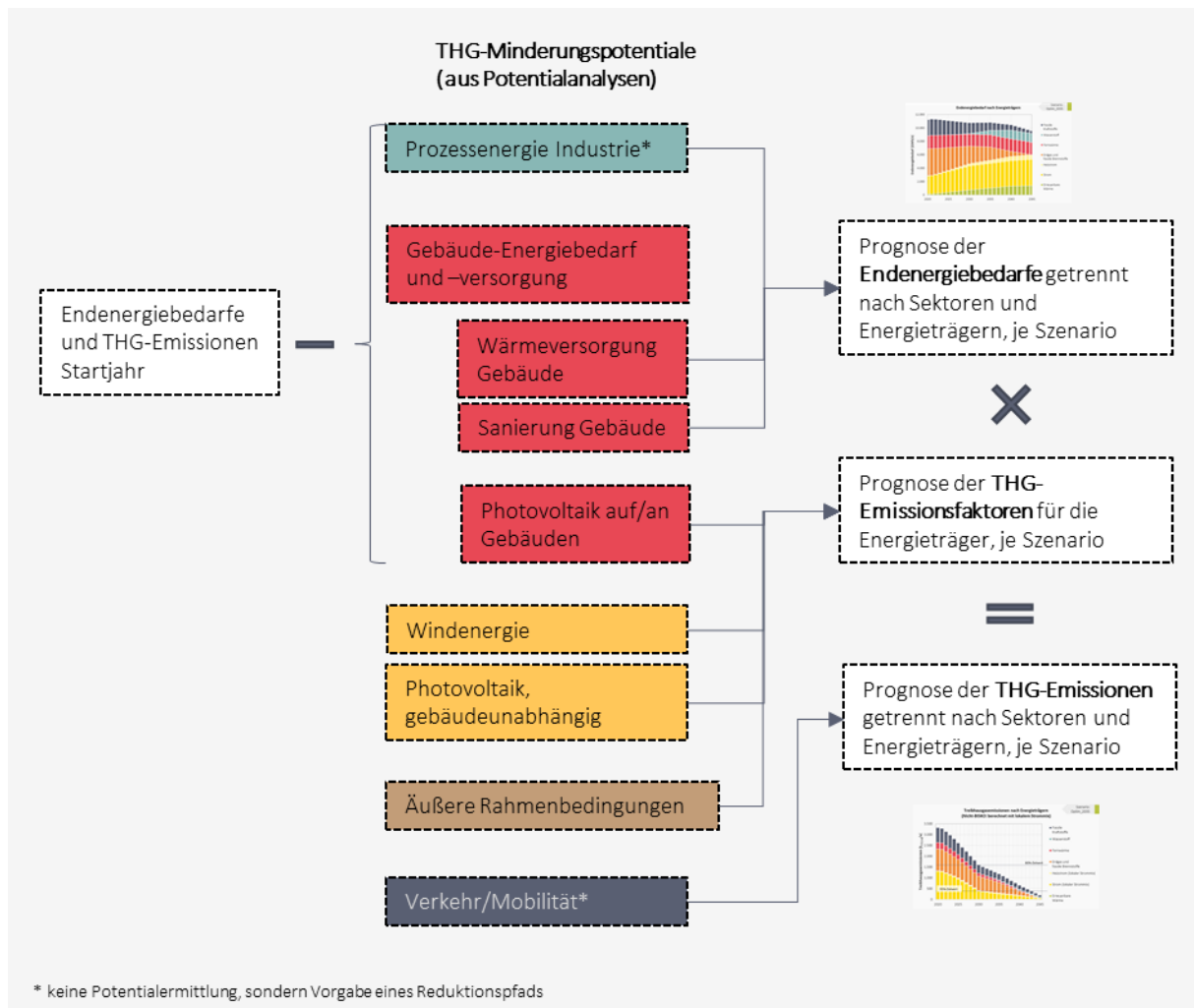


Abbildung 11-1: Funktionsschema des Reduktionspfadrechners und eingehende Datensätze

11.2 Entwicklung des Energiebedarfs und des Energieangebots

11.2.1 Zielszenario 2035

Mit dem Szenario Ziel_2035 wird die Erschließung der EE-Potentiale bis zum Jahr 2035 unter sehr günstigen Rahmenbedingungen angenommen. Es zeigt sich nur ein leichter Rückgang des Endenergiebedarf von circa 10 Prozent (Abbildung 11-2), wobei die Entwicklung des Endenergiebedarfes des Mobilitätssektors nicht enthalten ist. Die Einsparpotentiale in den Sektoren Gebäudeenergieeffizienz und vor allem in den Effizienzsteigerungen der Industrie (siehe Kapitel 10.2.2) sind daher die wesentlichen Treiber der Endenergieeinsparung. Ein der Reduktion von Endenergie gegenläufiger Prozess ist vor allem der Zu- und Ausbau von industriellen Prozessen.

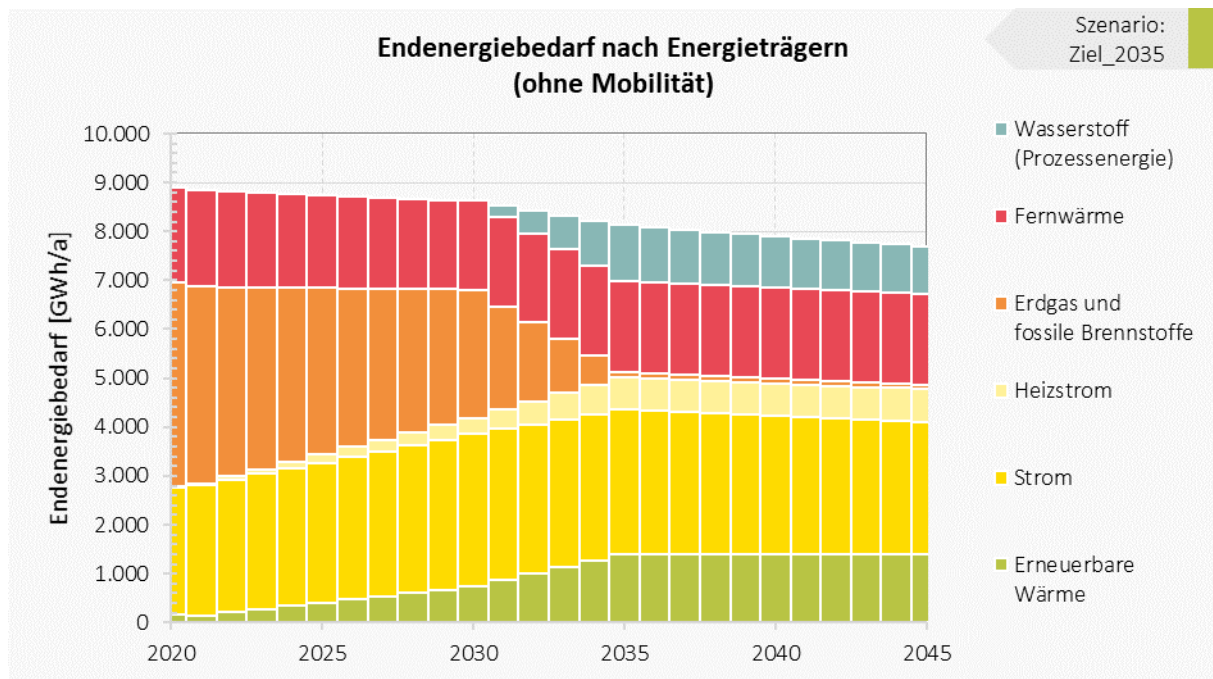


Abbildung 11-2: Entwicklung Endenergiebedarf nach Energieträgern für Zielszenario Ziel_2035

Abbildung 11-2 zeigt ebenfalls die Entwicklung der einzelnen Energieträger am gesamten Endenergiebedarf, wobei eine Verschiebung zu den Energieträgern Strom, Wasserstoff und erneuerbare Wärme zu beobachten ist. Im Szenario_2035 bleibt der Endenergiebedarf im Fernwärmesystem annähernd gleich. Der Neuanschluss von Gebäuden an das Fernwärmenetz und der Endenergie rückgang durch Effizienzmaßnahmen im Gebäudebereich gleichen sich aus. Durch den Rückgang des Endenergiebedarfs zur Bereitstellung von Raumwärme und Trinkwarmwasser im Gebäudesektor steigt der Fernwärmeanteil an der Gesamtwärmeversorgung der Stadt von rund 44 Prozent im Jahr 2021 auf ungefähr 47 Prozent im Jahr 2035. In diesem Szenario wird ein Phase-Out von Erdgas für die energetische Nutzung bis zum Jahr 2035 angenommen. Ersetzt wird dieser Energieträger sukzessive durch die Nutzung von Strom, erneuerbarer Wärme, Fernwärme und Wasserstoff (vor allem im industriellen Bereich). In der Gebäudeenergieversorgung kommt der Strom vor allem als Heizstrom zum Einsatz. Unter der Rubrik erneuerbare Wärme zählen im Wesentlichen die durch Wärmepumpen genutzte Umgebungswärme und Biomasse. Im Zielszenario 2035 zeigt sich ein Anstieg des Anteils der Wärmepumpen an der Gesamtwärmeversorgung auf 50 Prozent bis zum Jahr 2035. Der stufenweise Ausbau von Wasserstoff wird ab dem Jahr 2030 bis zum Jahr 2035 angenommen. Dabei wird in diesem Szenario unterstellt, dass es keinen direkten Einsatz von Wasserstoff in der Gebäudewärmeversorgung geben wird. Wasserstoff wird vor allem in industriellen Prozessen, sowie indirekt in der Bereitstellung von Fernwärme und Strom Anwendung finden (siehe Kapitel 10.5).

Abbildung 11-3 zeigt den Endenergiebedarf je nach Emissionsquelle. Als Emissionsquellen sind die Kategorien Prozessenergie (Industrie), Nicht-Wohngebäude und Wohngebäude gewählt. Der Anstieg von Prozessenergie in Dresden durch den Ausbau der Industrie bis ins Jahr 2030, wird bereits bis 2030 durch die Einsparungen in den anderen beiden Bereichen kompensiert. Die angenommenen fortlaufenden Effizienzsteigerungen in der Prozessenergie kompensieren bis 2045 den Zusatzbedarf der Prozessenergie vollständig. Der Endenergiebedarf im Wohn- und Nichtwohngebäudebereich sinkt auf Grund der Gebäudesanierungen leicht ab, insbesondere bis 2035. Die angenommene Zunahme des Kältebedarfes im Nicht-Wohngebäuden spielt eine untergeordnete Rolle.

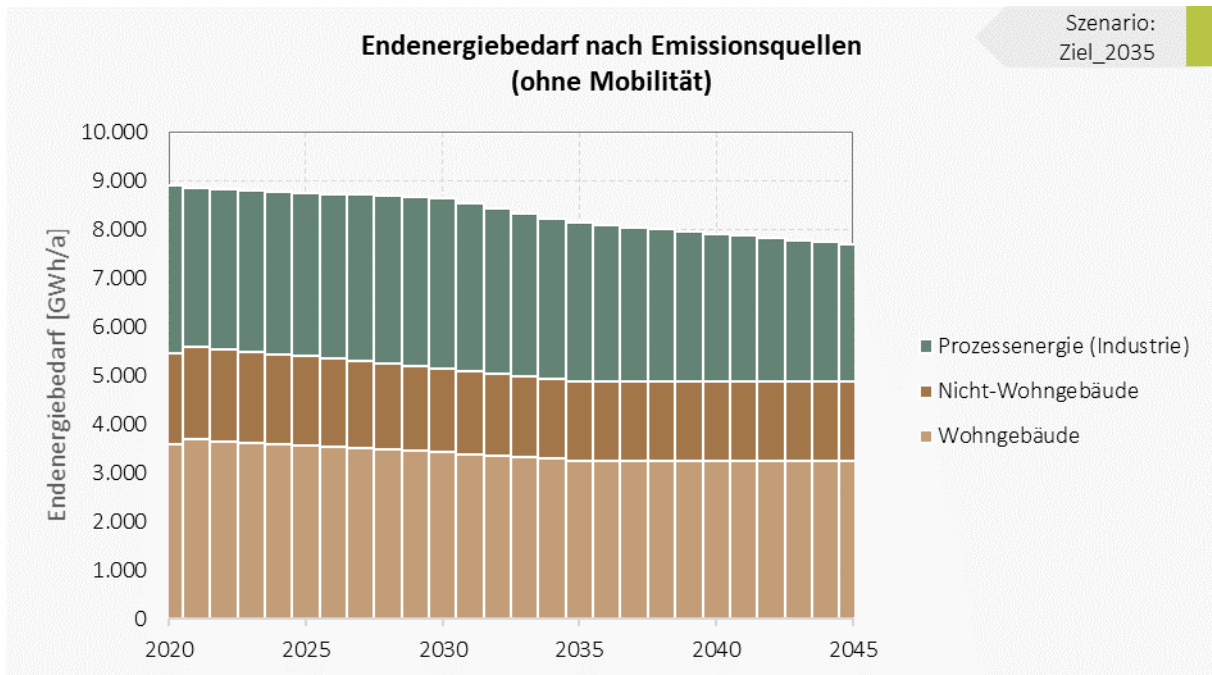


Abbildung 11-3: Entwicklung Endenergiebedarf nach Emissionsquellen für Zielszenario Ziel_2035

Abbildung 11-4 zeigt die durch lokale EE-Anlagen ins Stromnetz eingespeiste elektrische Energie und den bilanziellen Strombezug aus dem Stromverteilnetz. Im Zielszenario 2035 wird der Zubau lokaler EE-Potentiale in den Bereichen Windenergie sowie Dach- und Flächen-PV bis zum Jahr 2035 angestrebt. Das Ausbaupotenzial beträgt 1.500 GWh/a an erneuerbarem Strom. Infolge des zunächst zunehmenden Strombedarfes der Industrie und des vermehrten Einsatzes von Wärmepumpen zur Gebäudeheizung steigt der Endenergiebedarf an Strom bis 2035 deutlich an. Für das Jahr 2035 wird davon ausgegangen, dass die Umstellung der Energieversorgung auf EE nahezu vollständig abgeschlossen ist. Anschließend sinkt ab 2035 der Strombedarf aufgrund der fortgesetzten Effizienzsteigerung vor allem im Bereich der Prozessenergie. Dies führt dazu, dass der Strombedarf ab 2035 rückläufig ist.

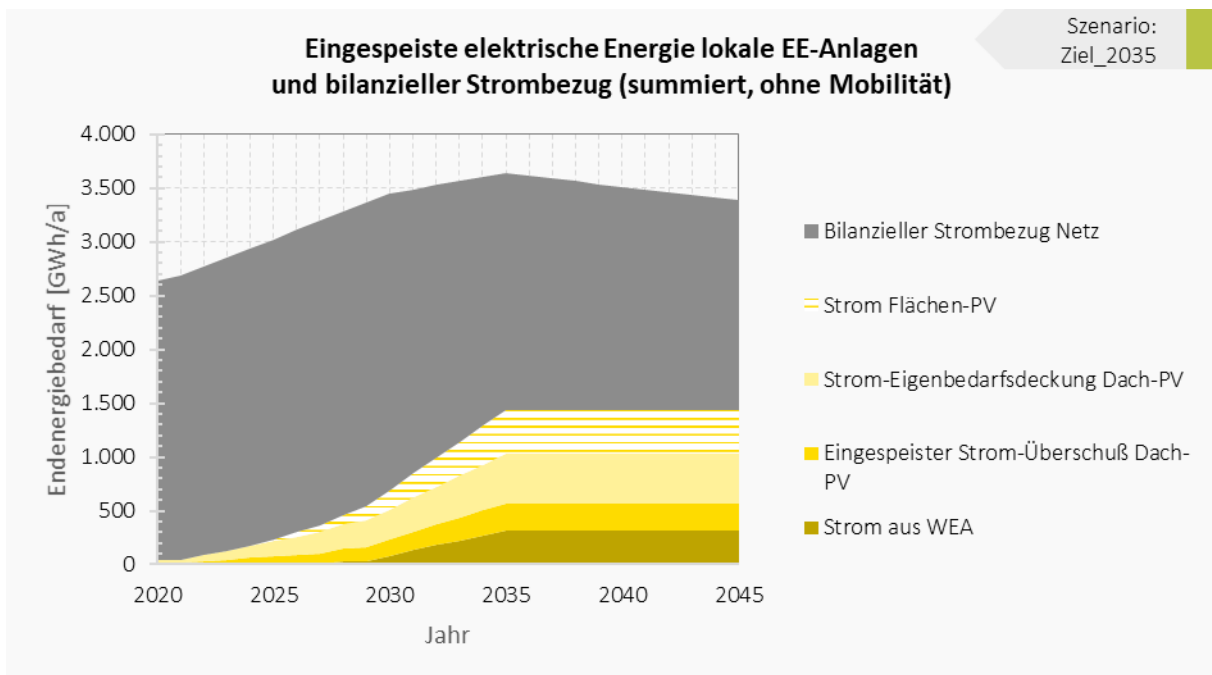


Abbildung 11-4: Entwicklung der Einspeisung durch lokale, erneuerbare Energieanlagen und bilanzieller Strombezug für Zielszenario Ziel_2035

11.2.2 Zielszenario 2040

Das Szenario Ziel_2040 bildet den Pfad der Erreichung der THG-Neutralität unter günstigen Bedingungen auf lokaler und Bundesebene bis zum Jahr 2040 ab. Die Abbildung 11-5 zeigt die Entwicklung des Endenergiebedarfs und der einzelnen Energieträger für dieses Szenario. Der Mobilitätsbereich ist nicht mit abgebildet.

Auch im Szenario Ziel_2040 zeigt sich ein nur leicht rückläufiger Endenergiebedarf auf Gesamtstadtebene analog zum Szenario Ziel_2035.

Der durch Fernwärme gedeckte Wärmebedarf im Gebäudebereich steigt durch die Verdichtung und den Ausbau des Fernwärmenetzes leicht bis zum Jahr 2045 an. Im Jahr 2021 liegt der Anteil der Fernwärme an der Gesamtgebäudewärmeversorgung bei rund 44 Prozent und wächst bis 2040 auf 56 Prozent an. Durch den Phase-Out von Erdgas bis zum Jahr 2040 steigt der Anteil der Energieträger Strom, erneuerbare Wärme, Fernwärme sowie Wasserstoff in der Industrie. Die Abbildung 11-5 zeigt für dieses Szenario einen starken Anstieg des Strombedarfs. Dieser wird durch Heizstrom zum Betrieb von Wärmepumpen und Elektrodirektheizungen sowie zu einem geringeren Teil durch die Gebäudekühlung im Nicht-Wohngebäudebereich verursacht. Die über Wärmepumpen nutzbar gemachte Umgebungswärme stellt im Bereich der erneuerbaren Wärme den wesentlichen Anteil dar. Hinsichtlich der Gesamtgebäudewärmeversorgung in Dresden wächst der Anteil der durch Wärmepumpen bereitgestellten Endenergie auf 40 Prozent bis zum Jahr 2040. In Bezug auf die Einführung von Wasserstoff wird in diesem Szenario von einer stufenweisen Einführung dieses Energieträgers ab dem Jahr 2030 bis zum Jahr 2040 ausgegangen. Dabei wird Wasserstoff hier nur für die Bereitstellung von Prozessenergie in der Industrie und indirekt für die Erzeugung von Fernwärme und Strom (siehe Kapitel 10.5) eingesetzt.

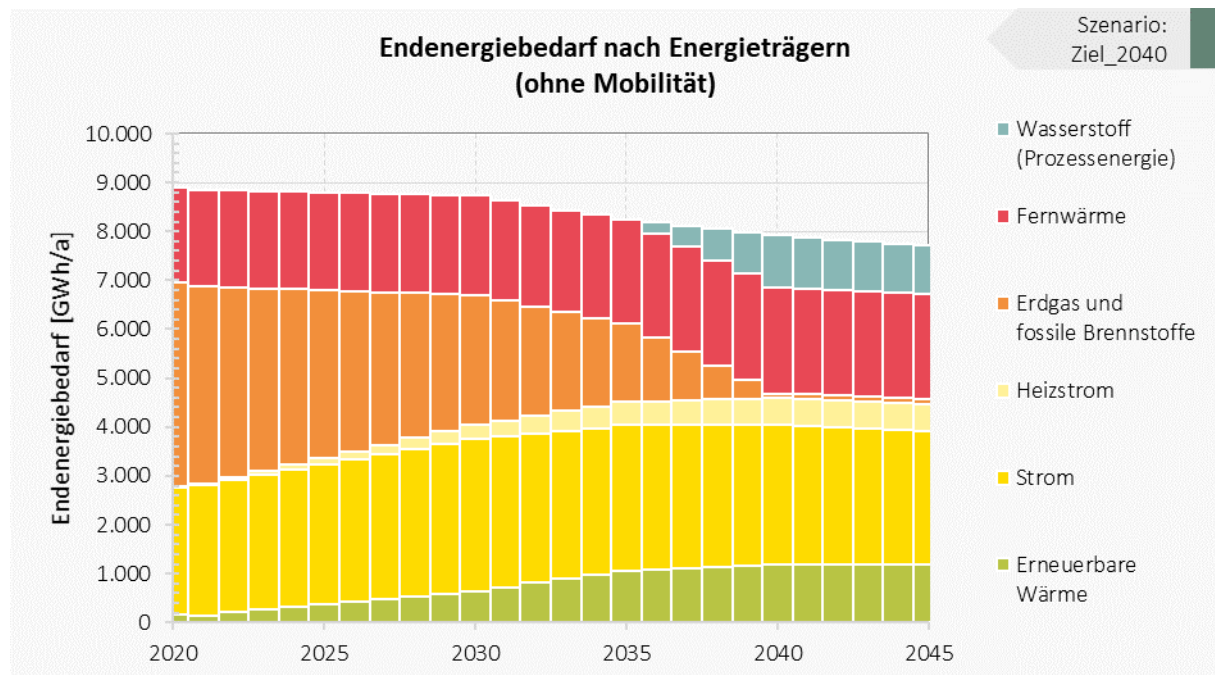


Abbildung 11-5: Entwicklung Endenergiebedarf nach Energieträger für Zielszenario Ziel_2040

Die Abbildung 11-6 zeigt die Entwicklung des Endenergiebedarfs der Stadt Dresden im Szenario Ziel_2040 aufgeteilt auf die verschiedenen Emissionsquellen. Der Endenergiebedarf in industriellen Prozessen steigt bis Mitte der 30iger Jahre leicht, nimmt dann aber wieder auf Grund von Effizienzsteigerungen etwas ab. Hier kompensieren sich zum einen der Aus- und Zubau der Industrie in Dresden einerseits mit der Energieeffizienzsteigerung auf der anderen Seite. Im Nicht-Wohngebäudebereich und Wohngebäudebereich nimmt der Energiebedarf auf Grund von Gebäudesanierungen leicht ab.

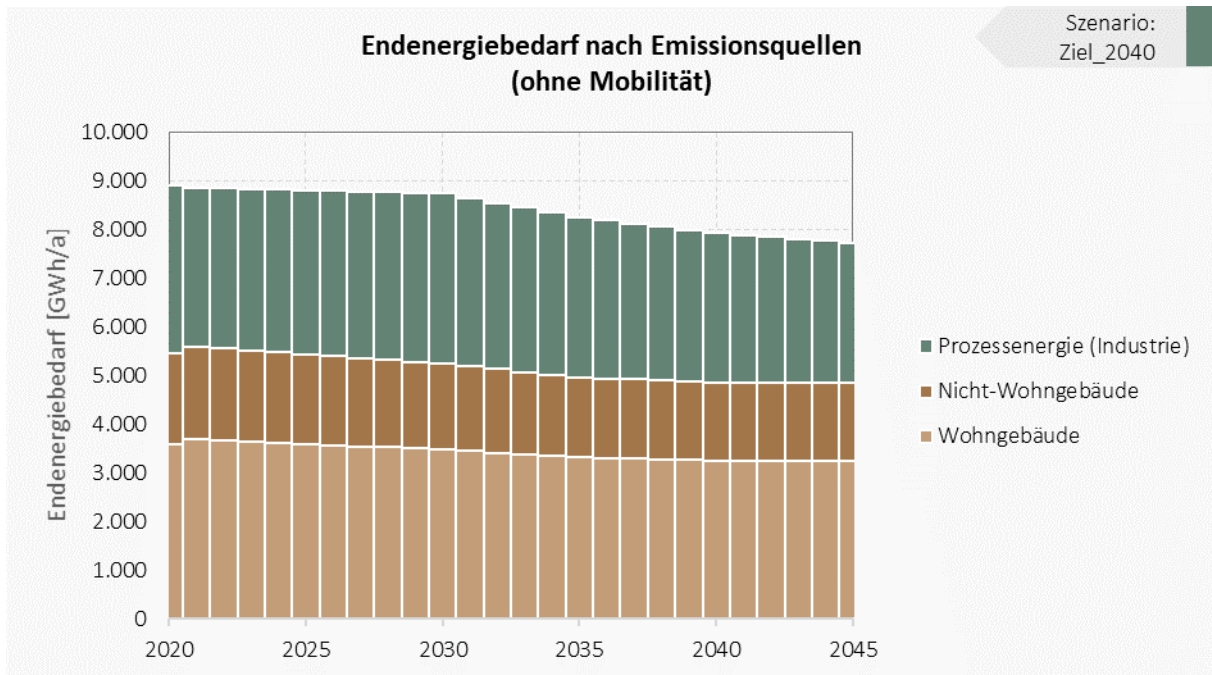


Abbildung 11-6: Entwicklung Endenergiebedarf nach Emissionsquellen für Zielszenario Ziel_2040

Der Strombedarf der Stadt Dresden wird langfristig stark ansteigen (Abbildung 11-7), was an der Zunahme von Strom für industrielle Prozesse, aber auch am steigenden Heizstrombedarf im Gebäudesektor bis zum Jahr 2040 liegt. Ab dem Jahr 2040 wird der Strombedarf infolge der fortgesetzten Energieeffizienzsteigerung der industriellen Prozesse sinken. Das Szenario Ziel_2040 geht von einem Ausbaupotential der EE in Dresden von 1.500 GWh/a bis zum Jahr 2040 aus. Dies wird durch den Zubau von Windenergie und Dach- und Flächen-PV erreicht.

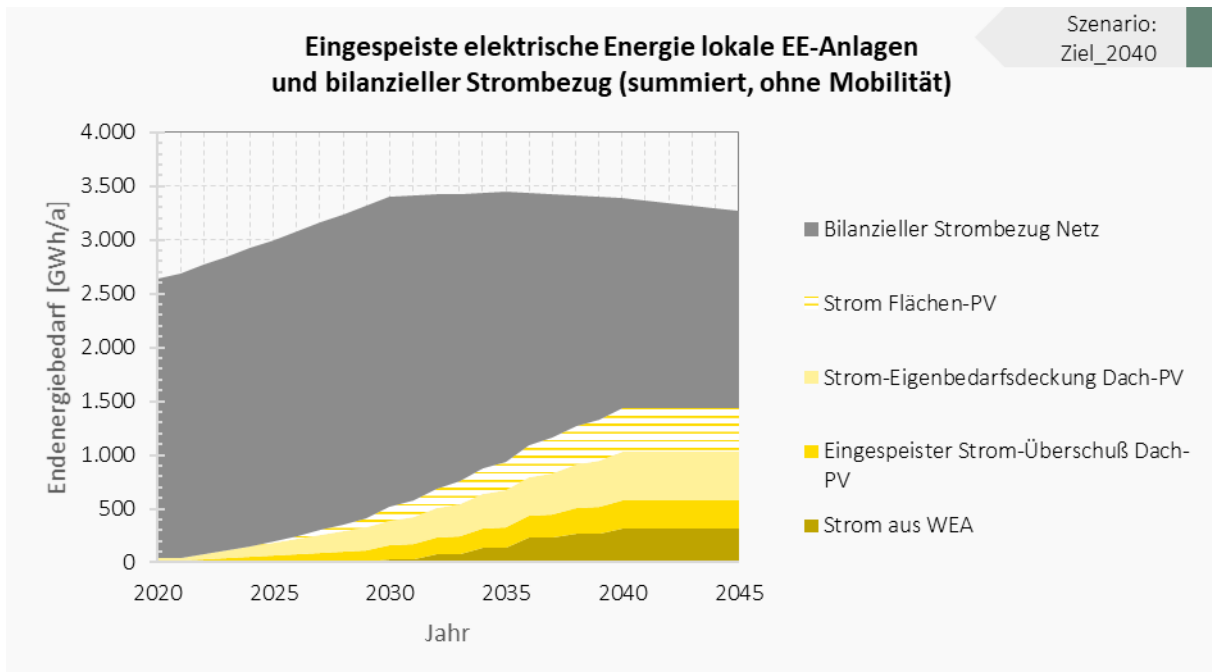


Abbildung 11-7: Entwicklung der Einspeisung durch lokale, erneuerbare Energieanlagen und bilanzieller Strombezug für Zielszenario Ziel_2040

11.2.3 Referenzszenario 2045

Das Referenzszenario 2045 bildet im Wesentlichen den durch das Klimaschutzgesetz gesetzten Pfad zur Erreichung der THG-Neutralität im Jahr 2045 ab. Dabei wird von weniger günstigen Bedingungen auf lokaler und Bundesebene ausgegangen. Zudem wird an dieser Stelle der Mobilitätsbereich nicht mitbetrachtet. Abbildung 11-8 zeigt die Entwicklung des Endenergiebedarfs der Stadt Dresden aufgeteilt auf die einzelnen Energieträger in diesem Szenario.

