

EVALUIERUNG UND FORTSCHREIBUNG DES ERFURTER KLIMASCHUTZKONZEPTES

Landeshauptstadt Erfurt, Umwelt- und Naturschutzamt

30. April 2021



Förderprojekt

Die Evaluierung und Fortschreibung des Klimaschutzkonzeptes für die Landeshauptstadt Erfurt wird im Rahmen des Förderprogrammes zur Förderung von Klimaschutz- und Klimafolgenanpassungsmaßnahmen in Kommunen, Richtlinie des Thüringer Ministeriums für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) vom 11.03.2019 (ThürStAnz Nr. 10/2019) gefördert.

Vorhabens-Nr.: 2019 KSM 0108

Auftraggeber

Landeshauptstadt Erfurt

vertreten durch

Jörg Lummitsch

Umwelt- und Naturschutzamt Erfurt

Stauffenbergallee 18

99085 Erfurt

umweltamt@erfurt.de

Tel: 0361/6552600

Bearbeitung durch

Arcadis Germany GmbH (im Folgenden Arcadis genannt)

Europaplatz 3

64293 Darmstadt

Deutschland

www.arcadis.com

St.-Nr. 007 228 04614

USt-Id. DE148634214

Sitz der Gesellschaft: Amtsgericht Darmstadt, HRB 98096

Geschäftsführer: Marcus Herrmann (CEO)

Ansprechpartner

Franziska Hasse

Projektleiterin

M +49173 2004788

E franziska.hasse@arcadis.com

Arcadis Germany GmbH

Neumarkt 29-33

04107 Leipzig

Im vorliegenden Text wird weitestgehend durchgängig die männliche Form benutzt. Im Sinne des Gleichbehandlungsgesetzes sind die Bezeichnungen als nicht geschlechterspezifisch zu betrachten.

INHALT

1	VORWORT	9
2	ZUSAMMENFASSUNG	10
3	BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSRRAUMES	13
3.1	Landeshauptstadt Erfurt	13
3.2	Vorhandene Konzepte	21
3.3	Klimaanpassung in Erfurt	25
3.4	Übergeordnete Vorgaben	28
3.4.1	Internationale und Europa	28
3.4.2	Deutschland	28
3.4.3	Thüringen	28
3.4.4	Nachhaltigkeitsstrategie Erfurt	29
4	IST-ZUSTAND	31
4.1	Energie- und CO ₂ -Bilanz	31
4.1.1	Methodik	31
4.1.2	Ergebnisse der Energie- und CO ₂ -Bilanz des vorhandenen Konzeptes	33
4.1.3	Aktualisierte Energie- und CO ₂ -Bilanz	35
4.2	Szenarienbetrachtung	39
4.3	Ziele	41
5	POTENZIALANALYSE	44
5.1	Mobilität	44
5.1.1	Öffentlicher Personennahverkehr	46
5.1.1.1	Beschreibung der Ist-Situation	46
5.1.1.2	Potenziale	50
5.1.2	Fahrradverkehr	50
5.1.2.1	Beschreibung der Ist-Situation	50
5.1.2.2	Potenziale	52
5.1.3	Motorisierter Individualverkehr und Pendlersituation	55
5.1.3.1	Beschreibung der Ist-Situation	55
5.1.3.2	Potenziale	57

5.1.4	Sonstige Potenziale	58
5.2	Energieversorgung	59
5.2.1	Regenerative Energien	59
5.2.1.1	Photovoltaik	61
5.2.1.2	Windenergie	64
5.2.1.3	Biomasse / Biogas	67
5.2.2	Fernwärme	68
5.2.3	Liegenschaften der Stadt Erfurt	69
5.2.4	Wasserstoff	74
6	MASSNAHMENKATALOG	75
6.1	Vorhandener Maßnahmenkatalog	75
6.2	Überarbeiteter Maßnahmenkatalog	78
7	EVALUIERUNG UND ERGÄNZUNG DES CONTROLLING-KONZEPTE	80
7.1	Bestehendes Controlling-Konzept	80
7.2	Fortschreibung der Energie- und CO ₂ -Bilanz	81
7.3	Erfassung der Energieverbräuche	82
7.3.1	Kommunale Liegenschaften	82
7.3.2	Kommunaler Fuhrpark	84
7.4	European Energy Award	84
8	ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	86
9	AKTEURSBETEILIGUNG	88
10	LITERATURVERZEICHNIS	89

TABELLEN

Tabelle 1: Tatsächliche und spezifische CO ₂ -Emissionen aus Verkehr und Mobilität 2008, 2014 und 2018	45
Tabelle 2: Taktung der Traminien 1 bis 6 (58; 55)	49
Tabelle 3: Kraftstoffeinsparungen und Senkung der CO ₂ -Emissionen durch Verlagerung von PKW-Fahrten auf emissionsfreie Alternativen in Erfurt (eigene Berechnung auf Basis der Kennzahlen der SrV 2018 (48))	53
Tabelle 4: CO ₂ -Äquivalenzfaktoren (Stromsektor) für die Nutzung fester Biomasse (91)	67
Tabelle 5: Auszug zur Auflistung der Controlling Maßnahmen aus der Handlungsleitfaden Klimaschutz (1)	80
Tabelle 6: Übersicht eingesetzter Systeme zur Unterstützung des Controllings	83

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Lage und Bilanzkreis der Landeshauptstadt Erfurt	13
Abbildung 2: Flächenaufteilung nach Art der Nutzung (3)	
Abbildung 3: Zahlen nach eigener Erhebung der Landeshauptstadt Erfurt	14
Abbildung 4: Anzahl der Beschäftigten am Arbeitsort 2004-2019 (5)	15
Abbildung 5: Zahl der Beschäftigten am Wohnort 2004 – 2019	15
Abbildung 6: Anzahl der Arbeitslosen und Arbeitslosenquote 2004 – 2019	16
Abbildung 7: Straßentypen um Erfurt	17
Abbildung 8: Pkw-Zahlen absolut (eigene Darstellung nach den Daten des Thüringer Landesamt für Statistik) (6)	17
Abbildung 9: Anzahl Wohnungen / Wohngebäude seit 2011 (eigene Darstellung nach den Daten des Thüringer Landesamt für Statistik) (7)	18
Abbildung 10: Siedlungsstruktur nach Wohnsituation in Erfurt (8)	18
Abbildung 11: Karte mit Gewerbegebieten (9)	20
Abbildung 12: Anzahl der Studierenden 2003 – 2018	21
Abbildung 13: Auszug aus den Klimaschutzkonzept (Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung) aus dem Jahr 2010 - Ergebnisse Gebäudeenergiebedarf	34
Abbildung 14: Gegenüberstellung Stromverbrauch und -produktion im Stadtgebiet Erfurt 1990-2018	35
Abbildung 15: Endenergieverbrauch Stadt Erfurt 1990-2018 nach Energieträgern (Farbskala von unten nach oben, gelesen von links nach rechts)	36
Abbildung 16: Verteilung des Endenergieverbrauches auf Energieträger 1990	37
Abbildung 17: Verteilung des Endenergieverbrauches auf Energieträger 2018	37
Abbildung 18: Strommix des durch die Stadtwerke Erfurt verkauften Stromes im Jahr 2018	37
Abbildung 19: Endenergieverbrauch der Stadt Erfurt 1990-2018 aufgeteilt nach Sektoren	38
Abbildung 20: Energiebedingte Emissionen der Stadt Erfurt 1990 - 2018 (absolut)	38
Abbildung 21: Einwohnerbezogene Verbräuche und Emissionen der Stadt Erfurt 1990 - 2018	39
Abbildung 22: Prognostizierte Bevölkerungsentwicklung der Stadt Erfurt bis 2050 (Prognosestand 2018) (44)40	
Abbildung 23: Entwicklung der absoluten Emissionen der Stadt Erfurt bis 2050	41
Abbildung 24: Entwicklung der energiebedingten Emissionen im Sektor Verkehr (Auszug ECOspeed Region)44	
Abbildung 25: Aufteilung der CO ₂ -Emissionen 2018 im Sektor Verkehr (nur Straßenverkehr), Auszug ECOspeed Region	44
Abbildung 26: Modal Split (Binnenverkehr) der Stadt Erfurt für 2013 und 2018; Quelle: SrV, TU Dresden (46; 47)	45
Abbildung 27: Pendlerzahlen (Ein- und Auspendler sowie Pendlersaldo) 2008 – 2019 der Stadt Erfurt (48)	46
Abbildung 28: Entwicklung der Stadtbahn- und Stadtbuskilometer 2008 – 2018; Quelle: Exceldaten der Erfurter Verkehrsbetriebe AG	47
Abbildung 30: Stadtbahn-Netz Erfurt (größerer Plan des ÖPNV-Netzes im Anhang), gültig ab 25.10.2018 (52)	48
Abbildung 31: Ausschnitt interaktiver Netzplan am Bsp. der Haltestelle „Busbahnhof“ (57)	49
Abbildung 32: Radroutenplaner Thüringen (beispielhafter Ausschnitt für Erfurt) (63)	51
Abbildung 33: Radverleihstationen von nextbike in Erfurt (67)	52
Abbildung 34: Gera-Radweg und weitere überregionale Radfernwege in der Region um Erfurt (70)	54

Abbildung 35: Ladesäulen in und um Erfurt (Ausschnitt aus dem Ladesäulenregister der Bundesnetzagentur) (73)	56
Abbildung 36: Beispielhafte Übersicht der verfügbaren Carsharing - Fahrzeuge von „teilAuto“ am 06.03.2020 (31)	57
Abbildung 37: Installierte Leistungen an erneuerbaren Energieanlage im SWE Netz	60
Abbildung 38: Anzahl an erneuerbaren Energieanlagen im SWE Netz	60
Abbildung 39: Strommix der Energieträger in dem Netz der SWE	61
Abbildung 40: Installierte Leistung und erzeugte Strommenge aus PV in Erfurt 2013-2018 (eigene Darstellung aus (57))	62
Abbildung 41: Ergebnis der Beurteilung im Jahr 2013 bezüglich Standorte für Freiflächen - Photovoltaik an Verkehrsstrassen (80)	63
Abbildung 42 Windkraftanlagen in Thüringen (83)	65
Abbildung 43: Gebietskulisse der Prüfflächen und Vorranggebiete Windenergie (Anlage 3) (85)	66
Abbildung 44: Entwicklung des Gesamtverbrauchs 2017-2019 der Liegenschaften der Stadt Erfurt	69
Abbildung 45: Verteilung der Wärmeerzeuger der Liegenschaften der Stadt Erfurt	70
Abbildung 46: Gesamtverbrauch der Gebäudetypen in kWh – 2019	70
Abbildung 47: Ölverbrauch der Gebäudetypen 2019 in Liter	71
Abbildung 48: Verbrauch der Grundschulen 2017 - 2019 nach Energieträgern	71
Abbildung 49: Verbrauch der Verwaltungsgebäude 2017 - 2019 nach Energieträgern	72
Abbildung 50: Verbrauch der Berufsschulen 2017 - 2019 nach Energieträgern	72
Abbildung 51: Absolute CO ₂ -Emissionen aller Liegenschaften von 2017 – 2019 mit Prognose 2030	73
Abbildung 52: Auswertung der Maßnahmen zum Handlungskonzept Klimaschutz 2012	75
Abbildung 53: Akteuren im Themenfeld Klimaschutz (eigene Darstellung)	86

ANLAGEN

Anlage 1	Maßnahmenkatalog
Anlage 2	Evaluierung des Konzeptes für die Öffentlichkeitsarbeit

IMPRESSUM

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AA	Maßnahmenfeld Anpassung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik
EE	Maßnahmenfeld Energieeffizienz
EV	Maßnahmenfeld Energieversorgung
Fzkm	Fahrzeug Kilometer
IT	Informationstechnologie
ITK	Informations- und Kommunikationstechnik
KK	Maßnahmenfeld Kompensation
KSK	Klimaschutzkonzept
KWK	Kraftwärmekopplung
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MV	Maßnahmenfeld Mobilität und Verkehr
GWh / MWh / kWh	Einheiten der Energie (Gigawattstunde, Megawattstunde und Kilowattstunde)
MWh / kWh	Einheiten der Energie (Megawattstunde und Kilowattstunde)
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
OM	Maßnahmenfeld Organisation und Management
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
SK:KK	Service- und Kompetenzzentrum: Kommunaler Klimaschutz
TG	Maßnahmenfeld Treibhausgasbilanzierung und Vermeidung
t / kg	Einheiten der Masse (Tonne und Kilogramm)
UBA	Umweltbundesamt
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development Weltwirtschaftsrat für nachhaltige Entwicklung

WRI	World Resources Institute Weltinstitut für Ressourcen
LCA	Lifecycle Assessment
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GuD	Gas- und Dampfturbinenkraftwerk
Ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
SrV	System repräsentativer Verkehrsbefragungen
SWE	Stadtwerke Erfurt



1 VORWORT

Liebe Leserinnen und Leser,

Klimaschutz, Klimaanpassung, Klimanotstand, klimaneutral – all das sind Begriffe, die zurzeit in aller Munde sind. Auch in Erfurt gibt es viele Initiativen, die sich mit diesen Themen auseinandersetzen und die Stadtverwaltung zu Recht auffordern, das Thema ganz oben auf die Agenda zu setzen.

Die Landeshauptstadt Erfurt ist eine aktive Kommune im Klimaschutz. Dies zeigt u.a. die Kampagne „Stadtradeln“, bei der in diesem Jahr rund 1.200 Teilnehmende in etwa 120 Teams ihren aktiven Beitrag zum Klimaschutz leisteten. Viele Erfurterinnen und Erfurter beteiligen sich im Rahmen des Globalen Klimastreiks für ein besseres Klima, organisieren Baumpflanzaktionen und nehmen monatlich an den Critical Mass Erfurt teil, einer Aktion, die sich für die Verbesserung der Erfurter Fahrradinfrastruktur stark macht.

Die letzten Sommer haben uns gezeigt, dass wir unbedingt handeln müssen, um weiter unsere Lebensgrundlagen zu sichern und den nachfolgenden Generationen eine Welt übergeben zu können, in der alle leben können. Hitze und Trockenheit machen uns zunehmend zu schaffen. Weltweit rauben Klimaveränderungen den Menschen, Tieren und Pflanzen die Basis ihrer Existenz. Klimaschutz muss also global gedacht und lokal angegangen werden. Wir hier in Erfurt wollen deshalb unser Klimaschutzkonzept aus dem Jahr 2012 fortschreiben.

Deutschland verfolgt das Ziel der Klimaneutralität bis 2050. Dies bedeutet auch, die CO₂-Emissionen um mindestens 85 Prozent zu reduzieren. Ein wesentlicher Faktor zur Erreichung der Energie- und Klimaschutzziele ist die Wandlung der Energiebereitstellung hin zu Erneuerbaren Energien und die Erhöhung der Energieeffizienz in allen Sektoren. Sektorenübergreifende Vernetzung, um Energiebereitstellung und -verbrauch optimal abzustimmen, ist daher eine Herausforderung der nächsten Jahre.

Als strategische Ziele für den Klimaschutz in Erfurt beschloss der Stadtrat im Jahr 2012, bis 2020 gegenüber 2008 mindestens 30 Prozent der CO₂-Emissionen einzusparen. Dieses ehrgeizige Ziel werden wir leider nicht erreichen. Im Hinblick auf das Bezugsjahr 1990 können wir eine beachtliche Reduzierung von rund 40 Prozent verzeichnen. Insgesamt sollen bis 2050 die Kohlendioxid-Emissionen um mindestens 80 Prozent reduziert werden. Langfristig wird ein Pro-Kopf-Ausstoß von weniger als 2,5 Tonnen Kohlendioxid pro Person und Jahr angestrebt. Da die Energieträgerumstellungen inzwischen weitestgehend erfolgt und der ordnungsrechtliche Rahmen nur begrenzt geeignet ist, diese Ziele zu unterstützen, bitten wir die ortsansässige Wirtschaft und die Erfurter Bürgerschaft in ihrem Tätigkeitsbereich diese Minderung von Kohlendioxid-Emissionen mitzutragen und sich an dieser gesamtgesellschaftlichen Aufgabe zu beteiligen.

Seit November 2019 wurde das Integrierte Klimaschutzkonzept in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurplanungs- und Beratungsunternehmen Arcadis evaluiert. Diese Fortschreibung und Bewertung, die im nachfolgenden Bericht vorliegt, verfolgten im Wesentlichen zwei Ziele:

1. Mit Blick in die Vergangenheit: Die Relevanz, Effizienz, Effektivität, Wirkung und Nachhaltigkeit der in dem Konzept aufgeführten Maßnahmen zu bewerten und
2. Mit Blick in die Zukunft: Die Grundlage für eine Nachsteuerung und weitere Fortschreibung bzw. Anpassung des Klimaschutzkonzepts zu schaffen.

Ich möchte Sie bitten, sich die Zeit zu nehmen, diesen Bericht zu lesen. Sie nehmen sich damit auch die Zeit, sich der Problematik zu widmen – und hier geht es um nichts Geringeres als unsere gemeinsame Zukunft, die unserer Kinder und Enkel und weiterer Generationen.

Mein Dank gilt an diese Stelle allen, die sich bei der Evaluation eingebracht haben, und dem Freistaat Thüringen für die Förderung.

Andreas Bausewein
Oberbürgermeister der Stadt Erfurt

2 ZUSAMMENFASSUNG

Schon frühzeitig hat sich die Landeshauptstadt des Freistaates Thüringen dem Thema Klimaschutz bekannt und bereits 1998 eine erste CO₂-Strategie entwickelt. Seit 2010 hat die Stadt Erfurt ein Klimaschutzkonzept. Arcadis unterstützt seit 2019 bei der Überprüfung und Anpassung der gesetzten Ziele und Maßnahmen und begleitet den Prozess zur Zielerreichung inklusive einer aktiven Bürgerbeteiligung.

Die Landeshauptstadt Erfurt ließ zwischen November 2019 und August 2020 eine Evaluierung und Fortschreibung des vorhandenen, beschlossenen Klimaschutzkonzepts aus dem Jahr 2012 von Arcadis durchführen. Die Grundlage sind zwei Teilstudien der Fachhochschule Erfurt für die Bereiche Gebäudeenergiebedarf, Energieerzeugung und Verkehr. Es wurde ein Handlungskonzept "Klimaschutz in Erfurt" (1) mit zahlreichen Maßnahmen zur Umsetzung abgeleitet und 2012 vom Stadtrat beschlossen. 2016 wurde für den Teilbereich "Verkehr und Mobilität" eine Zwischenbilanz (2) erstellt, in der das Erreichen der Ziele überprüft wurde.

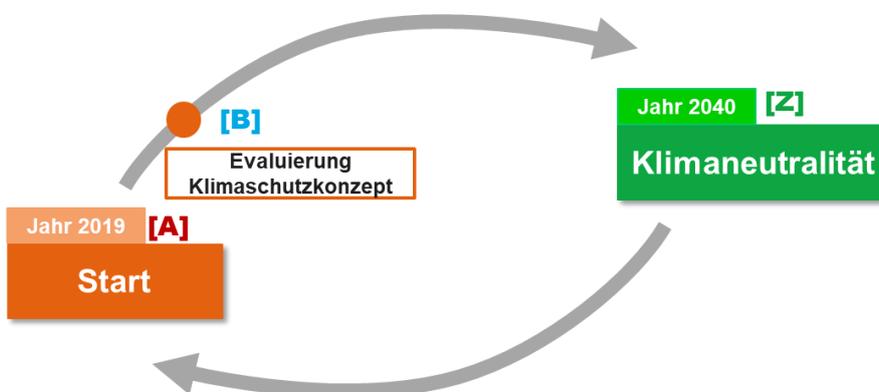
Ziel der hier vorliegenden Fortschreibung und Evaluierung des Klimaschutzkonzeptes (Handlungsleitfaden Klimaschutz aus dem Jahr 2012) ist eine Überprüfung und eventuelle Neuentwicklung der bisherigen Zielstellungen und Maßnahmen. Dafür werden neue Ideen und Lösungsvorschläge gesucht, um einen Fahrplan mit konkret umsetzbaren Maßnahmen für die nächsten Jahre in der Landeshauptstadt Erfurt aufzustellen.

Diese Fortschreibung und Evaluation des Klimaschutzkonzepts Erfurt verfolgt im Wesentlichen zwei Ziele:

1. Mit Blick in die Vergangenheit, die Relevanz, Effizienz, Effektivität, Wirkung und Nachhaltigkeit der in dem Konzept aufgeführten Maßnahmen zu bewerten.
2. Mit Blick in die Zukunft, die Grundlage für eine Nachsteuerung und weitere Fortschreibung/Anpassung des Klimaschutzkonzepts zu schaffen.

Die Evaluation soll Hinweise für künftige Schwerpunktsetzungen liefern. Ferner ist das Ziel, dass durch die Evaluation zu einer besseren Übersichtlichkeit und Handhabbarkeit des gesamten Programmes beigetragen wird. Die Evaluierung bezieht sich auf den Stand des Jahres 2018. Vom Zeitpunkt der Erarbeitung des Berichtes zur Evaluierung des Klimaschutzkonzeptes bis zur Behandlung in den Gremien ergaben sich zum Teil neue Erkenntnisse bzw. wurden Studien abgeschlossen, die noch nicht Eingang in die vorliegende Evaluierung gefunden haben. Diese Ergebnisse fließen in die nächste Evaluierung ein.

Mit Blick auf das strategische Ziel [Z] der Landeshauptstadt Erfurt – Erreichen der eigenen Klimaschutzziele die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050 um ca. 80 % gegenüber dem Jahre 2008 zu reduzieren und die pro-Kopf-Emissionen auf unter 2,5 t_{CO2} zu senken – konzentrieren wir uns aktuell auf den entscheidenden nächsten Entwicklungsschritt [B], welcher aus der Evaluierung und Fortschreibung des Handlungskonzeptes "Klimaschutz in Erfurt" ausgehend von der Basis im Jahr 2019 [A] besteht.



In der Evaluierung wurden die eigenen Klimaschutzziele überprüft, Potenziale basierend auf einer neuen Energie- und CO₂-Bilanz bewertet sowie die daraus **resultierenden und erreichbaren Maßnahmen** bewertet.

Als eine wichtige Komponente steht am Beginn der Evaluierung eine Energie- und CO₂-Bilanz bezogen auf das Jahr 1990 im Vergleich zum vorherigen Bilanzjahr 2008.

Übersicht der Energie- und CO₂-Bilanz



Energiebilanz

Im Jahr 2018 wurden insgesamt rund 4.650 GWh Energie im gesamten Stadtgebiet verbraucht. Hauptenergieträger (ohne Kraftstoffe für Verkehr) waren Erdgas, Strom und Heizöl. Der Anteil regenerativer Energiequellen am Endenergieverbrauch betrug für die Bereiche Wärme und Verkehr 9,8%. Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt von rund 30.000 kWh/EW*a (2018) liegt der Pro-Kopf-Verbrauch in Erfurt mit ca. 21.700 kWh deutlich unter diesem Wert. .



CO₂-Bilanz

Im Jahr 2018 lagen die energiebedingten Emissionen im gesamten Stadtgebiet bei rund 1,2 Mio. Tonnen CO₂. Die Pro-Kopf erzeugte Menge in der Landeshauptstadt sank auf 5,78 t_{CO2}/EW im Vergleich zu 9,57 t_{CO2}/EW im Jahr 1990. Im bundesweiten Durchschnitt wurden 2018 8,67 t_{CO2}/EW emittiert. Somit liegt die Stadt Erfurt unterhalb des Bundesdurchschnitts.

Übersicht der Energie- und CO₂-Bilanz nach Sektoren



Im Jahr 2018 wurden ca. 4.650 GWh Energie verbraucht. Seit 1990 ist der Verbrauch um ca. 27% gesunken



Im Jahr 2018 wurden 1,2 Mio. t_{CO2} verursacht. Seit 1990 sind die Emissionen um ca. 38 % gesunken.



Verkehr

- Im Jahr 2018 wurden knapp 1.200 GWh **Energie** verbraucht (ca. 26 % des Endenergieverbrauchs). Im Vergleich zum Jahr 1990 ist der Energieverbrauch im Verkehr um 39 % gestiegen.
- Im Jahr 2018 wurden rund 378.250 Tonnen **CO₂** verursacht (etwa 30,55 % der Gesamtemissionen). Im Vergleich zu 1990 sind die Emissionen um ca. 16 % angestiegen.



Haushalte (privat)

- Im Jahr 2018 wurden rund 1.718 GWh **Energie** verbraucht. Im Vergleich zu 1990 sank der Verbrauch um etwa 1 %.
- Im Jahr 2018 wurden rund 421.700 Tonnen **CO₂** verursacht (etwa 34 % der Gesamtemissionen). Die Emissionen sind im Vergleich zu 1990 um etwa 37 % gesunken.



Gewerbe, Handel & Dienstleistungen (GHD)

- Im Jahr 2018 wurden rund 981 GWh **Energie** verbraucht. Im Vergleich zu 1990 ist hier eine Abnahme um ca. 51 % erkennbar. Der Anteil an den Gesamtendenergieverbrauch liegt bei etwa 21%.
- Im Jahr 2018 wurden rund 216.270 Tonnen **CO₂** verursacht. Im Vergleich zu 1990 sanken die Emissionen um 18 %. Mit ca. 17,5% hat dieser Sektor den kleinsten Anteil an den Gesamtemissionen.



Industrie

- Im Jahr 2018 wurden rund 752 GWh **Energie** verbraucht. Im Vergleich zum Jahr 1990 kann eine signifikante Reduktion um 57% festgestellt werden.
- Im Jahr 2018 wurden rund 222.000 Tonnen **CO₂** verursacht, was mit etwa 18 % einen vergleichsweise kleinen Anteil ausmacht. Im Vergleich zu 1990 nahmen die Emissionen um ganze 70 % ab.

In der Gesamtbetrachtung zeigt sich, dass die CO₂-Emissionen der Stadt im Wesentlichen durch die Haushalte und den Verkehrssektor verursacht werden. Insgesamt sind im Jahr 2018 **1,24 Mio. t CO₂-Äquivalente emittiert worden**. Im Bezugsjahr **2008** betrug die CO₂-Emissionen **1,4 Mio. t CO₂-Äquivalente**. Absolut bedeutet dies eine Reduktion von 11,2 %. Bezogen auf die Einwohner lagen die spezifischen CO₂-Emissionen im Bilanzjahr 2018 bei 5,78 t/Person; 2008 bei 6,99 t/Person (Reduktion um 17,3 %). Es wurde eine detaillierte Potenzialanalyse (Kapitel 5) zur Ermittlung der spezifischen Handlungsfelder sowie deren Effekte auf die Energie- und CO₂-Bilanz durchgeführt.

Aufgrund der aktuellen Situation und der Hinderung der uneingeschränkten Durchführung von Workshops und Fachgesprächen aufgrund der Pandemie wurde telefonische Einzelgespräche mit Vertretern der Stadt geführt und eine Öffentlichkeitsveranstaltung durchgeführt. Zusammen mit Vertretern der Landeshauptstadt Erfurt hat Arcadis dort die Zwischenergebnisse der Thüringer Landeshauptstadt präsentiert. Diese zeigen,

dass Erfurt das gesetzte Klimaschutzziel einer Reduktion der CO₂-Emissionen um 40 % von 1990 bis 2020 schon 2018 nahezu erreicht hatte und in anderen Bereichen noch Potenziale bestehen. Die bestehenden und neue Maßnahmenvorschläge, wie u.a. die Verkehrsberuhigung in der Innenstadt, Klimaanpassungsmaßnahmen, Wasserstoff und der Ausbau erneuerbarer Energien wurde mit den Beteiligten vor Ort diskutiert und in das Konzept aufgenommen. Aufgrund der aktuellen Corona-Bestimmungen war die Teilnehmerzahl vor Ort auf 30 begrenzt. Daher konnte auch online als digitale Bürgerbeteiligung mitgeredet werden. Ergänzende Anregungen, Fragen und Hinweise wurden separat beantwortet und auf der Website der Landeshauptstadt allen Interessierten zur Verfügung gestellt.

Aufbauend auf der Energie- und CO₂-Bilanz sowie der Potenzialbetrachtung wurde eine Szenarienbetrachtung (Kapitel 4.2) durchgeführt, um abschätzen zu können, wohin sich die Landeshauptstadt angelehnt an den übergeordneten Zielen der Bundesregierung und des Landes Thüringen entwickeln kann. Es wurden insgesamt zwei Szenarien betrachtet: Das Klimaschutzszenario sowie ein Referenzszenario.

Das Referenzszenario beinhaltet einen Ausblick über den Verlauf der Emissionen bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen und einer leicht steigenden Energieeffizienz. Daraus ergibt sich nur eine geringe Emissionsreduktion, sodass die gesteckten Klimaziele deutlich verfehlt werden würden. Im Klimaschutzszenario werden dagegen stärkere Maßnahmen implementiert. Hier werden Emissionsminderungen in den Bereichen Verkehr und Energie angenommen. Gleichzeitig wird im Vergleich zum Referenzszenario eine schnellere Steigerung der Energieeffizienz für Gewerbe, Industrie und Haushalte angenommen. Dadurch könnte bis 2050 eine Emissionsreduktion um 95% gegenüber 1990 erreicht werden.

Um diese Zielvorgaben zu erreichen, sind weitere Anstrengungen nötig. In Kapitel 5 werden die vorhandenen Potenziale, um Treibhausgasemissionen zu vermeiden, in den Bereichen Mobilität und Energie beschrieben.

Sowohl parallel als auch unterstützend zur Maßnahmenentwicklung wurde die Kommunikationsstrategie aus dem vorhandenen Handlungskonzept "Klimaschutz in Erfurt" überprüft und neue Vorschläge erarbeitet mit dem Ziel einer erfolgreichen Öffentlichkeitsarbeit in der Landeshauptstadt und der weiteren aktiven Akteursbeteiligung (siehe Kapitel 9).

Um die Verstetigung des Klimaschutzes und die Fortschreibung des Klimaschutzkonzeptes mit der Erfassung und Analyse von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen zu sichern, werden außerdem Möglichkeiten zum Controlling (siehe Kapitel 7) und zum Verstetigen des Klimaschutzes erläutert.

3 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSRAUMES

3.1 Landeshauptstadt Erfurt

Erfurt ist als Landeshauptstadt und mit Gera und Jena die größte Stadt in Thüringen. Erfurt entwickelte sich seit der erstmaligen Erwähnung 742 n. Chr. durch die zentrale Lage in Deutschland und damit als Kreuzungspunkt zwischen verschiedenen Handelsstraßen. Auch heute noch ist Erfurt durch die Anbindung an den Fernverkehr durch ICE-Strecken und Autobahn ein wesentlicher Knotenpunkt.