Es zeigt sich auch hier, wie in den Zielszenarien, dass der Endenergiebedarf der Stadt Dresden nur leicht bis zum Jahr 2045 zurückgehen wird. Energieeinsparpotentiale können im Gebäudesektor durch Energieeffizienzmaßnahmen und in der Industrie durch eine Energieeffizienzsteigerung in industriellen Prozessen gehoben werden. Gegenläufige Prozesse wie der Zu- und Ausbau der Industrie kompensieren den Prozess der Energieeinsparung auf Gesamtstadtebene teilweise und führen zu einer geringeren Abnahme des Endenergiebedarfs.

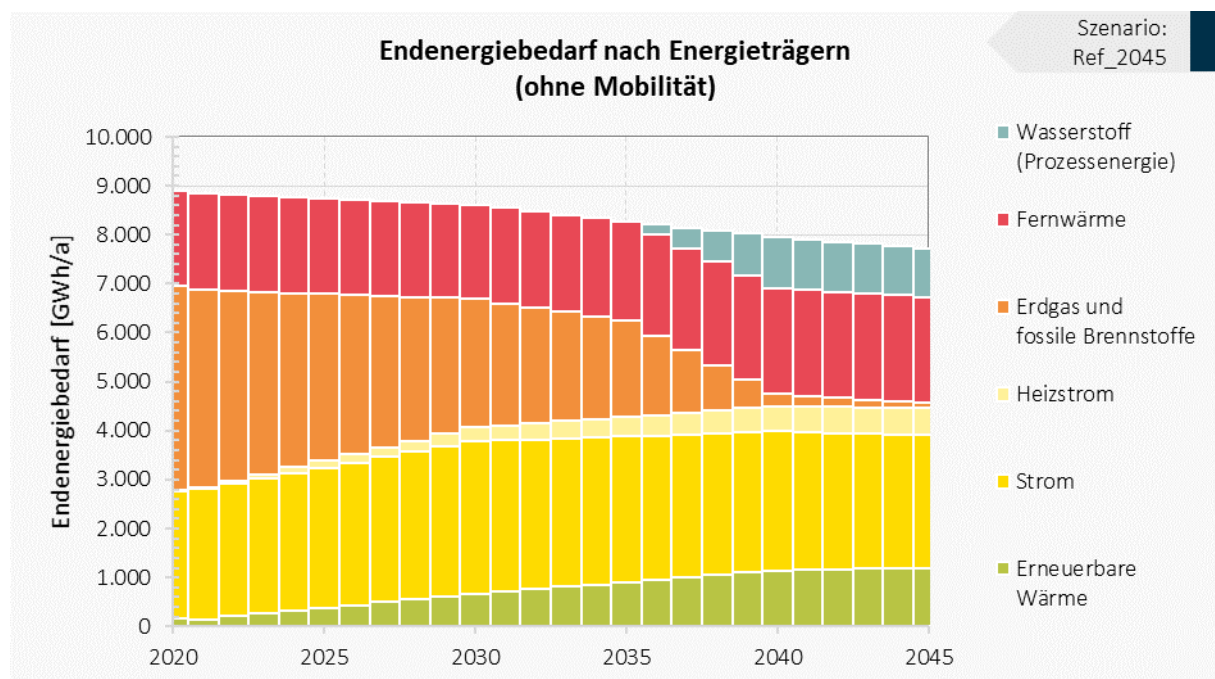


Abbildung 11-8: Entwicklung Endenergiebedarf nach Energieträger für Referenzszenario Ref_2045

Bei Betrachtung der einzelnen Energieträger zeigt sich, dass der durch Fernwärme gedeckte Endenergiebedarf durch Verdichtung und Ausbau des Fernwärmenetzes bis zum Jahr 2045 leicht ansteigt. Durch den zusätzlichen Effekt der Endenergiereduktion infolge von Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudebereich steigt der Anteil der Fernwärme an der Gesamtgebäudewärmeversorgung von rund 44 Prozent im Jahr 2021 auf ungefähr 56 Prozent im Jahr 2045 an. Der Phase-Out von Erdgas ist bis zum Jahr 2040 weitestgehend abgeschlossen. Ersetzt wird dieser Energieträger bis zum Jahr 2045 durch die Nutzung von Heizstrom und erneuerbarer Wärme sowie Fernwärme zur Gebäudewärmeversorgung und Wasserstoff im industriellen Bereich. Der Anteil des durch Wärmepumpen gedeckten Wärmebedarfes am Gesamtgebäudewärmebedarf der Stadt Dresden steigt bis zum Jahr 2040 auf 40 Prozent an. Der Einsatz des Energieträgers Wasserstoff wird ab dem Jahr 2035 stufenweise bis zum Jahr 2040 ausgebaut. Dabei wird Wasserstoff in diesem Szenario allein in den Bereichen Prozessenergie und indirekt für die Erzeugung von Fernwärme und Strom verwendet.

Wie Abbildung 11-9 zeigt, findet zunächst bis 2030 eine Zunahme der benötigten Prozessenergie statt, welche jedoch durch die angenommene Effizienzsteigerung für industrielle Prozesse langfristig überkompensiert wird, sodass der Endenergiebedarf in der Industrie bis 2045 leicht abfällt. Der Endenergiebedarf im Wohn- und Nichtwohngebäudebereich fällt auf Grund der Gebäudeeffizienzsteigerungen leicht ab.

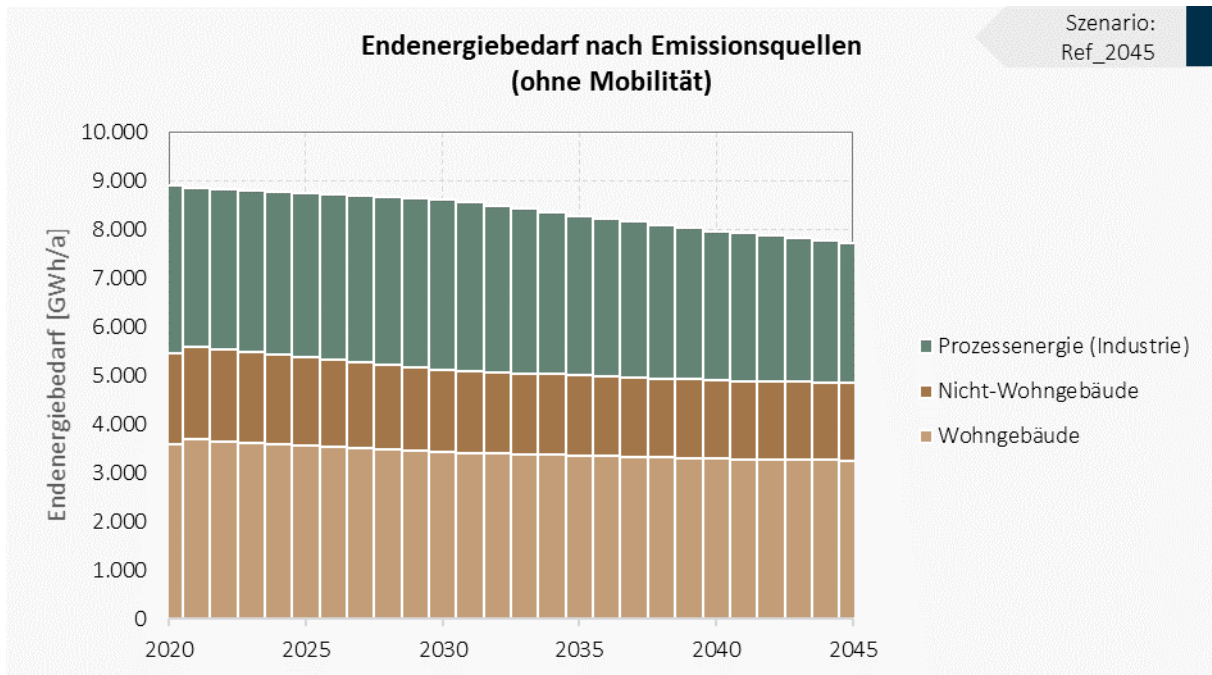


Abbildung 11-9: Entwicklung Endenergiebedarf nach Emissionsquellen für Referenzszenario Ref_2045

Im Referenzszenario 2045 steigt der Strombedarf bis zum Jahr 2045 infolge des Zu- und Ausbaus der Industrie und des steigenden Heizstrombedarfs durch den Zubau von Wärmepumpen an. Der Strombedarfszunahme wird durch die bis zum Jahr 2045 fortlaufende Energieeffizienzsteigerung im Gebäude- und Industriebereich gedämpft. Durch den Ausbau der gegenüber den Zielszenarien etwas reduzierten EE-Potentiale im Bereich der Windenergie, Dach- und Flächen-PV bis zum Jahr 2045 wird eine EE-Stromerzeugung von 950 GWh/a erreicht.

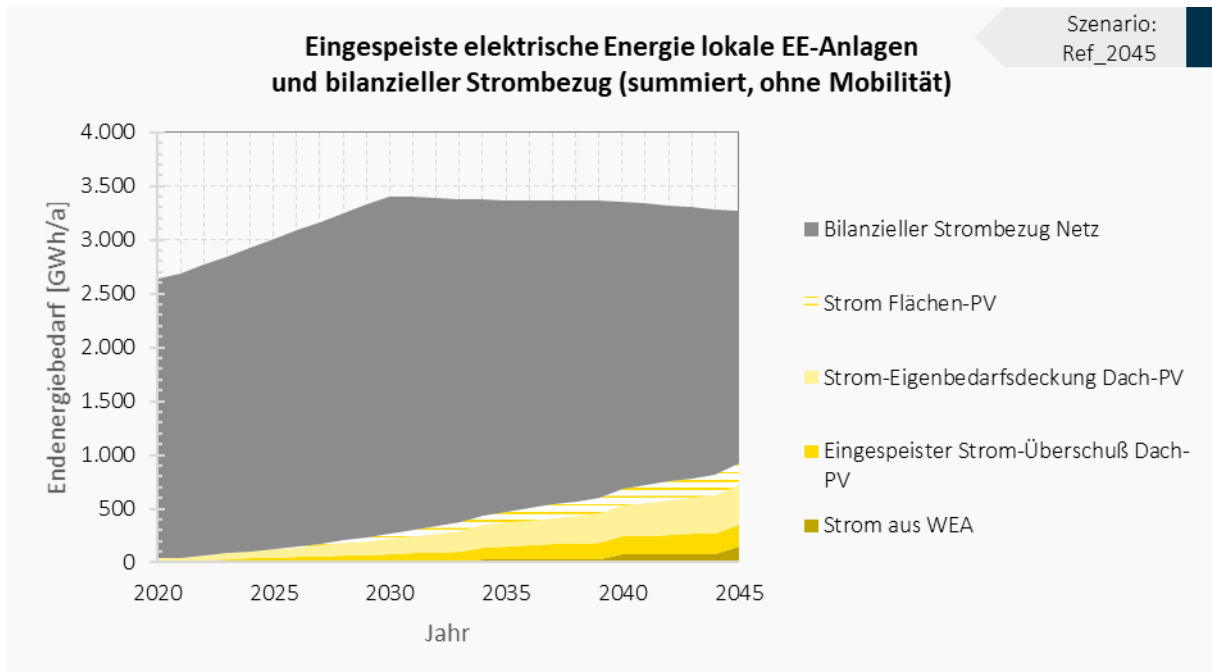


Abbildung 11-10: Entwicklung der Einspeisung durch lokale, erneuerbare Energieanlagen und bilanzieller Strombezug für Referenzszenario Ref_2045

11.3 Entwicklung der THG-Emissionen

11.3.1 Zielszenario 2035

Die im Szenario Ziel_2035 ausgewiesene Endenergiebedarfsreduktion sowie die weitgehende Substitution von fossilen Energieträgern auf der lokalen Ebene bis zum Jahr 2035 führen zu entsprechend sinkenden THG-Emissionen (Abbildung 11-11). Dabei tragen alle Bereiche zur Minderung der THG-Emissionen bei (Abbildung 11-12). Aufgrund der Berücksichtigung der Vorkette in der Bilanzierung bleiben auch langfristig nicht vermeidbare Restemissionen bestehen. Die Hauptemissionsquelle stellt der Bezugsstrom (Bundesstrommix) dar, dessen Erzeugung nicht direkt lokal beeinflussbar ist. Ein Deckungsgrad von 100 Prozent kann aufgrund der fehlenden lokalen Potentiale zur Gewinnung von EE-Strom nicht erreicht werden.

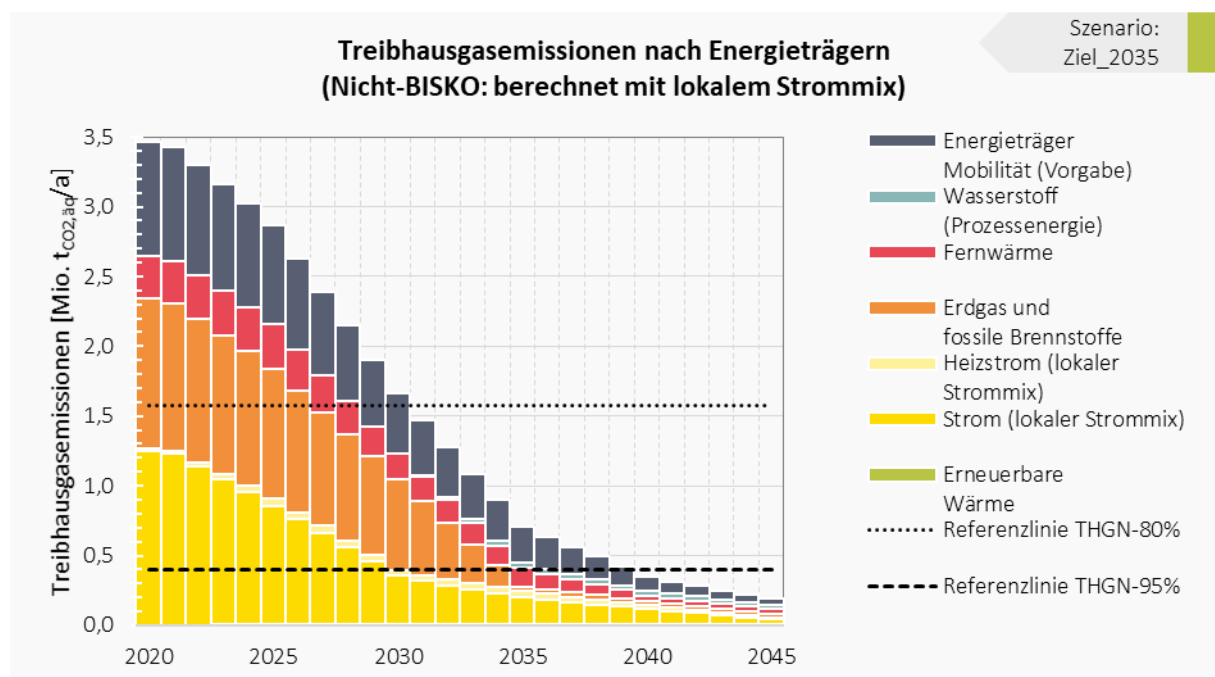


Abbildung 11-11: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern für Szenario Ziel_2035

Abbildung 11-11 zeigt, dass im Szenario Ziel_2035 mit den vorgegebenen Parametern die Mindestanforderung der EU-Städtemission einer Emissionsreduktion von 80 Prozent nicht erreicht wird. Es verbleibt eine Zielabweichung von rund 80.000 $t_{CO_2,äq}/a$. Auch das Ziel der Emissionsreduktion um 95 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 wird im Jahr 2035 um ungefähr 316.000 $t_{CO_2,äq}/a$ verfehlt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass für den Mobilitätsbereich der Reduktionspfad nach KSG mit dem Zieljahr 2045 berücksichtigt wurde. Im Jahr 2040 würde das Ziel von 95 Prozent Emissionsreduktion im Vergleich zu 1990 erreicht werden. Dazu wären sowohl lokale Anstrengungen als auch eine ausreichende Dekarbonisierung des Bezugsstroms bis 2040 notwendig.

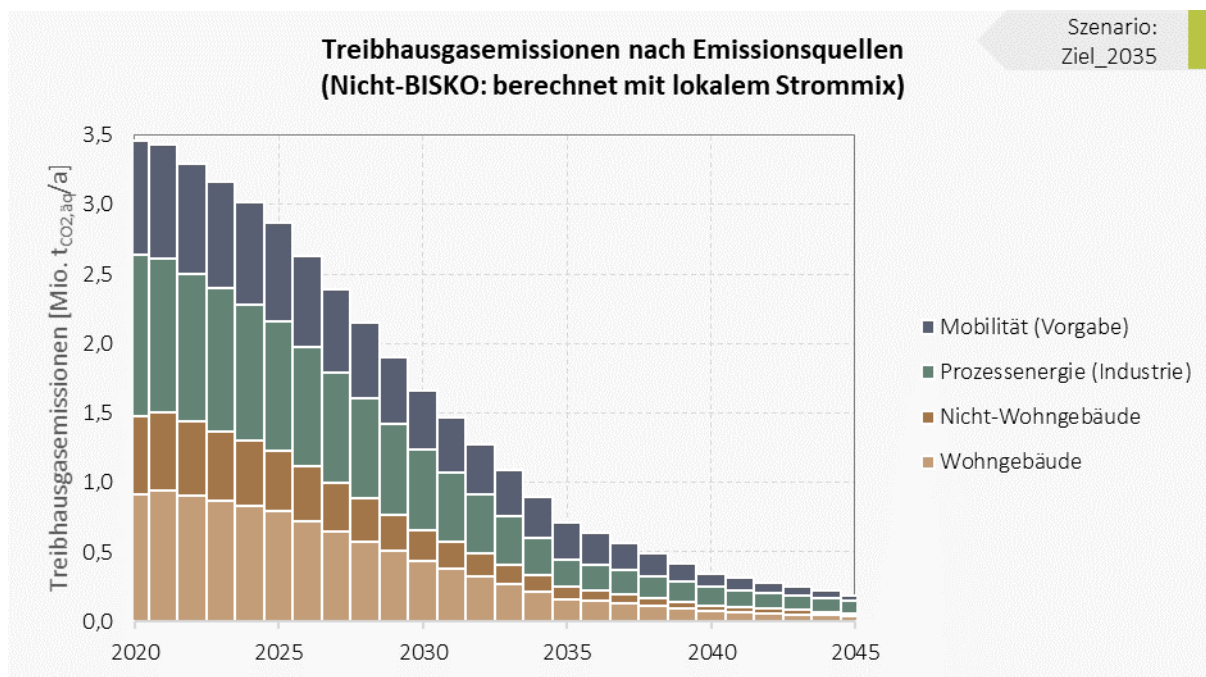


Abbildung 11-12: Entwicklung der THG-Emissionen nach Emissionsquellen für Zielszenario Ziel_2035

11.3.2 Zielszenario 2040

Die im Szenario Ziel_2040 ausgewiesene Endenergiebedarfsreduktion sowie die weitgehende Substitution von fossilen Energieträgern auf der lokalen Ebene bis zum Jahr 2040 führen zu entsprechend sinkenden THG-Emissionen (Abbildung 11-13). Dabei tragen alle Bereiche zur Reduktion der THG-Emissionen bei (siehe Abbildung 11-14). Aufgrund der Berücksichtigung der Vorkette in der Bilanzierung bleiben auch langfristig nicht vermeidbare Restemissionen bestehen. Die Hauptemissionsquelle stellt der Bezugsstrom (Bundesstrommix) dar, dessen Erzeugung nicht direkt lokal beeinflussbar ist. Ein Deckungsgrad von 100 Prozent kann aufgrund der fehlenden lokalen Potentiale zur Gewinnung von EE-Strom nicht erreicht werden.

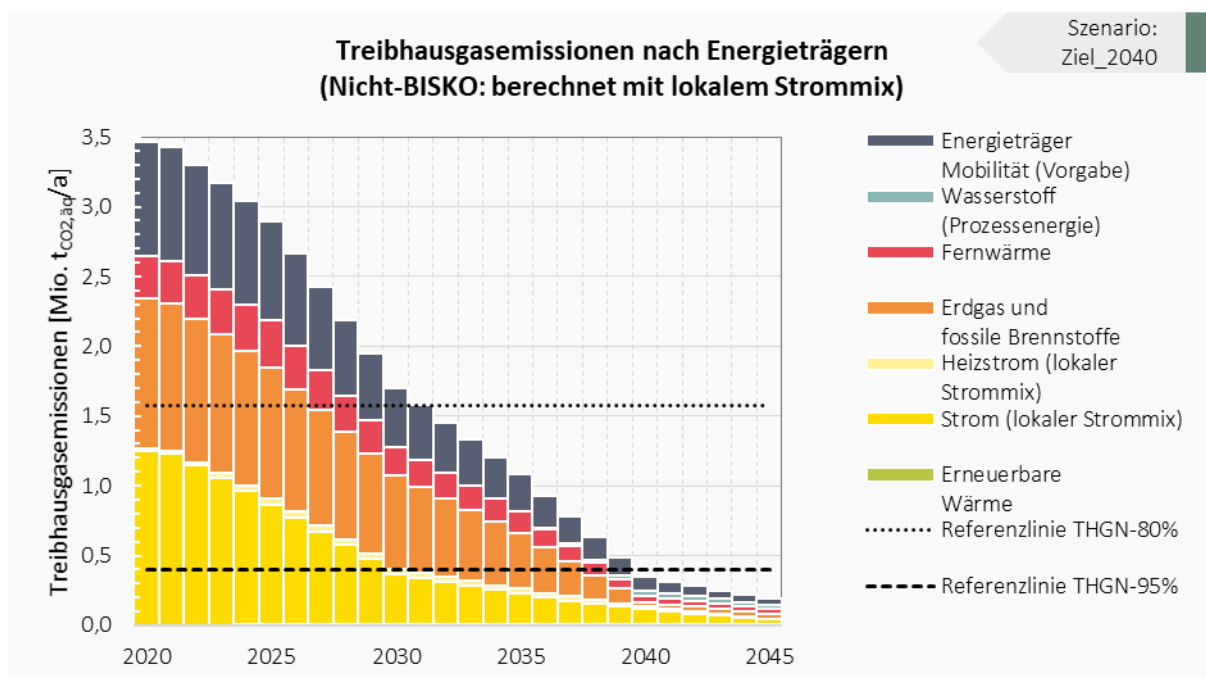


Abbildung 11-13: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern für Zielszenario Ziel_2040

Abbildung 11-13 zeigt, dass im Szenario Ziel_2040 die Mindestanforderung der EU-Städtemission einer Emissionsreduktion von 80 Prozent im Jahr 2030 nicht erreicht wird. Es verbleibt eine Zielabweichung von rund 124.000 t_{CO₂,äq}/a. Auch das Ziel der Emissionsreduktion um 95 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 wird im Jahr 2035 um ungefähr 686.000 t_{CO₂,äq}/a verfehlt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass für den Mobilitätsbereich der Reduktionspfad nach KSG mit dem Zieljahr 2045 berücksichtigt wurde. Durch lokale Anstrengungen und ausreichend dekarbonisierten Bezugsstrom kann im Jahr 2040 das Ziel der 95 Prozent THG-Emissionseinsparung im Vergleich zu 1990 erreicht werden.

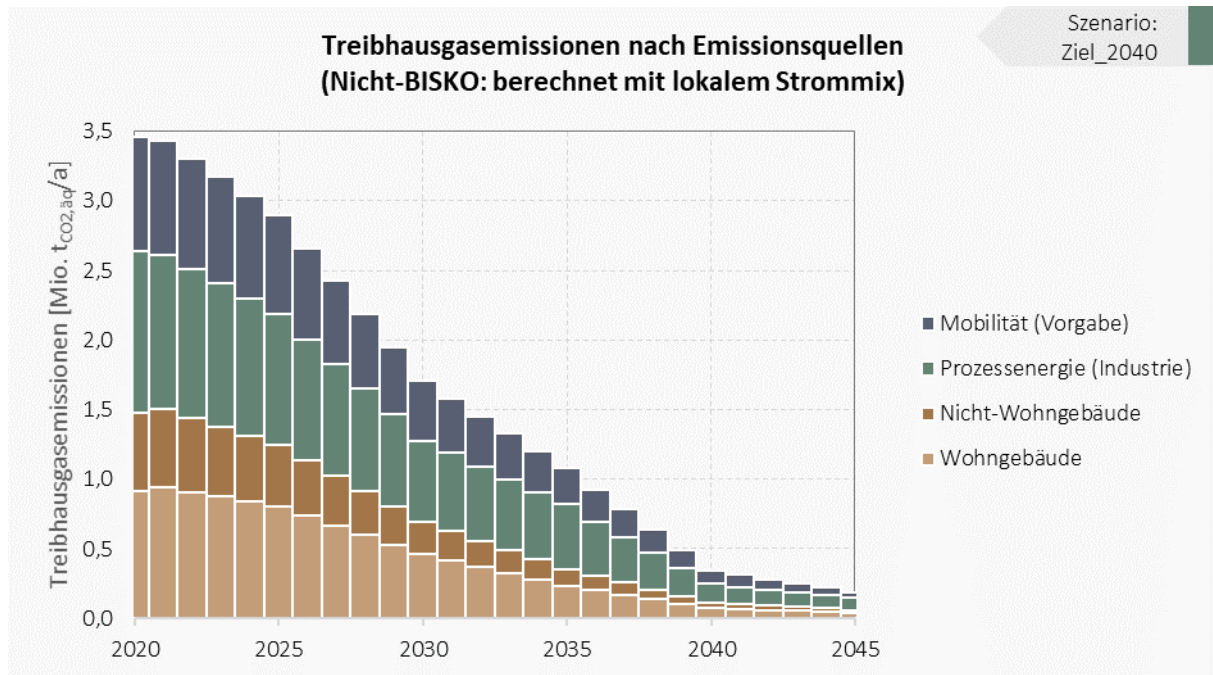


Abbildung 11-14: Entwicklung der THG-Emissionen nach Emissionsquellen für Zielszenario Ziel_2040

11.3.3 Referenzszenario 2045

Auch im Referenzszenario führen der perspektivisch sinkende Endenergiebedarf sowie die weitgehende Substitution von fossilen Energieträgern zur Einsparung von THG-Emissionen (Abbildung 11-15). Dabei tragen alle Bereiche zur Minderung bei (Abbildung 11-16). Aufgrund der Berücksichtigung der Vorkette in der Bilanzierung verbleiben auch ab 2045 langfristig nicht vermeidbare Restemissionen bestehen. Die Hauptemissionsquellen im Jahr 2045 stellen dabei der Bezugsstrom (Bundesstrommix) und der Bezug von nicht ausschließlich grünem Wasserstoff dar, welche sich aufgrund der lokal nicht in entsprechendem Umfang vorhandenen EE-Potentiale nicht vermeiden bzw. beeinflussen lassen.

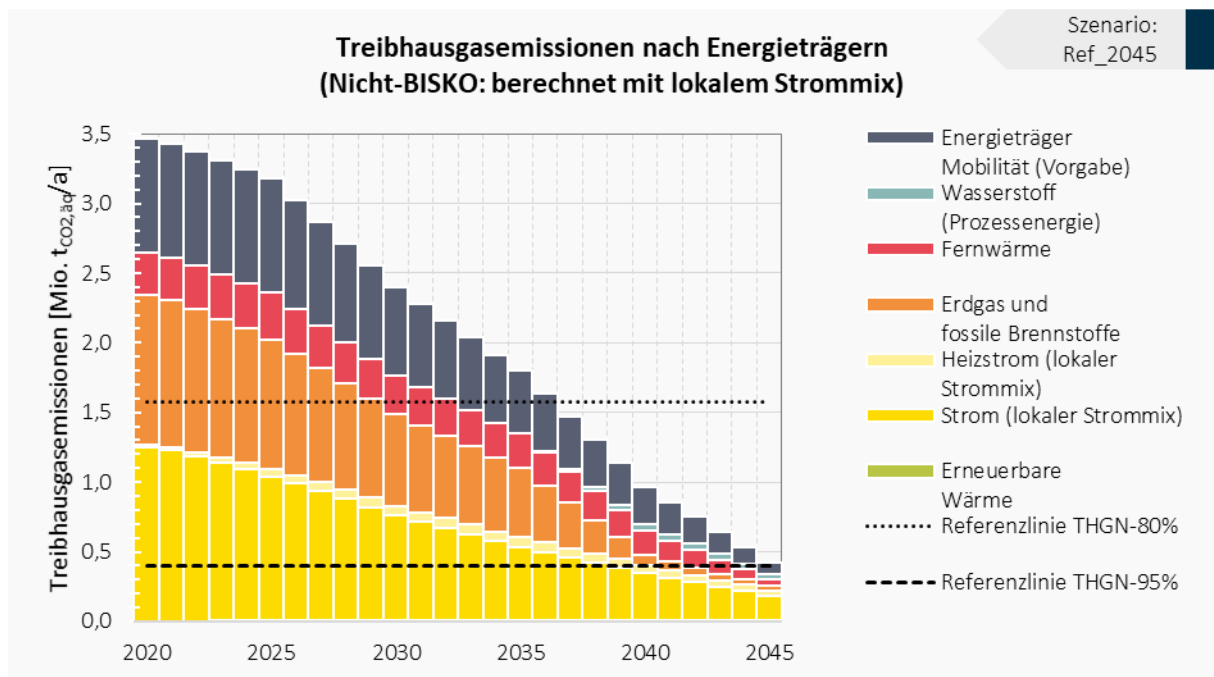


Abbildung 11-15: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern für Referenzszenario Ref_2045

Abbildung 11-15 verdeutlicht, dass weder die Mindestanforderung der EU-Städtemission einer Emissionsreduktion von 80 Prozent im Jahr 2030, noch die 95 Prozent Emissionseinsparung zu 1990 im Jahr 2035, 2040 oder 2045 erreicht wird. Im Jahr 2030 wird der Zielwert von 80 Prozent um ungefähr 815.000 $t_{CO_2,äq}/a$ verfehlt. Im Jahr 2035 beträgt die Zielabweichung etwa 1.400.000 $t_{CO_2,äq}/a$, im Jahr 2040 ungefähr 572.000 $t_{CO_2,äq}/a$ und im Jahr 2045 noch etwa 29.000 $t_{CO_2,äq}/a$.

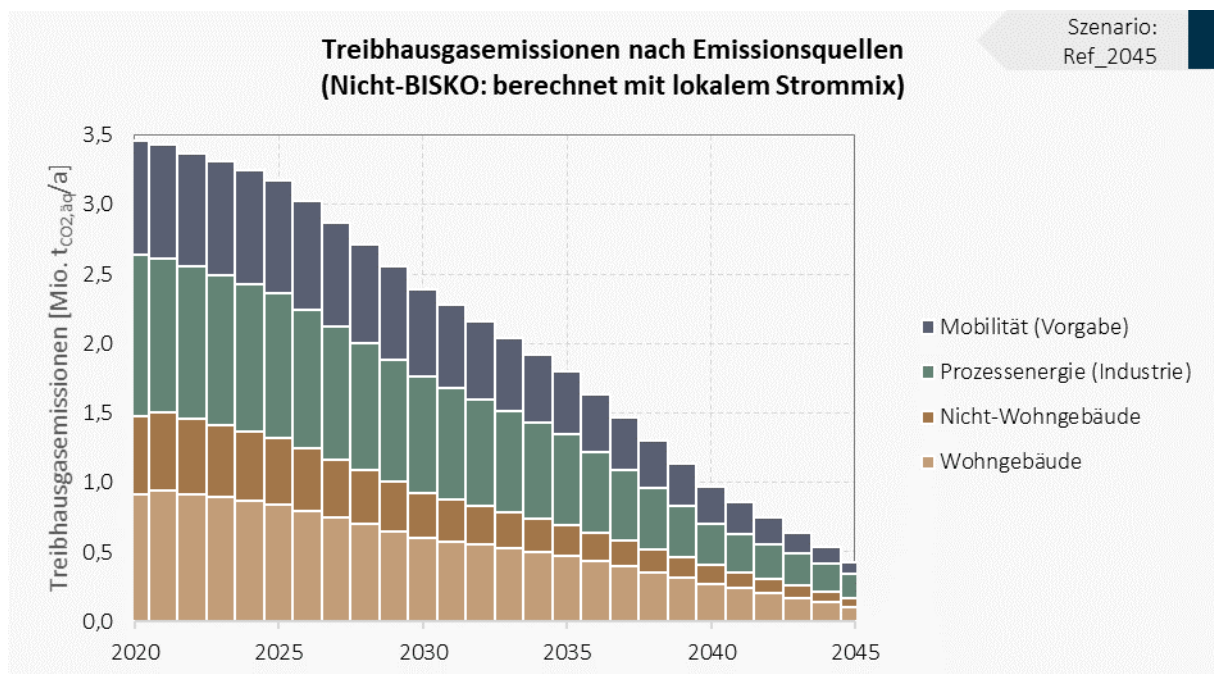


Abbildung 11-16: Entwicklung der THG-Emissionen nach Emissionsquellen für Referenzszenario Ref_2045

11.4 Vergleich der Szenarien

In den im IEK betrachteten Szenarien sinkt der Endenergiebedarf langfristig ab, unterscheidet sich jedoch in der Geschwindigkeit der Reduktion (siehe Abbildung 11-17: Vergleich des Gesamtenergiebedarfs für Zielszenarien und Referenzszenario Abbildung 11-17). Im Szenario Ziel_2035 sinkt der Endenergiebedarf der Stadt Dresden am schnellsten ab; im Referenzszenario entsprechend langsamer. Ab dem Jahr 2045 liegt der Endenergiebedarf der Stadt Dresden ohne den Verkehrssektor szenarienunabhängig bei rund 7.700 GWh/a.

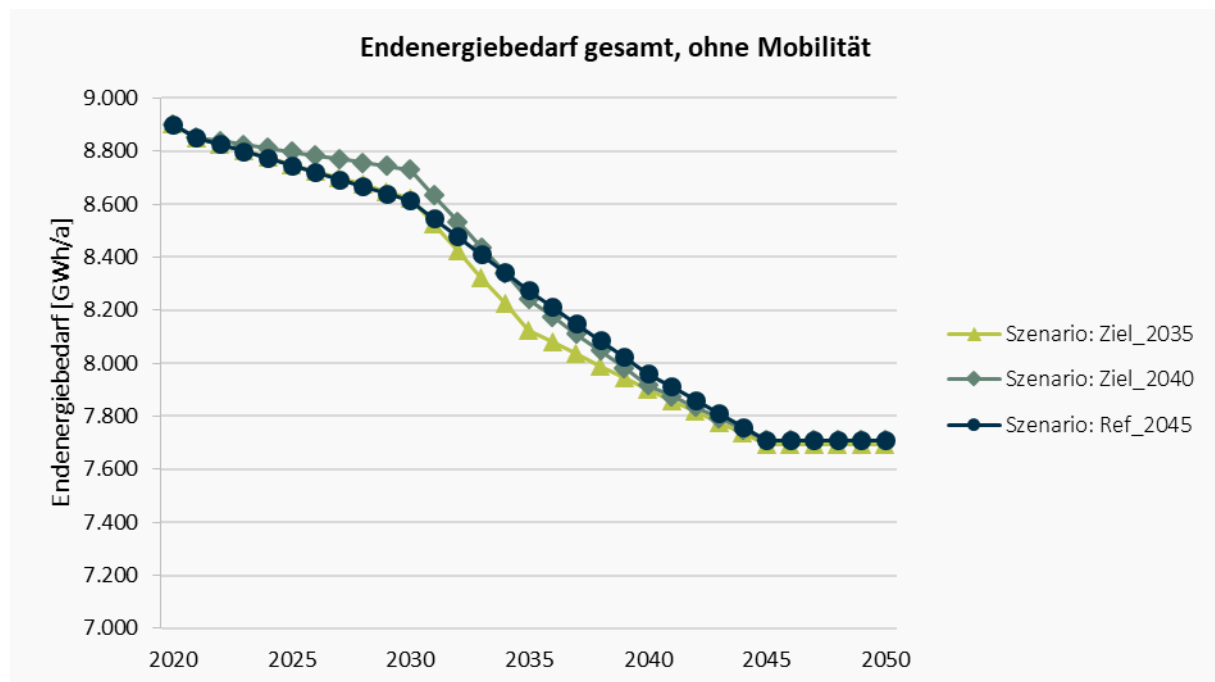


Abbildung 11-17: Vergleich des Gesamtenergiebedarfs für Zielszenarien und Referenzszenario

Abbildung 11-18 vergleicht die drei verschiedenen Szenarien hinsichtlich des Anteils der vor Ort erzeugten EE an der Strombedarfsbedeckung der Stadt. Dabei zeigt sich, dass in den Szenarien Ziel_2035 und Ziel_2040 langfristig etwa ähnliche Anteile der EE an der Strombedarfsdeckung erreicht werden (ungefähr 43 Prozent bis 44 Prozent). Allerdings gelingt im Szenario Ziel_2035 der Ausbau der lokalen EE-Potentiale bereits zeitlich früher, während der jährliche Zubau von EE-Potentialen im Szenario Ziel_2040 etwas geringer ist und damit einen längeren Realisierungszeitraum benötigt. Im Referenzszenario 2045 werden die lokalen EE-Potentiale nicht vollständig ausgeschöpft und langsamer zugebaut (Strombedarfsdeckung circa 29 Prozent). Insgesamt ist zu beachten, dass der Energiebedarf für den Bereich Mobilität nicht berücksichtigt ist.

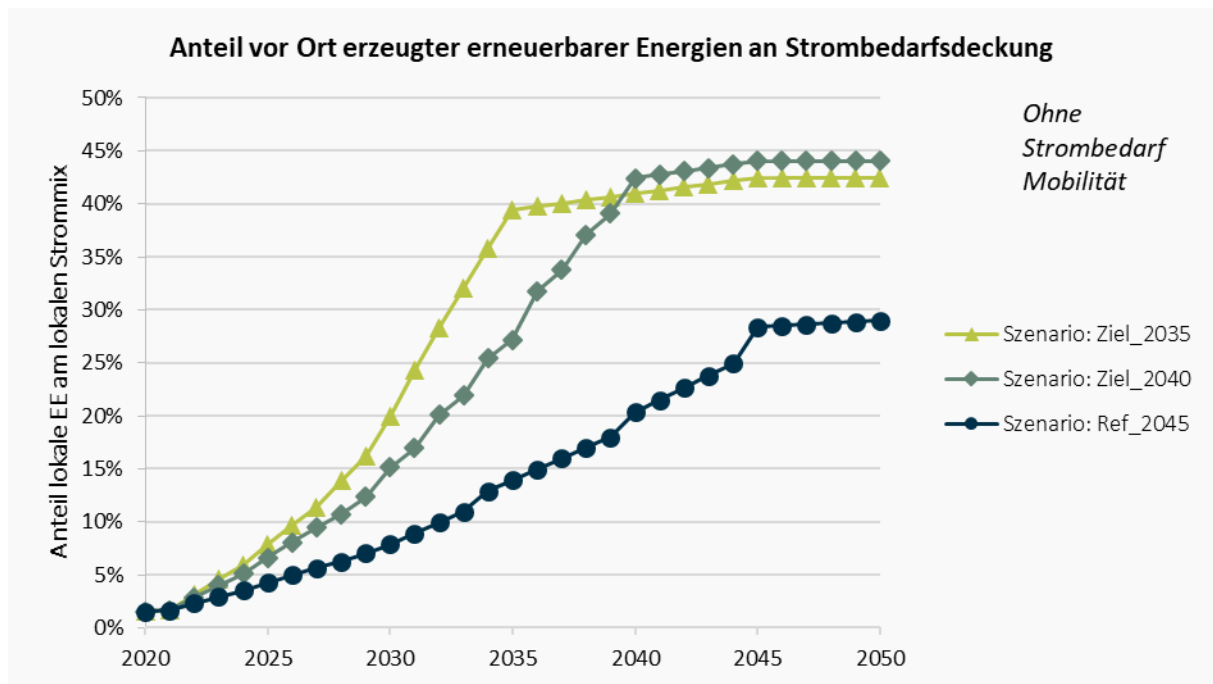


Abbildung 11-18: Vergleich des Anteils lokal erzeugter erneuerbarer Energien im lokalen Strommix für Zielszenarien und Referenzszenario (ohne Strombedarf Mobilität)

Im Ausgangszustand werden rund 3,35 Mio. $t_{CO_2, äq}/a$ emittiert (Abbildung 11-19). Je nach Szenario sinken die jährlichen THG-Emissionen unterschiedlich stark ab. Im Zielszenario 2035 werden die jährlichen THG-Emissionen am schnellsten reduziert, während im Referenzszenario 2045 die jährlichen THG-Emissionen langsamer abnehmen. Sowohl im Zielszenario 2035 als auch im Zielszenario 2040 wird bis zum Jahr 2040 THG-Neutralität erreicht. Dabei ist das Szenario Ziel_2035 im Jahr 2035 bereits wesentlich näher am Zustand der THG-Neutralität als das Szenario Ziel_2040. Im Referenzszenario 2045 wird selbst im Jahr 2045 die THG-Neutralität nicht erreicht.

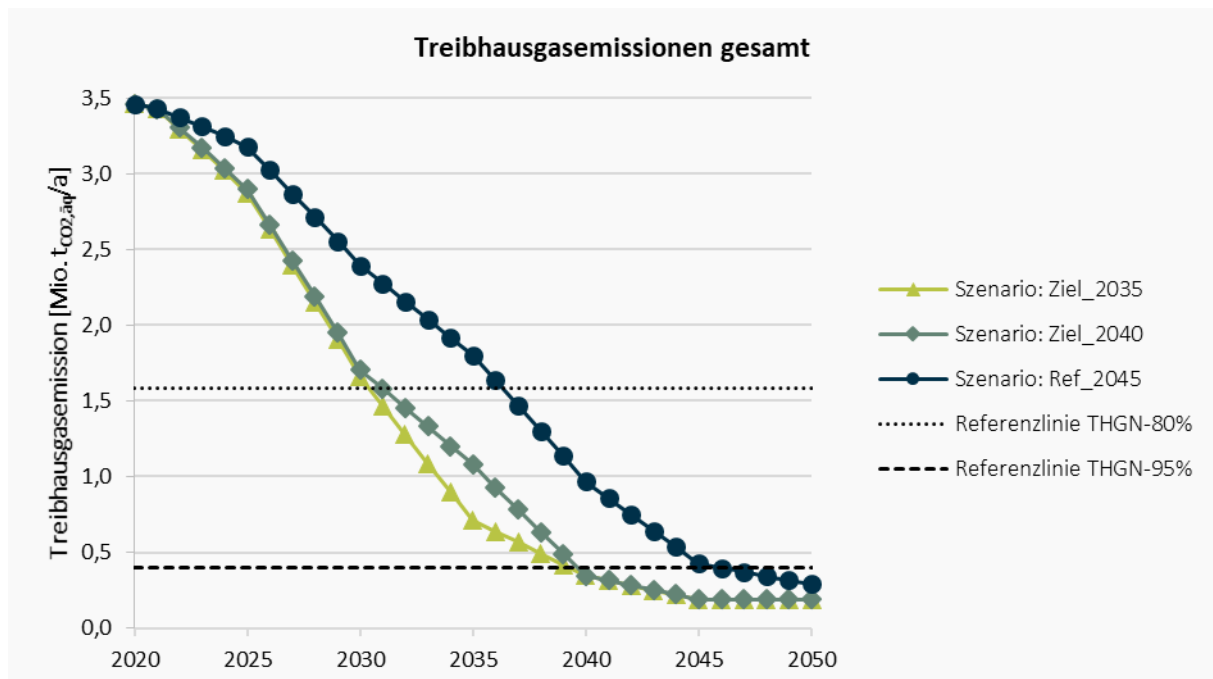


Abbildung 11-19: Vergleich der Entwicklung der THG-Emissionen für Zielszenarien und Referenzszenario

11.5 Einhaltung des CO₂-Budgets

Abbildung 11-20 zeigt die Ergebnisse der Auswertung der verschiedenen Szenarien unter Verwendung des Budgetansatzes. Der definierte Budget-Korridor erstreckt sich von der unteren Grenze, die das Budget für das 1,5 °C-Ziel (26,7 Mio. t_{CO₂,äq}/a) repräsentiert, bis zur oberen Grenze für das 1,75 °C-Ziel (41,6 Mio. t_{CO₂,äq}/a). Es ist zu beachten, dass die untere Grenze des Budgetkorridors in allen drei Szenarien überschritten wird und somit das Budget zur Einhaltung des 1,5 °C-Ziels nicht eingehalten werden kann. Die THG-Emissionen im Zielszenario für die Jahre 2035 und 2040 bleiben innerhalb des Budgetkorridors. Jedoch liegen die kumulierten Emissionen des Zielszenarios im Jahr 2040 nur knapp unterhalb der oberen Grenze, und es ist zu beachten, dass auch nach 2045 in allen drei Szenarien Restemissionen auftreten, die das Emissionsbudget weiterhin belasten. Im Referenzszenario hingegen wird die obere Grenze des Emissionsbudgets bereits zwischen den Jahren 2035 und 2040 überschritten.

In Abbildung 11-21 werden die verbleibenden CO₂-Restemissionen vom Ausgangsjahr 2020 bis zum betrachteten Jahr X dargestellt. Dabei sind die Stellen, an denen das verbleibende Budget bereits aufgebraucht und überschritten ist, deutlich rot gekennzeichnet.

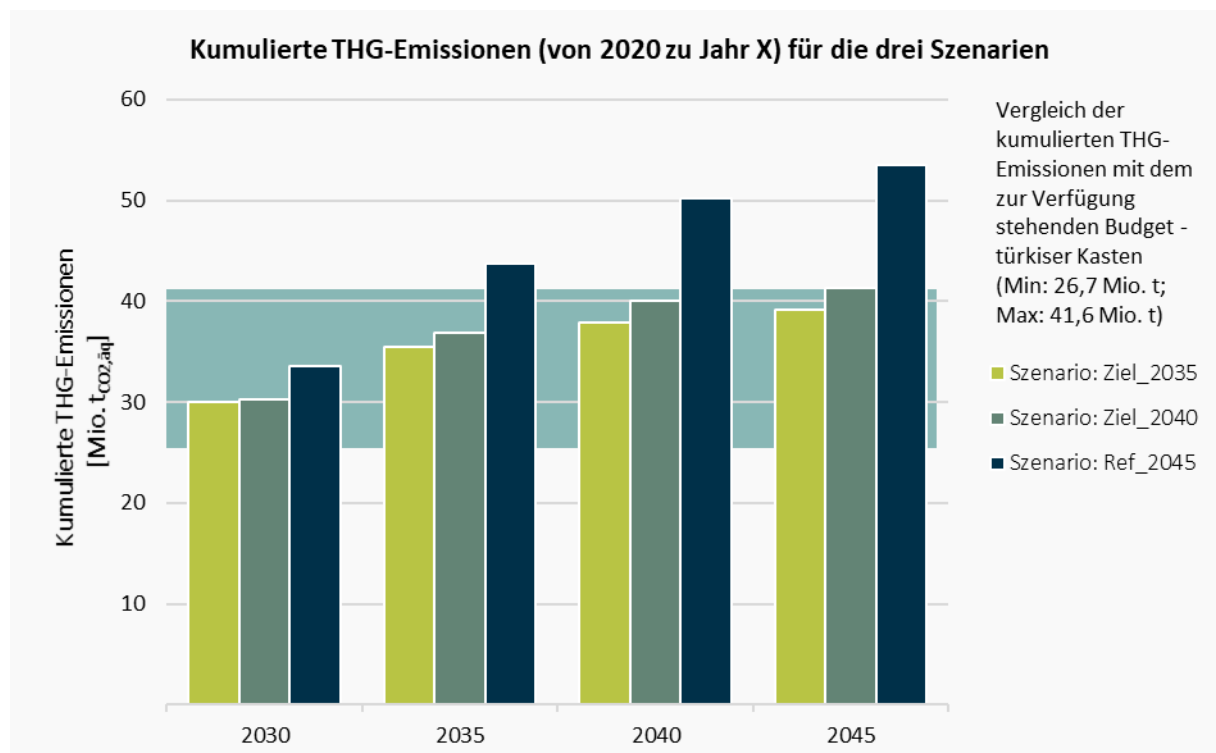


Abbildung 11-20: Kumulierte THG-Emissionen für die drei Szenarien von 2020 bis zum dargestellten Jahr

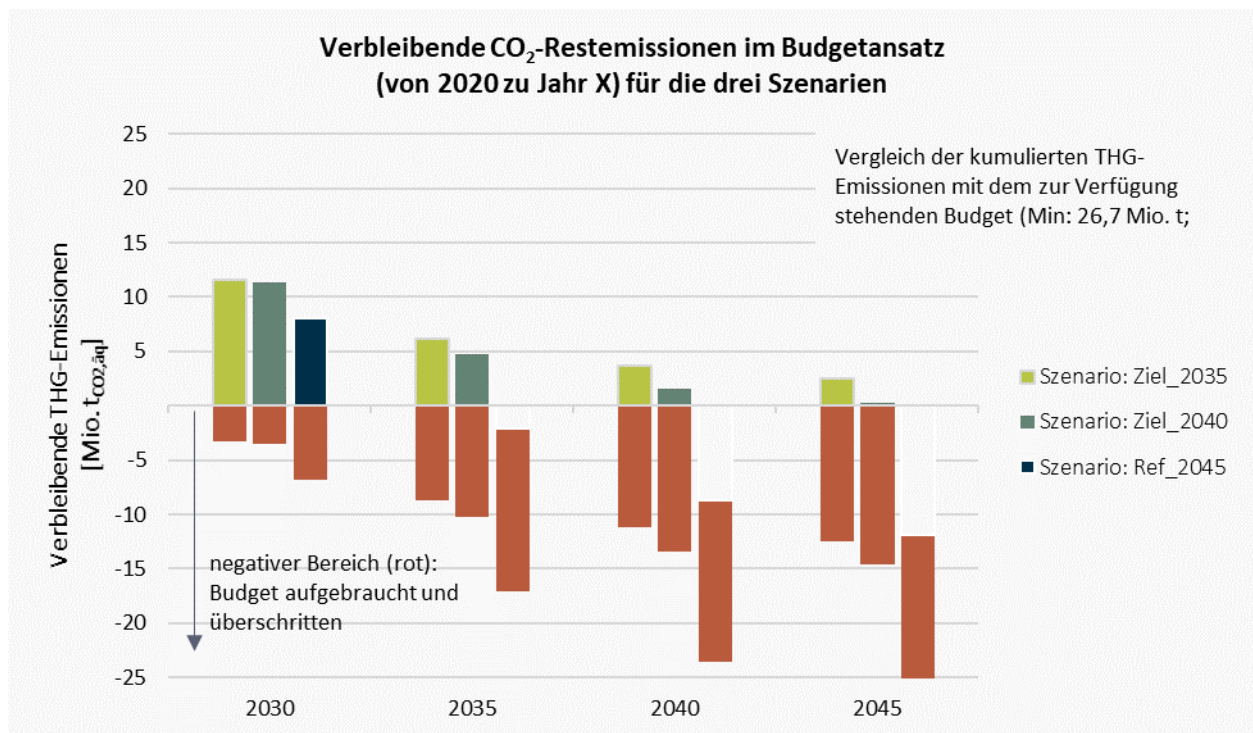


Abbildung 11-21: Verbleibende CO₂-Restemissionen nach Budgetansatz als Spanne zwischen Mindest- und Maximalbudget für die drei Szenarien ausgehend von 2020 bis zum jeweils angezeigten Jahr

12 Zielvorgabe Reduktionspfad

12.1 Zielstellung für Dresden

Ableitung der Zielvorgabe für Erreichung THG-Neutralität

Basierend auf den Szenarienbetrachtungen in Kapitel 11 wird ein konkreter Pfad zur Absenkung der THG-Emissionen für die LHD vorgeschlagen. Dieser Pfad muss den Anforderungen der Stadtrats-Beschlüsse A0011/19 und V1818/22 zur Erreichung von Klimaneutralität deutlich vor 2050 bzw. 2035 (alternativ 2040) entsprechen, ebenso wie den Vorgaben aus der EU-Städtemission (Reduktion um 80 Prozent bis 2030). Darüber hinaus soll er die Leitlinien zur THG-Neutralität erfüllen und das Paris-konforme CO₂-Budget berücksichtigen, was die Festlegung von Zwischenzielen notwendig macht.

Die Umsetzung der analysierten Potentiale zur Reduktion der energiebedingten THG-Emissionen führt zu einem definierten Zielzustand von THG-Neutralität bezüglich der energiebedingten THG-Emissionen, wobei die zeitliche Komponente für die Umsetzung der Potentiale darin nicht dargestellt ist.

Unter Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufs bis zur Erreichung des dargestellten Zielzustands wird vorgeschlagen, die THG-Neutralität in der LHD durch Kombination der Annahmen aus den Zielszenarien 2035 und 2040 zu erreichen. Tabelle 12-1 zeigt die in Kombination der Rahmenbedingungen aus den Kapitel 9 eingeführten Szenariobeschreibungen für das Zielvorgabe-Szenario. Die farbliche Unterlegung verdeutlicht aus welchem Szenario, die Annahmen übernommen bzw. kombiniert wurden.