Der typische mittelalterliche Stadtkern von Erfurt ist prägend für die Stadt. Das Wahrzeichen ist der Erfurter Dom und die Krämerbrücke. Grundsätzlich sind drei typische Siedlungsstrukturen in Erfurt vorhanden: die innerstädtischen Ortsteile, Großwohnsiedlungen in industrieller Bauweise und Ortsteile mit dörflicher Struktur.

Die Lage der Stadt gliedert sich in das Thüringer Becken an und ist umgeben von landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen. Insgesamt gliedert sich Erfurt in 53 Stadtteile, wovon 44 Stadtteile über eine Ortsteilverfassung verfügen. In diesem Kapitel wird die Landeshauptstadt Erfurt charakterlich hinsichtlich folgender Punkte genau beschrieben.

- Lage- und Bevölkerung
- Verkehr
- Gebäudebestand und Wohnraum
- Industrie
- Bildung und Universitäten

Lage und Bevölkerungsentwicklung

Erfurt ist mit 214.000 Einwohnern (Stand 31. Dezember 2018) die größte Stadt in Thüringen und zugleich die Landeshauptstadt. Erfurt befindet sich in Mittelthüringen und erstreckt sich über eine Fläche von circa 269,91 km². Die Lage und Stadtgrenzen von der Landeshauptstadt Erfurt, die auch in der Energie- und CO₂-Bilanz berücksichtigt wurden, sind in Abbildung 1 dargestellt.

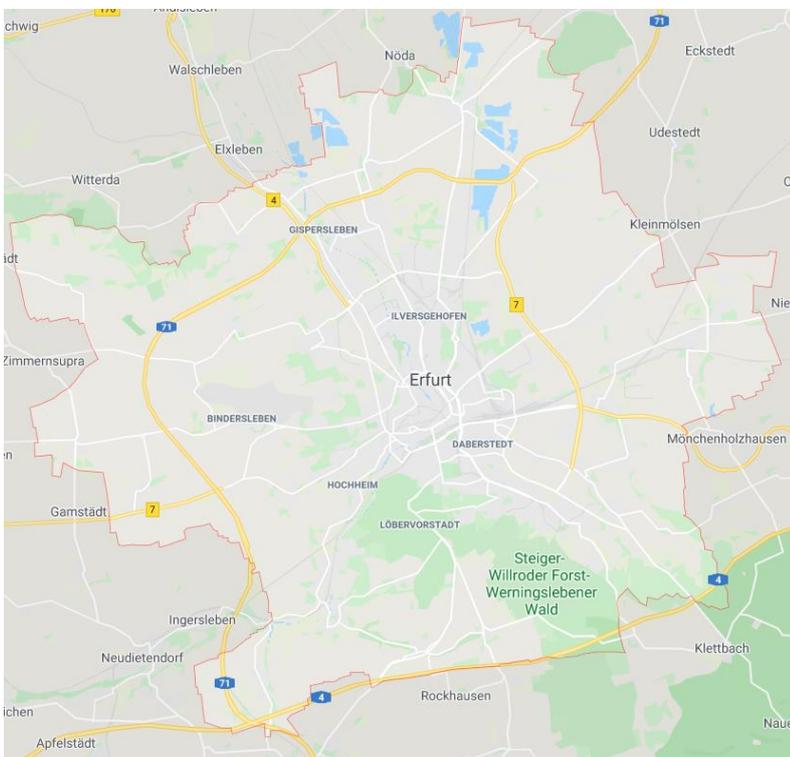


Abbildung 1: Lage und Bilanzkreis der Landeshauptstadt Erfurt

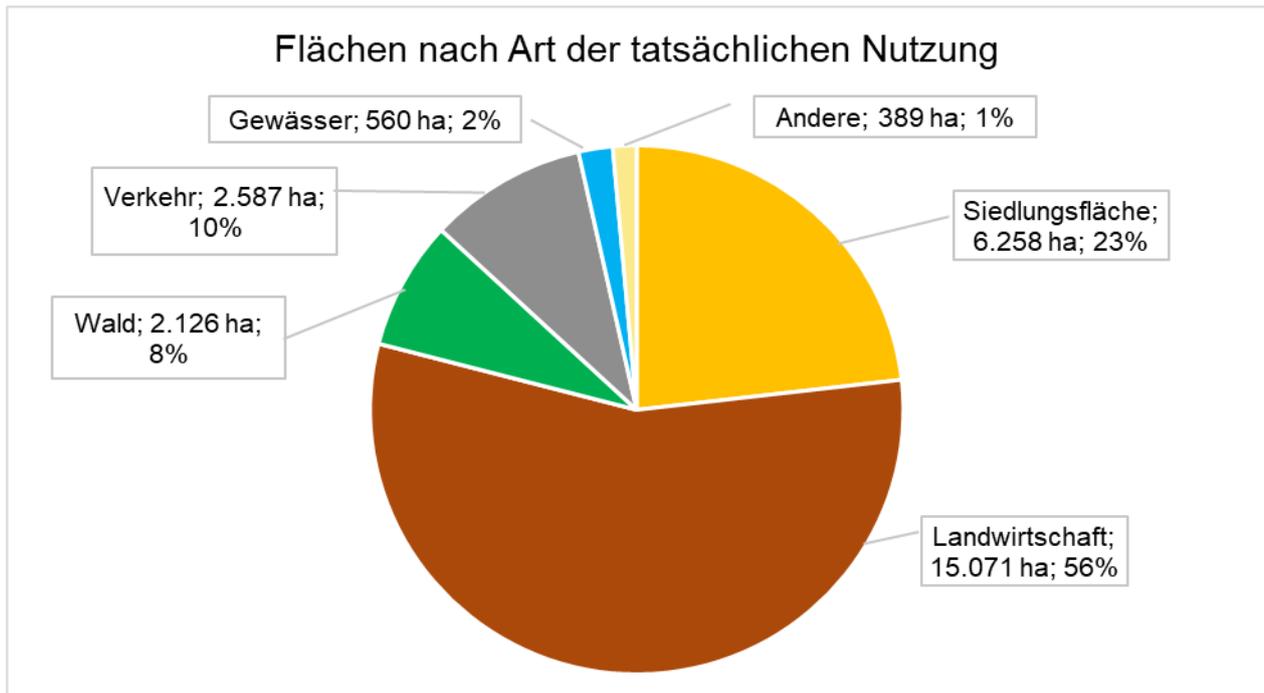


Abbildung 2: Flächenaufteilung nach Art der Nutzung (3)

In Abbildung 2 sind Anteile der Flächennutzung der Landeshauptstadt dargestellt. Die Fläche der Stadt Erfurt beträgt insgesamt 26.991 ha. Mit etwa 56 % und einer Fläche von rund 15.000 ha ist die Landwirtschaft in Erfurt der flächenmäßig größte Sektor. Nachfolgend belegt die Siedlungsfläche 6.258 ha und stellt etwa ein Viertel der Gesamtfläche dar. Hier sind unterschiedliche bebaute Flächen eingeschlossen. Darin enthalten ist etwa die Fläche für Wohnen mit etwa 1.580 ha oder die Fläche für Industrie und Gewerbe mit knapp 1.700 ha. Flächen für Sport, Freizeit und Erholung belegen etwa 1.500 ha. Darunter wiederum sind große Teile Grünflächen. Etwa 10% der Fläche oder 2.587 ha werden von Verkehrsflächen eingenommen. Neben Straßen, Plätzen und Wegen sind in dieser Kategorie auch die Flächen für Bahn und Flugverkehr inbegriffen. Wald und Gewässer sowie weitere Flächen stellen ebenfalls etwa 10 % der Fläche dar. (3)

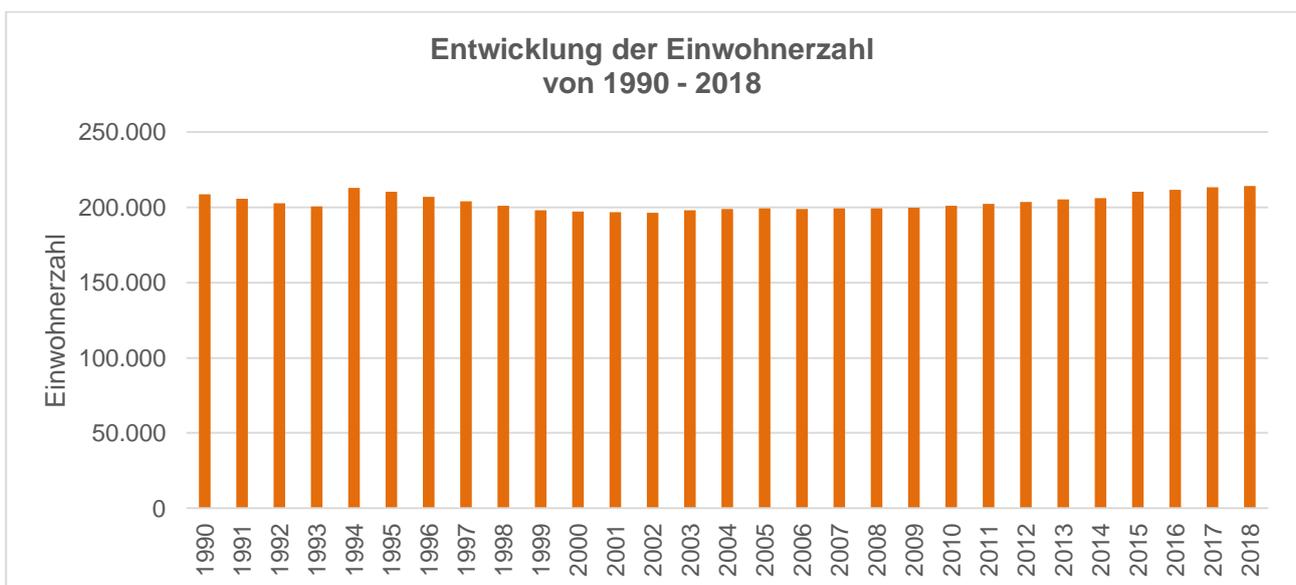


Abbildung 3: Zahlen nach eigener Erhebung der Landeshauptstadt Erfurt

In Abbildung 3 ist die Entwicklung der Einwohnerzahl der Landeshauptstadt von 1990 bis 2018 nach Angaben der Landeshauptstadt dargestellt. Dem historischen Höchststand der Bevölkerung von 220.016 Menschen in der Stadt Erfurt im Jahr 1988 folgte nach der Wende eine Phase der Abwanderung bis zum Jahr 2006. Die Gründe waren vom Geburtenrückgang bis zur Suburbanisierung breitgefächert. 2011 wurde eine Bevölkerungszählung durchgeführt. Dabei wurden festgestellt, dass die Landeshauptstadt Erfurt an Position 37 im bundesdeutschen Vergleich in Bezug auf die Einwohneranzahl steht und in Thüringen an erster Stelle. Im Jahr 1990 betrug die Einwohnerzahl 208.601. Im Jahr 2018 lebten 214.109 Einwohner in der Landeshauptstadt. Damit ist im Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2018 ein Bevölkerungszuwachs von 2,6 % und verglichen zum Jahr 2008 mit 199.416 Einwohner zu 2018 von 7,37 % zu verzeichnen.

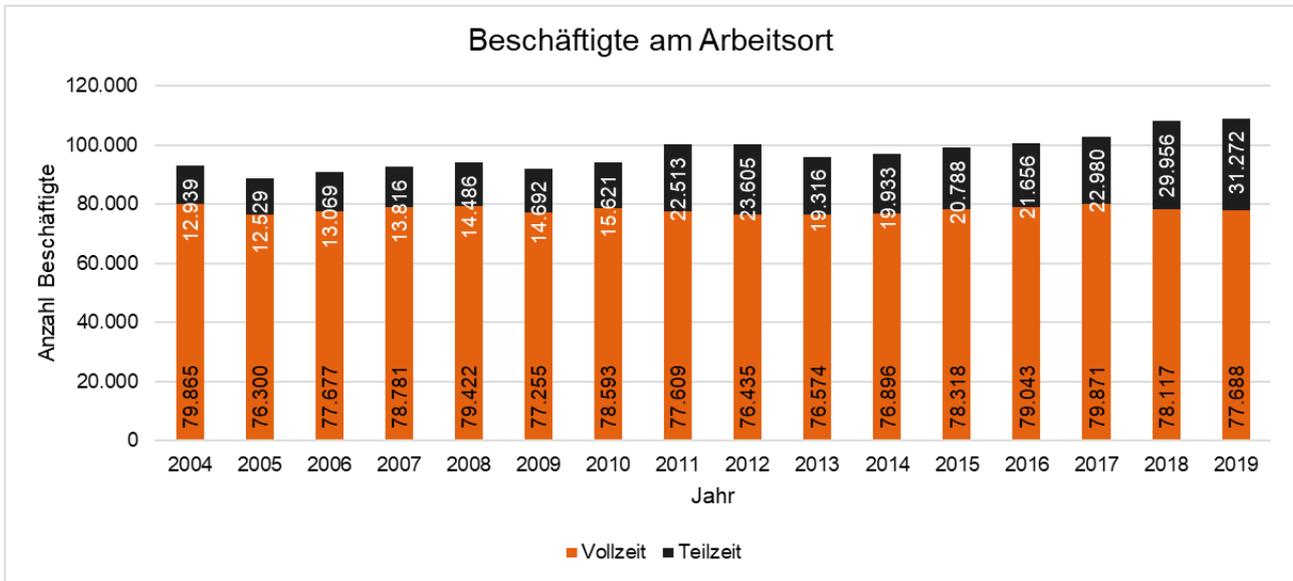


Abbildung 4: Anzahl der Beschäftigten am Arbeitsort 2004-2019 (5)

Die Anzahl der Beschäftigten am Arbeitsort ist in Abbildung 4 dargestellt. Es wird hier zwischen Beschäftigten in Vollzeit und Teilzeit unterschieden. Insgesamt gab es 2019 knapp 109.000 Beschäftigte über beide Kategorien. Der Anteil der Vollzeitbeschäftigten lag 2019 bei etwa 70 %. Es ist zu beobachten, dass die Zahl der Vollzeitbeschäftigten über den betrachteten Zeitraum seit 2004 recht konstant ist. Im Bereich der Beschäftigten in Teilzeit ist seit 2013 ein Wachstum zu verzeichnen, wodurch auch insgesamt ein Anstieg der Beschäftigtenzahl beobachtet werden kann.

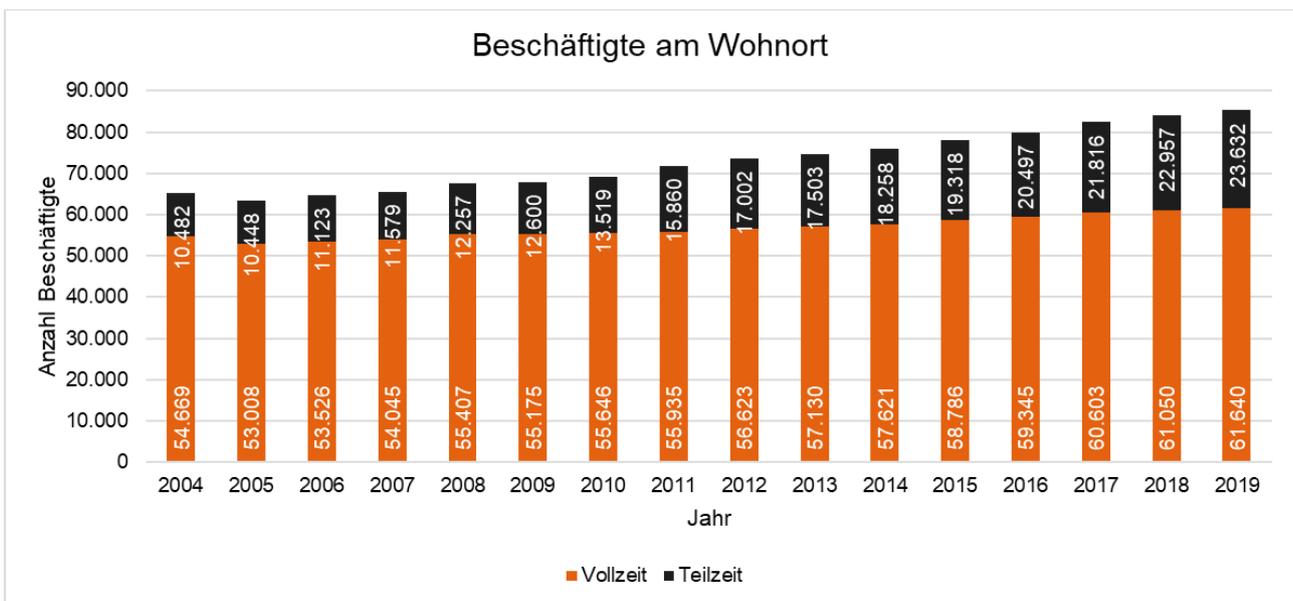


Abbildung 5: Zahl der Beschäftigten am Wohnort 2004 – 2019

Abbildung 5 zeigt die Beschäftigten am Wohnort. Wie in Abbildung 4 wird zwischen Beschäftigten in Teil- und Vollzeit unterschieden. Es ist insgesamt ein konstantes Wachstum zu beobachten. Die Zahl der Beschäftigten lag 2019 bei 85.272, darunter über 70 % in Vollzeit. Entgegen Abbildung 4 ist auch hier neben

einem konstanten Anstieg der Teilzeitbeschäftigten auch ein konstantes Wachstum der Vollzeitbeschäftigtenzahlen zu verzeichnen.

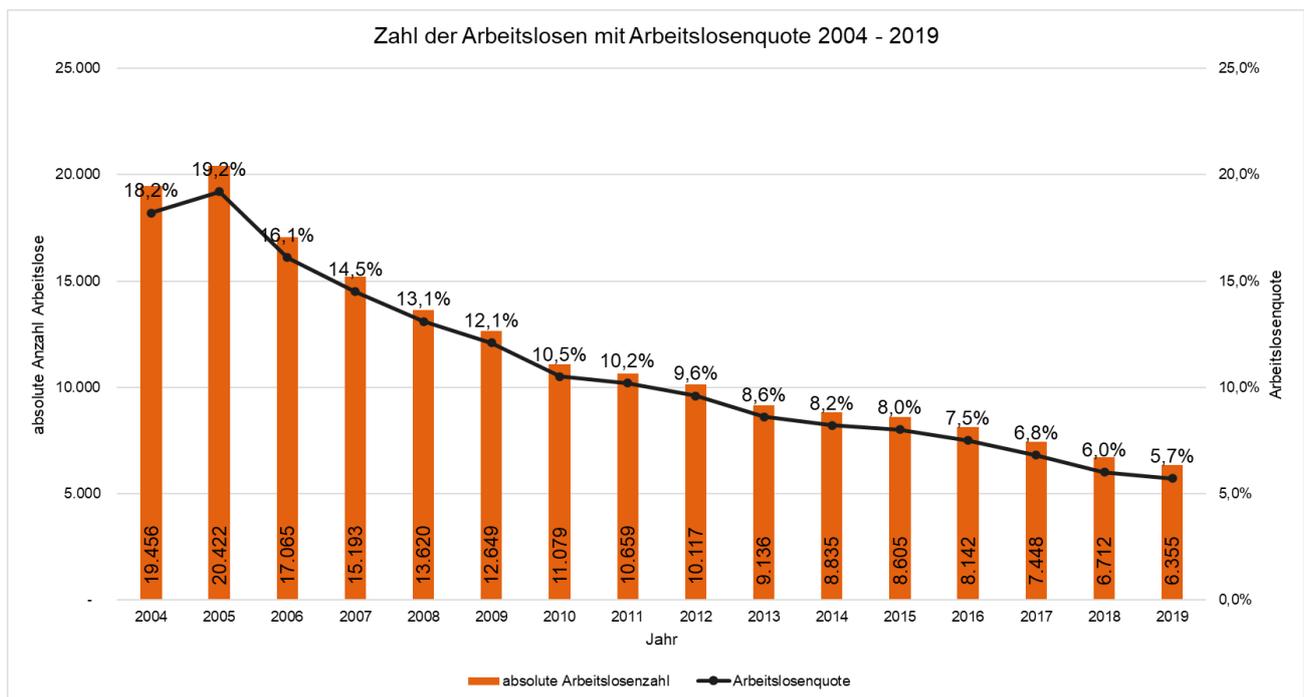


Abbildung 6: Anzahl der Arbeitslosen und Arbeitslosenquote 2004 – 2019

Die Grafik stellt durch die Balken den Verlauf der aktuellen Arbeitslosenzahl dar und zeigt, dass nach einem Maximum im Jahr 2005 von 20.422 Arbeitslosen der absolute Wert jährlich sinkt und sich momentan bei 6.355 Arbeitslosen befindet. Die Arbeitslosenquote, durch die schwarze Linie veranschaulicht, stellt einen ähnlichen Verlauf dar, dies lässt auf eine analoge Entwicklung der Bevölkerung in Bezug auf die Arbeitslosigkeit schließen.

Verkehrsanbindung

Die Landeshauptstadt Erfurt ist zusätzlich zur geographisch zentralen Lage wesentlich an das Verkehrsnetz angebunden. Durch die zentrale Lage und nicht mehr als 400 Autobahnkilometern zu jeder Großstadt Deutschlands ist die Landeshauptstadt Erfurt in wenigen Stunden zu erreichen. Abbildung 7 zeigt die Anbindungen Erfurts an das Autobahn- und Bundesstraßennetz. Die Autobahnen A 4 und A 71 bilden zusammen mit Ortsumfahrungen und Bundesstraßen 7 und 4 den „Erfurter Ring“. Dieser zeichnet sich durch seine 12 Anschlussstellen aus.

Des Weiteren ist unweit der Stadt Erfurt der zugehörige Flughafen Erfurt-Weimar, welcher sich im Westen der Stadt befindet. Außerdem sorgt ein ausgebautes Fernverkehrsnetz der Bahn, insbesondere der ICE-Verbindungen für schnelles innerdeutsches Reisen. Fünf Regionalbuslinien verbinden Erfurt mit umliegenden Städten und Gemeinden.

Die Wege innerhalb der Stadt können durch das 87,2 km lange Stadtbahnnetz, welches in sechs verschiedene Linien aufgeteilt ist, erledigt werden. Das Stadtbusnetz verfügt über 24 Linien, die meist die Funktion des Zubringers für die Stadtbahn erfüllen. Zur effizienten Erschließung aller Stadtteile gibt es Linienbündel, jeweils über die Achsen Nord-Süd und Ost-West. Diese Linien werden von Stadtbahnen und Bussen bedient.

Große Teile der Innenstadt sind als „Begegnungszone Innenstadt“ ausgewiesen. Das bedeutet, dass es verkehrsberuhigte und -eingeschränkte Bereiche gibt. Der motorisierte Individualverkehr wird über Haupt- und Sammelstraßen gelenkt, Parkraum steht größtenteils bewirtschaftet zur Verfügung. Dadurch wird das Zentrum entlastet und es werden Verkehrsräume geschaffen, die vorwiegend für die Nutzung durch Fuß- und Radverkehr bzw. ÖPNV ausgelegt sind. (4) (5)

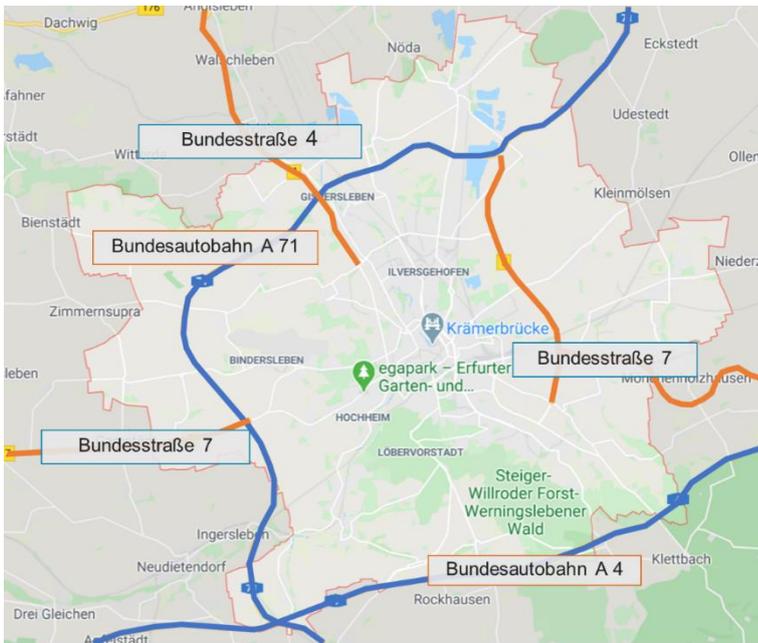


Abbildung 7: Straßentypen um Erfurt

Insgesamt steigt die absolute Anzahl an PKW in der Landeshauptstadt Erfurt, wie in Abbildung 8 zu sehen ist. 2015 gab es etwa 108.000 PKW, 2019 ist die Zahl auf über 114.000 gestiegen.

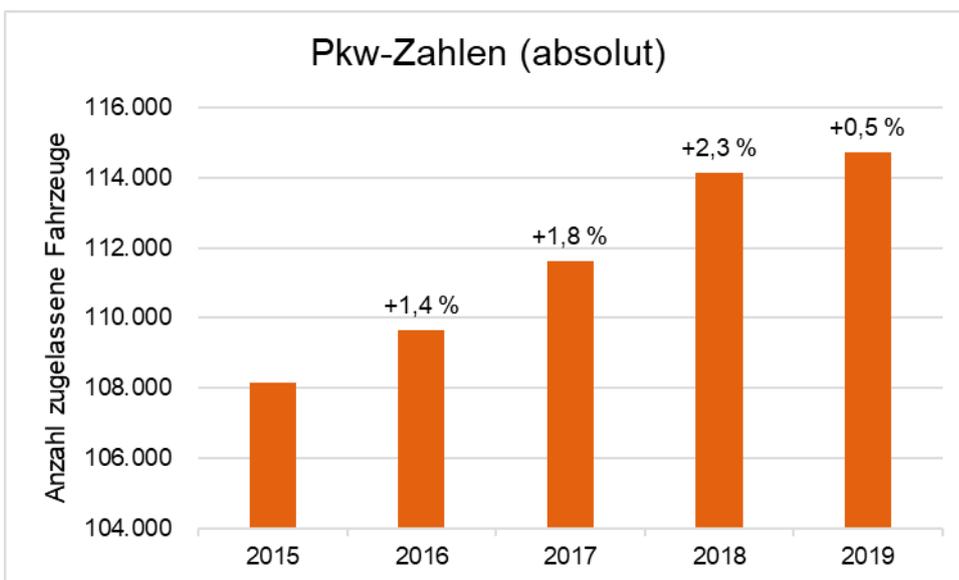


Abbildung 8: Pkw-Zahlen absolut (eigene Darstellung nach den Daten des Thüringer Landesamt für Statistik) (6)

Gebäudebestand und Wohnraum

Der Wohnbaufläche wird mit Stand 31.12.2018 knapp 1.583 ha Bodenfläche zugerechnet. Somit stellt dieser Sektor den zweitgrößten im Bereich der „Siedlung“ dar.

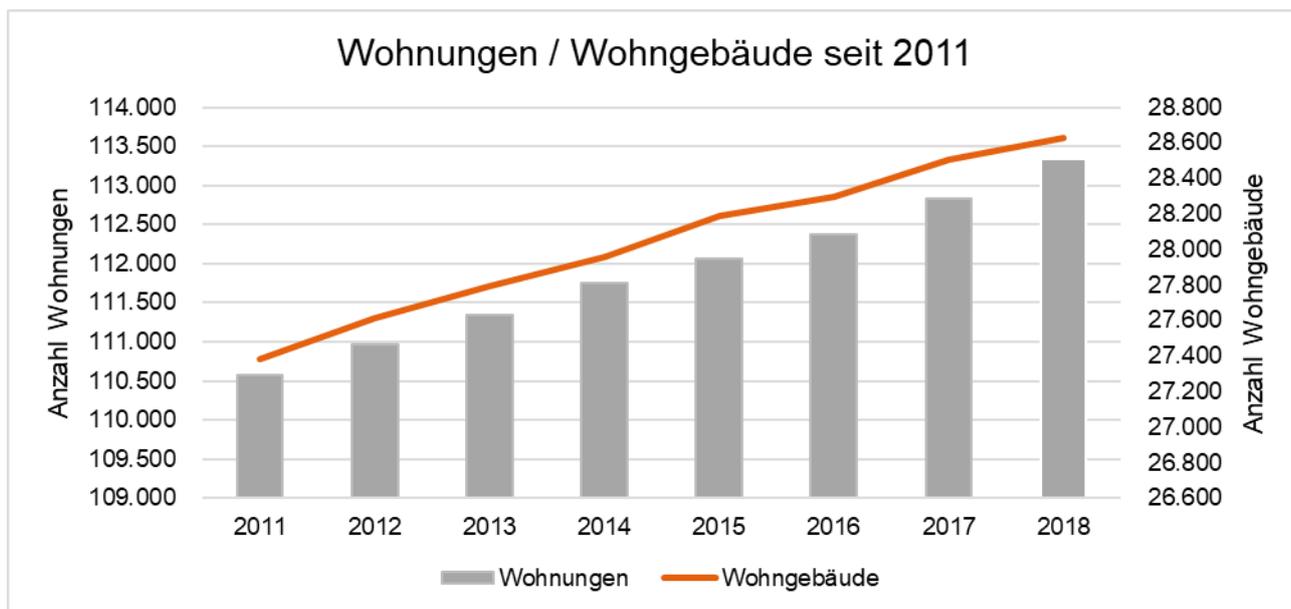


Abbildung 9: Anzahl Wohnungen / Wohngebäude seit 2011 (eigene Darstellung nach den Daten des Thüringer Landesamt für Statistik) (7)

Mit einem aktuellen Wohngebäudebestand von 28.628 ist ein Anstieg von 5 % im Vergleich zum Jahr 2011 zu erkennen. Die Anzahl der einzelnen Wohnungen mit einem aktuellen Stand von 113.337 ist ebenfalls gestiegen. Dieser Anstieg liegt jedoch nur bei ca. 2 %. Die Prozentzahl sagt demnach aus, dass mehr Ein- oder Zweifamilienhäuser gebaut worden sind.

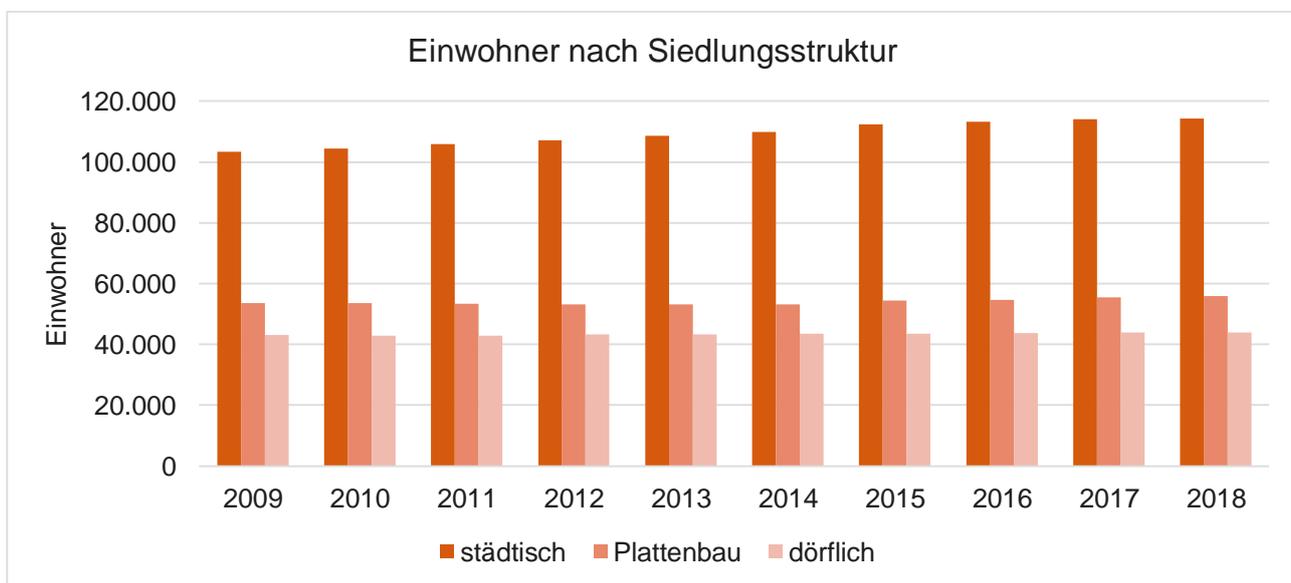


Abbildung 10: Siedlungsstruktur nach Wohnsituation in Erfurt (8)

In Abbildung 10 ist die Einwohnerverteilung nach Siedlungsstruktur in Erfurt abgebildet. Zur Unterteilung wird in drei Kategorien unterschieden, städtisch, Plattenbau und dörflich. Es ist zu erkennen, dass 2018 mit etwa 114.000 Einwohnern über die Hälfte der Erfurter im städtischen Siedlungstyp wohnten. Ein Viertel der Einwohner lebt im Plattenbau, wohingegen etwa 20% im dörflichen Siedlungstyp leben.

In Erfurt sind 11 Wohnungsgesellschaften und Wohnungsbaugenossenschaften vertreten.

- TAG Wohnungsgesellschaft Thüringen mbH
- Erfurter Wohnungsbaugesellschaft „Borntal“ eG
- Vonovia (Gagfah Group)
- Gemeinnützige Wohnungsbaugenossenschaft Erfurter Spar- und Bauverein eG
- Gemeinnützige Wohnungsgenossenschaft Erfurt-Süd eG
- Kommunale Wohnungsgesellschaft
- Wohnungsbaugenossenschaft Einheit
- Wohnungsbaugenossenschaft Erfurt
- Wohnungsbaugenossenschaft Gut Heim
- Wohnungsbaugenossenschaft Reichsbahn
- Wohnungsbaugenossenschaft Zukunft

Im Jahr 2006 schlossen sich die drei größten Erfurter Wohnungsbaugenossenschaften zum Regionalverbund der Erfurter Genossenschaften zusammen. Bestehend aus „WBG Einheit“, „WBG Erfurt“ und „WBG Zukunft“, stellt der Verbund circa 21.000 Wohnungen zur Verfügung, welche von beinahe 50.000 Bewohnern bewohnt werden. Zudem sind im Verbund circa 24.000 Mitglieder gemeldet.

Industrie

Die Landeshauptstadt Erfurt schafft durch 14 erschlossene Gewerbegebiete geeignete Bedingungen für Unternehmen sich stadtnah bzw. innerstädtisch anzusiedeln, wie in Abbildung 11 zu erkennen ist. Durch baureife Grundstücke, eine günstige Verkehrsanbindung oder auch zum Kauf oder Miete verfügbare Gewerbeimmobilien (-flächen) bietet die Landeshauptstadt angepassten Raum für Unternehmen.

Insgesamt werden etwa 1.692 ha dem Industrie- und Gewerbesektor zugeordnet. Damit stellt dieser im geteilten Bereich „Siedlung“ den größten Sektor dar.

Dabei ist das Güterverkehrszentrum Erfurt (GVZ) das mit Abstand größte Gewerbegebiet. Mit einer Fläche von 218 ha ist das im Osten angesiedelte Gewerbegebiet so groß wie die 6 nächstgrößeren Gewerbegebiete in Summe. Die verbleibenden 12 Gewerbegebiete werden im Folgenden aufgelistet und in der untenstehenden Karte markiert:

- Internationales Logistikzentrum Erfurt (ILZ)
- Unterm Fichtenwege Kerspleben
- Nördlich Sulzer Siedlung
- Vor den Streichteichen Vieselbach
- Kalkreiße
- Forschungs- und Industriezentrum Erfurt-Südost
- Thüringengewerbepark
- Stotternheimer Straße
- Büropark Airfurt
- Gefahrenschutzzentrum
- Schwanseer Straße
- Überm Feldgarten

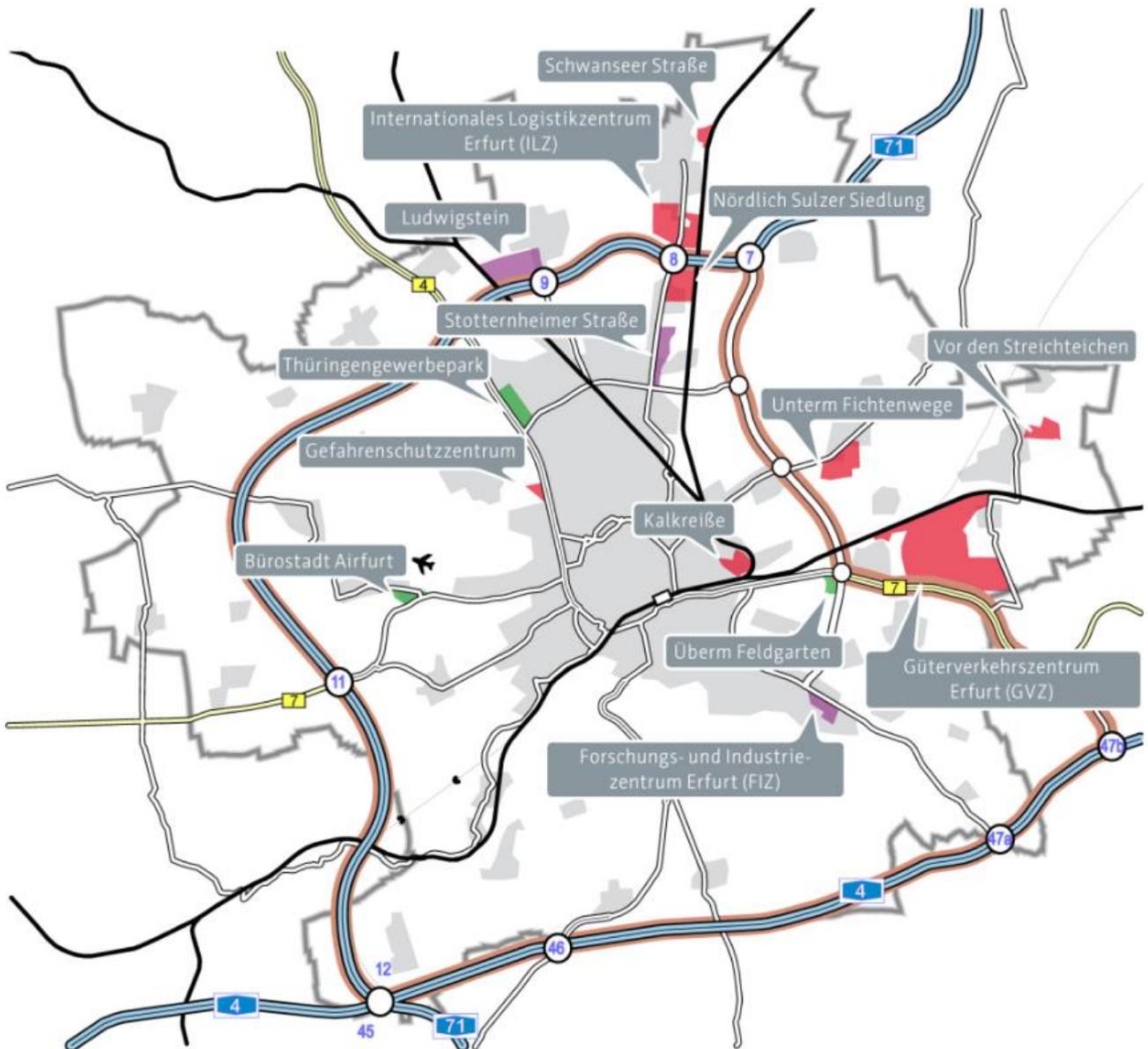


Abbildung 11: Karte mit Gewerbegebieten (9)

Hochschulen

- Universität Erfurt

Die 1379 gegründete Universität Erfurt ist die älteste Universität Deutschlands und zählt mit fast 6.000 Studierenden zu den größten Hochschulen in Thüringen. Die Universität in der jetzigen Form besteht nach der Wiedervereinigung seit 1994 und ist somit älteste und jüngste Universität zugleich in Deutschland. Die Universität Erfurt hat vier Fakultäten, die Staatswissenschaftliche Fakultät, die Philosophischen Fakultät, die Erziehungswissenschaftliche Fakultät und die Katholisch-Theologische Fakultät.

- Fachhochschule Erfurt

Die Fachhochschule Erfurt wurde 1991 gegründet und befindet sich in staatlicher Trägerschaft. Aktuell studieren circa 4.000 Menschen in den dreizehn Fachrichtungen, welche in sechs Fakultäten organisiert sind. Die Fakultäten bestehen aus Angewandten Sozialwissenschaften, Architektur und Stadtplanung, Bauingenieurwesen und Konservierung/Restauration, Gebäudetechnik und Informatik, Landschaftsarchitektur, Gartenbau und Forst bis hin zu Wirtschaft-Logistik-Verkehr. Diese Fakultäten verteilen sich auf drei Standorte.

- IUBH Internationale Hochschule GmbH

Die IUBH Internationale Hochschule GmbH ist eine private, staatlich anerkannte Fachhochschule, welche im Jahr 2013 mit der Adam-Ries-Fachhochschule fusionierte und somit den Aspekt des dualen Studiums integrierte. Seit Oktober 2019 hat die IUBH ihren Hauptsitz in Erfurt. Sie ist mit 20 Standorten deutschlandweit vertreten und bietet zusätzlich in Wien, als Standort außerhalb Deutschlands, ihre Dienste an. In Erfurt werden die Fachrichtungen Betriebswirtschaftslehre, Gesundheitsmanagement, Marketing Management und Tourismuswirtschaft im Bachelor als Duales Studium angeboten.

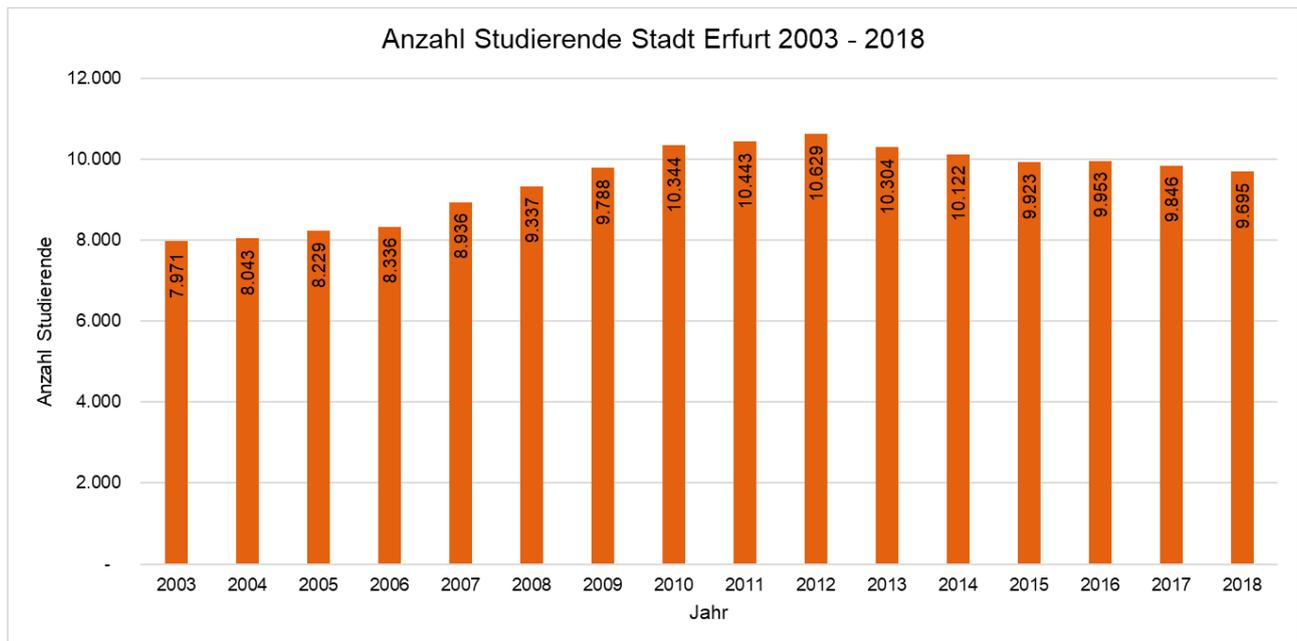


Abbildung 12: Anzahl der Studierenden 2003 – 2018

Die Anzahl der Studierenden entwickelte sich seit dem Jahr 2003 von jährlich 7.971 bis zum Hochpunkt im Jahr 2012 mit 10.629 Studierenden. In den Folgejahren bis zum Jahr 2018 hat sich die Anzahl verringert und seit 3 Jahren bei dem Wert von ca. 9.500 Studierenden eingeepegelt.

Durch die Ausrichtung der diversen Fakultäten, die unter anderem auch Bezug zu Stadtentwicklung, Gebäudetechnik und damit verbunden Energietechnik aufweisen, könnte über Forschungsvorhaben oder begleitende Arbeiten der Klimaschutzgedanke auch von den Studierenden der Hochschulen aktiv mitgestaltet und konkrete Vorlesungsinhalte zum Thema Klimaschutz entwickelt werden.

3.2 Vorhandene Konzepte

Die Landeshauptstadt Erfurt hat in der Vergangenheit diverse andere Konzepte mit Bezug zu Energie- und Klimaschutz erstellen lassen bzw. selbst erarbeitet, die im nachfolgenden kurz beschrieben werden.

CO₂-Minderungskonzept (1997/98) (10)

Das erste Konzept mit Bezug zu Energie und Klimaschutz ist ein CO₂-Minderungskonzept aus dem **Jahr 1997/1998** vom Umwelt- und Naturschutzamt der Stadt Erfurt. Das Minderungskonzept stellt die Zahlen des CO₂-Ausstoßes aus den Jahren 1993 und 1996 dar und vergleicht diese mit Prognosewerten in den Jahren nach 1996. Ein Maßnahmenkatalog wurde mit dem Ziel veröffentlicht, die Bürgerschaft zu nachhaltigeren Lebensweisen zu motivieren, um damit den CO₂-Ausstoß zu senken.

Klimaschutz in Erfurt Leitbild, Ziele und Handlungskonzept "Klimaschutz in Erfurt" (2012) (1)

Hierbei handelt es sich um die Grundlage für die hier vorliegende Evaluierung und Fortschreibung. Dieses Leitbild soll den Klimaschutz als zentralen Punkt des städtischen Handelns verankern. Zu diesem Zweck wurden Ziele zur Emissionsverminderung festgelegt, z.B. eine Emissionsminderung von mindestens 80% bis

2050 (siehe Kapitel 4.3 Ziele). Als wichtigste Bereiche wurden die CO₂-arme Energieversorgung, die Verminderung des Energieverbrauchs und die Verbesserung von Verkehr und Mobilität identifiziert.

Zur Umsetzung der strategischen Ziele wurden diese in konkrete Maßnahmen für jedes Handlungsfeld übersetzt. Als Basis dient die Energie- und CO₂-Bilanz der Stadt Erfurt von 2008. Neben den Hauptmaßnahmen in den Bereichen Energie und Verkehr werden auch die Organisation der Stadtverwaltung, Maßnahmen zur Klimaanpassung oder Öffentlichkeitsarbeit festgelegt. Der Maßnahmenkatalog adressiert die Stadtverwaltung und kommunale Akteure, wie die Stadtwerke Erfurt oder die EVAG. Zur Umsetzung der Maßnahmen sollten daneben auch Bürger und die lokale Wirtschaft einbezogen werden.

In den nachfolgenden Kapiteln, insbesondere bei der Energie- und CO₂-Bilanz (siehe Kapitel 4.1.2), bei der Zielbewertung 4.3 und der Maßnahmenbewertung (siehe Kapitel 6), wird auf dieses Konzept zurückgegriffen.

Klimaschutzkonzept Erfurt - Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung (Abschlussbericht) (11)

Die Landeshauptstadt Erfurt hat im **Jahr 2010** ein Klimaschutzkonzept mit dem Schwerpunkt auf Gebäude und deren Energieerzeugung durch die Fachhochschule Erfurt, dem Institut der Fachschule Erfurt (Mensch, Gebäude, Energie und Technik) in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Erfurt erarbeitet.

Das Klimaschutzkonzept Erfurt gliedert sich in die zwei Schwerpunkte: Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung mit dem Ziel eines Maßnahmenkataloges. Folgende Maßnahmen werden dabei erläutert:

- Ausbau erneuerbarer Energie bei Elektrizität bei den Stadtwerken Erfurt
- Förderung von Bürgerkraftwerken und Bürgerbeteiligungen an Kraftwerken
- Erweiterung der Windenergie-Vorrangflächen
- Ausweisung von PV Nutzung im Flächennutzungsplan
- Erweiterung der Wasserkraftwerks-Kapazität
- Schaffung der Voraussetzungen für tiefe Geothermie
- Förderung der Anlage von Energieholzplantagen in Erfurt
- Umsetzung von Biogasanlagen
- Ausweitung KWK
- Ausbau und Verdichtung der Fernwärme
- Information und Beratung von Bürgern und Bau-Interessierten zu Photovoltaik, Solarthermie und oberflächennaher Geothermie
- Bauplanung erneuerbarer Energien im Bereich des Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebaus
- Erneuerbare Wärme und KWK auch in Bestandsgebäuden forcieren
- Einsatz von Brennwerttechnik und Wärmepumpen
- Ausbau von BHKWs (speziell auch Mikro-BHKWs)
- Ausbau der Strom- und Fernwärmenetze

Das Konzept kommt zu dem Ergebnis, dass die Flächennutzung durch solarthermische Anlagen am effizientesten ist.

Technologie	Ertrag in kWh/(m²a)
Solarthermie dezentral	350 – 500
Solarthermie zentral, saisonale Wärmespeicherung	200 – 250
Photovoltaik	150
Photovoltaik mit Druckluftspeicher bzw. Pumpspeicherkraftwerk	120 – 140
Windkraftanlagen	15 – 30
Biomasse	3,5
Treibstoff aus Biomasse	1,0

Der Wärmeverbrauch setzte sich größtenteils aus dem privaten Verbrauch der Haushalte (60%) zusammen, gefolgt von Industrie/Handel/Gewerbe (8%) und dem öffentlichen Bereich (7%). Die Elektroenergie weist eine ähnliche Verteilung auf, auch hier dominierten die privaten Haushalte mit einem Anteil von 60%.

Dabei lässt sich die Reduzierung des Wärmeverbrauchs laut Konzept nachhaltiger mit Dämmung und Wärmerückgewinnung bei der Luft gestalten als mit erneuerbaren Energieträgern.

Klimaschutzkonzept Erfurt – Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung (Zwischenstand 2014) (12)

Das Konzept aus dem Jahr 2010 wurde evaluiert und neu bewertet. Dieser Zwischenstand aus dem **Jahr 2014** greift das Ziel der Minderung der CO₂-Emissionen bis 2020 um 30% auf und vergleicht diese mit aktuellen Zahlen und bisherigen Erfolgen.

Dabei wird festgestellt, dass die Stadtwerke Erfurt den größten Anteil am bisherigen Erfolg, einer Einsparung von 23% pro Einwohner, haben, jedoch das große Ziel nicht allein durch Maßnahmen seitens der Stadtwerke erreicht werden können.

Insgesamt sei eine Einsparung von etwa 683.000 t CO₂ aus energiewirtschaftlichen Maßnahmen zu verzeichnen. Dabei wurde ein Rückgang in Bezug auf die Wärme festgestellt, welcher jedoch weitestgehend durch den Anstieg im Bereich Strom kompensiert wurde. Die verminderten Emissionen belaufen sich dabei pro Kopf auf 4,4%.

Somit wurden folgende Ziele verdeutlicht und aktualisiert:

- Steigerung der Energieeffizienz bei der Stadtverwaltung, städt. Eigenbetrieben/Kapitalgesellschaften
- Steigerung der Energieeffizienz in Haushalten
- Technisches Energiemanagement in Unternehmen

Integriertes Klimaschutzkonzept der Landeshauptstadt Erfurt - Teil Mobilität und Verkehr (2)

Weiterhin hat die Landeshauptstadt Erfurt im **Jahr 2010** ein integriertes Klimaschutzkonzept mit dem Schwerpunkt Mobilität und Verkehr ebenfalls durch die Fachhochschule Erfurt, hier dem Institut für Verkehr und Raum, erstellen lassen. Dieses Konzept umfasste die Entwicklung eines Berechnungsmodells, welches den aktuellen Stand und eine Prognose bezüglich der CO₂-Emission im Sektor des Verkehrs abschätzt. Dabei ergab sich ein CO₂-Ausstoß von 207.000 t (1,04 t/Einwohner) im Jahr 2008 und einer prognostizierten Zahl von 173.000 t im Jahr 2020, die mit dem Faktor einer sinkenden Bevölkerungszahl berechnet wurde.

Des Weiteren wurden innerhalb dieses Teilkonzeptes weitere kommunale Klimaschutzkonzepte deutscher Städte hinsichtlich möglicher Maßnahmen zur Verringerung des CO₂-Ausstoßes analysiert. Mit Hilfe dieser Analyse wurden für die Stadt Erfurt einzelne Maßnahmen im Verkehr ermittelt.

Dadurch wurden Handlungsziele wie Verkehrsvermeidung, Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsmittel und Effizienzsteigerung definiert und dabei folgende Szenarien ausgewählt:

- „Referenzfall 2020“, d.h. Entwicklung ohne kommunale Maßnahmen zum Klimaschutz
- „Minimalzielvariante 2020“, d.h. Verringerung des spezifischen CO₂-Ausstoßes je Kopf bis 2020 um 20%
- „Vorbildvariante 2020“, d.h. Verringerung des spezifischen CO₂-Ausstoßes je Kopf bis 2020 um 30%
- „Langfrist-Szenario 2050“, d.h. Verringerung des spezifischen CO₂-Ausstoßes je Kopf bis 2050 um 80%

Monitoring des Klimaschutzkonzeptes – Teil Verkehr und Mobilität (13)

Die Zwischenevaluation aus dem **Jahr 2016** beschreibt den Prozess der Reduzierung des CO₂-Ausstoßes qualitativ als gut. Durch Maßnahmen, wie die Umstellung im ÖPNV auf Naturstrom, und dem technischen Fortschritt wurde eine erste positive Entwicklung vorangetrieben.

Des Weiteren wird die wachsende Zahl der Bevölkerung als positiver Punkt genannt. Durch Zuzüge aus dem Umland verringert sich zum Beispiel die Zahl der Pendler. Darüber hinaus erwies sich die Förderung des Radverkehrs und der Elektromobilität durch Investitionen in die jeweilige Infrastruktur als Erfolg.

Negativ fällt dabei der Fakt auf, dass der ÖPNV rücklaufende Zahlen aufweist und die Förderung des Fußverkehrs vergleichsweise ohne Erfolg blieb. Beispiele für die Förderung des Fußverkehrs waren in diesem Konzept Maßnahmen zur Erweiterung von Fußverkehrsflächen und Querungshilfen für Fußgänger, die nicht umfassend umgesetzt wurden.

Schlussendlich werden die Maßnahmen als erfolgreich mit wenigen Defiziten angesehen.

Energiekonzept Äußere Oststadt (14)

Das **Ende 2018** veröffentlichte Energiekonzept „Äußere Oststadt“ umschreibt die städtebauliche Neuordnung des Gebietes der äußeren Oststadt Erfurts, eines gewerblich-industriell geprägten Stadtteils, hin zu einem attraktiven Innenstadtquartier. Diese Neuordnung schafft eine technische Abstimmung verschiedenster Gebäude- und Nutzungseinheiten mit dem Kernthema einer weitgehenden „[...] Nutzung lokal verfügbarer energetischer Potenziale aus Erneuerbaren Quellen (Solarthermie und Photovoltaik) und gewerblicher Abwärme.“ (14)

Des Weiteren verfolgt dieses Konzept das Ziel der Förderung der E-Mobilität mit positiven Folgen einer Reduzierung der CO₂-Emission und des Lärms in der Stadt Erfurt.

In diesem Konzept wird die Wärmeversorgung über ein lokales Niedertemperatur-Fernwärmenetz (NTFW) mit Vorlauftemperaturen von ca. 70° C unter Einbindung und vorrangigen Nutzung erneuerbarer Energie (Solarthermie) und gewerblicher Abwärme geregelt.

Die Stromversorgung soll größtenteils über PV-Module erfolgen und somit durch regenerativen Solarstrom gesichert sein. Die Kälteversorgung soll über aktive und passive Systeme bereitgestellt werden, wie zum Beispiel PV-Strom getriebene Kompressionskältemaschinen oder Verschattung.

Integriertes Stadtentwicklungskonzept - Erfurt 2030 (ISEK Erfurt 2030) – Auszug Handlungsfelder (15)

Das im **Jahr 2017** fortgeschriebene Integrierte Stadtentwicklungskonzept der Landeshauptstadt Erfurt beinhaltet 12 Handlungsfelder, wie zum Beispiel Bildung, Wohnen, Kultur, etc. Diese Handlungsfelder werden unter zwei Gesichtspunkten behandelt: Zum einen die Feststellung des Ist-Zustands und zum anderen die Ziele des jeweiligen Handlungsfelds, die jeweils stichpunktartig beschrieben werden:

- Wirtschaft, Arbeit, Handel
- Bildung
- Mobilität, Verkehr
- Wohnen
- Freiraum für Natur und Freizeit
- Kultur
- Sport
- Ortsteile
- Soziale Infrastruktur
- Generationengerechte Stadt
- Klimaschutz, Klimaanpassung und Resilienz
- Tourismus und Stadtmarketing

Die gesteckten Ziele im Punkt „Klimaschutz, Klimaanpassung und Resilienz“ belaufen sich dabei auf die größere Einbeziehung erneuerbarer Energien, die grundsätzliche Förderung des Bürgerengagements in Bezug auf Klimaschutz und die weitere Fortschreibung von Energie- und Klimaschutzstrategien.

Ermittlung geeigneter Brachflächen für eine Freiflächen-PV-Nutzung in Erfurt (16)

Das Umwelt- und Naturschutzamt in Zusammenarbeit mit dem Amt für Stadtentwicklung- und Stadtplanung der Landeshauptstadt Erfurt hat im **Jahr 2019** eine Studie für eine städtische Strategie zur Entwicklung von Freiflächenphotovoltaikanlagen auf Brachflächen entwickeln lassen. In dieser Studie wurden auf Basis von weiteren Vorstudien und Voruntersuchungen ca. 70 vorausgewählte Flächen aus den Brachflächenkataster sowie Realnutzungskartierung der Landeshauptstadt weiteruntersucht und bewertet. Insgesamt wurden in einer Voruntersuchung 35 Flächen zu weiteren Untersuchungen ausgewählt. Diese zeigten, dass zwischenzeitlich Flächen nicht mehr für die PV-Nutzung zur Verfügung stehen, deshalb reduzierte sich die Anzahl weiter.

Insgesamt sechs Flächen gelten als besonders geeignet, 13 als geeignet und fünf grundsätzlich als ungeeignet. Die Aufbereitung und Dokumentation der Ergebnisse dieser Studie erfolgte in den Standortdatenblättern sowie die Biotop- und Nutzungskartierung.

Im Kapitel 5.2.1.1 dieses vorliegenden Konzeptes wird auf die Ergebnisse konkret eingegangen und in die Potenzialbetrachtung einbezogen.

Verkehrsentwicklungsplan Erfurt – Innenstadt und Wirtschaftsverkehr (4)

Zur Verbesserung der Verkehrsflüsse und der Aufenthaltsqualität wurde **2012** der Verkehrsentwicklungsplan (VEP) für die Innenstadt erstellt. Dieser folgt auf den vorangegangenen VEP von 1996/97. Zentraler Punkt ist die „Begegnungszone Innenstadt“. Hierbei lag der Fokus auf einer Stärkung des Fuß- und Radverkehrs, einer Steigerung der Aufenthaltsqualität in der Innenstadt und einer guten Erreichbarkeit mit dem ÖPNV. Motorisierter Individualverkehr und Wirtschaftsverkehr soll effizient gelenkt werden und verkehrsberuhigte Zonen entstehen, sodass Nutzungskonflikte der unterschiedlichen Verkehrsteilnehmer minimiert werden.

Verkehrsentwicklungsplan Erfurt – Parkraumkonzeption Innenstadt (17)

Das Teilkonzept zur Parkraumentwicklung der Innenstadt wurde **2014** erstellt. Es sieht die Umgestaltung der Parkräume vor, sodass Fußgängern mehr Platz eingeräumt wird und der vorhandene Parkraum bewirtschaftet wird. Auf Basis des Konzeptes „Begegnungszone Innenstadt“ sollen vorrangig effiziente Parkraumangebote für mobilitätseingeschränkte Personen, Anwohner, sowie Lade- und Lieferverkehr vorgehalten werden. Parksuchverkehr soll durch Parkhäuser und ein Parkleitsystem minimiert werden.