Tabelle 12-1: Rahmenbedingungen und Szenariobeschreibung für das Zielvorgabe-Szenario

	Ziel_2035	Ziel_2040	Annahmen für Zielvorgabe (Kombination)
Name des Szenarios	Zielszenario 2035	Zielszenario 2040	Zielvorgabe
Beschreibung	Erreichen der THG-Neutralität bis 2035 bei sehr günstigen Bedingungen auf lokaler und Bundesebene	Erreichen der THG-Neutralität bis 2040 bei günstigen Bedingungen auf lokaler und Bundesebene	Erreichen der THG-Neutralität bis 2040 bei günstigen Bedingungen auf lokaler und Bundesebene
Bedingungen auf lokaler und Bundesebene	Sehr kurze Genehmigungszeiten, sehr hohe Akzeptanz in Bevölkerung, sehr gute Verfügbarkeit von Fachfirmen, Handwerkern und Material	Kurze Genehmigungszeiten, hohe Akzeptanz in Bevölkerung, gute Verfügbarkeit von Fachfirmen, Handwerkern und Material	Kurze Genehmigungszeiten, hohe Akzeptanz in Bevölkerung, gute Verfügbarkeit von Fachfirmen, Handwerkern und Material / Sehr gute Rahmenbedingungen für Ausbau EE-Strom auf lokaler Ebene
Potentiale Windenergie	Errichtung von 21 Windenergieanlagen von 2028 bis 2035; sinkende	Errichtung von 21 Windenergieanlagen von 2030 bis 2040; sinkende	Errichtung von 21 Windenergieanlagen von 2028

	Ziel_2035	Ziel_2040	Annahmen für Zielvorgabe (Kombination)
	Anlagenpreise, Erhöhung Anlagenleistung	Anlagenpreise, Erhöhung Anlagenleistung	bis 2035; sinkende Anlagenpreise, Erhöhung Anlagenleistung
Potentielle Gebäudeunabhängige PV	Umsetzung von 25 % des theoretischen Flächenpotentials bis 2035	Umsetzung von 25 % des theoretischen Flächenpotentials bis 2040	Umsetzung von 25 % des theoretischen Flächenpotentials bis 2035
Potentielle Gebäude-PV	Hebung des größten Teils (rund 65 %) der wirtschaftlichen Ertragspotentiale bis 2035 20 % höhere Investitionskosten	Hebung des größten Teils (rund 65 %) der wirtschaftlich nutzbaren Potentiale bis 2040 10 % höhere Investitionskosten	Hebung des größten Teils (rund 65 %) der wirtschaftlichen Ertragspotentiale bis 2035 20 % höhere Investitionskosten
PotEEGeb-Studie lokale gebäude-nahe EE-Potentiale (Fokus Wärmeversorgung)	„Wärmepumpen-Szenario“ Günstige Strompreise auf Grund pünktlicher Zielerreichung EE-Ausbau Wärmepumpentechnologien um 30 % günstiger in Investitionskosten ab 2030 Umstellung aller Gebäude auf THG-neutrale Wärmetechnologien bis 2035	„Basis-Szenario“ Leicht höhere Strompreise auf Grund verspäteter Zielerreichung EE-Ausbau Investitionskosten für Wärmepumpentechnologien bleiben gleich Umstellung aller Gebäude auf THG-neutrale Wärmetechnologien bis 2040	„Basis-Szenario“ Leicht höhere Strompreise auf Grund verspäteter Zielerreichung EE-Ausbau Investitionskosten für Wärmepumpentechnologien bleiben gleich Umstellung aller Gebäude auf THG-neutrale Wärmetechnologien bis 2040
Dekarbonisierung Fernwärme	Integration von großen Industrieabwärmeequellen neben weiteren THG-neutralen Wärmequellen Zeitliches Vorziehen von Umrüstungsinvestitionen in Wasserstoff-KWK / Erzeuger-Anlagen auf 2030 (Sonderabschreibungen) Moderater Zuwachs Fernwärmeanteil am Gesamtbedarf	Integration von großen Industrieabwärmeequellen neben weiteren THG-neutralen Wärmequellen Zeitliches Vorziehen von Umrüstungsinvestitionen in Wasserstoff-KWK / Erzeuger-Anlagen auf 2030 (Sonderabschreibungen) Hoher Zuwachs Fernwärmeanteil am Gesamtbedarf	Integration von großen Industrieabwärmeequellen neben weiteren THG-neutralen Wärmequellen Zeitliches Vorziehen von Umrüstungsinvestitionen in Wasserstoff-KWK / Erzeuger-Anlagen auf 2030 (Sonderabschreibungen) Hoher Zuwachs Fernwärmeanteil am Gesamtbedarf

	Ziel_2035	Ziel_2040	Annahmen für Zielvorgabe (Kombination)
	Hohe finanzielle Förderungen für Transformationsinvestitionen, zur Deckung vorhandener Wirtschaftlichkeitslücken	Hohe finanzielle Förderungen für Transformationsinvestitionen, zur Deckung vorhandener Wirtschaftlichkeitslücken	Hohe finanzielle Förderungen für Transformationsinvestitionen, zur Deckung vorhandener Wirtschaftlichkeitslücken
Erdgas	Phase-Out Erdgas (durch Umstellung Erdgasnetz / H ₂ -Netz) weitgehend bis 2035 Keine Umstellung von Erdgas- auf H ₂ -Netz innerhalb Fernwärmegebiete	Phase-Out Erdgas (durch Umstellung Erdgasnetz / H ₂ -Netz) weitgehend bis 2040 Keine Umstellung von Erdgas- auf H ₂ -Netz innerhalb Fernwärmegebiete	Phase-Out Erdgas (durch Umstellung Erdgasnetz / H ₂ -Netz) weitgehend bis 2040 Keine Umstellung von Erdgas- auf H ₂ -Netz innerhalb Fernwärmegebiete
Wasserstoff (H₂)	H ₂ wird ab 2030 zur Verfügung stehen Ab 2030 wird bereits von importierten grünem H ₂ in erforderlicher Menge ausgegangen	H ₂ wird ab 2030 zur Verfügung stehen Ab 2030 wird bereits von importierten grünem H ₂ in erforderlicher Menge ausgegangen	H ₂ wird ab 2030 zur Verfügung stehen Ab 2030 wird bereits von importierten grünem H ₂ in erforderlicher Menge ausgegangen
Industrieprozesse	Vollständiger Wechsel Erdgas-H ₂ bis 2035 Effizienzpotentiale: 1,6 % pro Jahr bis 2040	Vollständiger Wechsel Erdgas-H ₂ bis 2040 Effizienzpotentiale: 1,6 % pro Jahr bis 2040	Vollständiger Wechsel Erdgas-H ₂ bis 2040 Effizienzpotentiale: 1,6 % pro Jahr bis 2040
Deutscher Strommix	Bundesziele für EE-Ausbau im Stromsektor werden pünktlich erreicht (80 % EE-Anteil in 2030)	Bundesziele für EE-Ausbau im Stromsektor werden pünktlich erreicht (80 % EE-Anteil in 2030)	Bundesziele für EE-Ausbau im Stromsektor werden pünktlich erreicht (80 % EE-Anteil in 2030)
Mobilitätssektor	Berücksichtigung Reduktionspfad nach KSG (Zieljahr 2045)	Berücksichtigung Reduktionspfad nach KSG (Zieljahr 2045)	Weitestgehende THG-Neutralität bis 2040 (Kombination der Szenarien des DMP+: Szenario 2035 bis 2030, danach Szenario 2045)

Der Ausbaupfad der EE-Strompotentiale soll entsprechend des Zielszenarios 2035 erfolgen, um dem 80 Prozent-Ausbaziel des EEG 2023 zu entsprechen und gleichzeitig einen größeren kommunalen Einfluss zu gewährleisten sowie zugleich die Abhängigkeit vom Bezugsstrom (Bundesstrommix) zu verringern.

Der Absenkpfad für die anderen Bereiche erfolgt bis 2040 – entsprechend des Zielszenarios 2040 – da die Erreichung des Ziels 2035 selbst im Zielszenario 2035 nicht realisierbar ist. Dies ist auf erforderli-

che Planungszeiträume, Fachkräftekapazitäten und Abhängigkeiten von höheren Ebenen (z. B. Vorhandensein grüner Wasserstoffinfrastruktur, vollständig dekarbonisierter Bezugsstrom) zurückzuführen. Durch Vorgabe des Zieljahrs 2040 wird ausreichend Spielraum zur Erreichung von THG-Neutralität berücksichtigt.

Im Mobilitätsbereich wird ein eigener Reduktionspfad angenommen, der auf den im Rahmen des DMP 2035+ verwendeten Szenarien basiert und die THG-Neutralität bis zum Jahr 2045 vorsieht.

In Zusammenfassung der genannten Potentiale und zeitlichen Verläufe ergibt sich für den Reduktionspfad ein Verlauf der THG-Emissionen, wie in Abbildung 12-1 unterteilt nach Energieträgern bzw. in Abbildung 12-2 nach Emissionsquellen dargestellt.

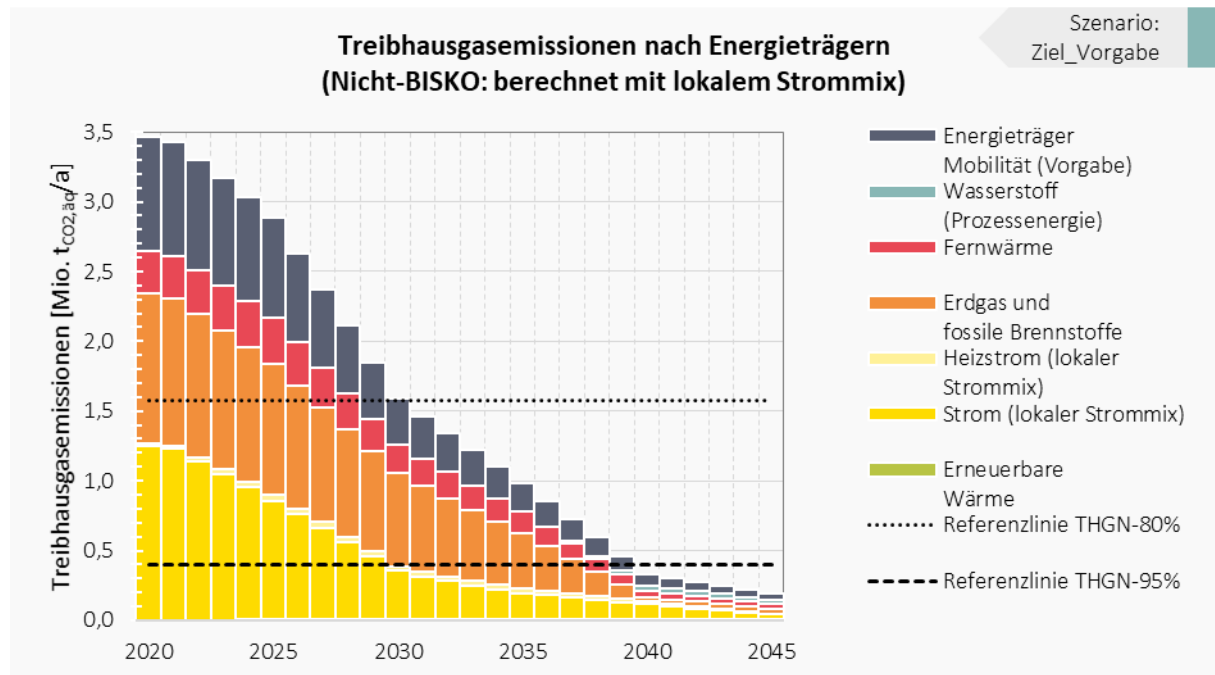


Abbildung 12-1: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern für die Zielvorgabe des Reduktionspfads

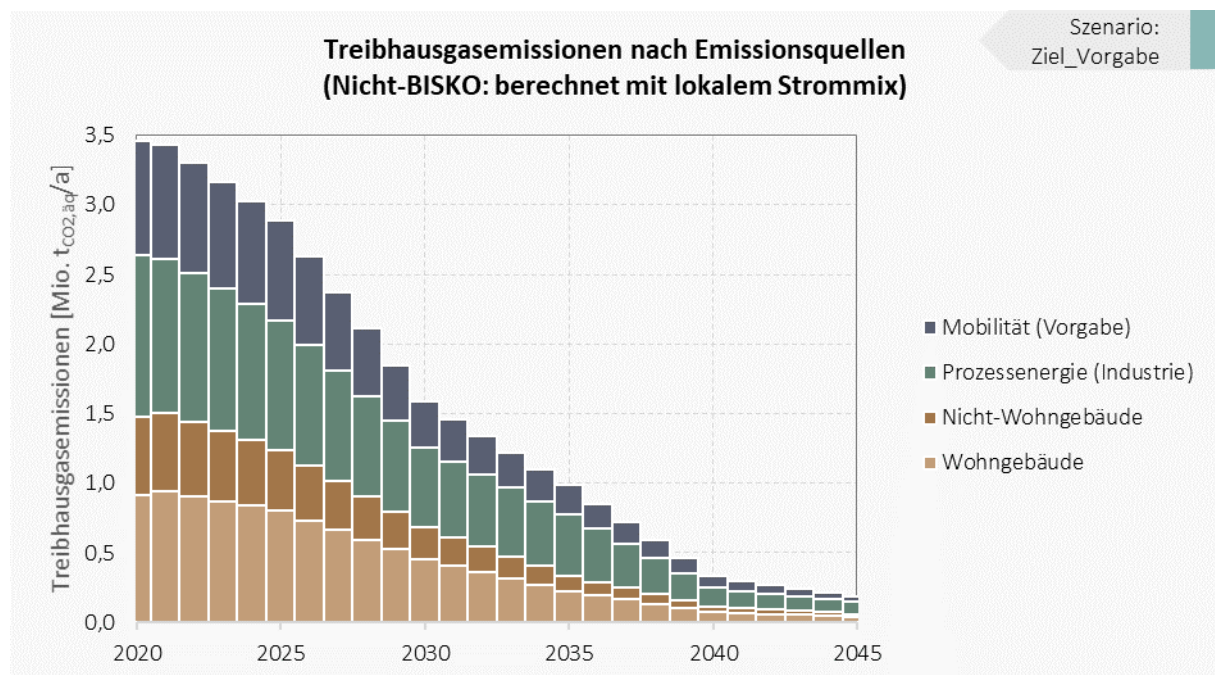


Abbildung 12-2: Entwicklung der THG-Emissionen nach Emissionsquellen für die Zielvorgabe des Reduktionspfads

Der Verlauf des Energiebedarfs entspricht dabei der Abbildung 11-5 bzw. Abbildung 11-6 im Zieljahr 2040. Der Zuwachs an lokalen EE entspricht dem der Abbildung 11-4. Im Jahr 2045 belaufen sich die kumulierten THG-Emissionen im Reduktionspfad zur Zielvorgabe auf 39,91 Mio. t_{CO₂,äq} – damit wird das CO₂-Budget für das 1,75 °C-Ziel eingehalten (vgl. Kapitel 11.5).

Die in Kapitel 11 gezeigten Szenarien zum Reduktionspfad verdeutlichen: Die Erreichung von THG-Neutralität ist bis 2040 möglich. Um dieses Ziel zu verwirklichen, müssen die in Kapitel 10 als realisierbar aufgezeigten städtischen Potentiale, insbesondere im energetischen Bereich, vollständig erschlossen werden.

Eine vollständige Energieautarkie ist für Dresden nicht realisierbar. Dennoch besteht ein erhebliches Potential durch Installation lokaler EE-Anlagen zur Bereitstellung von Strom, das auf etwa 1.500 GWh/a geschätzt wird. Die Erschließung dieser Potentiale birgt mehrere Chancen, darunter die Steigerung der Versorgungssicherheit, die Attraktivitätssteigerung für Industrieansiedlungen und die Förderung lokaler Wertschöpfung.

Die Realisierung der angestrebten THG-Neutralität im Stadtgebiet setzt auf mehreren Säulen auf. Einige wesentliche Voraussetzungen müssen erfüllt werden, um die definierten Ziele zu erreichen:

- Substitution von Erdgas: Bis 2040 muss Erdgas als Energieträger substituiert werden.
- Dekarbonisierung des Bezugsstroms: Entsprechend den politischen Vorgaben (Klimaschutzgesetz, EEG 2023) muss eine Dekarbonisierung des Bezugsstroms erfolgen (wenn die Dekarbonisierung des Stroms nicht so schnell voranschreitet wie angenommen, kann dies durch gezielte Einsparungen abgemildert werden).
- Verfügbarkeit von emissionsfreiem Wasserstoff: Bis 2035 muss Wasserstoff verfügbar und "weitestgehend emissionsfrei" sein.
- Defossilisierung der Mobilität: Bis 2040 ist eine weitestgehende Defossilisierung im Mobilitätssektor anzustreben (Konkretisierung und Untersetzung des Ziels über DMP 2035+).
- Umsetzung des Dekarbonisierungskonzepts der SachsenEnergie AG (Beschleunigungsszenario insbesondere Erschließung der Industrieabwärmepotentiale): Die Umsetzung dieses Konzepts spielt eine entscheidende Rolle bei der Erreichung der definierten Ziele.
- Effizienzsteigerungen in der Industrie: Hohe Effizienzsteigerungen in industriellen Prozessen sind unerlässlich, um den Beitrag dieses Sektors zur THG-Neutralität zu maximieren, wobei die angenommenen Einsparungen im Industriebereich von insgesamt 30 Prozent durch einen gleichzeitigen Zuwachs kompensiert werden.
- Darüber hinaus wird eine Effizienzsteigerung beim Wärmebedarf des Gebäudebestandes um zwölf Prozent angestrebt.

Der vorgeschlagene Reduktionspfad zeichnet sich durch ein hohes Ambitionsniveau aus, wird unter den getroffenen Annahmen jedoch als umsetzbar angesehen.

Zielvorgabe für Beschlusstext

Für den Beschluss des Stadtrats zum IEK, wird der vorgegebene Reduktionspfad in konkrete, kontrollierbare (Zwischen-)Werte für die THG-Reduktion übersetzt. Die Zielvorgabe für den Beschlusstext im Rahmen des IEK besteht darin, die THG-Neutralität mit einer Minderung von 95 Prozent gegenüber den THG-Emissionen von 1990 bis spätestens 2040 zu erreichen. Vor dem Hintergrund des vom Stadtrat beschlossenen Bürgerbegehrens mit der Zielsetzung 2035 ("Dresden Zero") und der Dringlichkeit des Klimaschutzes muss die Beschleunigung aller Umsetzungsmaßnahmen zu einer möglichst frühzeitigen Treibhausgas-Neutralität verfolgt werden. Um diese übergeordnete Zielsetzung zu konkretisieren, werden Zwischenziele festgelegt:

- Für 2027: eine Mindestminderung um 70 Prozent.
- Für 2030: Eine Mindestminderung von 80 Prozent der THG-Emissionen, angelehnt an die Zielsetzung der EU-Mission.

- Für 2035: Eine Mindestminderung von 90 Prozent der THG-Emissionen, als weiterer Schritt auf dem Weg zur Gesamtzielsetzung bis 2040.

Zur Erreichung des Ziels ist die Erschließung der Potentiale für EE, insbesondere im Bereich Windenergie und PV, gemäß dem Ziel_2035-Szenario vorgesehen. Dies beinhaltet eine gezielte Nutzung und Ausbau dieser regenerativen Energiequellen in den nachfolgend benannten Stufen (Stromerzeugung aus EE-Anlagen, für 2040 Ausbauziel bereits erreicht, daher kein Wert).

Die Minderungs- und Ausbauziele sind in Tabelle 12-2 dargestellt. Das Reduktionsziel in Prozent stellt einen gerundeten Wert zur besseren Anschaulichkeit dar. Die konkreten Angaben in $t_{CO_2, \ddot{a}q}$ sind aus den Werten des Reduktionspfades übernommen. Diese entsprechen den genauen Werten von -70,0 % in 2025, -79,9 % in 2030, -88,0 % in 2035 und -95,8 % in 2040 Reduktion gegenüber den THG-Emissionen von 1990.

Tabelle 12-2: Übersicht über die Zwischenziele des Reduktionspfades der Zielvorgabe zur Erreichung von THG-Neutralität in Dresden

Jahr (Zwischen-) Ziel	Prüfjahr	Reduktionsziel ggü. 1990 (gerundet)	Konkreter Zielwert energiebedingte Emissionen in $t_{CO_2, \ddot{a}q}/a$	THG-Reduktion bezogen auf 2018 in $t_{CO_2, \ddot{a}q}/a$	Stromerzeugung aus EE-Anlagen in GWh/a
2027	2029	-70 %	2.885.300	-1.234.500	365
2030	2032	-80 %	1.586.900	-2.019.200	680
2035	2037	-90 %	944.700	-2.661.500	1.440
2040	2042	-95 %	329.900	-3.276.300	Keine Vorgabe

Die Überprüfung der (Zwischen)ziele erfolgt im Rahmen des Monitorings und Controllings mit einem zweijährigen Versatz (Prüfjahr). Dabei werden die THG-Bilanz nach BSKO sowie der Indikator für die Einspeisung von EE-Anlagen und die im Stadtgebiet installierten EE-Anlagen für die Überprüfung der Zielerreichung herangezogen.

Die THG-Bilanz wird um die kumulierten THG-Emissionen von 2020 bis zum jeweiligen Prüfjahr erweitert, um den Verbrauch des CO_2 -Budgets (siehe Kapitel 7 und Kapitel 10.5) zu überprüfen. Diese umfassende Prüfung ermöglicht eine gezielte Auswertung der Fortschritte und stellt sicher, dass die gesteckten (Zwischen)ziele im Rahmen der Klimaschutzstrategie auf dem richtigen Weg sind.

Abbildung 12-3 zeigt die genannten Zwischenziele und den Zielzustand in einer graphischen Form.

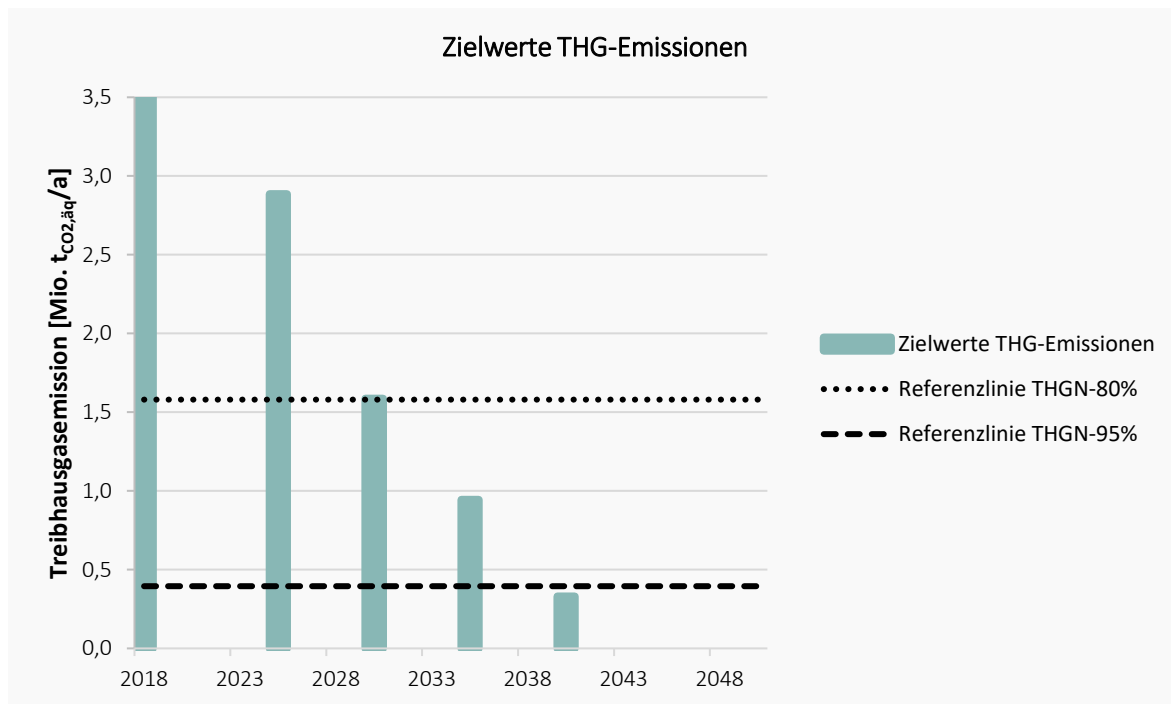


Abbildung 12-3: Kontrollierbare Zielwerte für Vorgabe des Reduktionspfads

Ein weiterer signifikanter Schritt zur Zielerreichung ist die Anstrengung, die Stadtverwaltung bis zum Zieljahr 2035 THG-neutral zu gestalten. Dies unterstreicht das Engagement auf kommunaler Ebene, nicht nur generell THG-Emissionen zu reduzieren, sondern auch in der Verwaltung selbst als Vorbild voranzugehen.

Einordnung des kommunalen Handlungsspielraums

Es gibt bestimmte Faktoren und Aspekte, die nicht direkt im Einflussbereich der Kommunen liegen und die ihre Bemühungen um THG-Neutralität beeinflussen können. Einige dieser Faktoren sind:

- Nationales und internationales Umfeld: Große politische und wirtschaftliche Entscheidungen auf nationaler und internationaler Ebene können die Rahmenbedingungen für kommunale Initiativen beeinflussen. Zum Beispiel können nationale Gesetze, internationale Abkommen oder globale wirtschaftliche Trends die Möglichkeiten und Herausforderungen für Kommunen beeinflussen.
- Gesellschaftliche Entwicklungen: Verschiedene gesamtgesellschaftliche Entwicklungen bzgl. Präferenzen, Trends oder soziodemografischen Faktoren können nur sehr eingeschränkt auf kommunaler Ebene geädert werden. Der beispielsweise notwendige Trend zu einer gewissen Suffizienz, also einer ressourcen- und energiesparenden Lebensweise, kann nur als gesamtgesellschaftliche Entwicklung vollzogen werden, wobei auch die Bundes- und EU-Ebene ihren Einfluss geltend machen müssen.
- Wirtschaftliche Struktur: Die wirtschaftliche Struktur einer Region kann in gewissem Maße außerhalb der direkten Kontrolle einer Gemeinde liegen. Wenn eine Gemeinde stark von emissions-/energieintensiven Industrien abhängig ist, kann es schwieriger sein, THG-Neutralität zu erreichen, ohne gleichzeitig die Wirtschaft zu beeinträchtigen.
- Technologische Entwicklungen: Die Verfügbarkeit und Erschwinglichkeit von umweltfreundlichen Technologien und Innovationen können von externen Faktoren beeinflusst werden, die außerhalb der Kontrolle einer einzelnen Gemeinde liegen. Dies kann die Einführung neuer grüner Technologien erschweren oder erleichtern.
- Globale Marktdynamiken: Der Zugang zu umweltfreundlichen Ressourcen und Technologien kann auch von globalen Marktdynamiken beeinflusst werden, die von politischen Entscheidungen, Handelsabkommen und internationalen wirtschaftlichen Beziehungen abhängen.

- **Forschung und Entwicklung:** Fortschritte in Forschung und Entwicklung, insbesondere im Bereich erneuerbarer Energien und klimafreundlicher Technologien, können nicht direkt von Kommunen gesteuert werden.
- **Natürliche Gegebenheiten:** Einige natürliche Gegebenheiten wie das lokale Klima, die Geografie oder die Verfügbarkeit erneuerbarer Ressourcen können Faktoren sein, die außerhalb der direkten Kontrolle einer Gemeinde liegen.

Trotz dieser Herausforderungen kann die LHD eine aktive Rolle spielen, indem sie ihre lokalen Ressourcen und Einflussbereiche nutzt, Zusammenarbeit fördert und politischen Druck auf andere Ebenen ausübt, um günstige Rahmenbedingungen für Klimaschutz zu schaffen.

Die LHD übernimmt eine entscheidende Rolle in der Kommunikation übergeordneter Verantwortlichkeiten auf Länder- bzw. nationaler Ebene und initiiert einen konstruktiven Austausch mit dem Bund bzw. dem Freistaat Sachsen bezüglich der nachfolgend identifizierten Aspekte. Dies beinhaltet nicht nur die Übermittlung der relevanten Informationen, sondern auch eine aktive Beteiligung und Zusammenarbeit mit den nationalen Instanzen, um die Effektivität von Klimaschutzmaßnahmen zu stärken:

- Rahmenbedingungen schaffen für verstärkten Ausbau der EE im Stromsektor entsprechend der Zielvorgaben des Klimaschutzgesetzes und Ausbaupfad entsprechend des EEG 2023 (Bezugsstrom),
- Schaffung eines verbesserten regulatorischen Rahmens und verbesserter Förderbedingungen zum beschleunigten Wechsel fossiler Heizungssysteme hin zu erneuerbaren Lösungen und zur sozial verträglichen Verringerung des Energiebedarfs von Wohn- und Nichtwohngebäuden,
- Umsetzung der Wasserstoffstrategie für Bereitstellung von weitestgehend THG-neutralen („grünem“) Wasserstoff mit beschleunigtem Hochlauf der Wasserstoffinfrastruktur und inländischer Wasserstoff. Die Einführung eines Wasserstoffsystems darf nicht zum Lock-In fossiler Strukturen führen – Übergangslösungen sind verbindlich und planbar auf einen kurzen Zeitraum zu beschränken,
- Verbesserung des Anreizsystems zum Umstieg auf klimaneutrale Energieträger und Ressourcen, z. B. durch sachgerechte CO₂-Bepreisung über den Lebenszyklus. Die Bepreisung sollte sich an den zu erwartenden Folgekosten orientieren. Klimaschädliche Ressourcennutzung darf nicht kostengünstiger sein als klimafreundliche,
- Überarbeitung der Netzentgeltstrukturen zur gerechten Finanzierung von Klimanetzen
 - Verteilnetzentgelte harmonisieren und mit starkem EE-Ausbau betroffene Regionen ausgleichen,
 - Flexible Netzentgeltstrukturen für steuerbare Lasten umsetzen (nach BNetzA Regelungen¹³⁷),
- Beschränkung künftiger steigender Emissionen des deutschen Erdgasmixes (Einfluss LNG-Gas und nicht konventionelle Erdgasquellen) durch vertraglich gebundene Vorgaben zu klimafreundlichen Förderbedingungen in Förderstaaten und regelmäßige Kontrollen an Anlagen.

12.2 Investitionsbedarfe und Nutzen der THG-Neutralität

12.2.1 Investitionsbedarfe zur Erreichung der THG-Neutralität

Die zur Erreichung der THG-Neutralität derzeit abschätzbaren Investitionsbedarfe können zusammenfassend Tabelle 12-3 entnommen werden. Die angegebenen Beträge basieren hinsichtlich der Bedarfe

¹³⁷ https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2023/20231127_14a.html [Zugriff am 18.12.2023].

für den EE-Ausbau (PV- und Windpotentiale) auf dem Zielszenario 2035 (siehe 11.2.1 und 11.3.1) sowie hinsichtlich der Bedarfe für die Heizungsumstellung auf dem Zielszenario 2040 (siehe 11.2.2 und 11.3.2). Die dargestellten Werte stellen dabei in der Gesamtbetrachtung keine Investitionsbedarfe für einzelne Akteure dar (Ausnahmen: Transformationsplan Fernwärme, Erdgasnetz und Stromnetzausbau), sondern sind als gesamtwirtschaftlicher Bedarf zur Erreichung der THG-Neutralität zu verstehen. Bezüglich der ausgewiesenen Bedarfe für den Heizungstausch ist außerdem zu beachten, dass auch ohne eine Umstellung auf THG-neutrale Energieträger am Ende der jeweiligen Nutzungsdauer Ersatzinvestitionen notwendig wären. Des Weiteren gibt es Bereiche für welche die zukünftigen Investitionsbedarfe derzeit noch nicht absehbar sind und weiterer Untersuchungen bedürfen.

Den hier aufgeführten Investitionsbedarfen steht weiterhin ein erheblicher Nutzen gegenüber (Details siehe Kapitel 12.2.2).