Verkehrsentwicklungsplan Erfurt – Radverkehrskonzept (18)

Das Erfurter Radverkehrskonzept wurde vom Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung erarbeitet und **2014** vom Stadtrat beschlossent. Es ist ein weiterer Baustein in der Verkehrsentwicklungsplanung der Stadt. Zur Stärkung des Radverkehrs werden drei Hauptfelder bearbeitet: Infrastruktur zum Fahren und Parken, Serviceangebote, wie Leihräder und Öffentlichkeitsarbeit. Der wichtigste Punkt ist hier die Infrastruktur. Das Konzept beschreibt den sinnvollen und zielführenden Ausbau von Fahrradrouten und Knotenpunkten zur Steigerung des Fahrradverkehrs und Erhöhung der Sicherheit.

3.3 Klimaanpassung in Erfurt

Neben Klimaschutzmaßnahmen, bei denen die Vermeidung und Minderung von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen betrachtet werden und die hier in der Evaluierung des bestehenden Klimaschutzkonzeptes vordergründig betrachtet werden, kommt aus heutiger Sicht auch der Klimaanpassung (Anpassung an die – nicht mehr abzuwendenden – Folgen des Klimawandels) eine wichtige Bedeutung zu.

Der fünfte Sachstandsbericht des Weltklimarates und auch der Sonderbericht des Weltklimarates bestätigte, dass die Erwärmung der Erde durch CO₂-Emissionen verursacht wird und dies auf menschliche Einflüsse zurückzuführen ist (19). Das internationale Ziel ist es, die Klimaerwärmung auf 2 °C zu begrenzen. Bei der UN-Klimakonferenz in Paris wurde formuliert, dass dieses Ziel möglichst unterschritten und wenn möglich auf 1,5 °C begrenzt werden muss. Der neue Sonderbericht zeigt, dass selbst die Erwärmung um 1,5 °C für das Klimasystem, Natur und Mensch globale Risiken höher sind. Eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur um mehr als 2 °C bis 2100 im Vergleich zu vorindustriellem Niveau hat schwerwiegende Folgen. Es wird formuliert, dass weltweit bis 2030 die CO₂-Emissionen als Motor des Klimawandels und des Temperaturanstiegs drastisch reduziert werden müssen.

Auch in der Landeshauptstadt Erfurt sind der Klimawandel und dessen Folgen bereits spürbar. Seit einiger Zeit zeichnet sich ab, dass es deutlich häufiger zu Starkregenereignissen, langen Hitzeperioden und Dürrezeiten sowie auch zu einer Verschiebung von Regenzeiten vom Sommer in den Winter kommt. Vor allem im innerstädtischen Raum wird erwartet, dass es zu einem Anstieg der Hitzeperioden kommt. Die Stadt Erfurt ist sich ihrer Verantwortung hier bewusst und hat einen Maßnahmenkatalog zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, d.h. „Entwicklung von Klima-Adaptionsstrategien und -Technologien in Thüringen (KlimAdapTit)“ im September 2018 (20) entwickelt. Übergeordnete Grundlage ist das „Thüringer Integrierte Maßnahmenprogramm zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Freistaat Thüringen“ (IMPAKT) aus dem Jahr 2013. Der Landeshauptstadt Erfurt wird darin im Bereich Klimawandelanpassung ein Leuchtturmcharakter zu gesprochen.

Ein wesentliches Ergebnis im KlimAdapTit ist, dass die Hitzetage (d.h. Tage, an denen die Temperatur über 30 °C beträgt) von durchschnittlich 4,5 Tagen pro Jahr zwischen 1961 und 1990 auf 7,3 Tage pro Jahr zwischen 1987 und 2016 stiegen. Bereits jetzt sieht man, dass diese Tendenz zunimmt und die vergangenen Hitzejahre 2018 und 2019 hier weitere negativ Rekorde lieferten. Frost- und Eistage (geringer als 0°C) in den Wintermonaten werden dagegen geringer. Zwischen 1961 und 1990 gab es noch 91,1 Tage pro Jahr. Zwischen 1987 und 2016 nur noch 84 Tage. Grundsätzlich zeigt sich, dass die Temperatur in Erfurt und in Thüringen deutlich steigt. Laut dieser Untersuchung stieg die Jahrestemperatur in Thüringen um ca. 1,4 Kelvin von 7,2 °C (Jahre 1881 bis 1910) auf 8,6 °C 1988 bis 2017 um 1,4 K (21).

In dem Maßnahmenkatalog werden Klimaanpassungsmaßnahmen in folgenden Bereichen vorgestellt und 2019 durch den Erfurter Stadtrat als Informations- und Handlungsgrundlage beschlossen:

- **Gesundheit**

Im Bereich Gesundheit geht es vornehmlich um die Prävention von gesundheitlichen Schäden und Notlagen durch den Klimawandel. Zunächst soll es öffentliche und private Investitionen geben, um im Bereich Stadtentwicklung und Gebäuden gefährliche Hitzeentwicklungen zu bekämpfen. Ebenso soll es u.a. Warnsysteme, Schulungen für Pflegepersonal und Informationsangebote geben. Neben Gefahren durch Hitze und Trockenheit sollen auch UV-Strahlung, Allergien und Infektionskrankheiten adressiert werden.

- **Wasserwirtschaft**

In der Wasserwirtschaft kommen die Extremfälle des Klimawandels zum Tragen. Es gibt einerseits Hochwasser und Starkregenereignisse und andererseits Niedrigwasser und Trockenheit. Zur Bekämpfung von Hochwassern werden mehr Flächen zur Versickerung und Regenwasserrückhaltung benötigt. So sollen u.a. Flächen entsiegelt und Auenlandschaften sowie Flussläufe renaturiert werden. Zum Umgang mit Trockenheit soll etwa der Wasserverbrauch durch regulatorische Maßnahmen sinken und die Grundwasserneubildung unterstützt werden.

- **Katastrophenschutz**

Der Katastrophenschutz muss auf eine große Bandbreite an möglichen Vorfällen durch den Klimawandel vorbereitet sein. Deshalb sollen kritische Infrastrukturen identifiziert und geschützt werden. Daneben muss es eine kontinuierliche Gefahrenabschätzung und Warnsysteme geben, um adäquat auf Naturkatastrophen reagieren zu können. Hier stehen die Organisation, Ausbildung und Ausstattung von öffentlichen Institutionen und Ehrenämtern im Vordergrund.

- **Bauwesen**

Hierbei geht es einerseits um das Klima in Gebäuden, andererseits auch um die Wirkung von Gebäuden in der Stadt. Zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität sollen Gebäude entsprechend saniert und modernisiert werden. Bei Neubauten soll Kälte- und Wärmeschutz eingeplant werden. Städtebaulich werden z.B. Kaltluftschneisen, Begrünung und Entsigelung von Flächen angewendet.

- **Verkehrswesen**

Die Gefahren im Verkehrswesen werden durch häufigere Straßenschäden, unzureichende Entwässerung oder Sturmschäden erzeugt. Um diesen Gefahren zu begegnen, sollen Verkehrswege überprüft und entsprechende Maßnahmen zur Vorbeugung ergriffen werden. Hier kann es beispielsweise um neue Materialien im Straßenbau, zusätzliche Regenrückhaltebecken oder Windabweiser an Brücken gehen.

- **Land- und Forstwirtschaft/Naturschutz**

Im Bereich der Land- und Forstwirtschaft werden längere Trockenheit, veränderte Vegetationsperioden und Unwetter zum Problem. Hier sehen Maßnahmen u.a. vor, die landwirtschaftlichen Praktiken hin zu einer größeren Vielfalt mit angepassten Arten und einem besseren Wassermanagement zu verändern. Wälder sollen durch trockenheitstolerante Arten und Pfahlwurzler, wie z.B. Eichen widerstandsfähiger gemacht werden. Feuchtgebiete sollen wieder vernässt und Auenlandschaften renaturiert werden.

In dem zu evaluierenden Konzept - Klimaschutz in Erfurt Leitbild, Ziele und Handlungskonzept (1) - wird im Kapitel „Anpassung an den Klimawandel“ beschrieben, ein umfassendes Konzept zur Anpassung an den Klimawandel für Erfurt zu erarbeiten, „...dieses Konzept soll neben dem Hochwasser-, Unwetter- und Katastrophenschutz vor allem auch die Eingrenzung der Auswirkungen auf Biodiversität, Gesundheitsfürsorge (u. a. Schutz bei Hitzewellen), Energie-, Trinkwasser- und Nahrungsmittelversorgung berücksichtigen.“(1).

Ergebnis: Die Forderung nach einem Konzept zur Anpassung an den Klimawandel ist durch den umfassenden Bericht und Maßnahmenkatalog KlimAdapTit aus dem Jahr 2018 erfolgt. Nachzulesen sind die Informationen zur Klimawandelanpassung im vorhandenen und beschlossenen Maßnahmenkatalog zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels aus dem Jahr (20). Diese gilt es nun aufbauend aus diesem Konzept umzusetzen.

Zur Umsetzung von Maßnahmen zur Klimaanpassung hat die Stadt Erfurt praxisorientierte Projekte initiiert, die nachfolgend erläutert werden.

Erfurter Stadtgrün im Klimawandel – ein BUGA 2021- Begleitprojekt (SIKEF) (22)

Städtische Bepflanzung und Grünflächen haben einen großen Anteil an der Lebensqualität innerhalb einer Stadt und dem innerstädtischen Klima. Dieses Forschungsprojekt soll ein Konzept hervorbringen, dass die optimale Bepflanzung in Erfurt als Reaktion auf den Klimawandel beschreibt. Hierbei geht es um zwei Punkte. Zum einen muss das Stadtgrün an Hitze und Trockenheit angepasst werden, sodass Grünflächen erhalten werden können. Zum anderen schafft die vermehrte Integration von Pflanzen Abhilfe für die Effekte des Klimawandels auf den Menschen. So können durch Schatten und Verdunstung deutliche Kühleffekte erzeugt werden.

Das Erfurter Stadtgrünkonzept soll als Grundlage für kommende Pflanzentscheidungen dienen und in die Stadtentwicklungsplanung einfließen. Unter anderen soll in drei Modellquartieren mit unterschiedlichen Eigenschaften angepasste Begrünungsmaßnahmen geplant und umgesetzt werden. Diese sollen als ‚Best-Practice‘-Beispiele dienen und weitere Entscheidungen zur Klimaanpassung durch Stadtgrün erleichtern.

HeatResilientCity (23)

Im Forschungsprojekt „Hitzerobuste Stadt – HeatResilientCity“ geht es um die Gesundheitsvorsorge und die Reduzierung der Belastung durch Sommerhitze in stark verdichteten Wohnquartieren. Es sollen Maßnahmen zur Anpassung von Gebäuden und Freiräumen entwickelt werden. Der Fokus liegt hierbei auf innovativen, sozial gerechten und akzeptierten Lösungen. Hierbei kann es ähnlich zum Erfurter Stadtgrünkonzept um die Pflanzung von Bäumen gehen, wie es innerhalb dieses Projektes für die Erfurter Oststadt geplant ist. Es sollen weitere Lösungen unter Einbeziehung der Bürger entwickelt werden.

Klimagerechtes Flächenmanagement (24)

Das Konzept zum klimagerechten Flächenmanagement wurde 2018 veröffentlicht und soll die Stadtentwicklung auf die Veränderungen durch den Klimawandel vorbereiten und Maßnahmen zur Anpassung aufzeigen. Durch ihre Lage in einem Talkessel kann es in der Stadt zu negativen Phänomenen wie Überhitzungserscheinungen und erhöhten Schadstoffkonzentration durch Inversion kommen. Diese werden durch die Klimaveränderungen intensiviert.

Das Konzept zeigt zunächst lokale und regionale Klimaverhältnisse auf. Durch Szenarien, Betrachtungen und Planungshinweise kann bereits in frühen Planungsphasen auf klimatische Problemstellungen Rücksicht genommen werden, sodass z.B. Hitzeinseln vermieden oder Kaltluftentstehung gefördert werden.

Hitze-Portal (25)

Das Hitze-Portal stellt ein Informationsmedium für die Erfurter Bevölkerung dar. Dort gibt es Informationen zu aktuellen Geschehnissen oder Hitzewellen sowie allgemeine Tipps zur Vermeidung von Risiken und Gefahren. Darunter sind z.B. Informationen zu Notlagen, gutem Raumklima oder Hitze am Arbeitsplatz. Das Portal soll auch Grundlagen und Wissen vermitteln, wo im Zuge des Klimawandels Hitze entsteht und wie sich die Gegebenheiten über gezielte Maßnahmen in der Stadt verbessern lassen. Zum Schutz vor Hitzeperioden soll ein Hitzeaktionsplan für Erfurt erstellt und umgesetzt werden.

3.4 Übergeordnete Vorgaben

3.4.1 Internationale und Europa

Auf internationaler Ebene beteiligt sich Deutschland als EU-Mitglied an der UN-Klimarahmenkonvention. Darunter fallen das Kyoto-Protokoll und das Übereinkommen von Paris (Paris Agreement). Durch das Abkommen von Paris wurden erstmals verbindliche Ziele zur Reduzierung von Treibhausgasen (THG) vereinbart (26). Der Beitrag aller Teilnehmer wird gegenüber den Vereinten Nationen in Nationally Determined Contributions – NDCs festgeschrieben. Die EU und ihre Mitgliedsstaaten verpflichten sich in diesem Rahmen zu einer Senkung der THG-Emissionen bis 2030 um 40 % gegenüber 1990 (27). Aktuell besteht der Vorschlag der EU-Kommission, dieses Ziel auf 55 % anzuheben (28).

Zur Umsetzung der Klimaziele wurde auf europäischer Ebene neben weiteren Vereinbarungen der EU-Emissionshandel eingeführt, um gemeinsam Treibhausgasemissionen einzusparen und länderübergreifende Maßnahmen effizient zu gestalten (26).

Als ein wichtiger weiterer Schritt wurde im März 2020 durch die EU-Kommission das Europäische Klimagesetz vorgelegt. Es sieht vor, dass Europa bis 2050 treibhausgasneutral wird. Das Gesetz soll einen verlässlichen Rahmen zur Dekarbonisierung der europäischen Wirtschaft über alle Sektoren geben. Neben den Zielvorgaben enthält es Mechanismen zur Überprüfung und Beschleunigung der Zielumsetzung. Darüber hinaus soll es auch eine stärkere Öffentlichkeitsbeteiligung geben. (27) (29)

3.4.2 Deutschland

Ausgehend von den internationalen Vereinbarungen hat Deutschland seine Ziele zur Treibhausgasreduzierung in einem Klimaschutzgesetz rechtlich verbindlich festgelegt. Diese liegen bei einer Minderung der Emissionen von mindestens 35% gegenüber 1990 bis 2020 und mindestens 55% bis 2030. Die Umsetzung und der aktuelle Stand wird seit 2015 in jährlichen Klimaschutzberichten überprüft. Die Bundesregierung hat sich darüber hinaus für 2020 das unverbindliche Ziel gesetzt, mindestens 40% Treibhausgase gegenüber 1990 einzusparen (26). Laut Agora Energiewende kann dieses Ziel für 2020 noch erreicht werden. Grund dafür ist neben der Corona-Pandemie ein milder Winter zu Beginn des Jahres (30).

Langfristig verfolgt Deutschland das Ziel der Klimaneutralität. Dies bedeutet, die CO₂-Emissionen bis 2050 um mindestens 80%-95% zu reduzieren. Die Bundesregierung hat diese Ziele mit dem Klimaschutzprogramm 2030 und dem Klimaschutzplan 2050 bekräftigt. Hier werden neben den sektorspezifischen und übergreifenden Zielen auch Maßnahmen zur Erreichung der Ziele formuliert. Ein wesentlicher Faktor zur Erreichung der Energie- und Klimaziele ist die Energiewende hin zur ausschließlich erneuerbarer Energiebereitstellung, zusammen mit sektorenübergreifender Vernetzung, um den Energieverbrauch optimal mit -produktion und -speicherung abstimmen zu können.

Das regelmäßige Monitoring und die Verantwortlichkeit der zuständigen Ministerien durch das Klimaschutzgesetz sind für den Erfolg der Umsetzung zentral. Bei Überschreitung von zulässigen Emissionen müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden (26). Zur langfristigen Unterstützung der Dekarbonisierung weiterer Sektoren, wie Industrie oder Verkehr hat die Bundesregierung kürzlich ihre Nationale Wasserstoffstrategie vorgelegt (31).

3.4.3 Thüringen

Thüringen verfolgt eigene ambitionierte Klimaschutzaktivitäten und Ziele, die in dem **Thüringer Klimaschutzgesetz (ThüKliG)** verankert sind. Thüringen hatte am 14.12.2018 als erstes Bundesland ein eigenes Klimaschutzgesetz veröffentlicht, in dem Klimaschutz- und Klimaanpassungsaktivitäten gebündelt werden. Grundlegend verfolgt Thüringen damit das einheitliche Ziel, in Deutschland bis 2050 schrittweise die Treibhausgasemissionen um bis zu 95 % zu reduzieren. Auch der Gebäudebestand soll bis 2050 weitestgehend klimaneutral werden.

Dazu sollen als Zwischenziele bis 2030 60-70%, 2040 70-80% und 2050 80-95% der CO₂-Emissionen bezogen auf das Jahr 1990 reduziert werden. Das bedeutet unter anderem, dass der Energiebedarf Thüringens bis zum Jahr 2040 bilanziell durch einen Mix aus erneuerbaren Energien gedeckt werden soll.

Zusätzlich soll die gesamte Landesverwaltung bis 2030 klimaneutral werden. Bereits ab 2030 soll der Anteil der erneuerbaren Energien am Energiebedarf für Gebäude mindestens 25 % haben. Dies gilt für Gebäude, die saniert werden. (32)

Weiterhin hat die Landesregierung in Thüringen eine **Integrierte Energie- und Klimaschutzstrategie (32)** im Oktober 2019 mit einem aktiven Beteiligungsprozess mit der Öffentlichkeit sowie kommunalen Vertretern und Wirtschaft erarbeitet und beschlossen. In dieser Strategie sind kurzfristige Maßnahmen mit einem Umsetzungshorizont von 5 Jahren verankert. Diese soll anschließend kontinuierlich fortgeschrieben werden. Die Strategie richtet sich vor allem an die Landesregierung, kann aber auch für die Landeshauptstadt Erfurt ein wichtiger Baustein in ihren eigenen Klimaschutzinitiativen sein. In dieser Strategie werden Maßnahmen aus den Handlungsfeldern Wärme und Liegenschaften, Strom, Wirtschaft, Verkehr, übergreifende Maßnahmen (als Querschnittsaufgabe z.B. Bildungsmaßnahmen und Bewusstsein) und Landwirtschaft und Landnutzung beschrieben.

Ebenfalls 2018 veröffentlichte Thüringen die **„Thüringer Nachhaltigkeitsstrategie“ (33)**, die sich eng an den 17 SDGs (Sustainable Development Goals der United Nations), den globalen Nachhaltigkeitszielen der Agenda 2030 orientiert. Dies ist eine Fortschreibung einer bestehenden Nachhaltigkeitsstrategie, die 2011 entwickelt wurde. Thüringen zeigt damit sein Engagement für eine nachhaltige Entwicklung und setzt dabei auf die Schwerpunkte

- Bildung und lebenslanges Lernen,
- Klima, Energie und nachhaltige Mobilität,
- nachhaltiger Konsum und nachhaltiges Wirtschaften
- Schutz der biologischen Vielfalt
- Reduzierung von Ungleichheit

Diese Schwerpunkte wurden den SDGs zugeordnet und entsprechende Indikatoren für deren Zielerreichung definiert, sodass eine Verfolgbarkeit der Strategie möglich ist, darunter sind vor allem für das Klimaschutzkonzept der Landeshauptstadt Erfurt entscheidend:

- Nachhaltige Städte und Gemeinden
- Nachhaltiger Konsum und Produktion
- Maßnahmen zum Klimaschutz

Als konkret definierte Ziele aus der Nachhaltigkeitsstrategie mit Bezug zum Klimaschutzkonzept gehen dabei folgende hervor:

- Die Energieproduktivität soll bis 2020 um 20 % im Vergleich zu 2010 gesteigert werden.
- Der energiebedingte CO₂-Ausstoß soll bis 2020 um 10 % im Vergleich zu 2010 reduziert werden
- Anteil der erneuerbaren Energien soll bis 2020 auf 45 % des Nettostromverbrauchs und auf 30 % des Endenergieverbrauchs gesteigert werden.

3.4.4 Nachhaltigkeitsstrategie Erfurt

Seit Februar 2017 nimmt die Landeshauptstadt Erfurt am Projekt „Global Nachhaltige Kommune Thüringen“ als Teil der Thüringer Nachhaltigkeitsstrategie teil.

Die an den 17 Nachhaltigkeitszielen der UN ausgerichteten Leitlinien, strategischen und operativen Ziele der 1. Nachhaltigkeitsstrategie der Landeshauptstadt Erfurt liefern übergeordnete Informationen und Strategien für das zu evaluierende Konzept - Klimaschutz in Erfurt mit Leitbild, Ziele und Handlungskonzept (1) aus dem Jahr 2012. Die Nachhaltigkeitsstrategie wurde mit einer breiten Öffentlichkeitsbeteiligung in Workshops des Steuerungsgremiums mit bspw. Vertretern aus den Fraktionen, den Ämtern der Stadtverwaltung, den Stadtwerken, der IHK, den Hochschulen, dem Bauernverband, der BürgerStiftung Erfurt, dem BUND und vielen anderen Vereinen und Institutionen erstellt.

Die ersten sechs Handlungsfelder und damit Schwerpunkte für den Klimaschutz darin sind:

- Bildung
- Arbeit und Wirtschaft
- Klima und Energie (4 strategische Ziele)

- Natürliche Ressourcen und Umwelt
- Mobilität (5 strategische Ziele)
- Globale Verantwortung und Eine Welt

Klimaschutz ist ein wesentlicher Teil von Nachhaltigkeit. Gerade die Schwerpunkte **Klima- und Energie** sowie **Mobilität** aus der Nachhaltigkeitsstrategie werden für die vorliegende Evaluierung schwerpunktmäßig einbezogen. Die in der Nachhaltigkeitsstrategie formulierten strategischen und operativen Ziele, die bereits durch den Stadtrat beschlossen sind, haben damit auch für das Thema Klimaschutz in Erfurt verbindlichen Charakter und werden unter anderem in der Potenzialbetrachtung (Kapitel 5.1 Mobilität und Energieversorgung 5.2) sowie Maßnahmenentwicklung (Kapitel 6) herangezogen.

4 IST-ZUSTAND

4.1 Energie- und CO₂-Bilanz

4.1.1 Methodik

Die innerhalb der Evaluierung durchgeführte Fortschreibung der Energie- und CO₂-Bilanz orientiert sich an der BSKO-Methodik (34), die seit einigen Jahren der gängige Standard für die Bilanzierung des Energie- und Emissionsaufkommens für Städte und Gemeinden ist. Welche Daten hierfür verwendet wurden, wird in diesem Kapitel erläutert.

Die früheren Konzepte der Landeshauptstadt Erfurt (siehe Kapitel 3.2), insbesondere die Teilkonzepte zu Energie (11) und Mobilität und Verkehr (2), haben jeweils eine unterschiedliche Bilanzierungsmethodik als Grundlage gewählt. Um die Bezüge zwischen den Konzepten erfassen zu können, werden die Methoden hier noch einmal erläutert.

In dem vorangegangenen zu evaluierenden Klimaschutzkonzept „Klimaschutz in Erfurt – Leitbild, Ziele und Handlungskonzept“ aus dem Jahr 2012 wurde die Bilanzierung wie folgt durchgeführt: (1)

„Zur Bilanzierung und Monitoring des Klimaschutzes in Erfurt wurde ein angepasstes Modell verwendet, das insbesondere die Bereiche umschließt, in denen vor Ort Handlungsoptionen bestehen. Die zugrunde liegende Bilanzierung der Kohlendioxid-Emissionen aus dem vorangegangenen Konzept ging davon aus, dass die in Erfurt verursachten Energiebedarfe zusammen mit den Erzeugungsvarianten berücksichtigt werden. Beim Verkehr wurden die in Erfurt verursachten Emissionen des Landverkehrs berücksichtigt, nicht jedoch die des Durchgangsverkehrs und zusätzlich der Anteil der Erfurter Bevölkerung am deutschen Luftverkehr. Der Luftverkehr wurde anteilig berücksichtigt, da dieser prognostiziert die größten Steigerungen aufweist und von daher geeignet ist, die Erfolge im Landverkehr zu überkompensieren. Daher geht er mit in die Berechnung ein, wenngleich der Bezug zu Erfurt nicht besteht.“

Die Art der Bilanzierung verfolgt einen stark regionalen Ansatz, d. h., dass die in Erfurt erzeugte Energie gutgeschrieben wird. Zugleich wird der klimafreundliche Energieeinkauf des größten Anbieters in Erfurt berücksichtigt. Damit wird der Verpflichtung Rechnung getragen, sowohl klimafreundlichen Strom vor Ort zu erzeugen als auch solchen Strom entsprechend den energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu beziehen. Da sich der Strombezug schnell ändern kann, z. B. bei steigenden Preisen für Ökostrom, wird die Verpflichtung, auch künftig in Erfurt Energie zu sparen und gleichzeitig mit 'erneuerbaren Energien' zu erzeugen, mit diesem Bilanzmodell dargestellt. Damit soll die Bilanz den Bereichen Erzeugung vor Ort, Einkauf von außen und Verbrauch vor Ort gerecht werden. Ebenso wird im Verkehr der Luftverkehr als Anteil der Erfurter Bevölkerung am Gesamtluftverkehr der deutschen Bevölkerung berücksichtigt, obwohl dies aus Erfurter Sicht nur zum Teil beeinflusst werden kann. Auch der Durchgangsverkehr durch Erfurt hindurch wurde nicht berücksichtigt. Wegen mangelnder Einflussmöglichkeiten und schlechter Bilanzierbarkeit sind andere Teile der persönlichen Klimabilanz der Erfurter Bevölkerung nicht mit in dieser Bilanz erschlossen. Dabei handelt es sich zum einen um den Landverkehr der Erfurter außerhalb Erfurts, d. h. es sind nur die Strecken innerhalb der Stadtgrenzen berücksichtigt, und zum anderen aber wurden vor allem die produktbezogenen Klimagas-Emissionen nicht berücksichtigt. Zwar werden die in Erfurt erzeugten Produkte mit bilanziert, nicht jedoch die nach Erfurt importierten Produkte. [...]

In Anlehnung an die Berichte der FH Erfurt zum Klimaschutzkonzept (2) (12) erfolgt die Bilanzierung nach einem "verursacherorientierten Territorialprinzip", d. h. es handelt sich um eine Mischung aus Verursacher- und Territorialprinzip, die sich auf die Einflussmöglichkeiten der Stadt Erfurt bezieht, zugleich aber bundesweite Trends mit aufnimmt. Dazu werden folgende Bilanzierungsgrundsätze festgelegt:

Bilanzierung Energie Stufe 1

Die leitungsgebundenen Energieträger Strom, Erdgas und auch Fernwärme werden entsprechend des Import-Export Saldos erfasst. Grundlage dafür sind die von SWE-Netz GmbH und Thüringer Energienetze GmbH für Erfurt erhobenen Daten. Die Netzverluste werden mit berücksichtigt. In Erfurt erzeugte erneuerbare Energien werden gutgeschrieben. Als Emissionsfaktoren gelten die des deutschen Durchschnitts, mit Ausnahme des Stroms der durch die SWE Energie GmbH als Grundversorger vertrieben wird: Hier werden die tatsächlich errechneten Emissionsfaktoren angesetzt. Der Verbrauch an nicht leitungsgebundenen und nicht erneuerbaren Energieträgern für die Wärmeversorgung wird entsprechend abgeschätzt und soweit keine anderen Erkenntnisse vorliegen, mit Erdgas- Emissionen berechnet.

Die hier [verwendete] Bilanzierungsmethode entspricht dabei nicht den tatsächlichen Erfurter Emissionen, sondern eher den durch Erfurt induzierten Emissionen.

Bilanzierung Energie Stufe 2

Da im Einflussbereich der Stadt weitere positive Effekte zum Klimaschutz geleistet werden können, wird in einer zweiten Bilanz weiterhin die durch Tochterunternehmen außerhalb Erfurts erzeugte Energiemenge auf Basis erneuerbarer Energien gutgeschrieben. D. h. diese Emissionen können als Kompensation der in Erfurt nicht vermeidbaren Emissionen mit herangezogen werden. Hinweis: Sowohl die in Erfurt erzeugten Mengen erneuerbarer Energie als auch die im Einflussbereich der Stadt Erfurt außerhalb erzeugten Mengen, können auch in die Bilanzen von anderen Stromerzeugern im Sinne der Stromkennzeichnung eingehen. Dennoch wird diese Art der Bilanzierung favorisiert, um sowohl einen positiven Strommix für die Erfurter Kunden als auch Investitionen in erneuerbare Energien zu forcieren.“

Bilanzierung Verkehr und Mobilität

Aufgrund einer Abschätzung des Verkehrsaufkommens werden die Verkehrsströme innerhalb Erfurts ohne den Durchgangsverkehr berechnet. Mittels üblicher Emissionsfaktoren, oder - wie im Falle der SWE EVAG möglich - mit konkret berechneten Emissionsfaktoren, werden daraus die Gesamtemissionen im Landverkehr berechnet. Zusätzlich findet der rechnerische Anteil der Erfurter Bevölkerung am Flugverkehr insgesamt Berücksichtigung.“ (Auszug aus (1))

Die oben kursiv geschriebenen Methodik wurde aktualisiert und auf das Jahr 1990 zurückgeführt, auf das u.a. die Bilanzierung von Deutschland, dem Land Thüringen und in der Regel allen Klimaschutzkonzepten basiert. Inzwischen wurde der BSKO-Standard (2015 (34)) zur kommunalen Energie- und Emissionsbilanzierung eingeführt, an dem sich in der Erstellung von Klimaschutzkonzepten orientiert werden soll. Damit wird eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Städten, Kommunen und vorangegangenen Konzepten ermöglicht. Zur Erstellung der Energie- und THG-Bilanz wurde im vorliegenden Konzept die Software ECOspeed Region (Programmversion smart) verwendet. Die browserbasierte Software eignet sich langfristig als Controlling-Instrument zur Verfolgung des Erfolgs umgesetzter Maßnahmen (siehe Kapitel 7.2).

Nach der Erfassung der wesentlichen Grunddaten (Einwohneranzahl und Erwerbstätigenzahlen seit 1990) wurde eine Startbilanz (Top-Down-Ansatz) erstellt, die im späteren Verlauf durch weiteres Ergänzen von Daten der Stadt Erfurt und der Stadtwerke Erfurt verfeinert wurde (Top-Down-Ansatz).

Bei der Darstellung der Energiebilanz wurden die auf dem Stadtgebiet (siehe Abbildung 1 auf Seite 13) tatsächlich anfallenden Endenergieverbräuche für die in der Bilanz zu betrachtenden Sektoren (private Haushalte, Verkehr, kommunale Liegenschaften, GHD und Industrie) erfasst. Es wurde dabei das sogenannte Territorialprinzip angewandt. Gemäß Anforderungen nach BSKO wurden die CO₂-Emissionen im Sektor Verkehr territorial bilanziert. Alternativ hierzu können die Verbräuche und Emissionen verursacherbezogen bilanziert werden (Verursacherprinzip). Hierbei werden die energetischen Aufwendungen und Vorketten erfasst, die die Einwohner der Stadt in Bereichen außerhalb der Bilanzierungsgrenze (Stadtgebiet) verursachen. Am Beispiel des Sektors Verkehr wird diese Unterscheidung deutlich. Während beim Territorialprinzip ausschließlich die umgesetzten Treibstoffmengen auf dem Stadtgebiet von Interesse sind, sind bei der Verursacherbilanz auch die von den Einwohnern außerhalb des Stadtgebiets umgesetzten Treibstoffmengen zu erfassen. Die Bilanzierung der Energieverbräuche erfolgt bezogen auf den Endenergieverbrauch ohne Vorketten. Ergo werden die tatsächlich im Stadtgebiet verbrauchten Kilowattstunden bzw. erzeugten Emissionen betrachtet, ohne die Energie für die Bereitstellung der Endenergie. Allerdings bedeutet das auch, dass der Durchgangsverkehr (bspw. Autobahn) mit in die Bilanz eingerechnet wird – im Gegensatz zum Konzept aus 2010. (2). Die Energiebereitstellung innerhalb der Landeshauptstadt wird in die Bilanz einbezogen, d.h. das Gas- und Dampfkraftwerk (GuD) und Strom aus erneuerbaren Energien wird hier berücksichtigt.

Bei der Bilanzierung der energiebedingten CO₂-Emissionen werden die Vorketten (nach LCA¹-Methodik), die außerhalb des Stadtgebietes stattfinden, berücksichtigt. Würde man dies hier nicht einrechnen, würden die CO₂-Emissionen für die Vorketten an keiner Stelle berücksichtigt, da beispielsweise die Stromproduktion virtuell auf ganz Deutschland verteilt stattfindet. Gemeinden und Städte, die große Energieerzeugungsanlagen zur Versorgung großer Regionen haben, würden hieraus einen großen Nachteil ziehen. So wird die Last der CO₂-Emissionen gerecht auf die Verbrauchssenen verteilt. Bei dieser Methode sind Emissionen aus dem Konsum von Gütern und aus dem Verkehr außerhalb des Stadtgebietes (Pendler, Urlaubsreisen, Waren) und aus Vorketten entstehen, nicht enthalten. Diese werden grundsätzlich nur indirekt von der Stadt verursacht bzw. beeinflusst und innerhalb eines anderen Bilanzkreises berücksichtigt. Auf diese Bereiche entfallen umgerechnet durchschnittlich zusätzlich etwa 5-7 tCO₂/Einwohner als bundesdeutscher Durchschnittswert. (35)

Für die Erstellung des Energie- und CO₂-Bilanz wurden folgende Schlüsselinformationen in das Programm ECOSPEED Region eingepflegt.

- Einwohnerstatistik (Entwicklung der Einwohnerzahlen 1990-2018) (36)
- Erwerbstätigenstatistik (nach Wirtschaftszweig 1990-2018) (36)
- Endenergieverbrauchsdaten der leitungsgebundenen Medien (Strom, Fernwärme, Gas) (37)
- Brennstoffeinsatz und Energieauskopplung aus dem Erfurter Kraftwerk (1990-2019) (37)
- Stromabsatz Erneuerbare Energien im Erfurter Stadtgebiet (2011-2018) (38)
- Kenndaten ÖPNV der Stadt Erfurt (2) (36)
- Frühere Klimaschutzkonzepte der Stadt Erfurt (siehe Kapitel 3.2)

4.1.2 Ergebnisse der Energie- und CO₂-Bilanz des vorhandenen Konzeptes

Die oben genannten (Teil)Konzepte enthalten die folgenden Bilanzergebnisse (siehe Kapitel 3.2).

1. Klimaschutz in Erfurt - Leitbild, Ziele und Handlungskonzept (1)

Ausgangsergebnisse 2008:

- Energie Stufe 1: 693.000 t CO₂
- Energie Stufe 2: 693.000 t CO₂
- Verkehr und Mobilität: 168.462 t CO₂

→ Vergleich zur Bilanz dieses Berichtes:

Emissionen aus Strom und Wärme (absolut, 2008): 860.029 t CO₂
Emissionen aus Verkehr und Mobilität (absolut, 2008): 378.247 t CO₂

2. Klimaschutzkonzept Erfurt - Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung (11)

Das Klimaschutzteilkonzept ergibt die in Abbildung 13 dargestellten Ergebnisse.

¹ LCA – Lifecycle Assessment: Berücksichtigung des gesamten „Lebenszyklus“ der Energie inklusive Primärenergieaufwendungen und Transport.

Tabelle 1–33: Verbrauch und Emissionen 2008

Verbrauchsgruppe	Energieträger	Energieverbrauch			CO ₂ -Emissionen		
		GWh	%	% vom Gesamt	t CO ₂ /a	%	% vom Gesamt
Private Haushalte	Fernwärme	250	15 %	9 %	63.250	12 %	7 %
	Erdgas u.a.	982	60 %	37 %	223.601	44 %	24 %
	Elektroenergie	396	24 %	15 %	226.512	44 %	24 %
	Summe	1.628	100 %	61 %	513.363	100 %	55 %
Öffentliche Gebäude	Fernwärme	105	51 %	4 %	26.565	39 %	3 %
	Erdgas u.a.	44	22 %	2 %	10.019	15 %	1 %
	Elektroenergie	55	27 %	2 %	31.460	46 %	3 %
	Summe	204	100 %	8 %	68.044	100 %	7 %
Industrie/Gewerbe/Handel	Fernwärme	138	40 %	5 %	34.914	28 %	4 %
	Erdgas u.a.	82	24 %	3 %	18.671	15 %	2 %
	Elektroenergie	125	36 %	5 %	71.500	57 %	8 %
	Summe	345	100 %	13 %	125.085	100 %	13 %
Sonstige Verbraucher	Fernwärme	70	24 %	3 %	17.710	16 %	2 %
	Erdgas u.a.	86	30 %	3 %	19.582	17 %	2 %
	Elektroenergie	131	46 %	5 %	74.932	67 %	8 %
	Summe	287	100 %	11 %	112.224	100 %	12 %
Fremdbezug	Elektroenergie	197	100 %	7 %	112.684	100 %	12 %
Fernwärme	Summe	563		21 %	142.439		15 %
Erdgas u.a.	Summe	1.194		45 %	271.874		29 %
Elektroenergie	Summe	904		34 %	517.088		56 %
Wärme	Summe	1.757		66 %	414.313		44 %
Elektroenergie	Summe	904		34 %	517.088		56 %
	Gesamtsumme	2.661		100 %	931.401		100 %

Abbildung 13: Auszug aus den Klimaschutzkonzept (Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung) aus dem Jahr 2010 - Ergebnisse Gebäudeenergiebedarf

- Vergleich zur Bilanz dieses Berichtes:
 Energieverbrauch (Strom und Wärme, absolut, 2008): 3.496 GWh
 Emissionen aus Strom und Wärme (absolut, 2008): 860.029 t CO₂

3. Integriertes Klimaschutzkonzept der Landeshauptstadt Erfurt - Teil Mobilität und Verkehr

Für den Sektor Verkehr wurde unter den in 4.1.1 erläuterten Randbedingungen ermittelt, dass im Jahr 2008 insgesamt 168.462 t CO₂ durch die Erfurter Bürger erzeugt wurden.

Im Gegensatz dazu wird in der aktuellen Bilanz dieses Berichtes Emissionen in Höhe von 359.638 t CO₂ ermittelt. Wie in 4.1.1 erläutert, ist hier eine reine Territorialbilanz zum Tragen gekommen, das heißt, dass der Durchgangsverkehr sowie weiterer Verkehr von außerhalb Erfurts nach Erfurt einbezogen wurde.

4.1.3 Aktualisierte Energie- und CO₂-Bilanz

Wie in Abschnitt 4.1.1 beschrieben, basiert die Bilanzierung des Energieverbrauches, der Energieproduktion und der energiebedingten CO₂-Emissionen innerhalb der Grenzen der Stadt auf den in der Erfassungsphase gesammelten Daten und in den zentral hinterlegten statischen Informationen aus ECOSPEED. Die Bilanz umfasst Daten von 1990 bis 2018, die in diesem Kapitel ausgewertet werden.

Im Folgenden werden der Endenergieverbrauch und die energiebedingten Emissionen der Stadt Erfurt für die Jahr 1990-2020 ausgewertet. Dabei ist das Vergleichsjahr 1990 und das aktuelle Bilanzjahr 2018.

Die Landeshauptstadt Erfurt verfügt über ein eigenes Kraftwerk, dass für die Stadt Strom und Fernwärme aus Erdgas bereitstellt. Das Kraftwerk wird durch die Erfurter Stadtwerke betrieben. Gemeinsam mit den im Stadtgebiet installierten Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien deckt die Stadt Erfurt den Großteil des Stromverbrauches bilanziell innerhalb der Grenzen ab. Im Bilanzjahr 2018 waren das insgesamt 70,4 % (61,8 % durch das Kraftwerk, 8,6 % durch erneuerbare Energien). Dies wird in Abbildung 14 dargestellt.

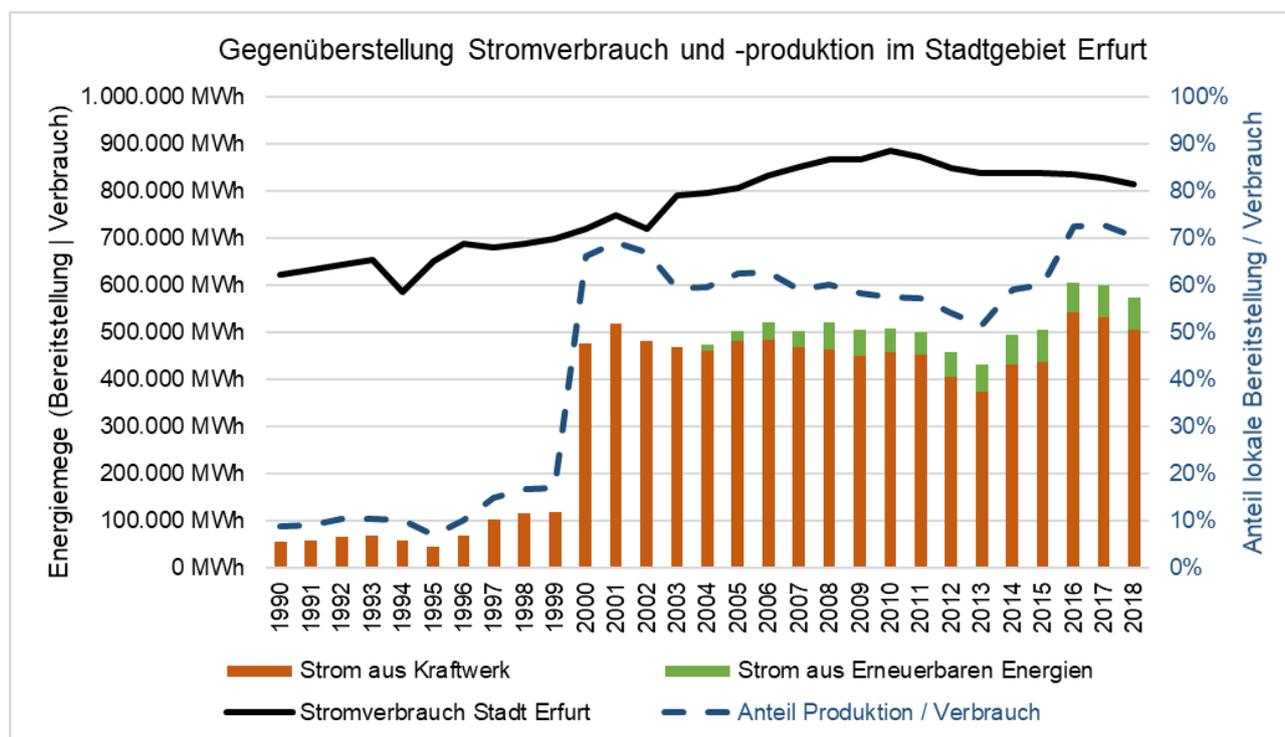


Abbildung 14: Gegenüberstellung Stromverbrauch und -produktion im Stadtgebiet Erfurt 1990-2018

Während der Stromverbrauch seit 1990 konstant ansteigt, unterliegt die Menge an bereitgestelltem Strom Schwankungen, die mit dem Kraftwerkbetrieb zu begründen sind. 1999 wurde das Kraftwerk vom Energieträger Braunkohle auf eine modernes Erdgas GuD umgestellt, das mehr Leistung hat und damit mehr Strom bereitstellen kann. Dies ist der Grund für den starken Sprung in der Strombereitstellung des Kraftwerkes ab 2000.

Die restlichen knapp 30 % werden durch den deutschen Strommix abgedeckt. Im Jahr 2018 lag der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch in Deutschland bei 37,8 % (39). Unter Einbeziehung dieses Wertes lag der Anteil erneuerbarer Energien am Erfurter Stromverbrauch (Endenergie) im Jahr 2018 rechnerisch bei 19,8 %. Hierbei muss allerdings angemerkt werden, dass es sich bei dem Erfurter Kraftwerk um ein erdgasbetriebenes GuD-Kraftwerk mit daher fossilem Brennstoff handelt, dass allerdings aufgrund der gleichzeitigen Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) von Fernwärme und Strom das Kraftwerk positiv zur Bilanz Erfurts und Deutschlands beiträgt. Der Primärenergiefaktor als Umrechnungsfaktor zwischen der natürlich bereitgestellten Energie und der Umrechnung für deren Nutzung für das Fernwärmenetz in Erfurt beträgt 0,17 und wurde entsprechend zertifiziert. Der Primärenergiefaktor für Fernwärme liegt in Deutschland zwischen 0 (für reine erneuerbare Energieanlagen) und 1,14. (40)

In Abbildung 15 ist der Endenergieverbrauch der Landeshauptstadt Erfurt vom Vergleichsjahr (1990) bis zum Bilanzjahr (2018) aufgeteilt nach den Energieträgern dargestellt.

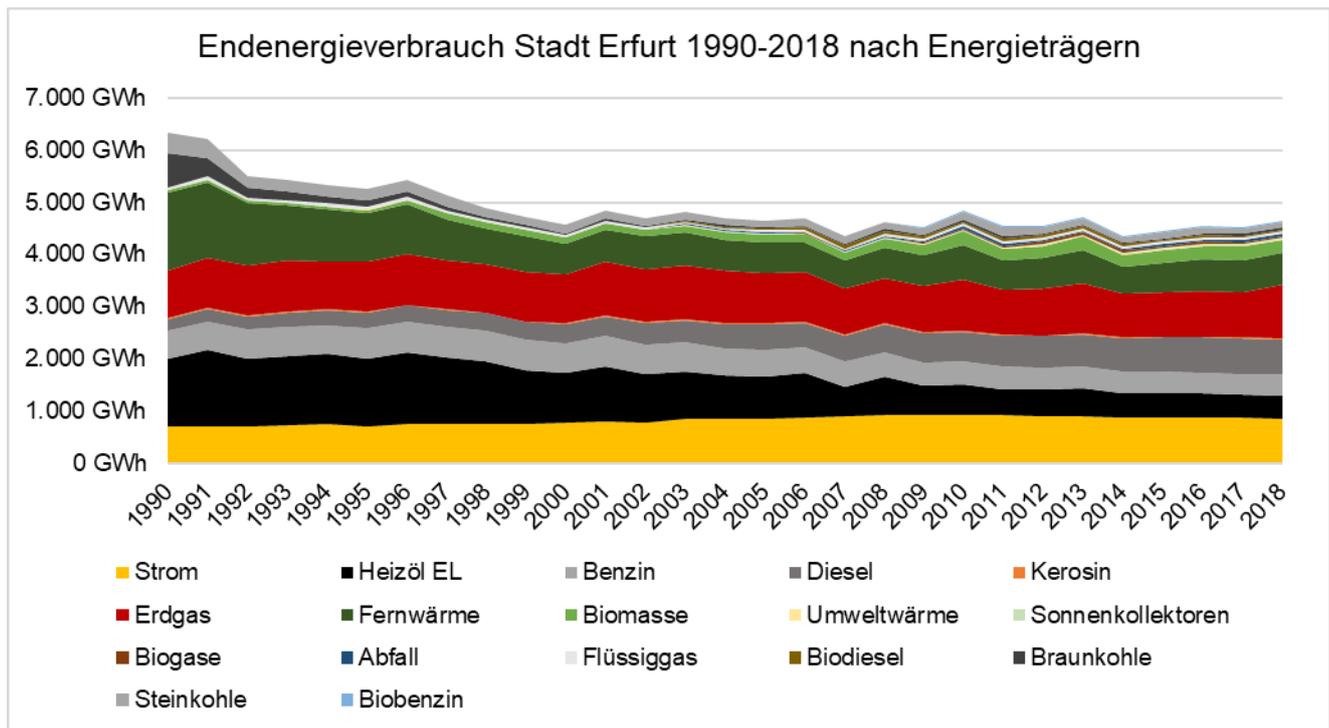


Abbildung 15: Endenergieverbrauch Stadt Erfurt 1990-2018 nach Energieträgern (Farbskala von unten nach oben, gelesen von links nach rechts)

Die Datenlage ermöglicht nicht, die tatsächlichen Mengen für alle nicht leitungsgebundenen Medien zu erhalten, weshalb das Bilanzierungsprogramm über Durchschnittswerte die Endenergiemengen dieser Energieformen ermittelt. Dies gilt neben den nicht leitungsgebundenen Medien für die Wärmebereitstellung auch für die Kraftstoffe, die im Sektor Verkehr verwendet werden. Es ist praktisch nicht möglich, diese Energiemengen mit regionalen Primärdaten zu ermitteln, weshalb diese Verbräuche über Näherungsberechnungen auf Basis langjähriger wissenschaftlicher Erhebungen durch das ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg) als Territorialbilanz ermittelt werden.

Die Abbildung 15 stellt die Endenergieverbräuche der Landeshauptstadt unter Berücksichtigung der lokalen Strom- und Fernwärmebereitstellung im Kraftwerk und durch erneuerbare Energien dar. Das heißt, dass in der Abbildung die Energiemengen dargestellt sind, die von außerhalb in den Bilanzkreis (Stadtgebiet Erfurt) transportiert werden. Zusätzlich sind die durch erneuerbare Energien bereitgestellten Wärmemengen (z.B. über Sonnenkollektoren) in die Darstellung eingeflossen, da sie effektiv fossile Wärmeträger ersetzen.

Deutlich erkennbar ist, dass Erdgas den größten Posten in der Bilanz darstellt. Dies liegt an der Verwendung von Erdgas im Kraftwerk, das wiederum für die Bereitstellung von Strom und Fernwärme genutzt wird.

Insgesamt ist die absolute Energiemenge seit 1990 um etwa ein Drittel gesunken. Der Vergleich der Anteile der verschiedenen Energieträger zwischen 1990 und 2018 ist in Abbildung 16 und Abbildung 17 dargestellt.

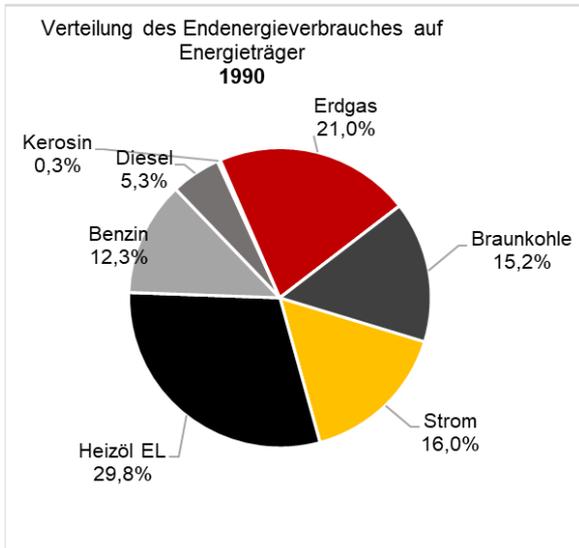


Abbildung 16: Verteilung des Endenergieverbrauches auf Energieträger 1990

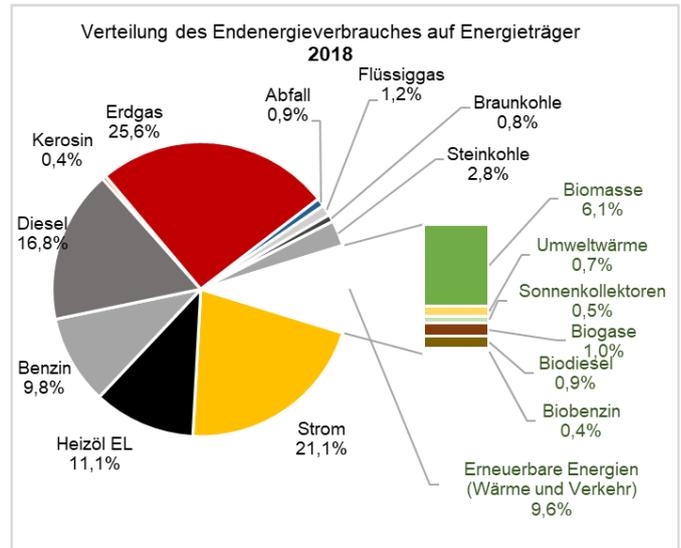


Abbildung 17: Verteilung des Endenergieverbrauches auf Energieträger 2018

Deutlich erkennbar ist, dass der Anteil erneuerbarer Energien auf 9,6 % am Endenergieverbrauch (nur für die Wärmebereitstellung und den Verkehrssektor) gestiegen ist. Hinzu kommt der Anteil erneuerbarer Energien im Strom, der hier nicht gesondert ausgewiesen wird. Für Kund*innen der Stadtwerke Erfurt betrug der Anteil erneuerbarer Energien an der Strombereitstellung 2018 ca. 60 % (Abbildung 18). Da der Marktanteil der Stadtwerke nicht eindeutig bekannt ist, wurde für die Berechnung der Emissionen der Landeshauptstadt Erfurt aus dem Stromverbrauch der deutsche Strommix angesetzt. Dennoch besteht nach wie vor ein großes Potenzial in der Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien insbesondere in der Wärmebereitstellung.

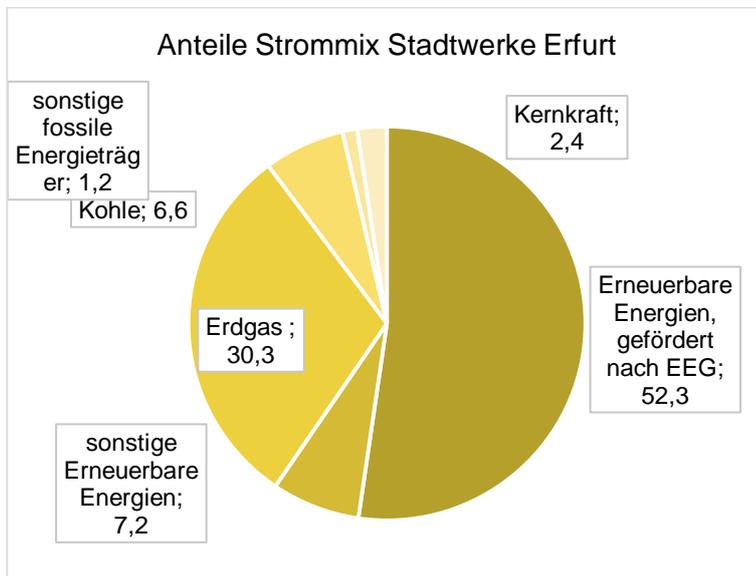


Abbildung 18: Strommix des durch die Stadtwerke Erfurt verkauften Stromes im Jahr 2018

In Abbildung 19 ist der Endenergieverbrauch (unter Anrechnung der eigenen Stromproduktion) aufgeteilt auf die Sektoren dargestellt. Erkennbar ist, dass der Sektor Haushalte den größten Anteil (2018: 37 %) ausmacht, gefolgt vom Sektor Verkehr (26 %). Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (21 %) und Industrie (16 %) weisen dagegen einen vergleichsweise niedrigen Verbrauch auf.

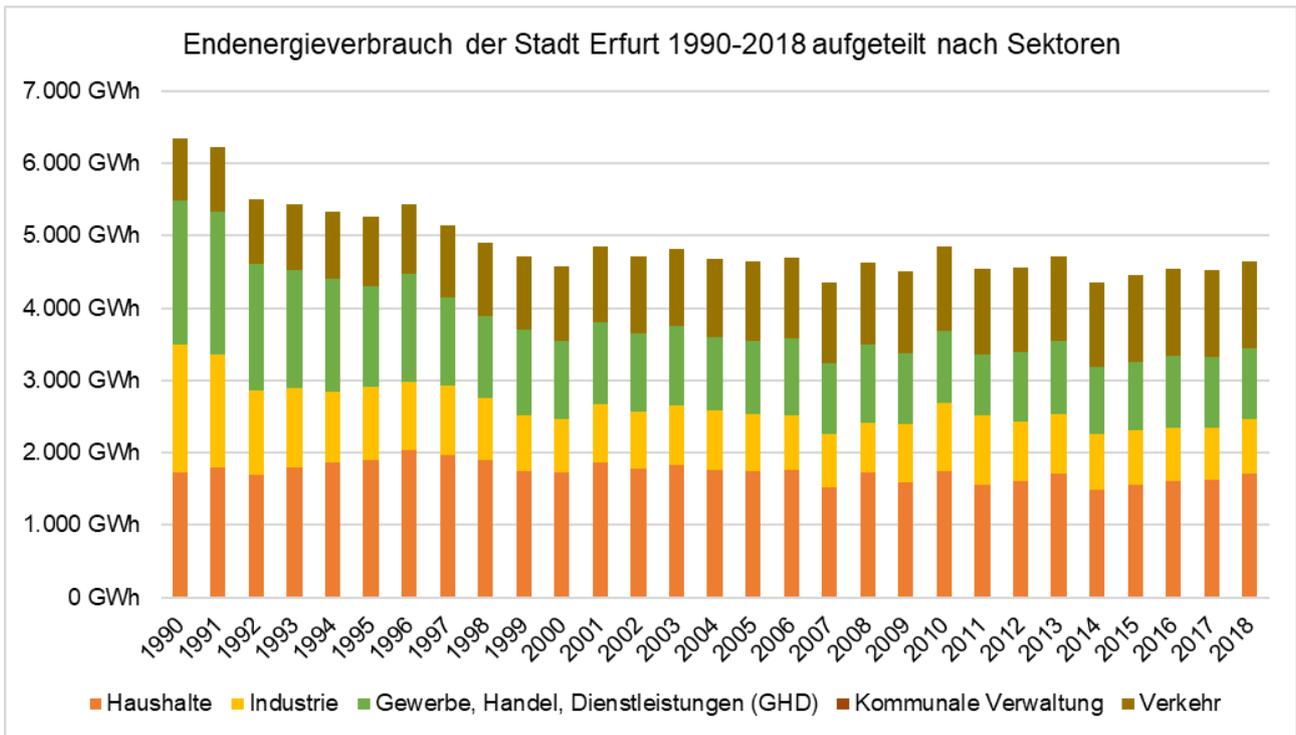


Abbildung 19: Endenergieverbrauch der Stadt Erfurt 1990-2018 aufgeteilt nach Sektoren

Die Emissionen, die durch die Verwendung von Endenergie in der Stadt Erfurt entstehen (inklusive Vorketten), sind für die Jahr 1990 bis 2018 in Abbildung 20 dargestellt. Zu beachten ist, dass Emissionen, die nicht durch die Verwendung von Energie erzeugt werden, nicht in diese Betrachtung einfließen. Das gilt beispielsweise für Emissionen aus der Landwirtschaft oder aus Industrieprozessen.

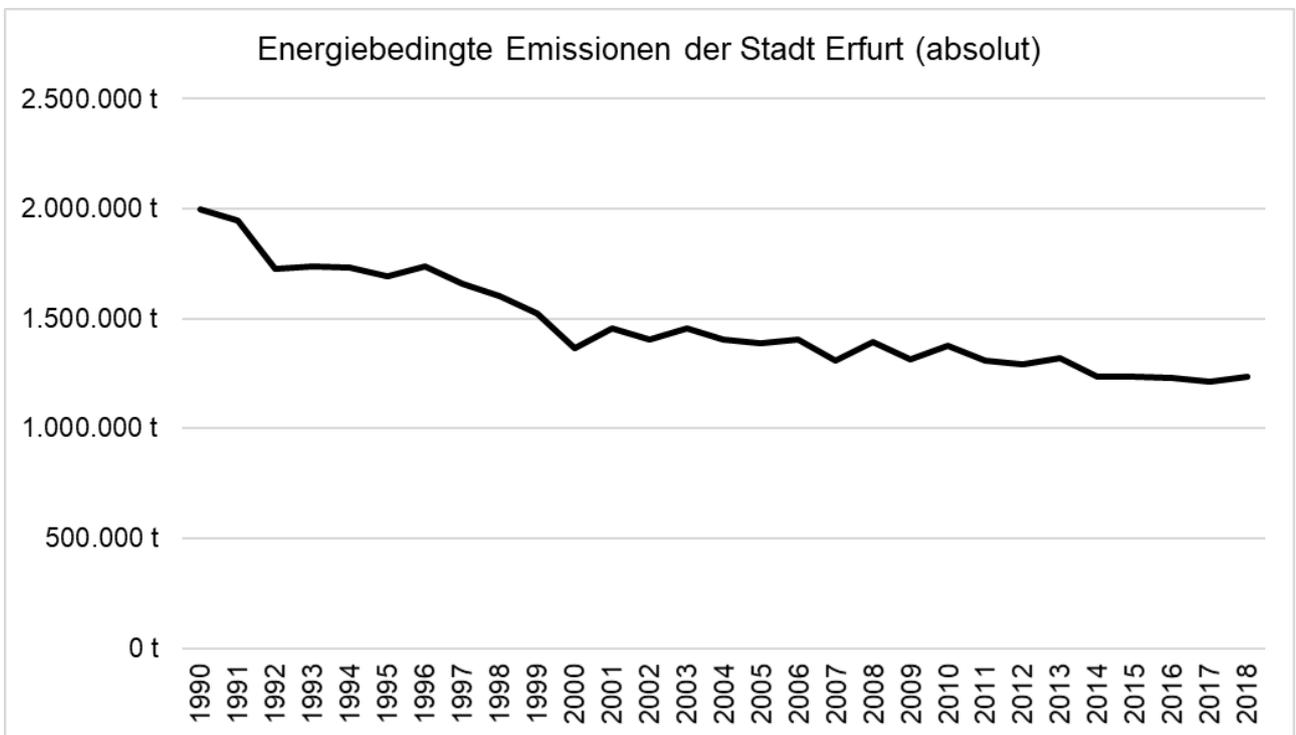


Abbildung 20: Energiebedingte Emissionen der Stadt Erfurt 1990 - 2018 (absolut)

Auch hier ist eine deutliche Senkung zu erkennen. Durch höhere Effizienz sowie einen gesteigerten Anteil erneuerbarer Energien sind die absoluten Emissionen 2018 im Vergleich zu 1990 um 38,0 % gesunken.