Tabelle 12-3: Zusammenfassung Investitionsbedarfe

	Strategie	Investitionskostenprognose (gerundet in Mio. Euro)
Gebäude	Heizungstausch	3.128
	Sanierung	693
	Netzausbau Stromverteilnetz	unbekannt, zukünftig Erkenntnisse aus NAP-Erstellung
	Transformation / Teilstilllegung Erdgasverteilnetz	unbekannt, zukünftig Erkenntnisse aus GTP-Erstellung
	Transformation Fernwärme	ca. 1.500, Untersetzung in Wärmetransformationsplan
	Gebäude-PV	1.531
	Freifläche	PV-Gesamt
	Parkplatz-PV	45
	Agri-PV	100
	Sonstige PV	80
	Windenergie	190
Industrie	Prozess-/Kraftwerksumstellung Erdgas auf Wasserstoff	unbekannt

12.2.2 Nutzenbetrachtung der THG-Neutralität

Vermeidung von CO₂-Kosten

Für die Emission von Treibhausgasen sind bereits heute Kosten zu entrichten. Dabei muss zwischen dem europäischen und dem nationalen Emissionshandel unterschieden werden. Die Europäische Union hat 2005 den Europäischen Emissionshandel (EU-ETS) eingeführt, um die THG-Emissionen von

Kraftwerken, Industrieanlagen und des Luftverkehrs kosteneffizient zu mindern. Die Menge der verfügbaren Zertifikate sinkt kontinuierlich, wodurch bei gleichbleibender oder steigender Zertifikatsnachfrage die Zertifikatspreise steigen. Aktuell liegt der EU-ETS Zertifikatspreis bei etwa 70 Euro/t CO_{2e}. Seit 2021 gibt es zusätzlich den nationalen Emissionshandel, welcher aktuell die Sektoren Verkehr und Wärme und ab 2024 auch den Sektor Abfall betrifft. Für die Umsetzung ist die Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt zuständig. Aktuell werden die Zertifikatspreise fest vorgegeben und nicht marktbasierend ermittelt. 2023 betrug der nationale Zertifikatspreis 35 Euro/t CO_{2e}. Im Rahmen des „Fit for 55“-Pakets auf europäischer Ebene gibt es jedoch den Plan, die Sektoren Wärme und Verkehr ebenfalls in einen europäischen Zertifikatehandel dem „EU-ETS 2“ ab 2027 zu integrieren.¹³⁸

Es muss daher davon ausgegangen werden, dass sich die Zertifikatspreise im europäischen Emissionshandel ab 2027 angleichen und weiter steigen werden. Aus den Fundamentalmodellrechnungen, welche durch die SachsenEnergie AG im Rahmen des Wärmetransformationsplanes der Fernwärme durchgeführt wurden, ergab sich eine Zertifikatspreisprognose von 208 EUR/t CO₂ für das Jahr 2045. Diese Prognose ist mit großen Unsicherheiten behaftet, soll jedoch zur Illustration der direkten jährlichen Einsparung von zukünftigen CO₂-Preiskosten für Dresden genutzt werden. Wenn das Ziel der THG-Neutralität in Dresden erreicht wird, entspricht dies gegenüber den Emissionen von 2018 einer jährlichen THG-Emissionsreduktion von 3,2 Mio. t CO₂. (siehe Tabelle 12-2). Wenn diese im Jahr 2045 noch anfallen und dafür Emissionszertifikate erworben werden müssten, würde dies jährliche Kosten von circa 668 Mio. Euro verursachen. Über einen Zeitraum von 20 Jahren, welcher zum Beispiel der technischen Lebensdauer von Heizungsanlagen entspricht, würden dies mehr als 13 Mrd. Euro an Ersparnis bedeuten. Tatsächlich muss jedoch davon ausgegangen werden, dass der CO₂-Zertifikatspreis noch deutlich stärker auf Grund seiner deutlichen Verknappung insbesondere Ende der 40er Jahre steigen wird und somit die Ersparnis für Dresden noch deutlich höher liegen würde.

Ökologischer Nutzen nach Schadenkostenansatz (Klimakosten)

Mit dem Schadenkostenansatz der durch das Umweltbundesamt (UBA) veröffentlicht wird, wird die Höhe der Schäden geschätzt, die der Gesellschaft durch THG-Emissionen und dem daraus resultierenden Klimawandel entstehen. „Die Schäden, die durch die Treibhausgas-Emissionen entstehen, werden im Zeitablauf steigen, beispielsweise da der Wert von Gebäuden und Infrastrukturen, die durch Extremwetterereignisse geschädigt werden, steigt. Daher steigen auch die anzusetzenden Kostensätze im Zeitablauf.“¹³⁹ Für in 2022 emittierte THG-Emissionen wird dieser Schadenkostensatz vom UBA auf 237 Euro/t CO₂ taxiert und für 2050 auf 286 Euro/t CO₂ jedoch bei einer Höhergewichtung des Wohlstands der aktuellen Generationen gegenüber denen der zukünftigen Generationen (Zeitpräferenz 1 Prozent). Würde man den Wohlstandsanspruch gleich gewichten (0 Prozent Zeitpräferenz) stiege der Kostensatz für 2050 auf 865 Euro/t CO₂. Daraus wird deutlich, dass nicht nur die Erreichung der THG-Neutralität an sich, sondern auch die noch emittierten Gesamtemissionen bis zur Erreichung der THG-Neutralität einen erheblichen Schaden verursachen und somit in die Betrachtung einbezogen werden müssen. Bezogen auf die Schadenkostensätze für eine höhere Gewichtung des aktuellen Wohlstandsniveaus (Zeitpräferenz 1 Prozent) und im Vergleich zwischen der Zielvorgabe aus Kapitel 12.1 und dem Referenzszenario ergibt sich allein durch die Beschleunigung des Bundesziels zur Erreichung von THG-Neutralität in 2045 eine Reduktion der Schadenssumme um circa 3,2 Mrd. Euro (siehe Tabelle 12-4) durch Erreichung der THG-Neutralität in 2040 und Einhaltung des CO₂-Budgets für das 1,75 °C-Ziel.

¹³⁸ https://www.dehst.de/DE/Nationaler-Emissionshandel/nEHS-verstehen/nehS-verstehen_node.html [Zugriff am 13.12.2023].

¹³⁹ <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/gesellschaftliche-kosten-von-umweltbelastungen#klimakosten-von-treibhausgas-emissionen> [Zugriff am 13.12.2023].

Tabelle 12-4: Schadenkostenvergleich Zielvorgabe versus Referenzszenario (Kostensatz Klimakosten 268 €/t)

	Emittierte THG bis 2035	Emittierte THG bis 2040	Emittierte THG bis 2045	Folgekosten für 2045
	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂	Mio. €
Zielvorgabe THG-Neutralität	35.931.567	38.892.227	40.119.346	9.508
Referenzszenario	43.745.033	50.257.425	53.465.822	12.671
Differenz (Verbesserung ggü. Referenzszenario)	-7.813.466	-11.365.199	-13.346.476	3.163

Stärkung der regionalen Wertschöpfung

Ein weiterer nachhaltiger Nutzen aus volkswirtschaftlicher Sicht betrifft die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung für Dresden und die Region. Denn ein großer Teil der aufgeführten Investitionen findet nicht nur in Dresden statt, sondern wird auch durch regionale Firmen von der Planung bis zum Bau umgesetzt. Dadurch dass die hinzukommenden Anlagen und Infrastrukturen gewartet und instandgehalten werden müssen, führt dies ebenfalls zu dauerhaften Aufträgen und Arbeitsplätzen für die regionale Wirtschaft. Weiterhin reduziert Dresden damit seine Energieimporte erheblich und damit auch den Abfluss von finanziellen Mitteln.

Erhöhung der Versorgungssicherheit

Wie in Kapitel 5 ausgeführt, besitzt Dresden aktuell eine hohe Importabhängigkeit zu mehr als 95 Prozent von fossilen Energieträgern zur Deckung seines Wärmebedarfes. Dies geht vor allem auf den Import von Erdgas zurück. Eine solche Abhängigkeit vom Import fossiler Energieträger ist nicht nur mit Blick auf den Abfluss von Zahlungsströmen und die steigenden CO₂-Kosten problematisch, sondern stellt auch ein Versorgungsrisiko dar. Auch wenn Dresden als Großstadt voraussichtlich immer auf Energieimporte angewiesen sein wird, so ist deren möglichst nachhaltige Reduktion und Diversifikation ein Beitrag für eine höhere Widerstandsfähigkeit (Resilienz) bei externen Schockereignissen. Mit dem vorgeschlagenen Zielpfad des IEK reduziert bzw. diversifiziert sich die Abhängigkeit in der Wärmeversorgung von mehr als 95 Prozent der Wärmebedarfsdeckung durch Erdgasimporte auf circa 25 Prozent der Wärmebedarfsdeckung durch Wasserstoffimporte (Einsatz in den KWK-Anlagen der Fernwärme) und einem geringen Anteil an Stromimporten (Einsatz für Wärmepumpen). Dadurch dass die KWK-Anlagen der Fernwärme insbesondere an Tagen mit hohen Strompreisen, also beispielsweise an kalten Wintertagen mit geringer EE-Stromerzeugung, eingesetzt werden, erzeugen sie neben der Abwärme für die Fernwärme einen Teil des benötigten Stromes für Wärmepumpen im Dresdner Verteilnetz. Sie tragen somit zu einer verminderten Abhängigkeit von Stromimporten bei. An Tagen mit guten Bedingungen für die PV-Stromerzeugung wird bei intelligenter Steuerung ein erheblicher Teil des Wärmepumpenstrombedarfes in Dresden direkt erzeugt werden, sowie angeschlossene Wärmespeicher entsprechend aufgeladen werden können. In Zeiten mit guten Bedingungen für die Stromerzeugung aus Windkraft, wird Dresden neben eigenen Anlagen von günstigen Importen über das Übertragungsnetz profitieren können.

Finanzieller Nutzen und erhöhte Autarkie

Neben den Nutzenaspekten aus der Dresdner Gesamtsicht, kann der Betrieb von privaten EE-Anlagen, beispielsweise PV-Dach- oder Balkonanlagen zu Reduktion von Energiekosten bei Mieterinnen und Mietern bzw. Gebäudenutzern und mithin zu einem finanziellen Vorteil beitragen. Auch Unternehmen

können durch die Nutzung von EE-Anlagen auf ihren Gebäuden bzw. Flächen ihre Energiekosten im Idealfall gegenüber einem vollständigen Netzbezug reduzieren. Zudem stellt die Versorgung mit eigenen dezentralen Energie- und ggf. Speichereinrichtungen einen gewissen Grad an Autarkie dar, welcher einen Beitrag zur lokalen Versorgungssicherheit beitragen kann.

Zusammenfassend kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass die Investitionen in die Dresdner THG-Neutralität nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten, sondern darüber hinaus mehrere wichtige Zusatznutzen bringen.

13 Maßnahmen und Maßnahmenpakete

13.1 Einordnung des Maßnahmenkatalogs in das IEK

Das IEK ist in drei Bände gegliedert, wobei Band II den Maßnahmenkatalog beinhaltet. Der Fokus des IEK liegt auf einem Maßnahmenkatalog, der durch konkret ausgearbeitete und mit den Beteiligten abgestimmte Maßnahmenpakete und Steckbriefe geprägt ist. Dessen detaillierte Darstellung ermöglicht nicht nur eine leichtere Verständigung über die notwendigen nächsten Schritte, sondern erleichtert auch die gezielte Umsetzung der Maßnahmen, die den Auftakt zur Erreichung von THG-Neutralität in Dresden bilden. Die Eigenständigkeit des Maßnahmenkatalogs erlaubt eine autonome Nutzung, in der Form, dass Akteure sie selbst betreffende Maßnahmensteckbriefe unabhängig vom Konzept für ihre eigene Arbeit verwenden können.

Die fortschreibbare Systematik des Maßnahmenkatalogs und der Maßnahmensteckbriefe trägt dazu bei, dass die Maßnahmen im Zeitverlauf langfristig geplant und aktualisiert werden können. Diese Struktur unterstützt eine nachhaltige Umsetzung der Maßnahmen und bietet Raum für Anpassungen im dynamischen Kontext des Klimaschutzes. Um ein effektives Controlling zu gewährleisten und eine transparente Erfolgskontrolle zu ermöglichen, werden die Maßnahmen des Maßnahmenkatalogs (Band II) direkt in die anzuschaffende Software zum Klimaschutzmonitoring (vgl. Kapitel 15) integriert. Diese Integration stellt sicher, dass die Umsetzung der Maßnahmen zeitnah, präzise und komfortabel überwacht und auf veränderte Bedingungen reagiert werden kann. Die Ausrichtung der Steckbriefe an den Vorgaben der Kommunalrichtlinie - Technischer Annex stellt sicher, dass die Maßnahmen den aktuellen Standards und Vorschriften entsprechen. Damit ist gewährleistet, dass die aufgeführten Maßnahmen die Anforderungen an eine Förderung erfüllen.

Die im IEK angedachte Struktur des Maßnahmenkatalogs und der Maßnahmensteckbriefe bietet somit einen Aufschlag für einen klaren und praxistauglichen Leitfaden für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen, der in den nächsten Jahren fortlaufend zu einem Maßnahmenprogramm ausgeweitet werden soll, welches den vom Stadtrat beschlossenen Zielpfad zur Erreichung von THG-Neutralität abbildet. Dabei ist der kommunale Handlungsspielraum deutlich zu machen und Handlungsempfehlungen für andere Akteure außerhalb der Zuständigkeit der LHD mit zu berücksichtigen.

Eine Übersicht über die Maßnahmen in graphischer Form bietet das Maßnahmenportfolio, welches in Anlage 3 des Band III – Anlagenteil hinterlegt ist.

13.2 Aufbau des Maßnahmenkatalogs

Im Maßnahmenkatalog sind die verschiedenen Handlungsfelder, Maßnahmenpakete und konkreten Maßnahmen in einer klar strukturierten Hierarchie dargestellt. Diese Gliederung erleichtert nicht nur die Übersichtlichkeit, sondern ermöglicht auch eine einfache Identifizierung und Zuordnung der einzelnen Maßnahmen. Zum Teil lassen sich Maßnahmen auch mehreren Handlungsfeldern zuordnen, dann wurde das Handlungsfeld gewählt, in dem durch die Maßnahme die größte Wirkung zu erzielen ist. In den Maßnahmensteckbriefen, können die Verknüpfungen und Wechselwirkungen von Maßnahmen und Handlungsfeldern benannt werden.

Die Struktur des Maßnahmenkatalogs ist wie folgt aufgebaut:

Ebene 1: Handlungsfeld (HF):

In Kapitel 8 werden die verschiedenen Handlungsfelder zur Reduktion von Treibhausgasen detailliert beschrieben. Diese bilden die Grundlage für das zukünftige Maßnahmenprogramm. Jedes Handlungsfeld ist durch ein Kürzel gekennzeichnet, um eine eindeutige Identifikation in den Maßnahmennummern zu gewährleisten (Tabelle 13-1).

Tabelle 13-1: Übersicht der Handlungsfelder im Maßnahmenkatalog

Handlungsfeld	Kürzel für Handlungsfeld
HF 1: Gebäudeenergieversorgung	G
HF 2: Ausbau Erneuerbarer Energien in der Fläche	E
HF 3: Mobilität	M
HF 4: Industrieprozesse und Produktverwendung	I
HF 5: Land- und Forstwirtschaft	L
HF 6: Abfall- und Abwasserwirtschaft	A
HF 7: Graue Energie, Bau, Konsum und Ernährung	K
HF 8: Technische THG-Senken	S
HF 9: Übergeordnete Organisation und Steuerung	O

Ebene 2: Maßnahmenpakete:

Die zweite Ebene, trägt zur weiteren Differenzierung bei. Jedes Maßnahmenpaket erhält eine fortlaufende Nummer, wobei das Kürzel des zugehörigen Handlungsfelds vorangestellt wird und durch einen Punkt getrennt ist. Diese Nummerierung ermöglicht eine klare Zuordnung der Maßnahmen, die im Maßnahmenpaket geclustert sind. Zum Stand des Maßnahmenkatalogs sind die in den Maßnahmenpaketen notwendigen Handlungsoptionen nicht vollständig durch konkrete Maßnahmen untersetzt.

Beispiel:

- G.1: Maßnahmenpaket im Handlungsfeld Gebäude
- E.2: Maßnahmenpaket im Handlungsfeld Energieversorgung (zentral)

Ebene 3: Maßnahmen:

Die dritte Ebene besteht aus den konkreten Maßnahmensteckbriefen innerhalb eines Maßnahmenpakets. Die Nummerierung erfolgt fortlaufend, wobei die Nummer des zugehörigen Maßnahmenpakets vorangestellt wird und durch einen Bindestrich von der zweistelligen Nummer der konkreten Maßnahme getrennt ist.

Beispiel:

- G.1-01: Erste konkrete Maßnahme im Maßnahmenpaket G.1 (Gebäude)

Diese systematische Struktur ermöglicht nicht nur eine effiziente Organisation des Maßnahmenkatalogs, sondern erleichtert auch die Suche, Identifikation und Implementierung spezifischer Klimaschutzmaßnahmen. Jedes Element in dieser Hierarchie trägt dazu bei, die Vielzahl von Maßnahmen übersichtlich zu präsentieren und ihre Integration in den Gesamtkontext des Klimaschutzes zu erleichtern.

14 Beteiligungsprozess

Im Rahmen der Erstellung des IEK war ursprünglich ein breiter Beteiligungsprozess vorgesehen. Mit der Entscheidung zur Erstellung des vorliegenden Kernkonzeptes, wurde die Beteiligung der Öffentlichkeit auf bestehende Gremien und Netzwerke fokussiert. Nachfolgend findet sich eine entsprechende Übersicht sowohl der beratenden Gremien als auch der Beteiligung der Öffentlichkeit und ein Ausblick.

14.1 Beratende Gremien

Wissenschaftlicher Beirat

Der Wissenschaftliche Beirat unterstützte die gutachterlichen Arbeiten im IEK durch eine fachlich, wissenschaftliche Beratung, indem er entsprechende Erfahrungen, Projekte oder innovative Ideen in den Prozess einbrachte. Er setzte sich aus acht Vertretern und Vertreterinnen der Wissenschaft und einem ehemaligen Vertreter der Stadtverwaltung zusammen. In den fünf Treffen brachten die Mitglieder ihre Expertise aus den Bereichen Energie, Verkehr, Klimaschutz sowie Wirtschafts- und Sozialwissenschaften ein. Ein(e) Vertreter(in) des Beirats fungierte als Vertreter(in) für den Runden Tisch.

Zur Diskussion von fachspezifischen Fragstellungen der kommunalen Wärmeplanung wurde aus einigen Mitgliedern des Beirats, ergänzt durch weitere Experten, die „Kompetenzgruppe Wärmeplanung“ gegründet.

Runder Tisch

Um die vielfältigen Dresdner Akteure in den IEK-Prozess einzubinden, wurde ein Runder Tisch als Kommunikations- und Diskussionsplattform ins Leben gerufen. Ziel des Runden Tisches war es, den Bearbeitungsstand des IEK zu kommunizieren und zu diskutieren, kontinuierlich Maßnahmen abzustimmen, Konfliktpotentiale frühzeitig zu erkennen und Lösungen zu finden. Die Mitglieder konnten eigene Ideen und Projekte einbringen und Empfehlungen aussprechen. An den fünf Sitzungen des Runden Tisches nahmen rund 35 Vertreter aus dem Dresdner Stadtrat, der Stadtverwaltung, der Wirtschaft, den städtischen Beteiligungsgesellschaften, von Verbänden und Institutionen sowie Initiativen teil (Abbildung 14-1).

Im Frühjahr 2023 wurde beschlossen, die inhaltliche Arbeit des Runden Tisches stärker in Facharbeitsgruppen zu fokussieren. Dies umfasste die Themen Wärmeplanung, erneuerbare Energien und klimaneutraler Gebäudebestand.

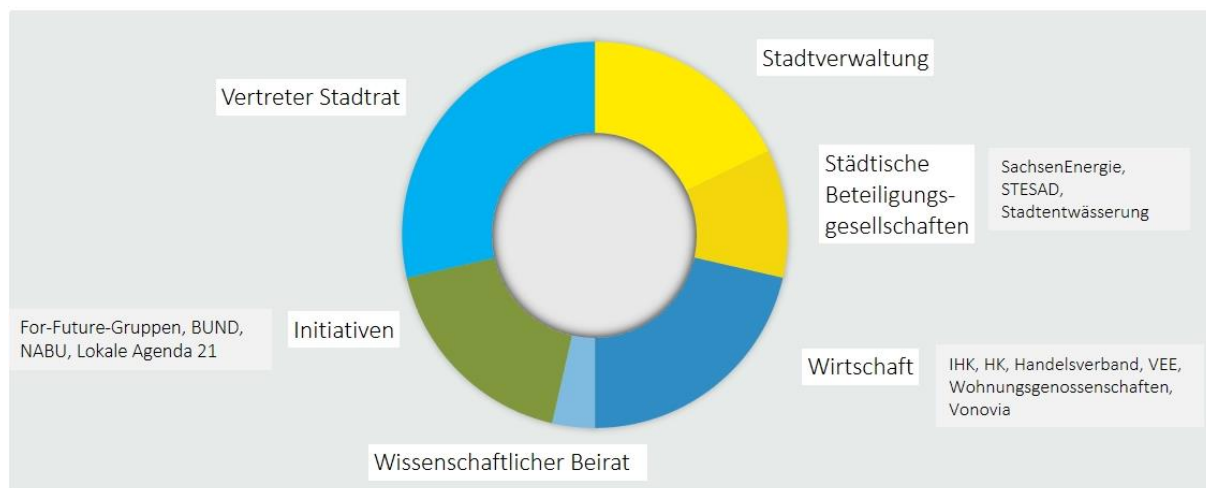


Abbildung 14-1: Zusammensetzung des Runden Tisches

Eine Übersicht der einzelnen Sitzungen findet sich in Band III.

Die benannten Formate Wissenschaftlicher Beirat und Runder Tisch sind beendet und werden nicht fortgeführt.

14.2 Beteiligung der Öffentlichkeit

Ideenfinder

In der zweiten Jahreshälfte 2021 brachten Bürgerinnen und Bürger Ihre Ideen, Projekte und Anregungen zum Klimaschutz in Dresden ein und verorteten diese auf einem digitalen Stadtplan. Gesucht waren Ideen, die möglichst konkret und umsetzbar sind und einen Beitrag zur Verringerung von THG-Emissionen leisten.

Die insgesamt 412 Ideen sind im Aufruf zum Ideenfinder¹⁴⁰ auf einer Karte und im Wortlaut einsehbar. Für eine Analyse der Ideen wurden Stichwörter zugewiesen. Die Wortwolke vermittelt einen Eindruck der aufgeworfenen Themen und deren Häufigkeit der Nennung (Abbildung 14-2).

¹⁴⁰ <https://buerbeteiligung.sachsen.de/portal/dresden/beteiligung/themen/1025087> [Zugriff am 02.01.2024].



Abbildung 14-2: Wortwolke zu den im Ideenfinder genannten Ideen (Quelle: Klimaschutzstab mit Hilfe der Seite www.wortwolken.com)

Zwei Ideen seien exemplarisch genannt:

- Entwicklung einer kleinräumigen Infrastruktur für die Ab- und Weitergabe von Gebrauchsgütern, idealerweise verbunden mit Reparatur-, Re/Upcycling-Werkstätten.
- Die Errichtung von PV-Anlagen auf den zahlreichen Parkplätzen der Stadt hätte neben dem großen Potential an erneuerbarer Energie noch den positiven Nebeneffekt der Beschattung.

Für bereits konkret ausgearbeitete Ideen oder solche, die eventuell selbst umgesetzt werden sollen, wurde ein Wettbewerb ausgerufen. Von den eingereichten Wettbewerbsbeiträgen wurden die zehn besten vom Klimaschutzstab ausgewählt, wobei Kriterien wie die Konkretetheit der Idee, der Klimaschutzeffekt sowie die Übertragbarkeit auf andere Orte berücksichtigt wurden. Die Beteiligten der besten Wettbewerbsideen wurden zu einem Workshop im September 2022 ins Rathaus eingeladen.

Inhaltlich passende Ideen wurden im Rahmen der Erarbeitung des IEK berücksichtigt bzw. werden Eingang in Stufe II finden. Ein Teil der Ideen war sehr konkret und umsetzungsbezogen, einige betrafen Klimaschutzaspekte nur am Rande. Daher wurden viele Ideen an die zuständigen Fachämter in der Stadtverwaltung weitergeleitet (siehe Band III).

Beispielhaft sei der Umgang mit den Ideen zur Mobilität erläutert. Das Amt für Stadtplanung und Mobilität erarbeitet derzeit die Fortschreibung des Dresdner Mobilitätsplanes DMP2035+ (siehe auch Kapitel 8.3). Einige Ideen sind schon in bestehenden Fachkonzepten, wie dem Radverkehrskonzept oder der Fußverkehrsstrategie enthalten. Viele ortskonkrete Ideen und Vorschläge sind bereits in den Maßnahmengruppen enthalten, mit denen in der Szenarienphase des DMP2035+ gearbeitet wird. Einige Ideen sind sehr kleinteilig und deshalb nicht relevant für den DMP2035+. Einige Beiträge sind lediglich Kommentare und Meinungsäußerungen. Generell werden die Ideen als Wissensspeicher für den Planungsprozess verwendet. Drei Beispiele dafür:

- Der Vorschlag einer streckenweisen Verbreiterung des Elbradwegs zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und der Attraktivität wird eventuell als Maßnahme aufgenommen.
- Die Anregung zu mehr Fahrradparkhäusern wird in der Maßnahmengruppe 17 berücksichtigt

- Der Vorschlag Tempo 30 in der Innenstadt wird in der Maßnahmengruppe 71 berücksichtigt.

Infobox: Einige Ideen aus dem Ideenfinder

Idee: Die Stadtplanung und die Stadterneuerung vergeben jährlich Auszeichnungen für ästhetisch/architektonisch gut gestaltete Solaranlagen bei Neubauvorhaben und im Gebäudebestand. Damit wird die Solarnutzung mit einem Wettbewerbsgedanken angeregt, die Akzeptanz in der Architektenschaft sowie beim Denkmalschutz verstärkt, und es werden neue Innovationen in den technischen Gestaltungsmöglichkeiten initiiert.

Antwort des Amtes für Stadtplanung und Mobilität: Die Anregung leitet sich aus den übergreifenden Zielen und Herausforderungen zur Transformation der energetischen Infrastruktur ab. Ein Teilaspekt dabei ist der baukulturelle Umgang mit neuen Bauelementen in Zusammenhang mit dem Ausbau einer dezentralen Energiegewinnung (wie Solarstrom, Solarthermie etc.) an Gebäuden und Bauwerken. Gemessen an der gegenwärtigen Bedeutung dieser Aufgabe soll geprüft werden, ob der städtisch zu vergebende "Erlweinpreis" schon ab 2024 inhaltlich und finanziell mit einem Nebenpreis (sinngemäß: Sonder-Erlweinpreis der energetischen Transformation) erweitert werden kann.

Idee: Die Magazinstraße ist in einem sehr schlechten Zustand - Radfahren ist dort fast nicht möglich. Es bedarf hier einer grundhaften Sanierung der Straßenverkehrsfläche - das würde auch dem Radverkehr aus dem Norden helfen. Begründung: Nach einer Sanierung wäre eine Benutzung dieser Straße eine zu bevorzugende Route für das Radfahren von/nach Norden - statt auf einem Radstreifen (stadtwärts, Radstreifen hört am Industriegelände plötzlich auf) und auf dem Geh-/Radweg (stadtauswärts) neben dem Straßenverkehr (Lärm, Abgase) zu fahren.

Antwort des Amtes für Stadtplanung und Mobilität: Die Ertüchtigung der Oberfläche auf der Magazinstraße ist derzeit in Planung (Entwurfsplanung). Radfahrer können auf der neuen Oberfläche dann besser fahren. Perspektivisch wird die Magazinstraße Teil des Radschnellwegs zwischen Dresden-Neustadt und Klotzsche-Langebrück-Radeberg. Weitere Infos zu Radschnellwegen finden Sie hier: www.dresden.de/radschnellwege.