Damit ist Erfurt auf einem guten Weg, das Ziel der Bundesrepublik der Emissionsreduktion von mindestens 55 % bis 2030 zu erreichen.

Um eine generelle Vergleichbarkeit zwischen den betrachteten Jahren der weiter oben erläuterten Bilanzzahlen zu ermöglichen, werden der Energieverbrauch und die Emissionen auf die Einwohnerzahl bezogen. Dies ist in Abbildung 21 dargestellt.

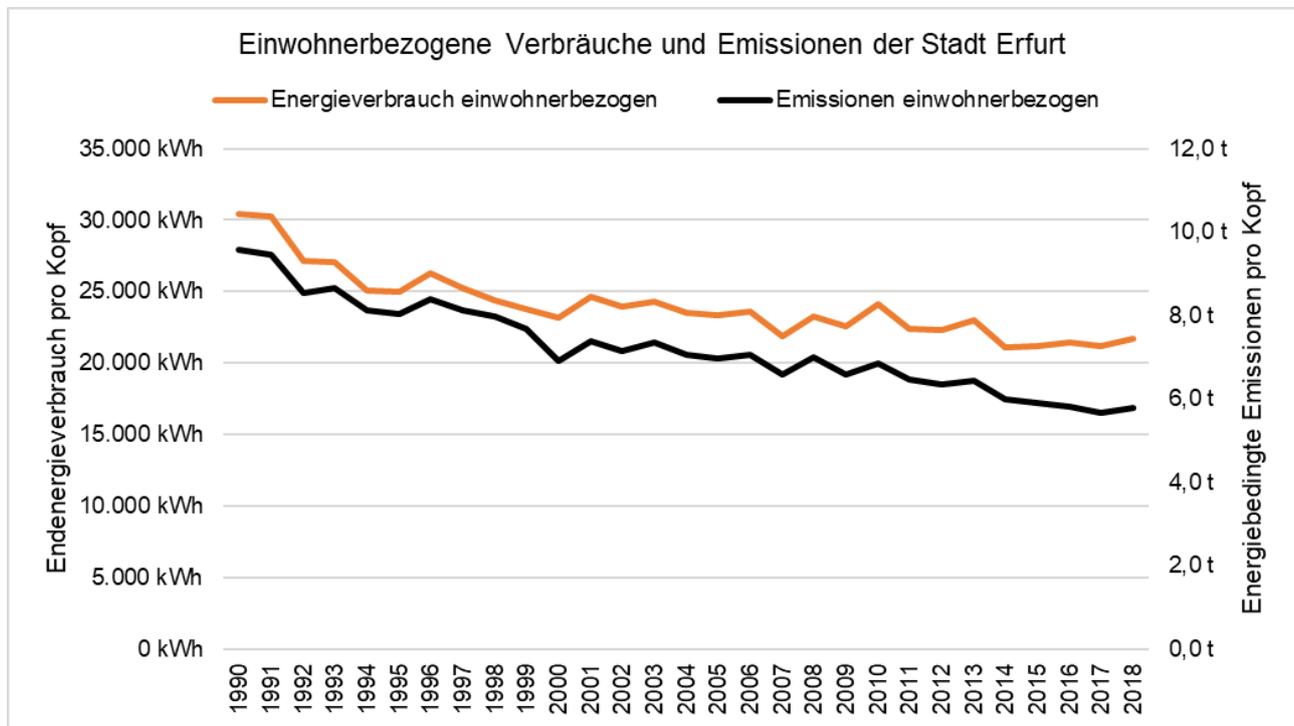


Abbildung 21: Einwohnerbezogene Verbräuche und Emissionen der Stadt Erfurt 1990 - 2018

Während der Pro-Kopf-Energieverbrauch von 1990 bis 2018 um 28,6 % gesunken ist, sind die energiebedingten Emissionen pro Einwohner um 39,6 % gesunken. Seit 2010 haben sich die Emissionen pro Kopf um ca. 15,5 %, die absoluten Emissionen um 9,9 % reduziert. Damit hat die Stadt Erfurt eines der durch das Land Thüringen erreichten Ziele (siehe 3.4.3) bereits annähernd erreicht.

Laut der AG Energiebilanzen (41) lag im Jahr 2018 der Endenergieverbrauch deutschlandweit pro Einwohner bei 108 GJ, umgerechnet 30.000 kWh. Damit lag Erfurt mit 21.703 kWh unter dem deutschen Durchschnitt.

Gemäß Umweltbundesamt (42) lag der Gesamtausstoß an energiebedingten Emissionen im Jahr 2018 bei 720.284 Tsd. t CO₂. Umgelegt auf die Einwohnerzahl (43) entspricht dies 8,67 t pro Einwohner. Damit liegt die Stadt Erfurt mit 5,78 t unter dem bundesdeutschen Durchschnitt.

Angelehnt an die nationalen Klimaschutzbemühungen und das Thüringer Klimaschutzgesetz hat der Erfurter Stadtrat 2012 im Zuge des Leitbildes zum Klimaschutzkonzept eigene Ziele zur Minderung von Treibhausgasemissionen verabschiedet. Hierdurch sollte eine verbindliche Basis zur langfristigen Zielerreichung geschaffen werden. Für 2020 ist eine Einsparung von 30 % der CO₂-Emissionen gegenüber 2008 vorgesehen. Bis 2050 sollen mindestens 80% der Emissionen vermieden werden. Die Werte beziehen sich auf den Pro-Kopf-Ausstoß. Dadurch ergibt sich bei langfristigen Veränderungen in der Bevölkerung ein sinnvoller Wert. Bezugnehmend auf die aktuellen Ergebnisse (17,3 % Reduzierung der Pro-Kopf-Emissionen seit 2008) ist die Zielerreichung bis 2020 unwahrscheinlich. Es müsste in den zwei Jahren eine Pro-Kopf-Einsparung von je 0,45 t erreicht werden.

4.2 Szenarienbetrachtung

Mit dem Bilanzierungsjahr 2018 ist nun bekannt, wie die Landeshauptstadt Erfurt aktuell in der Zielverfolgung steht. Um die Ziele für die Zukunft festlegen zu können, erfolgt im nächsten Schritt eine Szenarienbetrachtung, mit der ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung gegeben werden soll. Dazu

werden zwei Szenarien gebildet und mit den eigenen vorhandenen Zielen der Landeshauptstadt Erfurt, des Landes Thüringen sowie der Bundesregierung (siehe 3.4) verglichen.

Folgende Szenarien wurden betrachtet:

Referenzszenario:

- Keine Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen, Aufrechterhaltung Status Quo
- Jährliche Steigerung der Effizienz von Produkten, damit Einsparung von Energie: ca. 1 %

Klimaschutzszenario:

- Ambitionierte Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen in der Stadt Erfurt
- Jährliche Effizienzsteigerung durch Sanierung und Produkteffizienz private Haushalte: 2,5 %
- Jährlicher Effizienzsteigerung Industrie und GHD: je 3 %
- Jährliche Senkung der Emissionen im Sektor Verkehr: je 3,5 %
- Annahme Steigerung Anteil erneuerbare Energien bis 2050 auf 75 % (Strom und Wärme)

In beiden Szenarien wird der erwartete Bevölkerungszuwachs berücksichtigt. (44) Dieser ist in Abbildung 22 dargestellt.

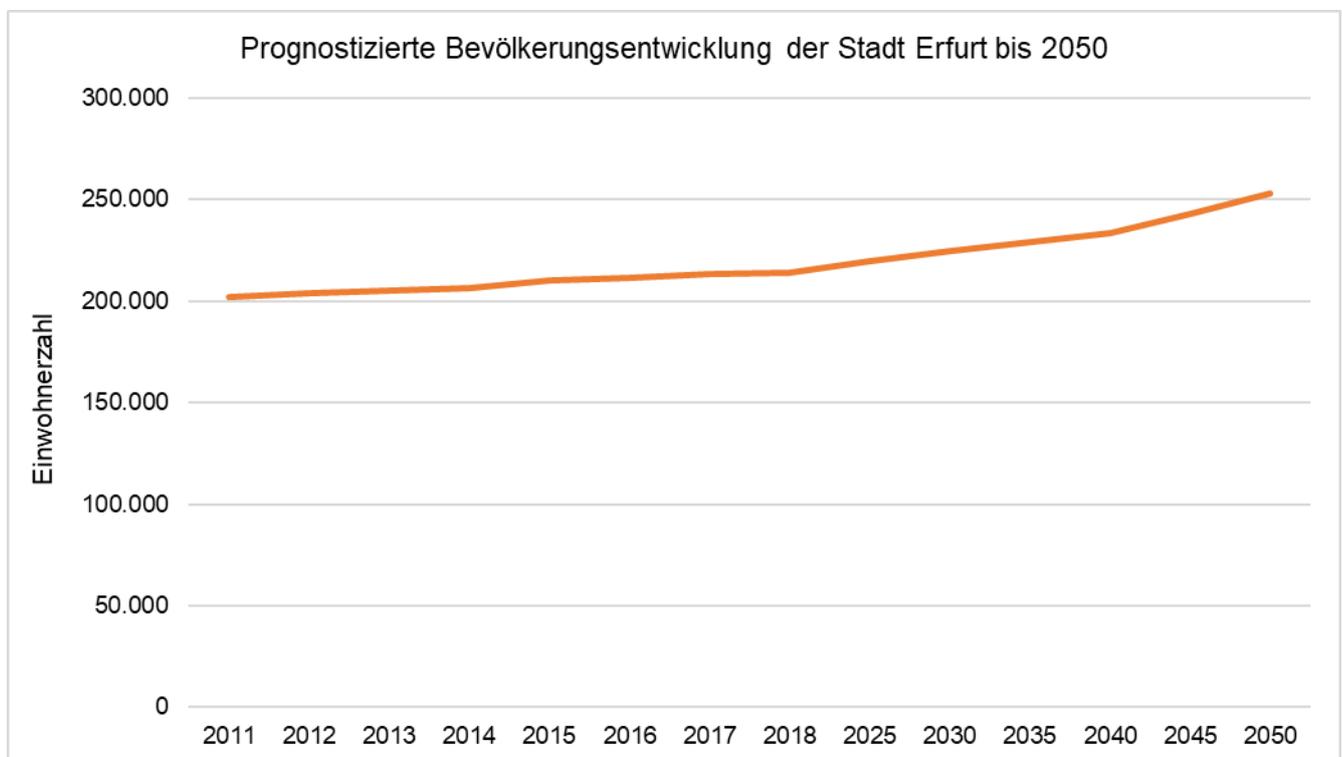


Abbildung 22: Prognostizierte Bevölkerungsentwicklung der Stadt Erfurt bis 2050 (Prognosestand 2018) (44)

Unter Berücksichtigung der oben genannten Rahmenbedingungen ergibt sich die in Abbildung 23 dargestellte Entwicklung der energiebedingten Emissionen.

Deutlich wird, dass das Klimaschutzszenario mit seinen ambitionierten Absenkungspfaden das thüringische Ziel annähernd erreicht und die städteigenen sowie bundesweiten Ziele sogar unterschreitet und damit deutlich besser ist. Um also die Klimaziele zu erreichen, ist es erforderlich, die oben genannten Bedingungen durch geeignete Maßnahmen in die Tat umzusetzen.

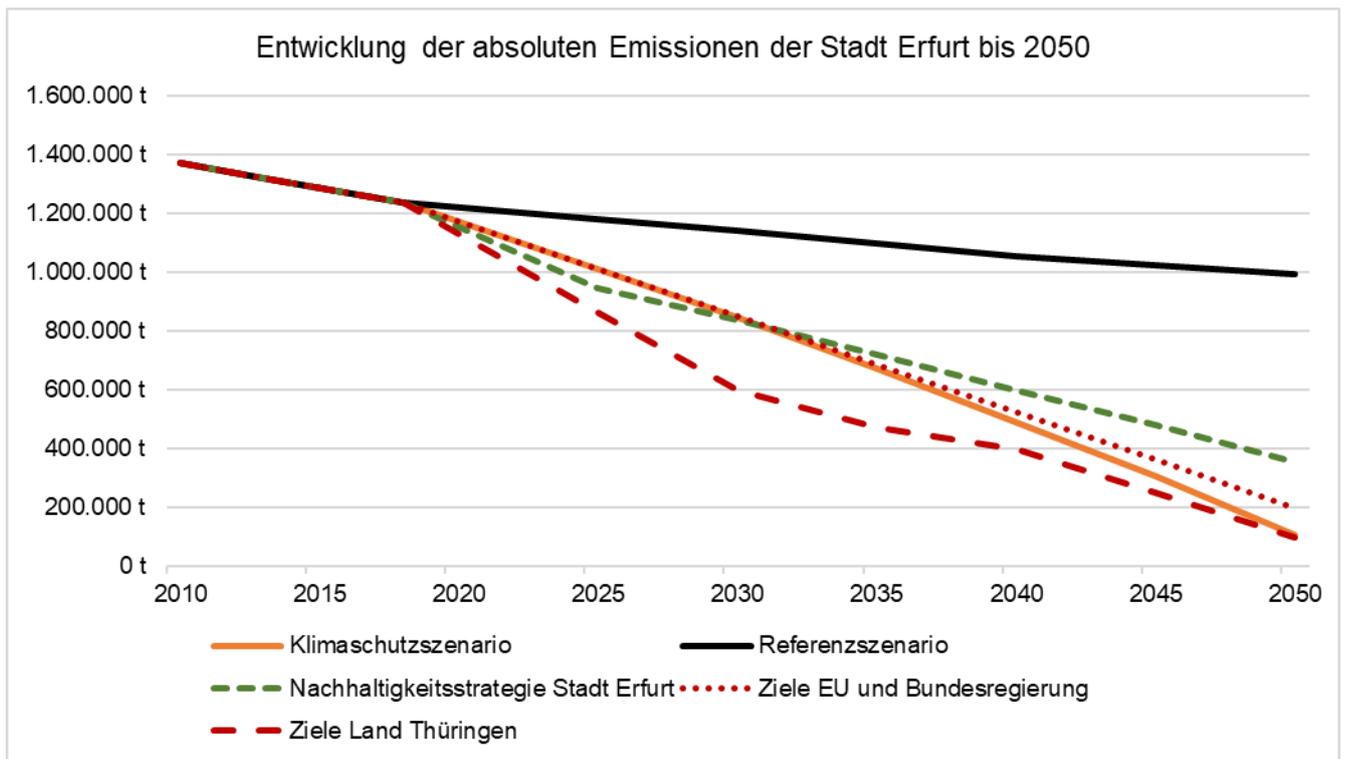


Abbildung 23: Entwicklung der absoluten Emissionen der Stadt Erfurt bis 2050

4.3 Ziele

Bezogen auf den Pro-Kopf-Ausstoß sollen die Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 80% gegenüber 2008 reduziert werden. Die angegebenen Ziele umfassen die Stadt Erfurt. Sie sollen auf die Sektoren Energieversorgung, Energieverbrauch sowie Verkehr und Mobilität angewendet werden. Daneben sollen die Klimaschutzziele für das gesamte Stadtgebiet gelten und als gesamtgesellschaftliche Aufgabe verstanden werden, die sich an die Erfurter Bürger und Wirtschaft richtet. Langfristig wird ein Ausstoß von weniger als 2,5t CO₂ pro Kopf und Jahr angestrebt, bei dem produktinduzierte Emissionen ebenfalls enthalten sind. (45)

Wie bereits in Kapitel 3.4.4 beschrieben, hat die Landeshauptstadt eine Nachhaltigkeitsstrategie im vergangenen Jahr erarbeitet. Die für das Klimaschutzkonzept relevanten Ziele aus den beiden Felder Klima- und Energie und Mobilität werden hier nachfolgend kurz benannt. Alle weiteren Ziele und Inhalte sind der vollständigen Nachhaltigkeitsstrategie der Landeshauptstadt Erfurt zu entnehmen. (45)

Klima und Energie:

Strategisches Ziel 1: Verringerung der CO₂-Emissionen um mindestens 80% bis 2040 gegenüber 2008. Nach 2040 soll der Pro-Kopf-Ausstoß von CO₂ weniger als 2,5 Tonnen pro Person und Jahr betragen.

Zur Zielerreichung soll das Energie- und Klimaschutzkonzept fortgeschrieben und evaluiert sowie das Konzept „Stadt der kurzen Wege“ realisiert werden.

Strategisches Ziel 2: Die Energiebereitstellung für Wärme, Strom und Mobilität erfolgt bis 2040 weitestgehend aus Hocheffizienz-KWK und regenerativen Quellen.

Hierzu sollen Strom- und Wärmeerzeugung bis zum Jahr 2030 aus 75% bzw. 50% erneuerbaren Energien erfolgen. Das Fernwärmenetz ist für die Integration der regenerativen Technologien zentral. Die GuD-Anlage soll zunächst als Brückentechnologie fungieren und für den Einsatz nicht-fossiler Energieerzeugung modernisiert werden.

Strategisches Ziel 3: Im Jahr 2030 gibt es ein enges und aktives Netzwerk von Erfurter Bürger/-innen, Wirtschaft, Stadtverwaltung und Institutionen, die sich aktiv am Klimaschutz beteiligen.

Zunächst soll hierfür die Energieeffizienz der Verwaltungsgebäude durch unterschiedliche Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen wie Energiemanagement, Betriebsoptimierung oder Green IT erhöht werden. Durch eine Vereinbarung mit der Wohnungswirtschaft zur Gebäudesanierung soll bis 2025 eine Energieeinsparung von 30 % bei Wohngebäuden erreicht werden. Die Anstrengungen bzgl. Information und Beratung von Bürgern zu Energie- und Klimaschutzthemen sollen verdoppelt werden.

Strategisches Ziel 4: Im Jahr 2030 sind die sichtbaren und absehbaren lokalen Auswirkungen der Folgen des Klimawandels deutlich gemindert.

Zur Anpassung an den Klimawandel soll es bis 2021 ein Maßnahmenkatalog erstellt werden, der in den Planungen aller Ämter berücksichtigt wird. Es werden entsprechende an den Klimawandel angepasste Bebauungspläne erstellt und Kaltluftentstehung sowie Hitzeschutz berücksichtigt. Bis 2030 soll ein Beispielquartier exemplarisch umgebaut werden. Die Bürger sollen Informationen zu Gefahren und Vorsorge erhalten und die Entwicklung eines gesellschaftlichen Bewusstseins gefördert werden. Ebenso soll das Gesundheits- und Sozialsystem angepasst werden, um auf Extremwetterereignisse reagieren zu können.

Mobilität:

Strategisches Ziel 1: Im Jahr 2030 ist die Mobilität in der Stadt Erfurt umweltfreundlich organisiert. Nachhaltige und emissionsfreie bzw. emissionsarme Mobilitätsangebote für alle Nutzergruppen werden gezielt entwickelt und vernetzt.

Zur Erreichung dieses Ziels werden bis 2030 die wesentlichen Komponenten der Erfurter Verkehrswende umgesetzt. Dazu gehören etwa das Radverkehrskonzept, Ausbau des ÖPNV, Ausbau des P+R Systems und eine Fußverkehrsstrategie. Der Anteil des motorisierten Individualverkehrs soll gesenkt, der Anteil der Verkehrsträger am Umweltverbund erhöht werden. Ebenso werden die städtischen Fahrzeuge des ÖPNV bis 2025 postfossile Antriebssysteme verwenden.

Strategisches Ziel 2: Im Jahr 2030 ist die „Begegnungszone Erfurter Innenstadt“ umgesetzt und wird von allen Einwohner/-innen gelebt.

Das bestehende Parkraumkonzept soll zeitnah umgesetzt werden. Ebenso wurde ein Kommunikationsbaukasten (Kampagne) zur Bewerbung der Begegnungszone erarbeitet und angewendet. Bis 2025 soll die Aufenthaltsqualität in der Begegnungszone durch unterschiedliche Maßnahmen steigen. Zur Unterstützung des Fahrradverkehrs sollen weitere Stellplätze entstehen.

Strategisches Ziel 3: Die Stadtverwaltung übt eine Vorbildwirkung gegenüber Einwohner/-innen und Einwohnern sowie der Wirtschaft aus. Im Jahr 2030 ist die Gesamtmobilität der Stadtverwaltung umweltfreundlich gestaltet.

Zunächst sollen bis 2022 an allen Arbeitsorten der Stadtverwaltung ausreichend und sichere Fahrradstellplätze geschaffen werden. Bis 2025 soll das betriebliches Mobilitätsmanagement umfassend umgesetzt sein. Ebenfalls sollen bis dahin 60% der Fahrzeugflotte der Stadtverwaltung nach umweltfreundlichen Kriterien betrieben und ein Jobticket eingeführt werden.

Strategisches Ziel 4: Erfurt achtet auf einen sparsamen Umgang mit Verkehrsflächen. Im Jahr 2030 ist die Neuinanspruchnahme der Verkehrsflächen reduziert.

Die Flächenversiegelung soll durch verkehrsarme Erschließungskonzepte und nachhaltige Standortpolitik auf ein unbedingt erforderliches Maß beschränkt werden. Car- und Bike-Sharingsysteme sollen zur Reduzierung des Flächenbedarfs weiter gefördert und ausgebaut werden, sodass bis 2025 eine flächendeckende Versorgung gewährleistet werden kann.

Strategisches Ziel 5: Die Stadt Erfurt fördert ein umweltfreundliches und selbstbestimmtes Mobilitätsverhalten für alle Nutzergruppen. Im Jahr 2030 sind hierfür zentrale Maßnahmen umgesetzt und es besteht eine hohe Verkehrssicherheit.

Grundsätzlich soll die Verkehrssicherheit weiter erhöht und das Ziel „Vision Zero“ jährlich erreicht werden. Die wichtigsten städtischen Verkehrsanlagen sollen barrierefrei gestaltet werden. Durch Geschwindigkeitsbegrenzungen und Ausbau von Verkehrsanlagen für den Rad- und Fußverkehr wird die Sicherheit weiter erhöht. Dies geschieht besonders im Umfeld von besonders schutzbedürftigen Einrichtungen wie Kitas oder Seniorenstätten.

5 POTENZIALANALYSE

5.1 Mobilität

Der Sektor Verkehr verursacht 25,7 % des gesamten Endenergieverbrauchs und 26,2 % der energiebedingten Emissionen der Stadt Erfurt im Jahr 2018 (Kapitel 4.1.3). Folgend aus der Zwischenevaluation aus dem Jahr 2014 sank der Ausstoß von CO₂-Emissionen von 2008 bis 2014 im Bereich Mobilität von 166.007 tCO₂ auf 145.148 tCO₂ (13). Die aktualisierte Bilanz zeigt das in Abbildung 24 dargestellte Diagramm für den Sektor Verkehr.



Abbildung 24: Entwicklung der energiebedingten Emissionen im Sektor Verkehr (Auszug ECOspeed Region)

In Abbildung 24 ist zu erkennen, dass die Emissionen im Verkehrssektor seit 1990 stetig ansteigen. Insbesondere der motorisierte Individualverkehr (MIV) nimmt hier einen hohen Stellenwert ein. Die Bundesstraßen und die Autobahn BAB 4 tragen den größten Anteil zu diesen Emissionen bei. In dem nachfolgenden Kreisdiagramm (siehe Abbildung 25) sind die Beiträge verschiedener Straßenkategorien zu den Emissionen im Straßenverkehr (insgesamt 368.865 tCO₂) zu erkennen. Im Bereich Straßenverkehr sind die Personenwagen (MIV) allein für 67,2 % der Emissionen (248.010 tCO₂) verantwortlich.

CO₂-Emissionen 2018
im Sektor Verkehr (nur Straßenverkehr)

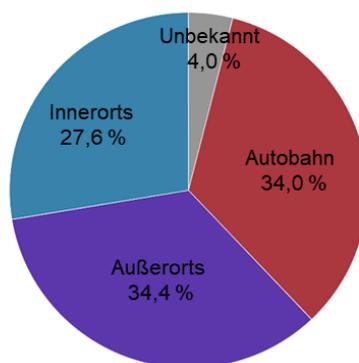


Abbildung 25: Aufteilung der CO₂-Emissionen 2018 im Sektor Verkehr (nur Straßenverkehr), Auszug ECOspeed Region

Demzufolge besteht das größte Einsparungspotenzial in der Reduktion des MIV. Laut der Hochrechnung aus ECOspeed Region wurden in Erfurt im Jahr 2018 etwa 1.252.692.460 Fahrzeugkilometer (Fzkm) mit dem Auto zurückgelegt. Das sind etwa 5.851 km pro Einwohner. Laut Handlungskonzept "Klimaschutz in Erfurt" lag die persönliche Fahrleistung nur bei 3.847 Fzkm. An dieser Stelle muss darauf verwiesen werden,

dass die Bilanz 2018 unter Verwendung von Hochrechnungsdaten des ifeu in ECOSpeed Region ermittelt wurde. Laut ECOSpeed lag die persönliche Fahrleistung 2008 noch bei 5.410 km.

Unter diesen Voraussetzungen ist die Vergleichbarkeit nur eingeschränkt möglich und muss neu bewertet werden.

Die Ziele der früheren Konzepte wurden also nicht erreicht, was im vorigen Konzept insbesondere durch eine Zunahme der Einwohnerzahl begründet war. Die Senkung der Emissionen wurde in erster Linie durch die grüne Stromversorgung der EVAG (ÖPNV) erreicht. Im Jahr 2018 betragen die gesamten, absoluten Emissionen 386.214 t_{CO2}. Der spezifische CO₂-Ausstoß lag 2018 bei 1,8 t/Einwohner. Tabelle 1 zeigt die tatsächlichen und die spezifischen Emissionen der Jahre 2008, 2014 und 2018 auf (aus ECOSpeed, zur Sicherung der Vergleichbarkeit)

Tabelle 1: Tatsächliche und spezifische CO₂-Emissionen aus Verkehr und Mobilität 2008, 2014 und 2018

Emissionen	2008	2014	2018
CO ₂ -Ausstoß in t _{CO2}	370.643 t _{CO2}	381.594 t _{CO2}	386.214 t _{CO2}
Spez. CO ₂ -Ausstoß in t/Einwohner	1,86 t	1,85 t	1,8 t

Der mit Abstand größte Anteil am Energieverbrauch ist mit 67 % (ca. 797.335 MWh im Jahr 2018) dem motorisierten Individualverkehr zuzuschreiben. Weitere 27 % trägt der Straßengüterverkehr bei. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass der Sektor Verkehr nach dem Territorialprinzip bilanziert wird. Das heißt, dass auch der Autobahnverkehr, der nicht direkt durch Einwohner der Stadt Erfurt verursacht wird, bilanziell der Landeshauptstadt zugeschlagen wird.

Wissenschaftliche Erhebungen der TU Dresden über das System repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV) erfassen seit 1972 stadtübergreifende Tendenzen der Verkehrsentwicklung. (46; 47) Die Betrachtung des Modal Split im innerstädtischen Bereich, d.h. im Binnenverkehr zeigt für 2018 einen leichten Rückgang des MIV im Vergleich zum Jahr 2013 um 2,7 % (siehe Abbildung 26). Die umweltfreundlichen Fortbewegungsmittel, ÖPNV, Fahrrad und zu Fuß nahmen entsprechend alle leicht zu, wobei die stärkste Zunahme mit +2,0 % dem Fahrradverkehr zuzuordnen ist.

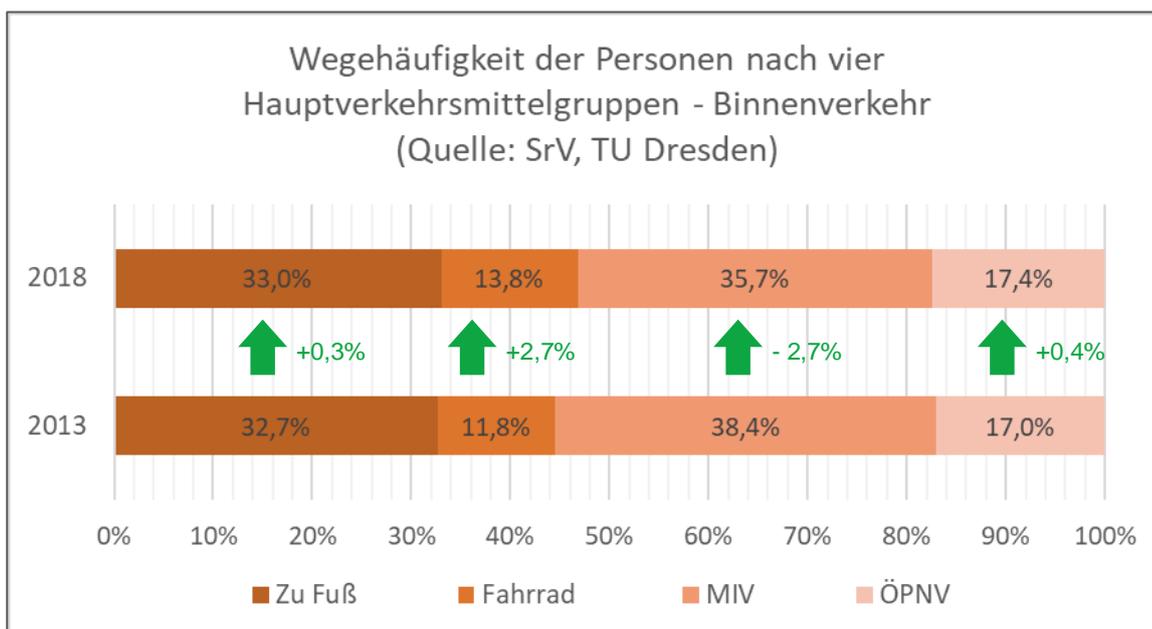


Abbildung 26: Modal Split (Binnenverkehr) der Stadt Erfurt für 2013 und 2018; Quelle: SrV, TU Dresden (46; 47)

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Pendlersituation. Erfurt hat in den vergangenen Jahren für Berufspendler an Bedeutung zugenommen. Während das Thüringer Landesamt für Statistik (TLS) für die Jahre 2008 und 2019 recht konstante Zahlen für Einpendler zwischen 45.000 und 50.000 angibt, hat die

Zahl der Auspendler in dieser Zeit stetig zugenommen. Waren es 2008 noch knapp 18.000, so pendelten im Jahr 2019 bereits knapp 25.000 Erwerbstätige aus Erfurt zu ihren Arbeitsplätzen in umliegende Städte und Gemeinden (Zunahme um ca. 36 %). Analog nahm der Pendlersaldo um ca. 20 % von 2008 bis 2019 ab (Datenrundlage vom 30.06.2019) (48). Die nachfolgende Abbildung 27 zeigt die Darstellung der Pendlersituation von 2008 bis 2019 in Erfurt.