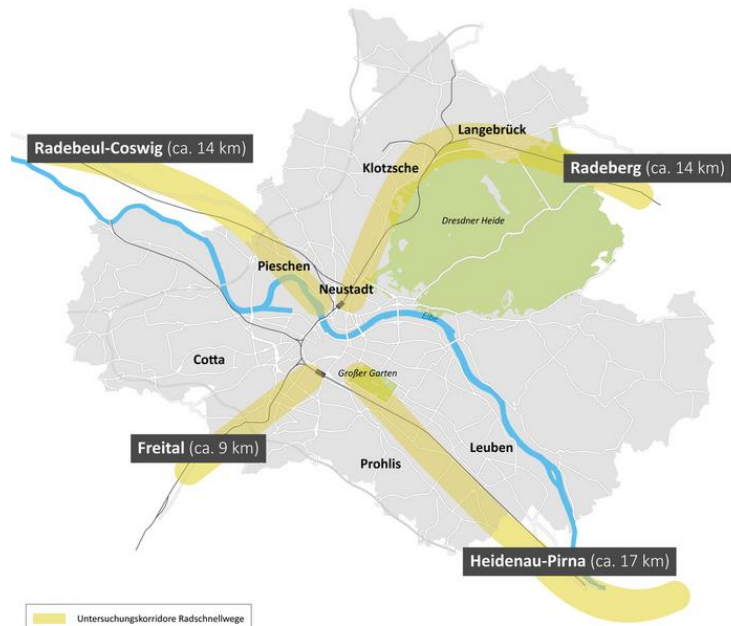


Abbildung 14-3: Vier Korridore für Radschnellwege in und um Dresden wurden untersucht (Quelle: Amt für Stadtplanung und Mobilität)

Klimaschutzforum

Im Juli 2021 fand das öffentliche Klimaschutzforum "Aufbruch! Mit neuer Energie fürs Klima" in Dresden als Videokonferenz statt¹⁴¹. Damit begann die Bürgerbeteiligung zur Fortschreibung des IEK. Mit zwei Impulsvorträgen wurde der Kernfrage der Veranstaltung nachgegangen „Wir wollen mehr Klimaschutz in Dresden!? – Warum überhaupt?“. Im zweiten Teil gab es vier virtuelle Räume, in welchen diskutiert und Ideen, Projekte sowie Hinweise für ein klimafreundliches Dresden gesammelt wurden.

Themenworkshops

Es fanden fünf Themenworkshops zusammen mit Akteuren aus Verwaltung, (Versorgungs-) Unternehmen, Vereinen, Privatwirtschaft, Schulen etc. statt:

- „Dekarbonisierung dezentraler Wärme- und Stromerzeugungsanlagen“, Ziel: Identifikation von Maßnahmen
- „Dekarbonisierung zentraler Wärme- und Stromerzeugungsanlagen“, Ziel: Identifikation von Maßnahmen
- „Energetische Modernisierung von Wohngebäuden“, Ziel: Identifikation von Maßnahmen mit dem Fokus auf das Eigentum von Wohnungsgenossenschaften bzw. privaten Vermietern
- „Strategien und Instrumente Energie- und Ressourceneffizienz bei Unternehmen in Dresden“: Ziel: Eruierung von begleitenden Angeboten zur Unterstützung der Unternehmen bei der Umsetzung eigener Maßnahmen
- „Reallabor Klimaschulen – Vom Modell in die breite Anwendung“, Ziel: Entwicklung von Strategien und Maßnahmen zur Förderung und Verstetigung von Klimaschutzthemen in Dresdner Bildungseinrichtungen

Beteiligung Kinder und Jugendliche

Kinder aus sechs verschiedenen Schulen bzw. Horten in den Klassenstufen 3 und 4 wurden vom Spielmobil Wirbelwind der Outlaw gGmbH, initiiert von der Kinder- und Jugendbeauftragten der LHD, am IEK beteiligt. Über einen Fragebogen und vertiefende Workshops, die eine gedankliche Zukunftreise beinhalteten, haben etwa 150 Kinder teilgenommen und ihre Wünsche, Ideen und Forderungen an die Stadt beschrieben oder gemalt und einer symbolischen Taube für Ihren „Flug“ ins Rathaus mitgegeben (s. Abbildung 14-4 und Abbildung 14-5).

Die Grundschulkinder haben viele Ideen, was sie selbst tun können: „Ich möchte mehr Bäume pflanzen“ und „Ich werde Müll vom Gehweg einsammeln“ oder „Ich werde meine Eltern bitten, weniger das Auto zu benutzen.“ Es wurden aber auch konkrete Projekte benannt, die direkt in den Schulen bzw. Horten umgesetzt werden können, wie die Errichtung von Solaranlagen auf dem Dach, ein sparsamer Umgang mit Energie, Wasser und Papier, eine bessere Mülltrennung und weniger Elterntaxis.

Die Ergebnisse zeigen die Sorgen und Ängste der Kinder um die Umwelt, aber auch ihre kreativen Ideen, wie die Stadt klimafreundlicher werden kann. Es besteht der eindeutige Wunsch nach einer grünen, saubereren und verkehrsarmen Stadt. Den Kindern wurde innerhalb der Workshops auch vermittelt, dass jeder durch sein Handeln einen Beitrag für eine umweltschonende Lebensweise leisten kann.

¹⁴¹ https://www.dresden.de/de/stadtraum/umwelt/umwelt/klima-und-energie/klimaschutz/klimaschutzkonzept.php?pk_campaign=Shortcut&pk_kwd=iek [Zugriff am 02.01.2024].



Abbildung 14-4: Beispielhaftes Bild aus einem Kinder-Workshop zum Thema Dresden in der Zukunft: „Häuser mit Dachbegrünung und Solarzellen und Eisstand“



Abbildung 14-5: Symbolische Brieftaube mit einigen Wünschen und Forderungen der Grundschul Kinder

Im ersten Halbjahr des Schuljahres 2022/ 2023 wurden durch das Umweltzentrum Dresden jeweils zwei Workshops in sieben Klassen verschiedener Schulen der 6., 7., 9. und 10. Klassenstufe durchgeführt. Die Jugendlichen haben in den Veranstaltungen die nachfolgenden fünf Themenfelder in Gruppen bearbeitet: Erneuerbare Energien, Mobilität, Ernährung und Landwirtschaft, Abfall- und Kreislaufwirtschaft sowie Konsum und Ressourcennutzung.

Aus den Ergebnissen lässt sich ablesen, dass den Jugendlichen vor allem Themen aus deren unmittelbarer Lebenswelt am wichtigsten sind, wie z. B. verbesserte Fahrradinfrastruktur, ÖPNV, Mülltrennung und Recycling, Lebensmittelverschwendung, Verpackungsmüll. Die überwiegende Zahl der beteiligten Jugendlichen weiß noch nicht, welche Herausforderungen im Bereich Klimaschutz tatsächlich bestehen und wie diesen begegnet werden kann.

Es besteht das Interesse an einem Jugendforum und weiteren Workshopformaten, in dem die Ideen und Themen aufgegriffen und vertieft werden. Um konkretere Lösungen und Projekte im schulischen und privaten Alltag anzugehen, sind zukünftig Projektstage mit spezifischen Aufgabenstellungen notwendig, um sich intensiver mit Einzelthemen auseinander zu setzen. Es bietet sich auch ein Bildungsprojekt bzw. eine langfristige Bildungsarbeit an, um die Mitwirkung von Jugendlichen zu vertiefen und zu konkretisieren.

Die durchgeführten Beteiligungsformate zeigen, dass ein großes Potential zur Auseinandersetzung mit den Themen Umwelt- und Klimaschutz bei Kindern und Jugendlichen besteht. Die junge Generation macht sich viele Gedanken, möchte etwas verändern, hat eine klare Vorstellung davon, in was für einer Welt sie leben möchten, aber sie wird bisher nicht auf Augenhöhe wahrgenommen. Die Ideen, Vorschläge und Forderungen der Kinder und Jugendlichen sollten ernst genommen werden, auch weil sie ein Recht auf Beteiligung haben. Die aus dem IEK resultierenden Ergebnisse bzw. diesbezüglichen Beschlüsse des Stadtrates sollten in geeigneter Weise den Kindern und Jugendlichen präsentiert werden. So empfinden sie sich als einen wichtigen Teil im Gesamtgefüge, haben ein Verantwortungsgefühl und spüren Selbstwirksamkeit.

14.3 Fortführung der Beteiligung

Für die Umsetzung der städtischen Strategie zur THG-Neutralität sind Beteiligungsformate für die notwendige Transformation essentiell. Beteiligung ist kein statisches Element, sondern ein kontinuierlicher Prozess, der auf bestehenden Formaten aufbaut und stetig weiterentwickelt wird, um eine langfristige und zielführende Partizipation zu gewährleisten.

Die Ausgestaltung der Beteiligung erfolgt dabei bewusst konkret, um sicherzustellen, dass sie als zielgerichtet wahrgenommen wird. Hierbei wird auf bestehende Formate aufgebaut und diese kontinuierlich weiterentwickelt, um die Partizipation der Bürgerschaft sowie anderer relevanter Akteure zu fördern und zu verstetigen. Darüber hinaus wird regelmäßiger Kontakt zu den Interessenvertretungen von Industrie, Handwerk und Gewerbe gepflegt, insbesondere durch Kontakt mit der Industrie- und Handelskammer sowie der Handwerkskammer.

Für die kommenden Jahre sind folgende konkrete Beteiligungsformate geplant:

- Beteiligung im Rahmen des DMP 2035+: Hier wird insbesondere der Mobidialog als Plattform genutzt, um die Bürgerinnen und Bürger und relevante Akteure aktiv in die Gestaltung des Dresdner Mobilitätsplans 2035+ einzubeziehen.
- Beteiligung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung: Die Planung von nachhaltigen Wärmeversorgungskonzepten sieht die Mitwirkung der Betroffenen vor, um Bedürfnisse und Anforderungen vor Ort angemessen zu berücksichtigen und die Planungen in die Bevölkerung hinein vermitteln zu können. Bezüglich der kommunalen Wärmeplanung besteht ein großes Interesse der Öf-

fentlichkeit bei den konkreten Entwicklungen mitgenommen zu werden, damit notwendige Investitionen mit ausreichendem Vorlauf geplant werden können. Dabei ist ebenfalls eine enge Abstimmung mit dem Handwerk sowie den entsprechenden Unternehmensverbänden vorgesehen.

- Austausch mit Unternehmen (Nachhaltigkeitsstammtisch): Der regelmäßige Austausch mit Unternehmen, beispielsweise im Rahmen des Nachhaltigkeitsstammtischs und der Infotage, fördert eine gemeinsame Herangehensweise an klimafreundliche Geschäftspraktiken und soll vor allem dem Erfahrungsaustausch dienen.
- Klimaschutzforum für Bürgerschaft: Ein spezielles Klimaschutzforum bietet eine Plattform für den Austausch und die Diskussion von Ideen und Vorschlägen aus der Bürgerschaft.
- Regelmäßiger Austausch mit Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsinitiativen: Eine kontinuierliche Kommunikation und Zusammenarbeit mit lokalen Klimaschutz-Initiativen gewährleistet, dass die Expertise und das Engagement dieser Gruppen aktiv in den Klimaschutzprozess einfließen.
- Klimabeirat¹⁴²: Der Klimabeirat berät die Oberbürgermeisterin/ den Oberbürgermeister und den Stadtrat in allen Fragen des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel. Er besteht aus den Vertretern des Stadtrats sowie sachkundigen Einwohnerinnen und Einwohnern aus den Bereichen Hochschuleinrichtungen, städtische Unternehmen, Umwelt-, Verkehrs- und Wirtschaftsverbände welche durch den Stadtrat im Rahmen einer Wahl zu bestimmen sind.
- Entwicklung weiterer Beteiligungsformate zu konkreten Maßnahmenpaketen oder Maßnahmen, auch zur Information/Konsultation z. B. der Bürgerschaft.

Eine der Herausforderungen bei der Beteiligung besteht darin, den eingebrachten Input angemessen in die Weiterentwicklung von Strategien einzubeziehen. Nur wenn dieser Prozess transparent und nachvollziehbar gestaltet wird, kann die Beteiligung als echte Mitgestaltung (Selbstwirksamkeit, Austausch, Wertschätzung) erlebt werden. Dieser dialogische Ansatz bildet die Grundlage für eine gelebte und effektive Beteiligung, die nicht nur als Form, sondern als essentieller Bestandteil des Transformationsprozesses zu einer nachhaltigen Lebensweise wahrgenommen wird.

¹⁴² Zum Zeitpunkt der Konzepterstellung noch nicht abschließend durch den Stadtrat bestätigt.

15 Monitoring- und Controllingkonzept

15.1 Erläuterungen

Der kommunale Klimaschutz erfordert eine umfassende und strukturierte Herangehensweise, insbesondere im Hinblick auf Monitoring und Controlling. Eine effektive Steuerung dieses komplexen Prozesses erfordert die Integration von Top-Down und Bottom-Up Ansätzen, um sowohl übergeordnete Ziele als auch die Vielfalt lokaler Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Top-Down Ansatz

Der Top-Down Ansatz konzentriert sich auf die übergeordneten Ziele und Strategien, die auf regionaler oder kommunaler Ebene festgelegt werden. Dieser Ansatz beginnt mit der Entwicklung klar definierter Klimaschutzstrategien und -ziele durch die politische Führungsebene. Ein zentraler Schritt ist die Festlegung von messbaren Indikatoren, die die Erreichung dieser Ziele überwachen sollen. Dies könnte beispielsweise die Reduzierung der CO₂-Emissionen, die Steigerung der Energieeffizienz oder die Förderung Erneuerbarer Energien (EE) umfassen. Das Monitoring im Top-Down Ansatz beinhaltet die regelmäßige Erfassung und Auswertung dieser Indikatoren auf übergeordneter Ebene. Hier spielen Berichterstattungssysteme und regelmäßige Statusberichte eine entscheidende Rolle. Die Ergebnisse werden dann genutzt, um die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen zu bewerten und gegebenenfalls Anpassungen an der Gesamtstrategie vorzunehmen. Das Controlling auf der oberen Ebene bezieht sich auf die Überwachung finanzieller Ressourcen, die Sicherstellung der Budgettreue und die Bewertung der Kosten-Nutzen-Verhältnisse. Hierbei ist eine enge Verknüpfung mit Entscheidungsebene erforderlich, um sicherzustellen, dass die Klimaschutzmaßnahmen im Einklang mit den politischen Zielsetzungen stehen.

Bottom-Up Ansatz

Im Gegensatz dazu, konzentriert sich der Bottom-Up Ansatz auf die darunterliegende Ebene, indem er die Organisationseinheiten der Verwaltung, Unternehmen, Stadtteile und die Bürgerschaft aktiv in den Klimaschutz einbindet. Dieser Ansatz erkennt die Vielfalt der spezifischen Herausforderungen und Potentiale an und ermöglicht eine differenzierte Umsetzung von Maßnahmen.

Auf dieser Ebene spielen Bürgerbeteiligung, lokale Initiativen und Gemeinschaftsprojekte eine entscheidende Rolle. Das Monitoring im Bottom-Up Ansatz erfordert die Erfassung von Daten auf lokaler Ebene. Partizipative Instrumente wie Befragungen und Workshops können dabei helfen, die Bedürfnisse und Anliegen der jeweiligen Akteure zu berücksichtigen.

Das Bottom-Up Controlling umfasst die Überprüfung und Anpassung von Maßnahmen auf lokaler Ebene, wobei der Fokus auf der Effektivität und Umsetzbarkeit liegt. Die Kommunikation zwischen den lokalen Akteuren, der Verwaltung und der politischen Führungsebene ist entscheidend, um einen reibungslosen Informationsaustausch zu gewährleisten und sicherzustellen, dass lokale Initiativen mit den übergeordneten Strategien in Einklang stehen.

Integrative Herangehensweise

Ein integrierter Ansatz, der Top-Down und Bottom-Up Elemente kombiniert, schafft Synergien und fördert eine umfassende Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen. Die regelmäßige Kommunikation zwischen den verschiedenen Ebenen ermöglicht es, lokale Bedürfnisse in übergeordnete Strategien zu integrieren und gleichzeitig sicherzustellen, dass die Umsetzung vor Ort den übergeordneten Zielen entspricht.

Ein effektives Monitoring und Controlling im kommunalen Klimaschutz erfordert somit nicht nur die Erfassung von Daten und die Überwachung von Indikatoren, sondern auch einen integrativen Ansatz, der die Vielfalt der lokalen Gegebenheiten respektiert und in eine übergeordnete Gesamtstrategie einbindet.

Zur erfolgreichen Umsetzung von Klimaschutz-Maßnahmen und Erreichung von Zielen müssen diese kontinuierlich überwacht, eventuell angepasst bzw. fortgeschrieben werden. Grundsätzlich kann der Erfolg von Klimaschutzaktivitäten auf verschiedenen Ebenen bemessen werden – auf Ebene der gesamten Kommune („top-down“) oder einzelner Maßnahmen („bottom-up“). Das Klimaschutzmanagement der LHD sieht vor, auf beiden Ebenen die Maßnahmen und Aktivitäten zu kontrollieren und zu dokumentieren, wofür sowohl maßnahmenbezogene als auch handlungsfeldbezogene Indikatoren entwickelt werden müssen (bzw. zum Teil bereits entwickelt wurden¹⁴³).

Der Monitoring- und Controllingansatz der LHD, im Sinne von Beobachtung und Steuerung des Prozesses, orientiert sich am Qualitätsmanagement-Zyklus. Dieser Zyklus umfasst folgende Schritte:

- Zielentwicklung und Anpassung,
- Konzeption und Planung,
- Entscheidung/Beschluss,
- Umsetzung,
- Analyse, Kontrolle und Feedback (und ggf. wieder zu Zielentwicklung und Anpassung).

Durch diesen Ansatz ist eine kontinuierliche Rückkopplung zum Maßnahmenfortschritt möglich und es kann auf Veränderungen oder Hindernisse reagiert werden (siehe Abbildung 15-1).

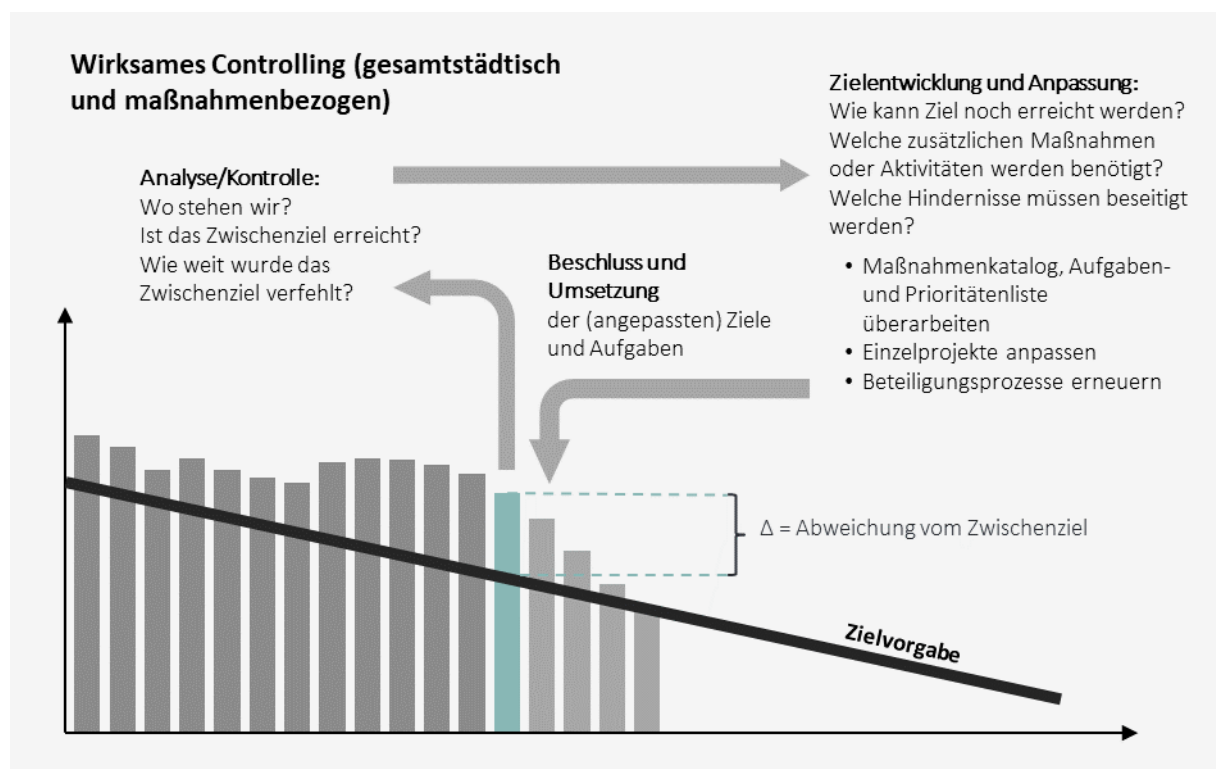


Abbildung 15-1: Ablaufschema des Monitoring und Controlling als Prozess

¹⁴³ Vgl. IEuKK Kurzfassung von 2016, Anhang 1 und 2.

15.2 Monitoring der Entwicklung des Klimaschutzes (Top-down-Ansatz)

15.2.1 Städtische Energie- und THG-Bilanz (BISKO)

Zentrales Element des Monitorings der städtischen Klimaschutzstrategie ist die Erstellung der gesamtstädtischen Energie- und THG-Bilanz (vgl. Kapitel 5.7 und 6). Diese bildet die Basis des quantitativen gesamtstädtischen Klimaschutz-Monitorings. Durch regelmäßige Aktualisierung lassen sich daraus langfristige Entwicklungen des Energieträgereinsatzes, des Endenergieverbrauchs und der THG-Emissionen ablesen.

Die letzte veröffentlichte THG-Bilanz umfasst das Bilanzjahr 2018. Dieser Zeitpunkt liegt nun weit in der Vergangenheit, so dass für die Stadt Dresden für die letzten drei Jahre keine aktuelle BISKO-Bilanz vorliegt. Es ist daher vorgesehen, im Jahr 2024 die THG-Bilanz zu aktualisieren und damit verbunden einen Prozess aufzusetzen mit dem es möglich ist, die Bilanz jährlich vorzulegen. Dabei ist zu beachten, dass aufgrund der Verfügbarkeit von Daten und Statistiken in der Regel die „aktuelle“ Bilanz nur für das vorletzte Jahr erstellt werden kann (also z. B. in 2024 das Bilanzjahr 2022).

Prozess zum regelmäßigen Aktualisieren der THG-Bilanz

Im Rahmen der Bestandsaufarbeitung werden vorhandene Daten und Erfassungstabellen (Excel) genutzt. Bei Bedarf sollen die Erfassungstabellen weiterentwickelt werden, sofern der Aufwand für die Weiterentwicklung den für die grundlegende Erstellung eines neuen Erfassungssystems nicht übersteigt. Erfasste Daten enthalten:

- Abfragen zu Energiebedarfen und -erzeugung beim Energieversorger (mit weitestgehender Zentralisierung der Abfrage),
- Abfragen zu Energiebedarfen der Stadtverwaltung,
- Meldungen der Schornsteinfeger an das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), das die Datentabellen zu den Feuerungsstätten alle fünf Jahre erhebt und der LHD zur Verfügung stellt.

Die Aufarbeitung dient der Orientierung und Identifikation von notwendigen Dokumenten und Abfragetools für die systematische THG-Bilanzierung. Das Ziel ist die Formulierung der Anforderungen an das Erfassungstool zur THG-Bilanz. Zusätzlich ist vorgesehen, einen Vorschlag für ein kontinuierliches Monitoring der Energieverbräuche auf Basis EE zu entwickeln, einschließlich einer Übersicht über vorliegende Datenquellen aus dem KSP zu Energiemengen.

Um die Aufbereitung und Systematisierung voranzutreiben, sollen im Rahmen eines Workshops Fragen zu den Daten und ihrer Einteilungslogik mit den Bearbeitern bei Energieversorgern und der Stadtverwaltung erörtert werden. Das Ziel ist eine abgestimmte Variante zur Erfassung und Einteilung der Daten in die Logik des Klimaschutzplaners (bzw. BISKO-Methodik) für Gewerbe/Handel/Dienstleistung und Sonstige, Industrie, kommunale Einrichtungen und Private Haushalte. Des Weiteren sollen im Workshop notwendige zeitliche Abläufe abgestimmt und in einer Prozessübersicht für die jährliche Erstellung der THG-Bilanz festgehalten werden. Dies umfasst die Dauer der Datenlieferung sowie den möglichen Zeitpunkt der Veröffentlichung der THG-Bilanz. Ebenso sollen auch Synergien mit dem Thema der THG-neutralen Stadtverwaltung (THG-Bilanz der Kernverwaltung) geschaffen werden, um doppelte Datenabfragen zu vermeiden. Ebenso wird der Aufbau des Energiemangagementsystems (siehe Band II, Maßnahme G.1-03) und der Anschaffung einer neuen Energiedatensoftware (siehe Band II, Maßnahme G.1-04) dazu beitragen, die für die THG-Bilanz benötigten Informationen zeitnah zur Verfügung zu stellen.

BISKO-Methodik und Ihre Limitationen in der THG-Bilanzierung

Die BISKO-Methodik zeigt sich als unzureichend für die Darstellung von THG-Neutralität, da sie ausschließlich auf der Erfassung energiebasierter THG-Emissionen beruht und nicht-energetische Emissionen aus Abfall, Abwasser, Landwirtschaft, Industrieprozessen und Produktnutzung außer Acht lässt. Daher führen die methodischen Beschränkungen dazu, dass spezifische Bemühungen im Klimaschutz, wie beispielsweise der lokale Ausbau von EE für die Stromversorgung, nicht in der BISKO-Hauptbilanz erscheinen, da diese ausschließlich mit Bezugsstrom kalkuliert. Jedoch ist der Großteil der THG-Emissionen über den energetischen Anteil erfasst, so dass die BISKO-Methode für die nächsten Jahre in ihrer derzeitigen Form ausreichend die notwendigen THG-Reduktionen aufzeigen kann.

Die Systematik der BISKO-Territorialbilanz ist ebenfalls limitiert, da sie nicht in der Lage ist, Emissionen zu visualisieren, die von der Dresdner Bürgerschaft außerhalb des Stadtgebiets verursacht werden. Nur wenn alle Territorien nach gleicher Systematik THG bilanzieren, ist dieser Ansatz allumfassend. Dies ist nach heutigem Stand noch nicht gegeben.

Notwendigkeit von Ergänzungen durch Nebenbilanzen

Angesichts dieser Limitationen wird vorgeschlagen, die THG-Bilanz nach BISKO (Hauptbilanz) durch zusätzliche Nebenbilanzen zu ergänzen. Diese Nebenbilanzen sollen spezifische Entwicklungen aufzeigen, die in der Hauptbilanz nicht ausreichend berücksichtigt werden können. Durch die Integration von Nebenbilanzen wird ein umfassendes Top-Down-Monitoring ermöglicht, das eine präzisere Abbildung der Summe der lokalen Klimaschutzaktivitäten erlaubt. Dazu gehören zunächst

- Nebenbilanz Verkehr Inländerprinzip (bisher Teil der THG-Bilanz bis 2017),
- Bilanz für Emissionen aus der Landwirtschaft (vgl. Kapitel 8.5),
- Bilanz für Emissionen aus Abfall,
- Bilanz für lokalen Strommix,
- Vergleich der ab 2018 kumulierten THG-Emissionen mit CO₂-Restbudget.

Weitere Nebenbilanzen sollen, wenn eine ausreichende Datenlage und Methoden für die kommunale Ebene geklärt sind, dazukommen um auch weitere Emissionsquellen in die THG-Bilanz aufnehmen zu können.

Ebenso sei darauf hingewiesen, dass die städtische THG-Bilanz nicht der alleinige Indikator für erfolgreiche Klimaschutzaktivitäten in der Stadt ist. Vielmehr ist ein System verschiedener Bewertungsmaßstäbe und -level erforderlich, um die Komplexität der Klimaschutzbemühungen sachgerecht abbilden zu können.

Ausblick und Weiterentwicklung

Es ist anzunehmen, dass die BISKO-Methodik weiterentwickelt wird, um Kommunen in die Lage zu versetzen, THG-Neutralität in ihren kommunalen Bilanzen darzustellen. In diesem Kontext wird die LHD aktiv an den Arbeitsgruppen des Klima-Bündnis teilnehmen und einen intensiven Austausch mit anderen Kommunen sowie den Entwicklern des Klimaschutzplaners pflegen. Diese engagierte Beteiligung soll dazu beitragen, zukünftige Anpassungen der Methodik zu fördern und somit eine verbesserte und standardisierte Abbildung der Klimaschutzmaßnahmen auf kommunaler Ebene zu ermöglichen.

15.2.2 Indikatoren zur Überprüfung der städtischen Klimaschutzstrategie

Die Evaluierung der städtischen Klimaschutzstrategie erfordert präzise Indikatoren, die über die BISKO-Bilanz hinausgehen. Die Energie- und THG-Bilanz bietet bereits wichtige Indikatoren, insbesondere wenn sie nach den Sektoren Gewerbe, Industrie und private Haushalte aufgeschlüsselt wird. Dies ermöglicht eine detaillierte Analyse der Entwicklungen je Verbrauchergruppe.

Die Überprüfung des lokalen Zubaus EE zur Stromversorgung ist ein weiterer entscheidender Aspekt. Dies kann durch die Auswertung von Daten zur Einspeisung von EEG-Anlagen und die Analyse des Marktstammdatenregisters erfolgen. Diese Informationen bieten Einblicke in den Fortschritt bei der Integration EE in das lokale Stromnetz.

Ein weiterer Indikator bezieht sich auf den Wärmeverbrauch privater Haushalte im Verhältnis zur Gesamt-Wohnfläche. Diese Kennzahl ermöglicht die Überprüfung von Entwicklungen in der energetischen Sanierung und des Nutzerverhaltens. Durch die genaue Analyse des Wärmeverbrauchs lässt sich beurteilen, inwieweit Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und Verhaltensänderungen umgesetzt werden.

Ein zusätzlicher Indikator zur Darstellung der Reduktion von Treibhausgasen könnte der Bezug des Energieverbrauchs von Unternehmen auf deren Wirtschaftsleistung sein. Diese Kennzahl ermöglicht es, die Effizienz von Unternehmen in Bezug auf ihren Energieverbrauch zu bewerten und dient als wichtiger Faktor bei der Bewertung der wirtschaftlichen Nachhaltigkeit.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Monitoring- und Controllingkonzepts soll ein Set aus sinnvollen Indikatoren aufgebaut werden, das eine stetige und konkrete Überprüfung der Entwicklung von einzelnen Bereichen (idealerweise auf Ebene von Maßnahmenpaketen, siehe Band II) ermöglicht wird. Dabei muss der Aufwand der Beschaffung der notwendigen Daten auf ein vertretbares Maß reduziert werden, damit die Aktualisierung der Indikatoren jährlich gemeinsam mit der Erstellung der THG-Bilanz erfolgen kann.

Infobox: Der European Energy Award

Die Teilnahme am European Energy Award (eea) bietet auch für Kommunen, die bereits erfolgreich Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt haben und über ein etabliertes System zur Organisation der Klimaschutzarbeit verfügen, eine Reihe von Vorteilen:

- Externe Validierung und Anerkennung: Die Teilnahme am eea ermöglicht eine externe Validierung der bisherigen Klimaschutzleistungen. Die Zertifizierung durch den eea, einem international anerkannten Programm, unterstreicht die Ernsthaftigkeit und Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen. Dies stärkt nicht nur das Selbstvertrauen der Kommune, sondern verleiht auch Glaubwürdigkeit und Anerkennung auf nationaler und internationaler Ebene.
- Benchmarking und Best-Practice-Austausch: Der eea bietet die Möglichkeit zum Benchmarking mit anderen teilnehmenden Kommunen. Durch den Vergleich von Leistungen und Best-Practice-Beispielen können wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden. Dies fördert eine kontinuierliche Verbesserung und die Implementierung effektiverer Klimaschutzstrategien.
- Zusätzliche Impulse für Klimaschutzmaßnahmen: Die Teilnahme am eea kann neue Anreize und Impulse für die Weiterentwicklung von Klimaschutzmaßnahmen schaffen. Durch die systematische Überprüfung im Rahmen des eea-Prozesses werden möglicherweise bislang unentdeckte Potentiale und Optimierungsmöglichkeiten sichtbar.
- Zugang zu Netzwerken und Fördermöglichkeiten: Als Teil des eea-Netzwerks erhält die Kommune Zugang zu einem breiten Netzwerk von Kommunen, Institutionen und Experten im Bereich Energie und Klimaschutz. Dies kann nicht nur den Austausch von Know-how erleichtern, sondern auch den Zugang zu neuen Fördermöglichkeiten und Kooperationsprojekten ermöglichen.
- Langfristige Verankerung von Klimaschutzzielen: Die Teilnahme am eea unterstützt die langfristige Verankerung von Klimaschutzzielen in der Kommunalpolitik. Durch die regelmäßige Evaluation und Aktualisierung im Rahmen des eea-Prozesses wird sichergestellt, dass die Klimaschutzaktivitäten an aktuelle Herausforderungen angepasst und langfristig verfolgt werden.

Infobox: Der European Energy Award

Insgesamt bietet die Teilnahme am European Energy Award auch für Kommunen mit bereits etablierten Klimaschutzmaßnahmen eine wertvolle Gelegenheit zur weiteren Optimierung, öffentlichen Anerkennung und Integration in ein internationales Netzwerk für Klimaschutzaktivitäten.

Gerade durch die verbindliche und systematische Prüfung durch externe Audits, kann in der LHD das Klimaschutz-Monitoring auf eine weitere Ebene gehoben werden und die Zielerreichung anschaulich durch die Bewertungssystematik des eea dargestellt werden. Der eea ist kein Ersatz eines effektiven gesamtstädtischen Monitoring und Controllings, da dieser vor allem den kommunalen Wirkungsbereich adressiert. Er kann demnach eine Ergänzung zum städtischen Monitoring sein. Ob eine Teilnahme der LHD am eea sinnvoll ist, kann ggf. später neu geprüft werden¹⁴⁴, da dabei auch Aufwand (finanziell und personell) und Nutzen in einem tragbaren Verhältnis stehen müssen.

15.2.3 THG-Bilanz für Stadtverwaltung

Um die Zielstellung der THG-neutralen Stadtverwaltung mit konkreten Daten zu untersetzen, ist für die Kernverwaltung mit den Eigenbetrieben eine THG-Bilanzierung nach dem Corporate Standard des GHG-Protokolls vorzulegen. Dies dient im ersten Schritt dazu, einen Ist-Stand der von der Stadtverwaltung verursachten THG-Emissionen zu erhalten. Die Eigenbetriebe übernehmen die Verantwortung für die Erstellung ihrer individuellen THG-Bilanzen, für die Kernverwaltung gibt es einen übergeordneten Prozess.

Um eine präzise Erfassung zu gewährleisten, kommt spezielle Software zum Einsatz. Diese Software ermöglicht nicht nur die Erfassung der Emissionen, sondern auch die Analyse und Berichterstattung gemäß den Standards des GHG-Protokolls. Der Klimaschutzplaner ist für diese Darstellung nicht verwendbar, da er nicht nach Corporate Standard bilanziert. Ein entscheidender Schritt besteht darin, einheitliche Faktoren und Methoden für die Stadtverwaltung festzulegen, um die Berechnungen zu standardisieren und Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Geschäftseinheiten zu gewährleisten. Im Idealfall kann für alle Organisationseinheiten eine gemeinsame Bilanzierungssoftware verwendet werden (z. B. ESG Cockpit, Ecospeed Business). Es ist auch denkbar, dass verschiedene Softwarelösungen, die auf die individuellen Voraussetzungen der jeweiligen Organisationseinheiten abgestimmt sind, verwendet werden. Dabei ist eine Harmonisierung der jeweiligen Methodik unabdingbar. Dies ist im Rahmen des Prozesses zur THG-neutralen Stadtverwaltung abzustimmen.

Der Bilanzrahmen berücksichtigt eine Vielzahl von Aktivitäten und Prozessen innerhalb der Unternehmensgrenzen. Hierbei werden sowohl direkte Emissionen (Scope 1) als auch indirekte Emissionen aus dem Energiebezug (Scope 2) sowie weitere indirekte Emissionen, die aus externen Quellen wie Lieferketten oder Geschäftsreisen resultieren (Scope 3), in die Berechnungen einbezogen. Im ersten Schritt sollen aufgrund der zum Teil schwierigen Datenbeschaffung zunächst die Emissionen aus Scope 1 und Scope 2 betrachtet werden. Scope 3 soll perspektivisch in die THG-Bilanz der Verwaltung aufgenommen werden.

15.3 Controlling auf Maßnahmenebene (Bottom-up-Ansatz)

Die städtische Klimaschutzstrategie wird durch gezielte Maßnahmenpakete konkret umgesetzt. Für ein effektives Controlling der Maßnahmen ist eine klare Beschreibung der Aufgaben, Zuständigkeiten (mit

¹⁴⁴ Landeshauptstadt Dresden, Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Dresden 2030, Erweiterte Kurzfassung, Stand Februar 2016; Seite 38 ff. und Anhang 2

benannter Ansprechperson) und Erfolgsindikatoren von entscheidender Bedeutung. Diese Klarheit ermöglicht es, die Fortschritte regelmäßig zu überprüfen und potenzielle Hindernisse zeitnah abzubauen.

Die regelmäßige Prüfung des Umsetzungsstandes ist dabei von großer Wichtigkeit, um mögliche Herausforderungen frühzeitig zu erkennen und entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten. Zusätzlich wird der Umsetzungsstand im Rahmen von Beschlusskontrollen dem Stadtrat zur Verfügung gestellt, um Transparenz und Verantwortlichkeit sicherzustellen.

Da sich diese Dokumentation nur auf die aktuell bearbeiteten Maßnahmen ausgewählter Akteure (städtische Ämter und Betriebe sowie Unternehmen mit städtischer Beteiligung) erstrecken kann, bleibt dieses Vorgehen hinsichtlich der insgesamt erreichten Wirkung lückenhaft. Aktivitäten anderer Akteure werden nicht oder nur unvollständig erfasst. In den durch die Maßnahmen-Auswertung nicht erfassten Bereichen, können Emissionsanstiege zu verzeichnen sein. Weil sich die Bottom-up-Methode prinzipiell nicht lückenlos anwenden lässt und Verlagerungs- sowie Verdrängungseffekte nicht abgebildet werden, ist die Gesamteinschätzung der THG-Emissionen sowie des Energieverbrauchs zudem über die gesamtstädtische Bilanzierung (Top-down-Ansatz) nötig.

Ein weiterer Schlüsselaspekt ist die Anwendung einheitlicher Bewertungsmaßstäbe für die verschiedenen Maßnahmen. Dies ermöglicht eine objektive Einschätzung und Priorisierung der Maßnahmen, um Ressourcen effizient zu nutzen und die Klimaschutzziele zielgerichtet zu erreichen.

Der Maßnahmenkatalog des IEK (siehe Band II) beinhaltet Maßnahmen, die in ausführlichen Steckbriefen beschrieben sind. Aus diesen Maßnahmensteckbriefen wird zukünftig ein Kontrollelement entwickelt, das die strukturierte Koordinierung und regelmäßig Überprüfung des Umsetzungsstands und der erreichten Ergebnisse ermöglicht. Dafür soll zukünftig eine Klimaschutzplattform genutzt werden.

Folgende Elemente sollten für das Maßnahmen-Controlling beschrieben bzw. benannt sein:

- Zuständigkeiten mit konkreter Ansprechperson (Federführung, mitwirkende Akteure),
- Zeitraum der Umsetzung und aktueller Status,
- Kostenüberblick,
- Aktivitäten und Meilensteine, (Zwischen)ergebnisse,
- maßnahmenspezifische Indikatoren mit Ziel- und Ist-Zustand,
- ggf. Anpassungsmaßnahmen bei Zielabweichung.

Das Kontrollelement dient dazu, sowohl technische als auch nichttechnische Maßnahmen zu dokumentieren und zu evaluieren, indem Schlussfolgerungen zur Wirksamkeit gezogen werden. Eine Maßnahme gilt als erfolgreich, wenn die maßnahmenbezogenen Indikatoren im vorgegebenen Zielbereich liegen, der durch den Vergleich des Ist- und Ziel-Zustandes definiert ist. Bei festgestellten Abweichungen sollten die Aktivitäten überprüft und entsprechende Anpassungen vorgenommen werden.

Bevor ein effektives Controlling von Maßnahmen durchgeführt werden kann, bedarf es eines Prozesses zur Entwicklung einer verbindlichen, für die Stadtverwaltung standardisierten Methodik zur Bewertung von Maßnahmen und einem dazu gehörigen Abstimmungsprozess. Dazu wurde im Rahmen des IkKA-Projekts¹⁴⁵ (Instrumente für kommunale Klimaschutzarbeit) ein Rahmen und Tools entwickelt. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen in die Erarbeitung eines effektiven und effizienten Maßnahmen-Controllings in der LHD einfließen.

Dazu gehören

- Vereinbarungen zu Berechnungen von Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen (Lebenszyklus-Analyse),
- Vorgabe von einheitlichen Kennwerten (z. B. THG-Emissionsfaktoren),

¹⁴⁵ ifeu/Klimabündnis/IE Leipzig, Gugel B. u. a., Empfehlungen zur Bewertung von Maßnahmen im kommunalen Klimaschutz, April 2023, Heidelberg.

- Vereinbarungen zur Berechnung von THG-Reduktionen auf Maßnahme-Ebene (Empfehlung nach Unterscheidung in BSKO und Nicht-BSKO),
- Unterscheidung nach Arten von Maßnahmen und ihrer Wirkung auf THG-Reduktionen (wichtig bei indirekten Maßnahmen, da diese – weil keine konkrete THG-Reduktion nachgewiesen werden kann – in ihrer Wirkung und Priorität unter- aber auch überschätzt werden können.

Weitere Details zu den Ergebnissen des IkKA-Projekts können im dazugehörigen Ergebnisbericht¹⁴⁵ nachgelesen werden.

15.4 Klimaschutz-Berichterstattung

Die Klimaschutzberichterstattung in Dresden erfolgt durch mehrere Elemente, die einen umfassenden Überblick über die Fortschritte der städtischen Klimaschutzstrategie bieten.

Die Beschlusskontrollen, die über das Ratsinformationssystem einsehbar sind, richten sich an den Stadtrat. Diese geben Auskunft über die Zielerreichung, zum Reduktionspfad und zum aktuellen Stand der Maßnahmen. In den zukünftigen Beschlusskontrollen wird der Umsetzungsstand der Maßnahmen durch ein Ampelsystem veranschaulicht und neue Maßnahmen im Maßnahmenkatalog/-programm benannt werden.

Die noch anzuschaffende Klimaschutzplattform schafft Transparenz für die Öffentlichkeit und ermöglicht eine Schnittstelle für das Reporting. Die laufende Aktualisierung durch die Maßnahmenträger ist dabei essentiell.

Die aktuellen Informationen zum Klimaschutz werden themenbezogen auf der Website veröffentlicht und durch Pressemitteilungen ergänzt.

Zusätzlich erfolgt, wie bisher, alle zwei Jahre eine Zuarbeit zum Umweltbericht mit einem eigenen Kapitel für das Monitoring des Klimaschutzes. Dieser Bericht zeigt nicht nur die Ergebnisse der Energie- und THG-Bilanz im Entwicklungsverlauf, sondern auch den Ist-Zustand der beschlossenen bzw. ergriffenen Maßnahmen und Aktivitäten.

Die Berichterstattung zur städtischen Klimaschutzstrategie ist von entscheidender Bedeutung, da sie nicht nur die Transparenz für die Bürgerschaft und die Öffentlichkeit erhöht, sondern auch einen klaren Überblick über den Fortschritt und die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen ermöglicht. Dies fördert das Vertrauen der Stakeholder, erleichtert die Identifizierung von Optimierungspotenzialen und gewährleistet eine effektive Steuerung der Klimaschutzinitiativen. Zudem ist eine regelmäßige Berichterstattung eine Voraussetzung für die Erfüllung von Verpflichtungen gegenüber internationalen Initiativen wie dem Covenant of Mayors, SECAP und den EU-Städtemissionen.

16 Ausblick

Viele Bausteine auf dem Weg zur THG-Neutralität sind Bestandteil weiterer Fachkonzepte. In den vorherigen Kapiteln wurden diese Zusammenhänge bereits näher dargestellt. Für die Zukunft wird es insofern zentral sein, eine entsprechende Verknüpfung mit den Fachkonzepten sicherzustellen, damit diese ihren Beitrag zur städtischen Klimaschutzstrategie leisten können. Gleichzeitig sind die Ergebnisse dieser Konzepte im Monitoring- und Controlling für das IEK aufzunehmen.

Band II enthält der Logik der Handlungsfelder folgend, erste konkrete Schritte für den Weg zur THG-Neutralität. Die Übersicht in Tabelle 16-1 stellt die relevanten Handlungsfelder sowie die Fachkonzepte/ vertiefenden Studien für die der THG-Bilanz zu Grunde liegenden Energieträger dar.

Tabelle 16-1: Übersicht Handlungsfelder energetische THG-Emissionen

Energieträger	Handlungsfeld	Fachkonzept/ vertiefende Studien
Fossile Kraftstoffe	8.3: Mobilität	DMP 2035+
Wasserstoff	8.1: Gebäudeenergieversorgung 8.5: Industrieprozesse	GTP Wasserstoffagenda
Fernwärme	8.1: Gebäudeenergieversorgung	Dekarbonisierungskonzept/ Wärmetransformationsplan SachsenEnergie AG
Erdgas und fossile Brennstoffe	8.1: Gebäudeenergieversorgung 8.4: Industrieprozesse	Kommunale Wärmeplanung Wasserstoffagenda
Heizstrom	8.2: Gebäudeenergieversorgung	Kommunale Wärmeplanung
Strom	8.1: Gebäudeenergieversorgung 8.2: Ausbau EE in der Fläche 8.3 Mobilität	Kommunale Wärmeplanung PV-Offensive DMP 2035+
	Entwicklung Bundesstrommix	
Erneuerbare Wärme	8.1: Gebäudeenergieversorgung	Kommunale Wärmeplanung

Im Rahmen der Erstellung dieses Konzeptes wurden auch Bausteine bzw. Handlungsfelder identifiziert, welche nicht bzw. nicht umfassend betrachtet werden konnten. Diese werden in den Folgejahren Bestandteil der Arbeit der Stabsstelle für Klimaschutz und Klimawandelanpassung sein. Diese Aufgaben hängen stark von den personellen Ressourcen ab. Einen ersten Ausblick geben die nachfolgenden Ausführungen.

Aktualisierung der THG-Bilanz

Grundlage für einen erfolgreichen Umsetzungsprozess der gesetzten Klimaschutzziele ist eine entsprechende Fortschrittskontrolle. Diese funktioniert nur, wenn die Entwicklung der THG-Emissionen im Stadtgebiet auch zeitnah nachvollzogen werden kann. Zukünftig soll die THG-Bilanz jährlich zum einen

in der Systematik des Klimaschutzplaners (BISKO) und mit einer Nebenbilanz für Verkehr nach dem Verursacherprinzip vorgelegt werden. Dafür ist die Beauftragung eines externen Auftragnehmers vorgesehen. Zum einen sollen in diesem Zusammenhang bestehende Datenquellen überprüft und ein System zur kontinuierlichen Datenerhebung bzw. –bereitstellung etabliert werden. Gleichzeitig soll untersucht werden, an welcher Stellen noch Optimierungsmöglichkeiten bestehen, um die Datengrundlage weiter zu verbessern bspw. über die Erschließung neuer bzw. detaillierterer Datenquellen. Zielsetzung ist für die Zukunft damit ein konsistentes und pünktliches Monitoring gewährleisten zu können.

Für weitere Einzelheiten s. Band II Maßnahme O.8-01 und O.8-02.

Erweiterung der THG-Bilanz um weitere Handlungsfelder

Die THG-Bilanz nach BISKO beinhaltet aktuell ausschließlich endenergiebasierte THG-Emissionen. Diese Methodik ist daher (bisher) nicht geeignet THG-Neutralität im kommunalen Kontext darzustellen. Für die in BISKO nicht enthaltenen Emissionsquellen, wie

- Abfall, Abwasser, Landwirtschaft
- graue Energie: Bau, Konsum, Ernährung (im Sinne des Territorialprinzips)

sollen Bilanzierungsgrundsätze und -methoden erarbeitet werden, um diese ebenfalls in einer THG-Bilanz (zunächst über Nebenbilanzen) abbilden zu können. Dazu gehört auch die Erweiterung der BISKO-Methodik im Rahmen der kommunalen Netzwerke (z. B. Arbeitsgruppen im Klimabündnis) anzuregen und aktiv zu begleiten. Es ist wichtig die Anpassung der Methodik gemeinsam abzustimmen und wissenschaftlich begleiten zu lassen, damit die Vergleichbarkeit unter den Kommunen und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gewährleistet ist.

Für weitere Einzelheiten s. Band II Maßnahme L.1-01 und A.1-01

Kommunale Wärmeplanung

Mit der kommunalen Wärmeplanung hat sich die LHD zum Ziel gesetzt, den komplexen Transformationsprozess zu einer bezahlbaren, sicheren und klimaneutralen Wärmeversorgung beherrschbar zu gestalten und ein möglichst hohes Maß an Planungssicherheit für alle beteiligten Akteure zu schaffen (siehe Kapitel 8.1.1). Als deren Ergebnis entsteht der kommunale Wärmeplan mit einem entsprechenden Maßnahmenkatalog für die Umsetzung, sowie der räumlichen Darstellung von Wärmeversorgungsgebieten. Diese Gebiete werden die Eignung für Wärmenetze, Wasserstoffnetze oder dezentrale Lösungen aufzeigen und Informationen zu den verschiedenen dezentralen Potentialen enthalten.

Im IEK wurden im Rahmen der Gebäudeenergiestudie dafür bereits wesentliche Grundlagen erarbeitet. Dies umfasst die Erhebung des Ist-Zustands, eine Potentialanalyse zu Energieeinsparpotentialen sowie Nutzungs- und Ausbaupotentialen für Abwärme und erneuerbare Wärmequellen (siehe Kapitel 5.2 und 10.3). Im Prozess der Wärmeplanung werden durch Betrachtungen auf Quartiersebene weitere Optimierungen der Ergebnisse der Gebäudeenergiestudie vorgenommen, da sich dadurch im Vergleich zu Lösungen für Einzelgebäude Versorgungslösungen ergeben können, die energieeffizienter und kostenminimierend sind. Im IEK wurden zudem Annahmen zu Effizienzsteigerungen getroffen. Um diese Annahmen vertieft zu prüfen, insbesondere im Hinblick auf den vielfältigen Bestand der Wirtschaft, bedarf es einer weiteren detaillierten Analyse.

Zielsetzung ist die Fertigstellung des kommunalen Wärmeplans bis Ende 2024. Anschließend soll dieser dem Stadtrat in 2025 zur Beschlussfassung vorgelegt werden.

Für weitere Einzelheiten s. Band II Maßnahmepaket G.4.

EU-Städtemission

Im Rahmen der EU-Mission¹⁴⁶ „100 klimaneutrale und intelligente Städte bis 2030“ (kurz EU-Städtemission) sollen europaweit 100 ausgewählte „Pilotstädte“ dabei unterstützt werden, bis 2030 innovative Wege zur THG-Neutralität zu erarbeiten und umzusetzen. Sie sollen weiterhin als Beispiele für andere Städte Europas und darüber hinaus dienen. Die LHD wurde im April 2022 von der Kommission der Europäischen Union zusammen mit 99 weiteren EU-Städten für die EU-Städtemission ausgewählt.

Alle teilnehmenden Städte an der EU-Städtemission sind beauftragt, in einem ersten Schritt ein (rechtlich nicht bindendes) Rahmendokument bzw. einen Gesamtplan – den sogenannten Climate City Contract – zu erstellen. Die fachliche Grundlage und Inhalte des Climate City Contracts bilden das vorliegende IEK sowie weitere städtische klimarelevante Beschlüsse. Relevante Partner aus etablierten Beteiligungsformaten des IEK und anderer Klimaschutzrelevanter Fachkonzepte (z. B. im Rahmen des DMP 2035+) sollen für die Unterstützung des „Climate City Contracts“ gewonnen werden.

Die EU-Städtemission ist auf kontinuierliche Arbeit ausgelegt und soll fester Bestandteil der Klimaschutzstrategie der LHD werden. Der Climate City Contract soll laufend (alle zwei Jahre) aktualisiert werden.

Für weitere Einzelheiten s. Band III und Band II Maßnahme O.5-01.

THG-neutrale Stadtverwaltung

Der originäre kommunale Handlungsspielraum liegt in der THG-Neutralität der eigenen Liegenschaften und der kommunalen Emissionsquellen. Dafür wird für die LHD das Ziel der THG-Neutralität bis 2035 vorgeschlagen.

Dies entspricht dem Vorgehen vieler Kommunen bzw. ergibt sich in anderen Bundesländern bereits aus der Vorgabe durch Landesgesetze. Zur Umsetzung dieser Zielsetzung ist ein eigener Umsetzungsfahrplan mit entsprechenden konkreten Maßnahmen zu erarbeiten.

Für weitere Einzelheiten siehe Kapitel 8.9.2 und Band II Maßnahmenpaket O.6.

Weiterentwicklung Maßnahmenkatalog

Der Maßnahmenkatalog im Band II ist kontinuierlich weiter zu entwickeln. Im Ergebnis soll ein Maßnahmenprogramm vorliegen, welches den vom Stadtrat beschlossenen Zielpfad zur Erreichung von THG-Neutralität abbildet. Das Maßnahmenprogramm kann auf Maßnahmenebene die im Reduktionspfad ausgewiesenen THG-Minderungen nicht vollständig abbilden, da diese sich auf verschiedene Akteursebenen (Verwaltung, Stadtgesellschaft, Einfluss durch äußere Rahmenbedingungen) aufteilen. Dabei ist der kommunale Handlungsspielraum deutlich zu machen und Handlungsempfehlungen für andere Akteure außerhalb der Zuständigkeit der LHD mit zu berücksichtigen. Für die Öffentlichkeit soll dieses über die Website der LHD zugänglich gemacht werden, um eine kontinuierliche Fortschrittskontrolle zu gewährleisten.

Für weitere Einzelheiten siehe Kapitel 13 und Band II Maßnahmensteckbrief O.4-02.

Monitoring- und Controllingkonzept

Die Grundlage für eine effektive Klimaschutzarbeit ist der Aufbau einer durchdachten und wirksamen Monitoring- und Controlling-Struktur. Ein wesentlicher Schritt dazu ist die Identifikation und Festlegung entsprechender Indikatoren, die die Wirksamkeit der gewählten Maßnahmen zur Erreichung der THG-Neutralität sichtbar machen. Diese Indikatoren werden im Rahmen des Maßnahmenprogramms

¹⁴⁶ Weitere Informationen auf der Website des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz: <https://www.nsk-kem.de/klima/missionen> [Zugriff am 13.09.2023].

konkretisiert. Ein gemeinsamer Dialog mit den Stakeholdern ist hierbei essentiell, um die Verfahren zur regelmäßigen Datenerfassung und -meldung in Abstimmung mit allen Beteiligten zu definieren.

Ein zentraler Baustein dieser Struktur ist die regelmäßige Aktualisierung der THG-Bilanz, wie im Maßnahmensteckbrief O.8-01 näher erläutert. Dies gewährleistet, dass die erfassten Daten stets auf dem neuesten Stand sind und als Grundlage für fundierte Entscheidungen und Anpassungen der Klimaschutzstrategie dienen.

Des Weiteren ist es notwendig, ein Verfahren zu entwickeln, wie auf Fehlentwicklungen oder das Nicht-Erreichen von Zwischenzielen zeitnah reagiert werden kann, ohne einen umfassenden Fortschreibungsprozess zu durchlaufen. Dies erfordert eine flexible Nachsteuerungsmöglichkeit, die in kurzer Zeit umgesetzt werden kann, um eine effiziente Anpassung an veränderte Gegebenheiten sicherzustellen. Die Aktualisierung des Reduktionspfads beinhaltet die Integration neuer Potentiale und Entwicklungen sowie den Abgleich mit der THG-Bilanz. Eine kontinuierliche Anpassung soll insbesondere bei signifikanten Veränderungen der Rahmenbedingungen erfolgen. Die Prüfung notwendiger Anpassungen erfolgt spätestens bei Erreichen der Zwischenziele, wobei zu beachten ist, dass die Nachlaufzeit der THG-Bilanz zwei Jahre beträgt. Die fortlaufende Überprüfung und Anpassung des Pfads gewährleistet somit eine dynamische Reaktion auf aktuelle Entwicklungen und ermöglicht eine effektive Steuerung im Sinne der THG-Reduktion.

Für weitere Einzelheiten sei auf Kapitel 15 sowie Band II, Maßnahmenpaket O.8 verwiesen.

Vertiefende Beteiligung und Öffentlichkeitsarbeit

Eine umfassende Beteiligung über die im IEK beschriebenen Formate soll im Anschluss an die Beschlussfassung zum IEK erfolgen, um den erforderlichen Transformationsprozess zu unterstützen. Die bisherige enge Zusammenarbeit mit den städtischen Unternehmen wird entsprechend fortgesetzt. Der Transformationsprozess dient der Aktivierung der Akteure in der Stadtgesellschaft, der Verstärkung der einzelnen Aktivitäten und das Zusammenwirken hinsichtlich einer städtischen Gesamtstrategie.

Um eine wirkungsvolle Beteiligung und Öffentlichkeitsarbeit im Bereich Klimaschutz zu gewährleisten, empfiehlt es sich, ein strukturiertes Beteiligungskonzept und einen Kommunikationsplan zu entwickeln. Diese Instrumente dienen dazu Ziele, Zielgruppen, Kommunikationskanäle und Aktivitäten klar zu definieren. Ihre verstärkte Anwendung in der LHD wird zukünftig dazu beitragen, die vielfältigen Bemühungen verschiedener Akteure im Bereich Klimaschutz zu bündeln und zu stabilisieren. Dabei kann es auch notwendig sein, die Kommunikationsstrategie im Klimaschutz zu reorganisieren oder externe Dienstleister für Unterstützung hinzuzuziehen.