Bei einer Gesamtanzahl Erwerbstätiger von ca. 143.000 (Stand August 2018), die in Erfurt leben, sind demnach ca. 84 % in Erfurt selbst beschäftigt, während ca. 16 % außerhalb Arbeiten. (49) Der Anteil der Einpendler an der Gesamtzahl der Pendler betrug 2018 44,2 %, was die hohe Attraktivität der Landeshauptstadt Erfurt deutlich macht. (50)

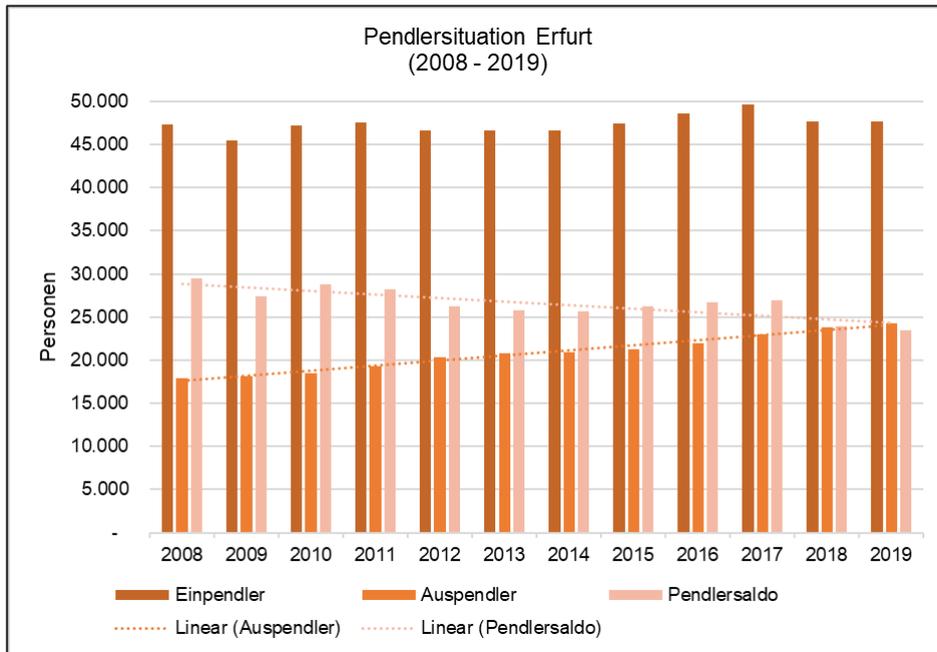


Abbildung 27: Pendlerzahlen (Ein- und Auspendler sowie Pendlersaldo) 2008 – 2019 der Stadt Erfurt (48)

Vor diesem Hintergrund ist das Thema Mobilität für Erfurt bzw. das Potenzial zur Energieeinsparung und somit CO₂-Reduktion im Bereich Verkehr von besonderer Bedeutung und wird in den nachfolgenden Abschnitten ausführlicher betrachtet.

5.1.1 Öffentlicher Personennahverkehr

5.1.1.1 Beschreibung der Ist-Situation

Für die Beschreibung des Ist-Zustandes in Bezug auf die Anbindung des öffentlichen Personennahverkehrs wurden Informationen der Deutschen Bahn sowie von den Stadtwerken Erfurt bzw. der EVAG (51) genutzt.

Im Integrierten Klimaschutzkonzept –Teil Mobilität und Verkehr von 2010 (2) wurde die Situation und das Angebot des ÖPNV besonders im Innenstadtbereich als sehr gut bewertet. Es gab bereits ein Vorrecht für den ÖPNV im Straßenverkehr sowie erfolgte ein Bezug von Naturstrom.

Die Zwischenevaluation aus dem Jahr 2016 (13) bewertete den Fortschritt anhand quantitativ auswertbarer Indikatoren. Dabei wurde für die nachfolgenden Aspekte eine Verbesserung ausgewiesen:

- Erhöhung Anteil CO₂-neutraler Stromversorgung im ÖPNV (Stadtbahn)
- Verringerung durchschnittlicher Energieverbrauch der Busflotte
- Erhöhung Fahrzeugauslastung im ÖPNV
- Erhöhung Fahrgastzahlen im Stadtbahn- und Busverkehr

Das angestrebte Ziel einer Erhöhung der Fahrplankilometer im Stadtbahn- und Stadtbusverkehr hingegen unterlag einer negativen Entwicklung im Vergleich zum Bezugsjahr 2008. Die Abnahme beim Stadtbusverkehr, sowie die Schwankungen der Stadtbahn begründen sich in den Linienveränderungen bei den Überlandbussen, welche auch städtische Haltestellen bedienen, wie auch dem Baugeschehen auf den

Stadtbahntrassen. Die komplette Entwicklung der Stadtbahn- und Stadtbuskilometer ist in Abbildung 28 grafisch dargestellt.

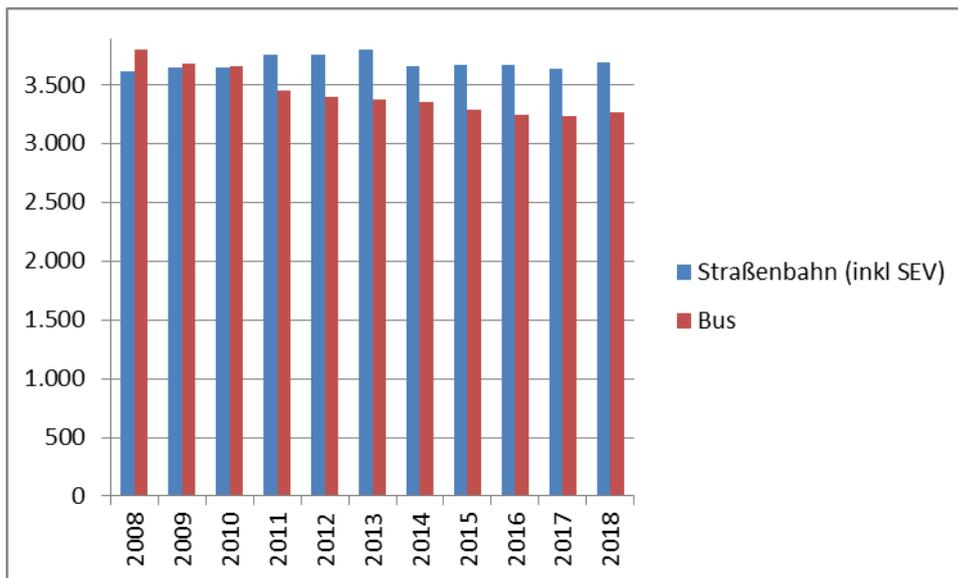


Abbildung 28: Entwicklung der Stadtbahn- und Stadtbuskilometer 2008 – 2018; Quelle: Exceldaten der Erfurter Verkehrsbetriebe AG

Insgesamt wurde in der Zwischenevaluation aus dem Jahr 2016 (13) mit einer deutlichen Warnung auf einen Rückgang der ÖPNV-Nutzung aufmerksam gemacht. Dieser Rückgang hat sich nach den Zahlen der SrV (47) in den letzten Jahren so nicht weiter bestätigt, es wurde sogar ein leichter Anstieg um 0,4 % von 2013 bis 2018 verzeichnet (siehe die Verteilung des Modal Split in Abbildung 26).

Ebenso kann von einem weiteren Anstieg der Fahrgastzahlen ausgegangen werden. So wurden von der EVAG für das Jahr 2018 etwa 53,7 Mio. Fahrgäste angegeben (38), während in der Zwischenevaluation für das Jahr 2014 noch gut 48 Mio. Fahrgäste aufgeführt wurden (1). Dies entspricht einer Zunahme von etwa 11,8 %. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Zunahme teilweise vermutlich auf die ansteigende Bevölkerungsentwicklung Erfurts zurückzuführen ist.

ÖPNV-Anbindung – regional:

Das Netz des innerstädtischen öffentlichen Personennahverkehrs wird in Erfurt von der Erfurter Verkehrsbetriebe AG (EVAG) betrieben. Zur Übersicht zeigt Abbildung 29 das ÖPNV-Netz für Erfurt, eine größere Version ist ebenfalls im Anhang beigefügt.

Das Stadtgebiet von Erfurt ist im Wesentlichen durch die folgenden Stadtbahnlinien erschlossen:

- Linie 1: verkehrt zwischen Thüringenhalle und Europaplatz (Nord-Süd-Achse)
- Linie 2: verkehrt zwischen P+R-Platz Messe und Ringelberg (Ost-West-Achse)
- Linie 3: verkehrt zwischen Urbicher Kreuz und Europaplatz (Nord-Süd-Achse)
- Linie 4: verkehrt zwischen Bindersleben und Wiesenhügel, über Flughafen (West-Achse)
- Linie 5: verkehrt zwischen Hauptbahnhof und Zoopark (Nord-Ost-Achse)
- Linie 6: verkehrt zwischen Steigerstr. und Rieth (Nord-Süd-Achse)



Abbildung 29: Stadtbahn-Netz Erfurt (größerer Plan des ÖPNV-Netzes im Anhang), gültig ab 25.10.2018 (52)

Darüber hinaus verkehrt die Bus-Linie 9 zwischen Nordbahnhof und Daberstedt und 24 weitere Busse im gesamten Stadtgebiet sowie eine Schulbus-Linie. Es sind nach aktuellen Angaben insgesamt 76 Bahnen mit einer Länge von bis zu 30 Metern im Einsatz. Ende des Jahres 2020 sollen davon einige auf der Nord-Süd-Achse durch 14 neue Stadtbahnen von Stadler (Typ TRAMLINK) mit rund 42 Metern ersetzt werden und dadurch mehr Raum für Fahrgäste bieten. (53; 54; 38)

Zwischen Erfurt-Bischleben im Südwesten der Stadt und Vieselbach im Osten sowie im Norden und Nordosten von Erfurt (u.a. Kühnhausen, Gispersleben, Bahnhof Ost und Stotternheim) besteht außerdem Zugangbindung an den Regionalverkehr der Deutschen Bahn. Der Hauptbahnhof Erfurt ist als ICE-Bahnhof auch überregional angeschlossen.

Die Taktung der Tramlinien ist in Tabelle 2 zu sehen. Online ist ein interaktiver Netzplan verfügbar, der dem Nutzer einfach und übersichtlich die aktuellen Abfahrten zur jeweiligen Haltestelle anzeigt. Beispielhaft ist dies in Abbildung 30 für die Haltestelle „Busbahnhof“ dargestellt.

Erfurt ist Mitglied des Verkehrsverbundes Mittelthüringen (VMT) und liegt im Tarifgebiet der Preisstufe 10. Eine Einzelfahrt für Erwachsene innerhalb Erfurts kostet 2,10 Euro, ein Tagesticket 5,40 Euro. Ein Ticket im Monatsabo ist für 60,50 Euro erhältlich, für Schüler und Auszubildende ermäßigt für 45,40 Euro. Ein reguläres Monatsticket für Fahrten im gesamten VMT kostet 302,30 Euro, für Schüler und Auszubildende 226,80 Euro. (55) Für Studenten gibt es darüber hinaus das „Semesterticket Thüringen PLUS“, mit dem das

gesamte Angebot des Regionalverkehrs genutzt werden kann und welches auch noch 6 Monate nach Studienende gültig ist, für 101,80 Euro. (56)

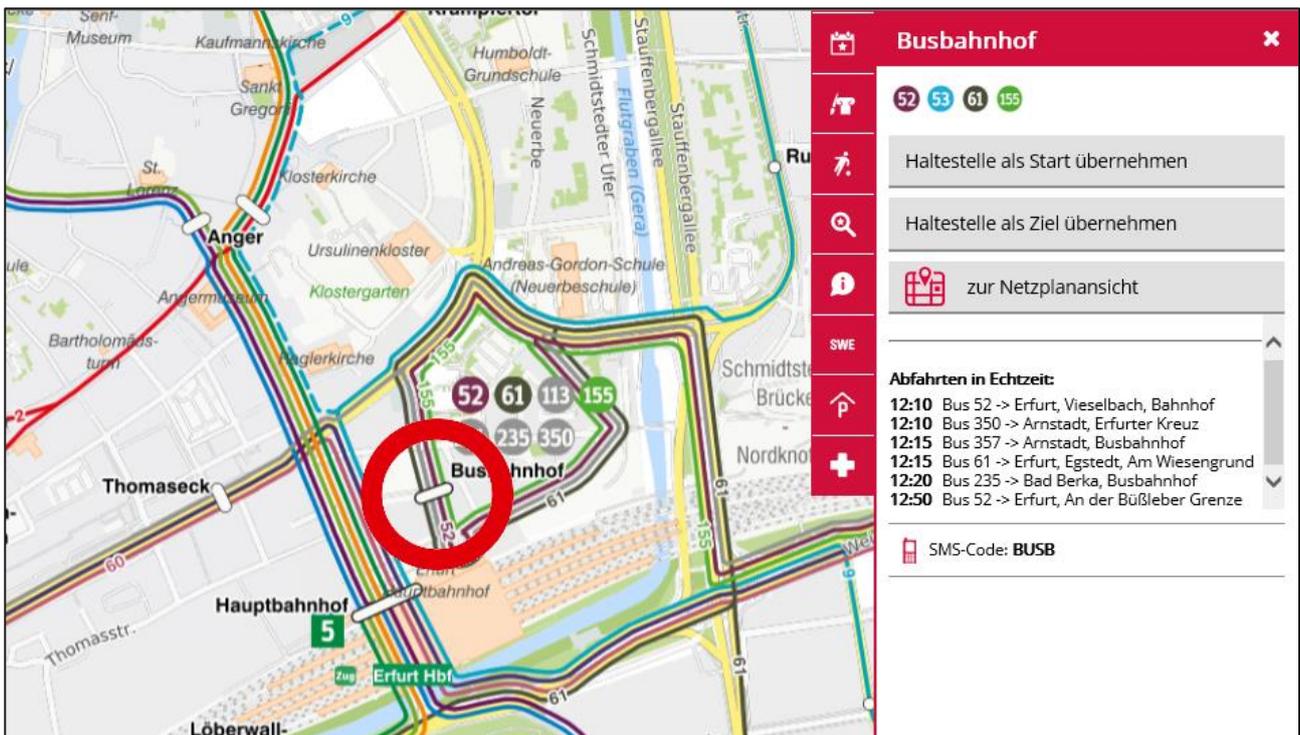


Abbildung 30: Ausschnitt interaktiver Netzplan am Bsp. der Haltestelle „Busbahnhof“ (57)

Tabelle 2: Taktung der Tramlinien 1 bis 6 (57; 54)

Tram	montags – freitags	Samstag & Sonntag
Linie 1	Alle 10 Min. zwischen 6 und 18 Uhr	Alle 15 Min. zwischen 9 bzw. 11 und 19 Uhr
Linie 2	Alle 10 Min. zwischen 6 und 18 Uhr	Alle 15 Min. zwischen 9 bzw. 11 und 19 Uhr
Linie 3	Alle 10 Min. zwischen 6 und 18 Uhr	Alle 15 Min. zwischen 9 bzw. 11 und 19 Uhr
Linie 4	Alle 10 Min. zwischen 6 und 18 Uhr	Alle 15 Min. zwischen 9 bzw. 11 und 19 Uhr
Linie 5	Alle 10 Min. zwischen 6 und 17 Uhr	Alle 15 Min. zwischen 9 bzw. 11 und 19 Uhr
Linie 6	Alle 10 Min. zwischen 6 und 18 Uhr	Alle 15 Min. zwischen 9 bzw. 11 und 19 Uhr

Alle Linien: Abendverkehr bis 0.30 Uhr Sonntag bis Donnerstag im 20- bzw. 30-Min-Takt, Freitag/Samstag im 20-Min-Takt, durchgehender Nachtverkehr in den Nächten zu Samstag/Sonntag/Feiertag auf den Linien 1 und 3 sowie in Abschnitten Linien 2 und 4

ÖPNV-Anbindung – überregional

Von Erfurt bestehen über die Regionalzüge der Deutschen Bahn und der abellio Mitteldeutschland GmbH (58) unter anderem folgende regionale Anbindungen: RE16, RE17, RB20 und RB25: Halle/Leipzig – Erfurt – Eisenach

- RE10: Magdeburg – Erfurt
- RB59: Sangerhausen – Erfurt
- RE 51, EB 21: Erfurt – Gera
- RE 1: Glauchau (Sachs) – Gera – Erfurt – Göttingen
- RE7: Erfurt – Arnstadt – Bad Neustadt (Saale) – Würzburg
- EB23: Erfurt – Arnstadt – Saalfeld (Saale)

Der RE51 bringt die Erfurter Bevölkerung bspw. in 13 Minuten nach Weimar und in 29 Minuten nach Jena. Mit dem RB20 sind es 19 Minuten nach Gotha und 43 Minuten nach Eisenach und der RE7 verbindet bspw. Erfurt und Arnstadt Hauptbahnhof in 15 Minuten.

5.1.1.2 Potenziale

Der ÖPNV kann den Individualverkehr ergänzen und reduzieren, indem er das Verkehrsangebot erweitert. Die Nutzung des ÖPNV bietet allen Bevölkerungsgruppen die Möglichkeit, auf das eigene Fahrzeug zu verzichten und Wege im Alltag, Arbeitsleben und in der Freizeit umweltfreundlich mit dem ÖPNV zu erledigen. Die Steigerung des ÖPNV-Anteils am Gesamtverkehrsaufkommen bspw. durch die Erweiterung des Angebots führt demnach u. a. zu einer Reduzierung der PKW-Kilometer und damit verbunden zu einer Reduzierung der CO₂-Emissionen. Nach den Auswertungen der TU Dresden im SrV (47; 46) ist der Anteil des ÖPNV am innerstädtischen Verkehrsaufkommen mit 17,4 % (für 2018) seit 2013 leicht angestiegen (siehe Abbildung 26), es besteht jedoch weiterhin Verbesserungspotenzial. So konnte eine rückläufige Entwicklung bei den Stadtbahnkilometern in den vergangenen Jahren festgestellt werden (siehe Abschnitt 5.1.1.1), welche in den kommenden Jahren verbesserungswürdig ist.

Im zu evaluierenden Klimaschutzkonzept von 2010 (2) wurden bereits Potenziale bei Netzausbau und -anpassung, besonders im Umland, bspw. für Pendler oder für den Einkaufsverkehr, identifiziert. Die Zwischenevaluation aus dem Jahr 2016 (13) machte Verbesserungspotenzial beim Tarifsystem, insbesondere für „Wenig-Fahrer“, sowie eine erforderliche Expansion des ÖPNV deutlich.

Vor dem Hintergrund der Einpendler Situation (siehe Abschnitt 5.1), sind insbesondere schnelle Anbindungen aus den umliegenden Gemeinden und Orten nach Erfurt wichtig. Da sich das Pendleraufkommen so darstellt, dass morgens aus dem Umland nach Erfurt und nach Feierabend stadtauswärts gependelt wird, sind Verstärkungen in diesem Zeitrahmen zu prüfen. Zu den Stoßzeiten könnten Zusatzzüge sowie eine Aufstockung/Verlängerung der bisher eingesetzten Züge überlegt werden, um der Nachfrage gerecht zu werden. Es sollte weiterführend überprüft werden, inwieweit diese Maßnahmen ausreichen, um dem Pendleraufkommen gerecht zu werden oder ob weitere Verbesserungen (z.B. häufigere Fahrtzeiten) zu einem vermehrten Umstieg vom MIV auf den ÖPNV und damit zu einer CO₂-Reduktion führen können. Allerdings liegen die dargestellten zu prüfenden Verdichtungen im Verkehrsangebot mit dem Umland nicht in Verantwortung der Landeshauptstadt Erfurt. Für den Schienenpersonennahverkehr ist der Freistaat Thüringen zuständig, für die Regionalbusverbindungen weitestgehend die benachbarten Landkreise.

Auch bequeme Umsteigemöglichkeiten vom eigenen PKW auf den ÖPNV über P+R-Parkplätze sind ein wichtiger Aspekt und sollten in einem ganzheitlichen Verkehrskonzept berücksichtigt werden. Überdachte Fahrrad-Abstellanlagen (Bike & Ride) sind hierbei ebenso in Erwägung zu ziehen und wurden nach Angaben der Stadt bereits an einigen Stadtbahnendhaltestellen errichtet (siehe auch Abschnitt 5.1.2.1). (59)

Auch optimale ÖPNV-Anbindung innerhalb der Stadt, um die Einpendler vom Hauptbahnhof zu ihrer jeweiligen Arbeitsstätte zu bringen ist von großer Wichtigkeit. Auf kurzen Strecken bietet sich insbesondere der Umstieg auf das Fahrrad an. Erreicht werden kann dies u.a. durch entsprechende Sharing-Angebote und die Förderung des Radwegeausbaus (siehe 5.1.2.2 Abschnitt für eine Beschreibung des Potenzials zum Thema Fahrradverkehr).

Laut Umweltbundesamt liegt der Anteil des ÖPNV bei knapp 7 % am Gesamtverkehrsaufkommen in Deutschland, der Anteil der Eisenbahn bei 8 %. (60) Legt man die Bilanz aus ECOSPEED Region als erste Hochrechnung zu Grunde, lag in Erfurt der Anteil bei der Nutzung von ÖPNV am Gesamtverkehrsaufkommen im Jahr 2018 bei 2,6 % (Bezogen auf den Endenergieverbrauch des Verkehrssektors).

Ein Bericht des Umweltbundesamtes von März 2010 nahm ein Potenzial zur Verlagerung der PKW-Fahrten auf den ÖPNV von ca. 10 % bis 2020 an und erneut um 10 % bis 2030. (61) Für die Landeshauptstadt Erfurt würde dies eine Verlagerung von ca. 159.500 MWh auf den ÖPNV bis 2030 in Bezug auf 2018 bedeuten. Damit kann bis 2030 von einer Steigerung des Anteils des ÖPNV am Gesamtendenergieverbrauch in Erfurt auf ca. 16 % bis 2030 ausgegangen werden. Bis 2050 sollte dieser Anteil noch weiter erhöht werden (Potenzial 30 %). Maßnahmen zur Stärkung des ÖPNV werden im Maßnahmenkatalog unter Abschnitt 6 beschrieben.

5.1.2 Fahrradverkehr

5.1.2.1 Beschreibung der Ist-Situation

Die gesamte Ausdehnung von Erfurt beträgt laut Google Maps (62) etwa 10 km Luftlinie vom Stadtzentrum in alle Richtungen (in Bezug auf die offizielle Stadtgrenze). Grundsätzlich handelt es sich innerhalb der Stadt um gut mit dem Fahrrad erreichbare Entfernungen.

Die Situation wurde Integrierten Klimaschutzkonzept –Teil Mobilität und Verkehr (2) allerdings als ausbaufähig eingestuft, da die Nutzung des Fahrrades als Fortbewegungsmittel mit 8,3 % am Modal Split im Jahr 2008 einen unterdurchschnittlichen Wert aufwies. Die in der Zwischenevaluation aus dem Jahr 2016 (13) als positiv bewerteten Entwicklungen betreffen die nachfolgenden Indikatoren:

- Erhöhung StVO-konforme Radverkehrsinfrastruktur inkl. Schutzstreifen
- Erhöhung Anzahl Radabstellplätze im öffentlichen Raum

Die folgenden Aspekte hingegen unterlagen einer negativen Entwicklung im Vergleich zum damaligen Bezugsjahr 2008:

- Erhöhung Anteil Fußverkehrsfläche an Gesamtverkehrsfläche
- Erhöhung Nutzerzahlen von Fahrradverleihsystemen

Der Anteil der Radverkehrsfläche an der Gesamtverkehrsfläche blieb unverändert.

Nach den Zahlen der SrV (3) hat in den Jahren 2013 bis 2018 die Fahrradnutzung im innerstädtischen Bereich um 2 % zugenommen. Ebenfalls positiv zu erwähnen ist, dass passend dazu auch die Anzahl Fahrräder und besonders die Anzahl Elektrofahräder je Haushalt stieg. (46; 47)

Im Internet steht ein Radroutenplaner für ganz Thüringen zur Verfügung, auf dem übersichtlich sowohl Fernradwege als auch das lokale Radwegenetz eingesehen werden kann (siehe Abbildung 31). (63) Auch bei OpenStreetMap (64) gibt es beispielsweise die Möglichkeit sich ein Radwegenetz anzeigen zu lassen, ebenso bei Google Maps (62). Im kompakten Stadtgebiet mit der Begegnungszone im Kern ist der Verkehr außerhalb der Hauptverkehrsstraßen durch verschiedene Maßnahmen beruhigt. Dazu gehören Tempo 30 – Zonen, verkehrsberuhigte Geschäftsbereiche (20 km/h) sowie verkehrsberuhigte Bereiche (Schrittgeschwindigkeit). In diesen verkehren die Radfahrer im Mischverkehr mit den Kfz auf der Fahrbahn bzw. mit Kfz und Fußverkehr auf der Mischverkehrsfläche. Einzige Ausnahme in der Innenstadt bildet die Andreasstraße mit einem Radfahrstreifen stadtauswärts.

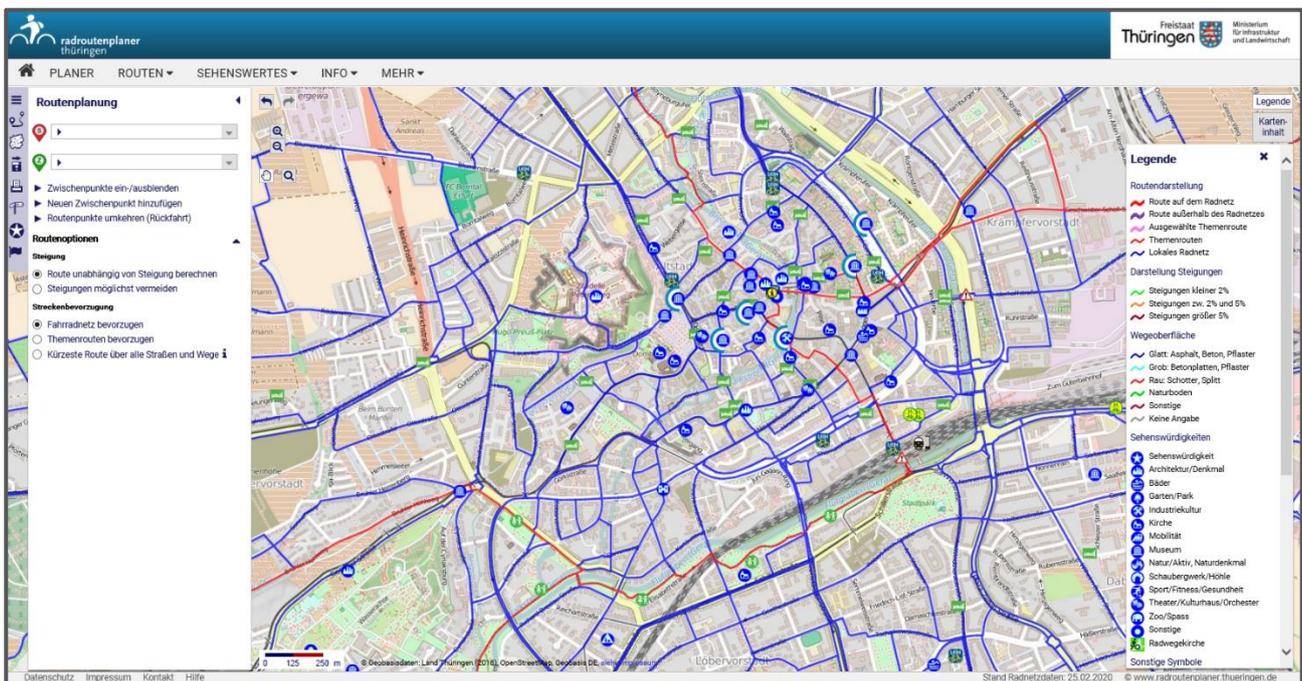


Abbildung 31: Radroutenplaner Thüringen (beispielhafter Ausschnitt für Erfurt) (63)

Erfurt verfügt über ein Fahrrad-Verleihsystem des Anbieters nextbike. Es stehen Fahrräder an insgesamt 10 Stationen zur Verfügung (siehe Abbildung 32). Diese können 24 Stunden am Tag ausgeliehen und an einer beliebigen Station wieder abgestellt und zurückgegeben werden. Neben der Ergänzung des ÖPNV für die Erfurter Bürger entsteht dadurch ein attraktives Angebot für Touristen, die bspw. mit der Bahn anreisen und sich vor Ort dann ein Leihrad mieten können.

Die Leihräder können zu folgenden Preisoptionen (65) genutzt werden:

- Basistarif: 1 Euro für 30 Minuten
- Monatstarif: 10 Euro pro Monat (ermöglicht jeweils die erste 30 min pro Ausleihe kostenfrei)

Vergünstigte Konditionen für Studierende der Fachhochschule Erfurt gibt es über „CAMPUSbike“ (66):

- erste 60 Minuten innerhalb Deutschlands gratis, je weiteren 30 Minuten 1 Euro
- Ausleihmöglichkeit von bis zu 3 Rädern gleichzeitig



Abbildung 32: Radverleihstationen von nextbike in Erfurt (67)

Weiterhin gibt es ein Lastenrad-Verleihsystem. Der Verein ella Lastenrad verleiht kostenlos Lastenräder an aktuell 5 Standorten im Stadtgebiet..