Siehe auch Kapitel 14.3 und Maßnahmenpaket O.2 und dazugehörige Maßnahmen in Band II.

Kompensation von Restemissionen und THG-Senken

Auch das Thema der Kompensation von Restemissionen und THG-Senken soll im Nachgang näher beleuchtet werden, da es für den kommunalen Kontext noch keine gesicherten Anrechnungsmethoden gibt und dieser erst in den kommunalen Netzwerken diskutiert und erarbeitet werden muss. Dabei wird sich die LHD aktiv einbringen. Fokus der ersten Jahre wird aber das Vermeiden vor dem Kompensieren sein (siehe auch Kapitel 8.5 und 8.8).

17 Abkürzungsverzeichnis

ABK	Abwasserbeseitigungskonzept
AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Use
AG	Aktiengesellschaft
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem
AWK	Abfallwirtschaftskonzept
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk
BECCS	Biomasse Carbon Capture and Storage
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BISKO	Bilanzierungsstandard Kommunal
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klima
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
BNetzA	Bundesnetzagentur
CAES	Compressed Air Energy Storage
CCUS	Carbon Capture and Use or Storage
CH ₄	Erdgas, Methan
CO ₂	Kohlendioxid
CSS	CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive
DACCS	Direkt Air Carbon Capture and Storage
DMP	Dresdner Mobilitätsplan 2035+
DNK	Deutscher Nachhaltigkeitskodex
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
EE	Erneuerbare Energien
eea	European Energy Award

EHB	European Hydrogen Backbone
EU	Europäische Union
EU-ETS	Europäischen Emissionshandel
FW	Fernwärme
GHG	Green House Gas(es)
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GPC	Green-House-Gas-Protocol for Cities
GTP	Gasnetzgebietstransformationsplanes
GWP	Global Warming Potential
H ₂	Wasserstoff (chemisches Zeichen)
IEuKK	Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept (2013)
IEK	Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept
INSEK	Integriertes Stadtentwicklungskonzept
IÖR	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat)
IPCEI	Important Project of Common European Interest
IPPU	Industrial Processes and Product Use
JAZ	Jahresarbeitszahl
KA	Kläranlage
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KSP	Klimaschutzplaner
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWP	Kommunale Wärmeplanung
LHD	Landeshauptstadt Dresden
LfULG	Landesamt für Umwelt und Geologie
MIV	motorisierter Individualverkehr
NAP	Netzausbauplan

N ₂ O	Lachgas
OB	Oberbürgermeister
OE	Organisationseinheiten
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PG	Projektgruppe
PotEEGeb-Studie	Potentiale Erneuerbare Energien an Gebäuden Studie
RFB	Redox-Flowbatterie-Kosten
PSH	Pumpspeicherkraftwerk
PtH	Power to Heat
PtM	Power to Mobility
PtX	Power to X
PV	Photovoltaik
PVT	Photovoltaik und Solarthermie
SECAP	Sustainable Energy and Climate Action Plan
SEDD	Stadtentwässerung Dresden GmbH
SG	Steuergruppe
SR	Stadtrat
SRD	Stadtreinigung Dresden GmbH
ST	Solarthermie
TAB	Thermische Abfallbehandlung
THG	Treibhausgas(e)
TSMC	Taiwan Semiconductor Manufacturing Company
UBA	Umweltbundesamt
UN	United Nations
WEA	Windenergieanlage
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WPG	Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze

18 Gängige physikalische Einheiten

t	Tonne
tC/ha	Tonnen Kohlenstoff pro Hektar
$t_{\text{CO}_2, \text{äq}}$ auch $t_{\text{CO}_2\text{e}}$	Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente
TWh	Terrawattstunden
M..	Mega-...
MW	Megawatt
MWh _{el}	Megawattstunden elektrisch
MWh _{th}	Megawattstunden thermisch
MW _p	Megawatt Peak
k..	Kilo-...
kg/(E*a)	Kilogramm je Einwohner und Jahr
kWh/m ² a	Kilowattstunden pro Quadratmeter jährlich
kW _p	Kilowattpeak
G..	Giga-...
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunden
$t_{\text{CO}_2, \text{äq}}/\text{ha}^* \text{a}$	Tonnen CO ₂ -Äquivalente pro Hektar und Jahr
EW/a	Einwohner pro Jahr
TWh	Terrawattstunden

19 Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Übersicht über die Wirkebenen und Zielwerte zur THG-Minderung	20
Tabelle 5-2: Übersicht Gebäudezuordnung der Strombedarfe.....	24
Tabelle 5-3: Endenergiebedarf für den Bereich „Wirtschaft“ laut städtischer THG-Bilanz 2018.....	25
Tabelle 5-4: Erzeugerpark inkl. Wärmespeicher im zentralen Fernwärmenetz Dresden.....	28
Tabelle 5-5: Übersicht Energiespeicher	30
Tabelle 5-6: Stromerzeugungsanlagen Erneuerbare Energien, Stand 31.12.2022/31.12.2023	31
Tabelle 6-1: Kategorien von THG-Emissionsquellen nach Greenhouse-Gas-Protocol for Cities (GPC) ..	37
Tabelle 7-1: Zielwerte für den Pfad zur THG-Neutralität in absoluten THG-Emissionen	44
Tabelle 8-1: Wärmenetztypen	49
Tabelle 8-2: Übersicht Gebäudeenergieversorgung	59
Tabelle 8-3: Spezifische THG-Emissionsmengen für den Verkehr in Dresden im Jahr 2019	64
Tabelle 8-4: THG-Emissionskategorien bezogen auf die kommunale Verwaltung.....	92
Tabelle 9-1: Details zu den im IEK verwendeten Szenarien	97
Tabelle 10-1: Entwicklung Anträge auf denkmalschutzrechtliche Genehmigung.....	109
Tabelle 10-2: Potentiale Gebäude-PV und deren Szenarien abhängige Realisierung	111
Tabelle 10-3: Übersicht Umgebungswärmequelle, die fett markierten Quellen wurden detailliert untersucht	115
Tabelle 10-4: Deckungspotential Erdkollektoren.....	116
Tabelle 10-5: Deckungspotentiale Erdsonden	117
Tabelle 10-6: Deckungspotential durch Luft-Wasser-Wärmepumpen	119
Tabelle 10-7: Übersicht Abwärmepotentialbegriffe	120
Tabelle 10-8: Deckungspotential oberflächennaher Geothermie Gesamtstadt	121
Tabelle 10-9: Umweltwärme-Deckungsanteile am Nutzwärmebedarf 2045 (Raumwärme und Warmwasser).....	122
Tabelle 10-10: Investitionen für Heizungswechsel zur Potentialerschließung der Umweltwärme	122
Tabelle 10-11: Szenarienabhängige Heizungswechselraten	122
Tabelle 10-12: Potentiale Parkplatzflächen-PV	124
Tabelle 10-13: Wirtschaftliche Kennzahlen Parkplatz-PV über 20 Jahre.....	125
Tabelle 10-14: Potentiale Agri-PV	128
Tabelle 10-15: Wirtschaftliche Kennzahlen Agri-PV über 20 Jahre	129
Tabelle 10-16: Potentiale Lärmschutzinfrastruktur-PV	130
Tabelle 10-17: Wirtschaftliche Kennzahlen Lärmschutz-PV über 20 Jahre	131
Tabelle 10-18: Potential Floating-PV.....	132

Tabelle 10-19: Wirtschaftliche Kennzahlen Floating-PV über 20 Jahre	133
Tabelle 10-20: Potentiale sonstige Flächen	133
Tabelle 10-21: Wirtschaftliche Kennzahlen Sonstige-Freiflächen-PV über 20 Jahre	134
Tabelle 10-22: Übersicht Potentiale gebäudeunabhängige PV	139
Tabelle 10-23: Potentiale von WEA in Dresden	141
Tabelle 10-24: Wirtschaftskennzahlen über 20 Jahre für zwei WEA Varianten	143
Tabelle 10-25: Übersicht Großwärmepumpenprojekte, Stand	146
Tabelle 10-26: Übersicht Wasserstoff-Farben	152
Tabelle 10-27: Angesetzte THG-Emissionen für Wasserstoff	153
Tabelle 10-28: Übersicht Wasserstoffstrategien	154
Tabelle 11-1: Wirkmechanismen der untersuchten Minderungspotentiale auf den Reduktionspfad	159
Tabelle 12-1: Rahmenbedingungen und Szenariobeschreibung für das Zielvorgabe-Szenario	176
Tabelle 12-2: Übersicht über die Zwischenziele des Reduktionspfads der Zielvorgabe zur Erreichung von THG-Neutralität in Dresden	181
Tabelle 12-3: Zusammenfassung Investitionsbedarfe	184
Tabelle 12-4: Schadenkostenvergleich Zielvorgabe versus Referenzszenario (Kostensatz Klimakosten 268 €/t)	186
Tabelle 13-1: Übersicht der Handlungsfelder im Maßnahmenkatalog	189
Tabelle 16-1: Übersicht Handlungsfelder energetische THG-Emissionen	206

20 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5-1: Baualterstruktur der Wohnungen in Dresden aus dem Jahr 2017	21
Abbildung 5-2: Anzahl der Gebäude je Effizienzstufe, Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser	22
Abbildung 5-3: Sanierungsstatus der Gebäude in Dresden (Quelle: BLS/DigiKoo).....	23
Abbildung 5-4: Verteilung der Heiztechnologien in Dresden (Quelle: BLS/DigiKoo).....	23
Abbildung 5-5: Räumliche Verteilung und Histogramm für den Kostenanteil für Wärme am Haushaltseinkommen (Quelle: BLS/DigiKoo)	24
Abbildung 5-6: Anteile der Halbleiterindustrie am Strom- und Erdgasverbrauch in Dresden 2018	26
Abbildung 5-7: Fern- und Nahwärmenetze in Dresden (Quelle: SachsenEnergie).....	27
Abbildung 5-8: Räumliche Endenergiebedarfe für Erdgas in Dresden (Quelle: BLS/DigiKoo)	29
Abbildung 5-9: Endenergieverbräuche für die Jahre 2013 bis 2018 der THG-Bilanz Dresden	32
Abbildung 5-10: THG-Emissionen für die Jahre 2013 bis 2018 der THG-Bilanz Dresden (BISKO)	32
Abbildung 5-11: Energieflüsse des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern und Sektoren (Sankey-Diagramm Energiebedarf) für das Jahr 2018	33
Abbildung 5-12: Stoffströme der THG-Emissionen nach Energieträgern und Sektoren (Sankey-Diagramm THG-Emissionen) für das Jahr 2018.....	33
Abbildung 6-1: Anteile von energetischen und nicht-energetischen Emissionsquellen 2018 (Nationales THG-Inventar)	39
Abbildung 7-1: Schema zu Zieldefinition der THG-Neutralität.....	44
Abbildung 8-1: Übersicht über die Handlungsfelder zur Reduktion von Treibhausgasen (eigene Darstellung)	45
Abbildung 8-2: Übersicht energie- und klimaschutzrelevanter Konzepte in Dresden	47
Abbildung 8-3: Gebäude-Wärmeversorgung in Dresden, Energieträgermix und Emissionen (* Endenergiebedarf ohne Prozesswärme, ** \triangleq ca. 27 % der Dresdner Gesamtemissionen)	48
Abbildung 8-4: Technologieüberblick Energiespeicher (Quelle: BVES 2019)	54
Abbildung 8-5: Übersicht Kurzzeit- und Langzeitspeicher nach Zyklenanzahl und Kosten (Quelle: Jülch, Applied Energy 2016).....	55
Abbildung 8-6: In GTP2023 angegebene Jahreszahlprognose für eine 100 %-ige Umstellung auf klimaneutrale Gase	58
Abbildung 8-7: Versuchsfläche in Peickwitz (Foto: Manuel Wewer)	63
Abbildung 8-8: CO ₂ -Emission in Tonnen CO ₂ -Äquivalent im Jahr und nach Verkehrsarten (ohne Binnenschifffahrt und Flugverkehr)	65
Abbildung 8-9: Prozess des Dresdner Mobilitätsplanes 2035+.....	66
Abbildung 8-10: Speicherung von Kohlenstoff in den Ökosystemen in Dresden (Grafik: IÖR)	72
Abbildung 8-11: Bindung und Freisetzung von Treibhausgasen in Dresden (Grafik: IÖR)	73
Abbildung 8-12: Abfallpyramide gem. § 6 Abs. 1 Kreislaufwirtschaftsgesetz	74

Abbildung 8-13: Verwertungsweg Altpapier in der LHD	77
Abbildung 8-14: Verwertungsweg Bioabfälle in der LHD	78
Abbildung 8-15: Entwicklung des Elektroenergieverbrauches der KA Kaditz	80
Abbildung 8-16: Entwicklung Jahresenergieverbrauch und Erzeugung regenerativer Elektroenergie ..	81
Abbildung 8-17: CO ₂ -Reduzierung am Standort KA Kaditz.....	82
Abbildung 8-18: Vergleich derzeitiger und prognostizierter Energiebedarf der KA und des Kanalnetzes	82
Abbildung 8-19: Organisationsstruktur Klimaschutz.....	88
Abbildung 8-20: Etappen zur THG-Neutralen Stadtverwaltung, eigene Darstellung nach UBA.....	91
Abbildung 9-1: Betrachtete Szenarien im IEK	96
Abbildung 10-1: Berechnung des Wärmebedarfs für ein zukünftiges Jahr	102
Abbildung 10-2: Wärmebedarfsentwicklung im Trendszenario.....	103
Abbildung 10-3: Entwicklung der szenarienabhängigen Gebäudestrombedarfe, ohne Industrie und Elektromobilität	104
Abbildung 10-4 Entwicklung Prozessenergiebedarfe.....	105
Abbildung 10-5: Schema der Gebäude-Potentialstudie PotEEGeb	106
Abbildung 10-6: Wirtschaftliche Ertragspotentiale nach Nutzung und Dachgröße (Grafik: IÖR).....	107
Abbildung 10-7: Räumliche Verteilung wirtschaftliche PV-Dachpotentiale (Grafik: IÖR).....	108
Abbildung 10-8: Verhältnis Fassade zu Dach PV-Ertrag am Beispiel Prohlis (Grafik: IÖR).....	109
Abbildung 10-9: Anteile Denkmalschutz am theoretischen Einstrahlungs- und Flächenpotential auf Gebäuden (Grafik: IÖR).....	110
Abbildung 10-10: Ausbaupfade für potentiellen Stromertrag aus PV-Anlagen an Gebäuden	112
Abbildung 10-11: Kumulierte Investitionskosten für Photovoltaik an Gebäuden	113
Abbildung 10-12: Solarthermiefentialkarte (Quelle: BLS/DigiKoo)	114
Abbildung 10-13: Räumliche Darstellung des Erdkollektorenpotentials (Quelle: BLS/DigiKoo).....	116
Abbildung 10-14: Räumliche Darstellung des Erdsondenpotentials (Quelle: BLS/DigiKoo)	117
Abbildung 10-15: Räumliches Deckungspotential Luft-Wasser-Wärmepumpe (Quelle: BLS/digiKoo)	119
Abbildung 10-16: Potentielle Ausbaupfade von Umweltwärmequellen.....	121
Abbildung 10-17: Potential Parkplatz-PV	124
Abbildung 10-18: Investitionskosten Parkplatz-PV	125
Abbildung 10-19: Eine von drei Parkplatzüberdachungen des EBZ (Foto: Thomas Pluntke)	126
Abbildung 10-20: Potentiale Agri-PV	128
Abbildung 10-21: Investitionskosten Agri-PV.....	129
Abbildung 10-22: Ansicht der geplanten PV-Anlage auf der Deponie Radeburger Straße (Grafik: SachsenEnergieAG).....	136
Abbildung 10-23: Potential Sonstige Flächen-PV	136
Abbildung 10-24: Investitionskosten sonstige Flächen-PV	137

Abbildung 10-25: Potential Freiflächen-PV (Gesamt)	138
Abbildung 10-26: Investitionskosten Freiflächen-PV (Gesamt).....	139
Abbildung 10-27: Potentielle Einspeisung durch WEA im Stadtgebiet in verschiedenen Szenarien....	142
Abbildung 10-28: Investitionskosten (Capex) für potentielle WEA im Stadtgebiet Dresden	143
Abbildung 10-29: Volatilität einer rein regenerativen Stromversorgung.....	144
Abbildung 10-30: Strompreiszeitreihe	145
Abbildung 10-31: Potentiale zur Dekarbonisierung der Fernwärme in Dresden, SachsenEnergie AG. 145	
Abbildung 10-32: Verlauf der Dekarbonisierung in der Erzeugungsbilanz des Zentralen Fernwärmesystems in Dresden	149
Abbildung 10-33: Verlauf der CO ₂ -Emissionen im Basisszenario sowie Ausweis der zu vermeidenden CO ₂ -Emissionen in Tsd. tCO ₂ pro Jahr	149
Abbildung 10-34: CO ₂ -Minderungspfad im Beschleunigungsszenario bis zur vollständigen Dekarbonisierung Ende 2035 in Tsd. tCO ₂ pro Jahr	150
Abbildung 10-35: Fernwärmekarte mit Bestands- (rot), Ausbau- (grün) und Prüfgebieten (dunkelgrau) der SachsenEnergie AG, Stand Oktober 2023.....	151
Abbildung 10-36: Entwurf Wasserstoff-Kernnetz, Stand 15.11.2023, Quelle: fnb-gas.de	156
Abbildung 11-1: Funktionsschema des Reduktionsspfadrechners und eingehende Datensätze	161
Abbildung 11-2: Entwicklung Endenergiebedarf nach Energieträgern für Zielszenario Ziel_2035	162
Abbildung 11-3: Entwicklung Endenergiebedarf nach Emissionsquellen für Zielszenario Ziel_2035... 163	
Abbildung 11-4: Entwicklung der Einspeisung durch lokale, erneuerbare Energieanlagen und bilanzieller Strombezug für Zielszenario Ziel_2035	163
Abbildung 11-5: Entwicklung Endenergiebedarf nach Energieträger für Zielszenario Ziel_2040	164
Abbildung 11-6: Entwicklung Endenergiebedarf nach Emissionsquellen für Zielszenario Ziel_2040... 165	
Abbildung 11-7: Entwicklung der Einspeisung durch lokale, erneuerbare Energieanlagen und bilanzieller Strombezug für Zielszenario Ziel_2040	165
Abbildung 11-8: Entwicklung Endenergiebedarf nach Energieträger für Referenzszenario Ref_2045 166	
Abbildung 11-9: Entwicklung Endenergiebedarf nach Emissionsquellen für Referenzszenario Ref_2045	167
Abbildung 11-10: Entwicklung der Einspeisung durch lokale, erneuerbare Energieanlagen und bilanzieller Strombezug für Referenzszenario Ref_2045	167
Abbildung 11-11: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern für Szenario Ziel_2035..... 168	
Abbildung 11-12: Entwicklung der THG-Emissionen nach Emissionsquellen für Zielszenario Ziel_2035	169
Abbildung 11-13: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern für Zielszenario Ziel_2040 169	
Abbildung 11-14: Entwicklung der THG-Emissionen nach Emissionsquellen für Zielszenario Ziel_2040	170
Abbildung 11-15: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern für Referenzszenario Ref_2045	171

Abbildung 11-16: Entwicklung der THG-Emissionen nach Emissionsquellen für Referenzszenario Ref_2045	171
Abbildung 11-17: Vergleich des Gesamtenergiebedarfs für Zielszenarien und Referenzszenario.....	172
Abbildung 11-18: Vergleich des Anteils lokal erzeugter erneuerbarer Energien im lokalen Strommix für Zielszenarien und Referenzszenario (ohne Strombedarf Mobilität)	173
Abbildung 11-19: Vergleich der Entwicklung der THG-Emissionen für Zielszenarien und Referenzszenario	173
Abbildung 11-20: Kumulierte THG-Emissionen für die drei Szenarien von 2020 bis zum dargestellten Jahr	174
Abbildung 11-21: Verbleibende CO ₂ -Restemissionen nach Budgetansatz als Spanne zwischen Mindest- und Maximalbudget für die drei Szenarien ausgehend von 2020 bis zum jeweils angezeigten Jahr ...	175
Abbildung 12-1: Entwicklung der THG-Emissionen nach Energieträgern für die Zielvorgabe des Reduktionspfads	179
Abbildung 12-2: Entwicklung der THG-Emissionen nach Emissionsquellen für die Zielvorgabe des Reduktionspfads	179
Abbildung 12-3: Kontrollierbare Zielwerte für Vorgabe des Reduktionspfads.....	182
Abbildung 14-1: Zusammensetzung des Runden Tisches	191
Abbildung 14-2: Wortwolke zu den im Ideenfinder genannten Ideen (Quelle: Klimaschutzstab mit Hilfe der Seite www.wortwolken.com)	192
Abbildung 14-3: Vier Korridore für Radschnellwege in und um Dresden wurden untersucht (Quelle: Amt für Stadtplanung und Mobilität).....	193
Abbildung 14-4: Beispielhaftes Bild aus einem Kinder-Workshop zum Thema Dresden in der Zukunft: „Häuser mit Dachbegrünung und Solarzellen und Eisstand“	195
Abbildung 14-5: Symbolische Brieftaube mit einigen Wünschen und Forderungen der Grundschulkinder	195
Abbildung 15-1: Ablaufschema des Monitoring und Controlling als Prozess.....	199

21 Glossar

Begriff	Erläuterung
Aggregation	Zusammenfassung mehrerer Einzelgrößen zu einer Gesamtgröße
Benchmark	Ein Benchmark (von englisch benchmark oder bench mark) ist ein Vergleichsmaßstab. Benchmarking (sinngemäß „Maßstäbe vergleichen“) bezeichnet die vergleichende Analyse von Ergebnissen oder Prozessen mit einem festgelegten Bezugswert oder Bezugsprozess.
Blockheizkraftwerke	Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) ist eine modular aufgebaute Anlage zur Gewinnung elektrischer Energie und Wärme, die vorzugsweise am Ort des Wärmeverbrauchs betrieben wird. Es kann auch Nutzwärme in ein Nahwärmenetz eingespeist werden. Die Anlage nutzt dafür das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung.
Capex	CAPEX ist die Abkürzung für das englische capital expenditure, in deutsch die "Investitionskosten". So werden die bei einer Investition getätigten Ausgaben für längerfristige Anlagegüter genannt, beispielsweise Fahrzeugpark, Immobilien oder Maschinen. Nicht berücksichtigt sind hier die Kapitalkosten, die durch die Aufnahme von Krediten anfallen.
Commitment	Bindung, Verpflichtung
Geothermie	Erdwärme ist die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme, sie kann aus dem Erdinneren stammen oder durch Niederschläge oder Schmelzwässer eingebracht worden sein und zählt zu den regenerativen Energien, die durch Erdwärmeübertrager entzogen und genutzt werden kann.
Greentech	Technologien und Dienstleistungen, die Belastungen für die Umwelt von vornherein vermeiden, sie verringern oder bereits entstandene Schäden an der Umwelt beheben. Green Tech vereint also den Umweltaspekt mit Wissenschaft, Technik und Wirtschaft.
Grüner Wasserstoff	Der Begriff grüner Wasserstoff bezeichnet mittels Elektrolyseur gewonnenen Wasserstoff, bei dem der Energiebedarf für die Elektrolyse aus erneuerbaren Energien wie z. B. Windenergie oder Sonnenenergie gedeckt wurde.
H2-Readiness	Eignung einer Energieanlage oder Gasanwendung oder ihrer Bauteile und Komponenten mit Wasserstoff oder wasserstoffhaltigen Brenngasen

Begriff	Erläuterung
interpolieren/Interpolation	Interpolation ist die Schätzung eines Wertes innerhalb zweier bekannter Werte in einer Folge von Werten.
Kraft-Wärme-Kopplung	Kraft-Wärme-Kopplung ist die gleichzeitige Umwandlung von Energie in mechanische oder elektrische Energie und nutzbare Wärme innerhalb eines thermodynamischen Prozesses. Die parallel zur Stromerzeugung produzierte Wärme wird zur Beheizung und Warmwasserbereitung oder für Produktionsprozesse genutzt. Der Einsatz der KWK mindert den Energieeinsatz und daraus resultierende Kohlendioxid-Emissionen.
kongruent	in allen Punkten übereinstimmend, völlig gleich, deckungsgleich
LNG-Gas	Liquefied Natural Gas, Flüssigerdgas
Lock-In-Effekte	Ein Lock-in-Effekt besteht dann, wenn ein Kunde so stark an ein Unternehmen gebunden ist, dass ein Wechsel nur mit erheblichem Aufwand und Kosten möglich ist.
Mindeststandard KfW55	KfW 55 ist ein von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) entwickelter Standard für energieeffiziente Häuser. Das KfW-Effizienzhaus 55 benötigt nur 55 Prozent der Energie eines konventionellen Neubaus und ist daher besonders umweltfreundlich.
Naphtha	Naphtha oder auch Rohbenzin ist die Bezeichnung für eine relativ leichte Erdölfraktion, die in einer Raffinerie aus Rohöl durch fraktionierte Destillation gewonnen wird.
Opex	Opex ist die Abkürzung für das englische operational expenditure, in deutsch Betriebskosten. Er umfasst in der Betriebswirtschaftslehre alle Kosten, die durch die Aufrechterhaltung des operativen Geschäftsbetriebes eines Unternehmens verursacht werden.
Parameterset	Dies beinhaltet die Bündelung aller Faktoren/Deskriptoren, die das --> Szenario beschreiben. Die Faktoren sind auch in ihrer zeitlichen Entwicklung aufgeführt.
Pariser Abkommen	Das „Übereinkommen von Paris“ wurde am 12. Dezember 2015 auf der Weltklimakonferenz in der französischen Hauptstadt beschlossen. Im Sinne der kurz zuvor verabschiedeten Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung verpflichteten sich mit diesem Übereinkommen 195 Staaten, den Klimawandel einzudämmen und die Weltwirtschaft klimafreundlich umzugestalten.
polyzentrisch	mit mehreren Zentren, mehrere Zentren besitzend
Primärbrennstoffe	Der Begriff umfasst sogenannte Primärenergieträger, wie zum Beispiel Braun- und Steinkohlen, Mineralöl oder Erdgas, die entweder direkt genutzt, oder in sogenannte Sekundärenergieträger wie zum Beispiel Kohlebriketts, Kraftstoffe, Strom oder Fernwärme umgewandelt werden.

Begriff	Erläuterung
Quellenbilanz	Eine Quellenbilanz ermöglicht Aussagen über die Gesamtmenge des im Land emittierten Kohlendioxids von der Aufkommenseite. Insofern werden bei einer Quellenbilanz alle Emissionen dargestellt, die auf den Verbrauch von Primärenergieträgern – z. B. Kohlen, Mineralöle und Gase – in einem Land zurückgehen. Diese Emissionen werden für die Emittentensektoren Umwandlungsbereich und Endenergieverbrauch ausgewiesen.
Reduktionsmittel	Ein Reduktionsmittel ist ein Stoff, der formal Elektronen abgibt, somit andere Stoffe reduzieren kann und dabei selbst oxidiert wird.
Sankey-Diagramm	Ein Sankey-Diagramm ist eine graphische Darstellung von Mengenflüssen. Anders als beim Flussdiagramm werden die Mengen durch mengenproportional dicke Pfeile dargestellt
Stützjahr	Zwischenstufe im zeitlichen Ablauf mit für das Jahr ermittelten Werten. Zwischen den Stützjahren wird linear interpoliert.
Szenariorahmen	Ist als Eingangswert für die Betrachtung der möglichen Pfade zu verstehen. Das Szenario beschreibt eine mögliche und wahrscheinliche Zukunft. Das Szenario beruht auf Annahmen, die auf der Einschätzung verschiedener Quellen und Akteure beruhen
Wärmekataster	Ein Wärmekataster ist ein kartografisches Verzeichnis von Wärmequellen und Wärmesenken, also die Verortung der Erzeugung und Verwendung bzw. Bedarf von Wärme.
Überschussstrom	Die EE-Anlagen können wetterbedingt Strom produzieren der weder verbraucht noch gespeichert werden kann. Diese Stromart wird auch als Überschussstrom, negative Residuallast oder Stromüberschuss bezeichnet.
BISKO-Standard	Bilanzierungsstandard Kommunal; Ein Standard nach dem die meisten Kommunen in Deutschland ihre Treibhausgasemissionen berechnen
Rebound-Effekte	Rebound-Effekte treten auf, wenn Einsparungen durch effizientere Nutzung von Ressourcen dazu führen, dass die eingesparten Mittel für zusätzlichen Konsum verwendet werden, was wiederum zu einem Anstieg des Gesamtverbrauchs führt. Dies kann die ursprünglichen Umweltvorteile der Effizienzmaßnahmen verringern.