Zum Umstieg vom bzw. auf den ÖPNV existieren die nachfolgend aufgeführten Abstellmöglichkeiten für Fahrräder² (59):

- Radhaus am Hbf: kostenfreie Stellplätze für 337 Fahrräder (324 in Doppelparkern, 12 in Fahrradboxen, 1 Behindertenfahrradstellplatz)
- Radstation Süd am Hbf: kostenfreie Stellplätze für 202 Fahrräder (186 in Doppelparkern, 15 im abgeschlossenen Innenraum, 1 Behindertenfahrradstellplatz)
- Bike & Ride Bindersleben: 4 anmietbare Fahrradboxen
- Bike & Ride Europaplatz: 6 anmietbare Fahrradboxen + überdachte Stellplätze
- Bike & Ride Urbicher Kreuz: 6 anmietbare Fahrradboxen
- Bike & Ride Bf Vieselbach: 4 anmietbare Fahrradboxen + überdachte Stellplätze
- Bike & Ride Ringelberg
- Bike & Ride Messe
- sowie an den Bahnhöfen Bischleben, Gispersleben und Stotternheim

Seit 1994 existiert der Arbeitskreis „Radverkehr in Erfurt“, bestehend aus Vertretern des ADFC, des VCD, der Polizei, der Stadtratsfraktionen und der Ämter der Stadtverwaltung. Ziel ist die Erarbeitung von Empfehlungen zur Förderung des Radverkehrs. Seit 2009 ist die Stadt Erfurt außerdem in der Arbeitsgemeinschaft „Fahrradfreundliche Kommunen Thüringen“ (AGFK-TH) aktiv. (68)

5.1.2.2 Potenziale

Ein gutes Radwegenetz zur Ergänzung des ÖPNV kann, auch außerhalb der Innenstadtbereiche, zu einer verbesserten Erschließung und Erreichbarkeit führen. Für die Erfurter Bevölkerung bietet ein sicheres und schnelles Radwegenetz eine flexible und bequeme Möglichkeit der Fortbewegung aus beruflichem oder privatem Anlass und vermindert die Hemmnisse, Fahrrad zu fahren. Grundsätzlich erfolgt durch die verstärkte Förderung des Radverkehrs eine Reduzierung des motorisierten Verkehrs und damit verbunden der Kraftstoffverbrauch und CO₂-Ausstoß. Die konkreten Potenziale für Erfurt sollen in diesem Abschnitt betrachtet werden.

Im Integrierten Klimaschutzkonzept – Teil Mobilität und Verkehr von 2010 (2) wurde bereits ein erhebliches CO₂-Einsparpotenzial in diesem Bereich identifiziert. Maßnahmen, wie der Ausbau des Radnetzes und der –infrastruktur, standen dabei an erster Stelle.

² Im Zuge der Recherche fiel auf, dass die entsprechenden Informationsseiten der Stadt nicht aktuell sind und einer Überarbeitung bedürfen. Die aufgeführten Abstellmöglichkeiten können daher u.U. von der Realität abweichen.

Bei der Verbesserung des Alltags-Radwegenetzes sollten neben der besseren Verknüpfung der innerstädtischen Stadtteile insbesondere auch die für Berufspendler wichtigen Routen im Vordergrund stehen. Sinnvoll sind hierbei vor allem auch geeignete Umsteigemöglichkeiten von MIV / ÖPNV auf oder vom Fahrrad, um den gerade den innerstädtischen Bereich zu entlasten. Beim Radwegeausbau sind unabhängige Radwege mit einer sicheren Entfernung zu vielbefahrenen Straßen vor Fahrradstreifen auf der Fahrbahn vorzuziehen. Auch eine Steigerung der Attraktivität der vorhandenen Radwege, bspw. eine „Fahrrad-Autobahn“, d.h. Radschnellweg und bspw. kostenfreie Wasserspender an zentralen Punkten auf der Strecke, können dazu beitragen, dass ein Teil der Berufspendler, die bislang mit dem PKW fahren auf das Fahrrad umsteigen. Aufwertungen und Aufstockungen der Abstellplätze der vorhandenen B+R-Plätze mit Schließfächern oder Lademöglichkeiten für Elektrofahrräder oder auch die Einrichtung von weiteren Bike-Sharing Stationen an den B+R-Plätzen können hier die Vermeidung von CO₂-Emissionen fördern.

Bei einer Wegstrecke von bspw. 10 km werden ca. 16 g CO₂ pro PKW³ verursacht. Mit der Annahme des Umweltbundesamtes, dass rund 30 % der Wegstrecken durch den Fahrradverkehr ersetzt werden können (69), würde dies eine Substitution von knapp 309 Mio. km/a für Erfurt mit einer resultierenden Kraftstoff-Ersparnis von etwa 6,3 Mio. Liter Diesel und knapp 12,8 Mio. Liter Benzin bedeuten, wodurch eine CO₂-Einsparung von rund 47.000 Tonnen pro Jahr erreicht werden könnte (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Kraftstoffeinsparungen und Senkung der CO₂-Emissionen durch Verlagerung von PKW-Fahrten auf emissionsfreie Alternativen in Erfurt (eigene Berechnung auf Basis der Kennzahlen der SrV 2018 (47))

Durchschnittliche Strecke eines Weges mit MIV	9,6 km/Weg
Durchschnittliche Anzahl der täglichen Wege pro Person	1,38 Wege/P*d
Gesamte mittels MIV zurückgelegte Strecke pro Person im Jahr (bei 365 d/a)	4.836 km/P*a
Anzahl Einwohner Erfurt	212.988 EW
Gesamte mittels MIV zurückgelegte Strecke im Jahr (hochgerechnet auf alle EW)	1.029.907.734 km/a
Substitution der gefahrenen Strecken durch emissionsfreie Radfahrten (Annahme in Anlehnung an UBA: 30% der Strecke)	308.972.320 km/a
Vermiedener Kraftstoffverbrauch Diesel (Annahme: 6,8l/100km, Anteil von 30% Dieselfahrzeugen*)	6.303.035 l/a
Vermiedener Kraftstoffverbrauch Benzin (Annahme: 5,9l/100km, Anteil von 70% Benzinfahrzeugen*)	12.760.557 l/a
Mögliche CO₂-Einsparung (Annahme: 2,35 kg/l Benzin; 2,65 kg/l Diesel)	46.690 t _{CO2} /a

* vereinfachte Annahme auf Basis der Kennzahlen der SrV (47) für Erfurt

Neben der Reduktion von CO₂-Emissionen sind die weiteren Vorteile des Radverkehrs zu beachten:

- Reduzierung anderer Treibhausgase (z. B. Stickoxide verursacht durch PKW)
- Reduzierung von Lärm- und Schallemissionen (z.B. verursacht durch PKW)
- Förderung der Gesundheit (durch Bewegung)
- Kostengünstige Mobilität
- Erhöhung des Freizeitwertes
- Reduzierung des Parkplatzaufkommens

Weiterhin ist Erfurt für Touristen ein beliebtes Reiseziel; so belief sich die Anzahl der Übernachtungen in Hotels und Pensionen im Jahr 2018 auf ca. 880.000 und die Zahl der Theaterbesucher betrug ca. 235.000. (36) Aus diesem Grunde sollten neben der Verbesserung und dem Ausbau des Alltagsradwegenetzes auch attraktive und emissionsarme Mobilitätsangebote für Touristen und zu den Sehenswürdigkeiten in und um Erfurt in die Betrachtung einbezogen werden.

³ Durchschnittlicher Verbrauch eines herkömmlichen Kleinwagens (5,9 l Benzin/100 km) und 140 gCO₂/km und eines Mittelklassewagens (6,8 l Diesel/100 km) und 180 gCO₂/km (96)

Die Region und das Umland Erfurts bieten ein großes Potenzial für Aktiv- und Fahrradtourismus, sowohl für Tags- als auch Mehrtagestouren. Abbildung 33 zeigt eine Übersicht über vorhandene Fernradwege in der Region, z.B. Gera-Radweg oder der Radweg „Thüringer-Städtekette“. Aus diesem Grund können die Verknüpfung, der Ausbau und insbesondere die Informationsverbesserung zum touristischen Radwegenetz zusätzliche Verbesserungen mit sich bringen. Dadurch wird nicht nur die Region als Touristenziel weiter gestärkt, sondern auch eine Steigerung des Freizeitwertes für die Erfurter Bevölkerung selbst erzielt und ggf. sogar dem zunehmenden Fernreisetourismus entgegengewirkt. Statt bspw. am Wochenende mit dem Auto zum Schloss Molsdorf oder in den Zoopark zu fahren, könnte ein solcher Ausflug auch sehr gut mit dem Rad unternommen werden (der Gerad-Radweg führt bspw. von Erfurt direkt zum Schloss Molsdorf).

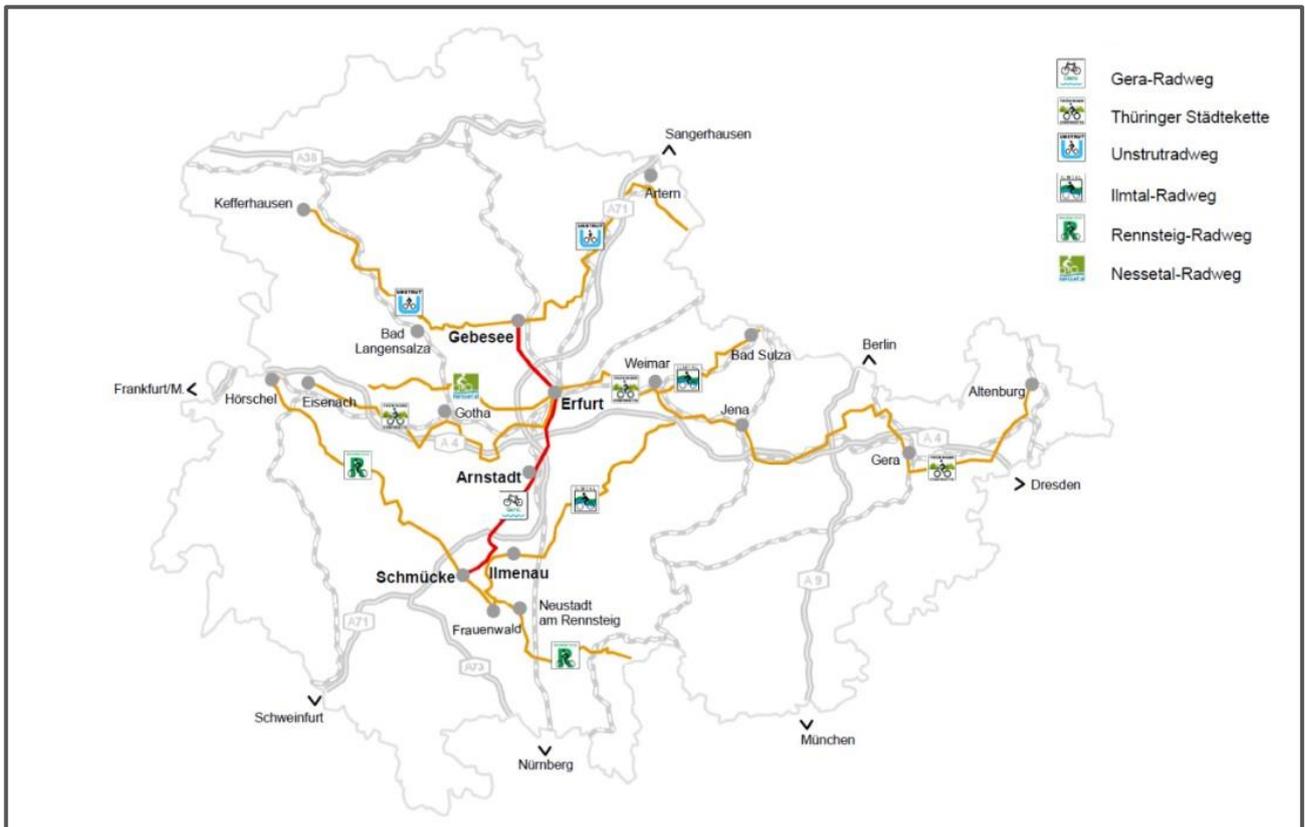


Abbildung 33: Gera-Radweg und weitere überregionale Radfernwege in der Region um Erfurt (70)

Um sowohl Touristen von außerhalb als auch den eigenen Bürgern die touristische Erschließung der Region mit dem Fahrrad näher zu bringen, können Hinweise und Verlinkungen auf der Internetseite der Landeshaupt Erfurt zu Radwegen und -ausflügen ein hilfreiches Instrument darstellen. Unter dem übergreifenden Thema von möglichen Outdooraktivitäten in und um Erfurt könnten hier auch Hinweise zu Wanderungen hinterlegt werden. Es gibt bereits verschiedene Internetanbieter, die mögliche Fahrrad- oder Wandertouren darstellen.

Generell ist beim Neu- und Umbau von Straßen die Einbindung von Radwegen zu beachten. Auch bei der Neugestaltung von öffentlichen Plätzen sollten Fahrradstellplätze (in Form von Anlehnbügel) vorgesehen werden, um so ebenfalls den Radverkehr im Stadtgebiet zu fördern und aktiv den Klimaschutzgedanken in Erfurt zu stärken.

Von einem verbesserten Radwegekonzept profitieren in Erfurt alle Bürger und Touristen. Die Förderungen vom Fahrradverkehr sind im Maßnahmenkatalog unter Kapitel 6 beschrieben.

5.1.3 Motorisierter Individualverkehr und Pendlersituation

5.1.3.1 Beschreibung der Ist-Situation

Im Jahr 2008 machte der Anteil des MIV am Modal Split mit Abstand den größten Anteil aus und sollte gemäß der Szenarienbetrachtung im Klimakonzept von 2010 (2) im Jahr 2020 mindestens unter 35 % besser und 30 % liegen. Dabei wurde von einem sinkenden CO₂-Ausstoß aufgrund technischer Fortschritte im Automobilbau von rund 10 % ausgegangen. Auch zunehmende Flugreisen spielen im Bereich MIV eine bedeutende Rolle. Aktuell beträgt der Anteil des MIV am Modal Split nach Angaben des SrV noch knapp 40 % (3), sodass die Stadt im Sinne ihrer Klimaschutzziele in diesem Bereich eine deutliche Verbesserung anstreben sollte.

Die in der Zwischenevaluation aus dem Jahr 2016 (13) genannten positiven Entwicklungen betragen die nachfolgenden Indikatoren:

- Erhöhung Anteil verkehrsberuhigter und für Kfz gesperrter Bereiche an der Straßenverkehrsfläche
- Erhöhung Car-Sharing-Angebot und -Nutzung
- Verringerung Verkehrsaufkommen auf ausgewählten Hauptstraßen
- Verringerung Anzahl öffentlicher Stellplätze im Innenstadtbereich
- Erhöhung Angebot und Auslastung der P&R-Plätze
- Erhöhung Anzahl zugelassener Elektrofahrzeuge
- Erhöhung Anzahl öffentlich zugänglicher E-Ladestationen/-Parkplätze im Stadtgebiet

Die folgenden Aspekte hingegen unterlagen einer negativen Entwicklung im Vergleich zum Bezugsjahr 2008:

- Verringerung PKW-Bestand (bezogen auf 1.000 Einwohner)
- Erhöhung Anzahl Anwohnerparkplätze

Die Fahrzeugauslastung/-besetzung blieb unverändert. Auch die aktuellen Zahlen der SrV (3) zeigen in den Jahren 2013 bis 2018 eine nahezu unveränderte Anzahl von täglichen PKW-Fahrten pro Person sowie eine gleichbleibende Fahrzeugbesetzung.

Positiv zu verzeichnen ist ein Rückgang der Nutzung von MIV im innerstädtischen Bereich um 2,7 % in den vergangenen Jahren (siehe Abbildung 1) sowie eine leichte Abnahme der Anzahl privater und dienstlicher PKW je Haushalt. (2; 3)

Für den motorisierten Individualverkehr (MIV) ist Erfurt sowohl über den Flughafen Erfurt Weimar westlich des Stadtzentrums als auch über die Autobahnen A4 und A71 und über Bundesstraßen gut angebunden. Es bestehen nach aktuellem Stand die folgenden Anbindungen:

Anbindung an Autobahnen, Anschlussstellen und Autobahndreiecke:

- A4 in Ost-West-Richtung nach Eisenach bzw. Gera über die Auf-/Abfahrten Nr. 45 (Kreuz Erfurt), 46 (Erfurt West) und 47a (Erfurt-Ost) und 47b (Erfurt-Vieselbach) südlich des Stadtzentrums
- A71 in Nord-Süd-Richtung (Anbindung u.a. an Ilmenau und Sömmerda)

Anbindung an Bundesstraßen:

- B7 (Urbich bzw. Linderbach Richtung Weimar und Erfurt Bindersleben Richtung Eisenach)
- B4 (nord-westlich des Zentrums Richtung Gispersleben, Elxleben, Andisleben, etc.)

Wie bereits zu Beginn des Kapitels 5.1 beschrieben, ist die Landeshauptstadt Erfurt eine Einpendlerstadt, sodass insbesondere zu den Stoßzeiten auf den Straßen mit einem erhöhten Stauaufkommen zu rechnen ist. Thüringen liegt unter dem bundesweiten Durchschnitt, was die jährlich vom ADAC ermittelten Staukennzahlen (u.a. Staulänge und -dauer) betrifft. So zeigte die Bilanz für 2018 das bundesweit zweitgeringste Stauaufkommen. Dennoch staute es sich im landesweiten Vergleich auf der A71 zwischen den Anschlussstellen Gräfenroda und Oberhof und auf der A4 zwischen den Anschlussstellen Stadtroda und Jena-Zentrum besonders häufig. (71)

Nach aktuellen Auswertungen des Umweltbundesamtes werden bei der Fahrt eines PKWs (unter der Annahme von 1,5 Personen pro PKW) CO₂-äquivalente Treibhausgase in Höhe von 140 g/km pro Person sowie Feinstaub in Höhe von 0,004 g/km pro Person verursacht. Im Vergleich dazu verursacht ein Linienbus pro Person und Kilometer nur etwa die Hälfte dieser Emissionen, bei einer Auslastung von 21%. (72) Bei einer höheren Auslastung reduzieren sich die spezifischen Emissionswerte dementsprechend.

In Thüringen gibt es nach aktuellen Angaben der Bundesnetzagentur insgesamt 343 Elektro-Ladesäulen. In dieser Darstellung sind die öffentlich zugänglichen Ladesäulen enthalten, private Elektroladesäulen sind hier nicht enthalten. Innerhalb und um die Landeshauptstadt Erfurt gibt es eine Reihe von Elektro-Ladesäulen, die der nachfolgenden Abbildung 34 zu entnehmen sind. Bei den Lademöglichkeiten handelt es sich in der Regel um je zwei Normladedepunkte (je 22 kW) des Betreibers SWE Energie GmbH. In der Abbildung als rote Punkte dargestellt, befinden sich zudem 6 Schnellladepunkte mit je einem 50 kW Gleichstrom- und einem 43 kW Wechselstromanschluss.

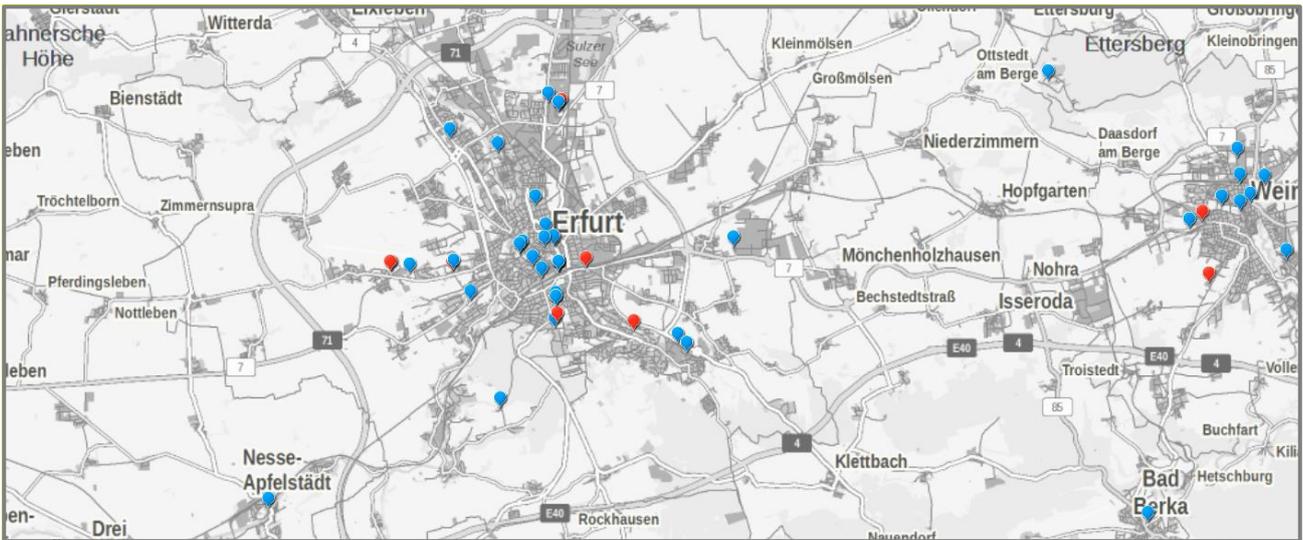


Abbildung 34: Ladesäulen in und um Erfurt (Ausschnitt aus dem Ladesäulenregister der Bundesnetzagentur) (73)

In Bezug auf das derzeitige Carsharing-Angebot lassen sich die vorhandenen Anbieter in folgende Kategorien unterteilen (74):

- „klassisches“ Carsharing (mit einer festen Ausleihstation):
 - Flinkster
 - teilAuto
- Verleih von privaten eigenen Fahrzeugen
 - Tamyca
 - getaround

- Klassische Fahrzeugvermietung
 - Avis
 - Sixt
 - Europcar
 - Buchbinder

Beim Carsharing bzw. „Auto teilen“ wird kein eigenes Fahrzeug genutzt, sondern ein kommerziell angebotenes Fahrzeug aus einem öffentlichen Pool kurzfristig gemietet.

Beispielhaft ist in Abbildung 35 eine Übersicht der verfügbaren Fahrzeuge des Anbieters „teilAuto“ dargestellt. Die jeweils aktuelle Verfügbarkeit lässt sich einfach online unter www.teilauto.net nachsehen. (75)

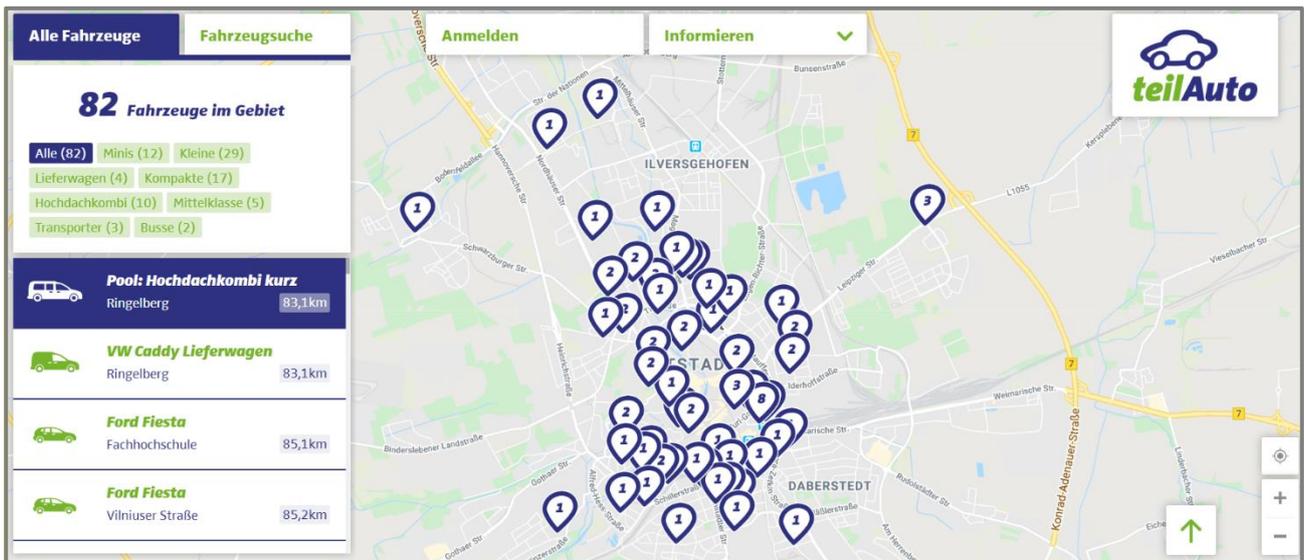


Abbildung 35: Beispielhafte Übersicht der verfügbaren Carsharing - Fahrzeuge von „teilAuto“ am 06.03.2020 (31)

5.1.3.2 Potenziale

Neben der Reduzierung des motorisierten Verkehrs durch den Fahrradverkehr und den ÖPNV (siehe Abschnitte 5.1.1 und 5.1.2) kann eine Reduzierung der CO₂-Emissionen auch durch die Verbesserung der Effizienz des motorisierten Individualverkehrs erreicht werden. Die quantifizierbaren Einsparungen hängen stark von dem individuellen Nutzerverhalten ab und können durch die Stadt nur eingeschränkt beeinflusst werden.

Eine Möglichkeit stellt das Unterstützen bzw. Bewerben von Carsharing-Systemen durch die Stadt, beispielsweise durch Informationen auf der Webseite, dar. Beim Carsharing werden in der Regel moderne und damit verbunden effizientere Fahrzeuge eingesetzt, teilweise bereits Elektro- oder Hybridfahrzeuge. Ein weiterer Aspekt, der sich vorteilhaft durch die Nutzung von Carsharing-Angeboten zeigt ist, dass die Nutzer bei jeder einzelnen Fahrt die Betriebskosten der Fahrzeugnutzung bewusst bezahlen müssen und somit ein weiterer Anreiz entsteht, weniger mit dem PKW zu fahren. Darüber hinaus wird bei der Nutzung von Carsharing-Systemen – die Ab- oder Nicht-Anschaffung eines eigenen PKWs vorausgesetzt – auch das ÖPNV-Angebot verstärkt genutzt. Weiterhin wird durch Carsharing-Systeme eine Reduzierung des Parkplatzaufkommens in der Landeshauptstadt erzielt, da auf ein eigenes Fahrzeug verzichtet werden kann. Das Minderungspotenzial hinsichtlich der CO₂-Emissionen und Treibstoffmenge beim Nutzen von Carsharing lässt sich schwer abschätzen. Noch immer geben 94,3 % der Erfurter an, noch nie Carsharing genutzt zu haben (47). Die Stadt sollte daher auf die Nutzung von Carsharing durch eine zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit einwirken und somit den Bekanntheitsgrad erhöhen. Außerdem kann durch das Vorhalten von Flächen, z. B. Ausweisung von Parkflächen für Carsharing als Sondernutzung nach Thüringer Straßengesetz, ein positiver Einfluss auf die Nutzung von Mietfahrzeugen in der Bevölkerung bewirkt werden.

Zusätzlich kann die Stadt die Bevölkerung zur Nutzung von Fahrgemeinschaften motivieren. Mit Fahrgemeinschaften wird gezielt das Fahrzeugaufkommen in und um Erfurt vermieden, da mehrere Pendler einen PKW gemeinsam nutzen. Genau wie bei Carsharing-Angeboten kann hier der Parkplatzbedarf in der Stadt reduziert werden. Die Stadt informiert bereits auf ihrer Webseite⁴ und stellt hilfreiche Links für Pendler- oder Einmal-Fahrten zu Internetseiten von einschlägigen Anbietern von offiziellen Mitfahrzentralen zusammen. Damit kann das Mobilitätsangebot gestärkt und die Bewohner motiviert werden, dieses Angebot in Anspruch zu nehmen. Es besteht jedoch die Gefahr, dass die Informationen nicht so einfach gefunden werden. Dazu kann ein Fachartikel, bspw. in der Thüringer Allgemeinen Zeitung oder der Thüringische Landeszeitung, gezielt auf Fahrgemeinschaften und die Informationen auf der Internetseite der Stadt aufmerksam machen. Auch die Einrichtung eines Links mit Kommentarfeld könnte dazu dienen, die Meinungen und Anregungen der Bürger von Erfurt zu erfassen, um sie auszuwerten und damit das Angebot noch zu optimieren. Auch sollte die Liste in regelmäßigen Abständen aktualisiert und die Funktionsweise der Links überprüft werden. Ein weiteres Internetportal extra für regelmäßige Mitfahrgelegenheiten, und deshalb besonders für Pendler interessant, ist zum Beispiel das Pendlerportal (zu finden unter: www.pendlerportal.de). Die Vorteile sowohl für Anbieter von Fahrten als auch für Mitfahrer sind neben der Reduktion von Emissionen auch die Entlastung des Verkehrsaufkommens zu Stoßzeiten und die Kostenteilung.

Darüber hinaus können durch die Umstellung auf Elektromobilität CO₂-Emissionen reduziert werden. Die Basis zur Stärkung der Elektromobilität bildet der Ausbau der entsprechenden (Lade-) Infrastruktur. Durch den Ausbau von Elektro-Ladesäulen an öffentlichen Parkplätzen, wie zum Beispiel P+R-Parkplätzen, wird die Nutzung von E-Autos für die Bürger ermöglicht. Für eine praktische und sinnvolle Nutzung eines E-Autos eignen sich insbesondere kurze bis mittlere Strecken (bspw. Pendelstrecken zum Arbeitsplatz), allerdings unter der Voraussetzung, dass entsprechende Lademöglichkeiten bestehen (zu Hause, am Parkplatz oder beim Arbeitgeber). Die Stadt selbst sollte im Rahmen einer wirkungsvollen Öffentlichkeitsarbeit zur Förderung von E-Mobilität mit gutem Beispiel voran gehen und die kommunale Flotte um E-Autos ergänzen und damit Benzin- oder Dieselfahrzeuge ersetzen. Um das Thema bei den Bürgern zu bewerben, eignen sich auch Aktions-Tage, z.B. verbunden mit der Möglichkeit ein E-Auto Probe zu fahren oder der Einweihung einer neuen Ladesäule.

Auch durch wirksame Einschränkungen für den MIV in der Stadt, kann das Verkehrsaufkommen in diesem Bereich weiter reduziert werden. In der Zwischenevaluation aus dem Jahr 2016 (13) wurde darauf hingewiesen, dass besonders die Begrenzung des MIV außerhalb des Innenstadtbereiches noch verbesserungswürdig ist.

Das Gesamteinsparpotenzial ergibt sich sowohl aus der Verlagerung des MIV auf den ÖPNV und den Fahrradverkehr und der Verlagerung auf emissionsarme Antriebsalternativen (u.a. Elektromobilität, Brennstoffzellen, Biokraftstoffe), als auch aus der völligen Vermeidung von PKW-Fahrten infolge flexibler Arbeitsmodelle und individueller Arbeitsgestaltung (Homeoffice) in Zukunft. Eine Reduktion des MIV hängt zudem stark vom Willen der Bevölkerung zur Vermeidung und Nutzung von Alternativen ab. Es wird geschätzt, dass bis 2050 unter Voraussetzung entsprechender Anstrengungen wenigstens 50 % der Treibhausgasemissionen im Bereich MIV eingespart werden können. Zu Erreichung der in 4.3 festgelegten Ziele müssen etwa 80 % der Emissionen im Vergleich zum Jahr 2018 eingespart werden. Erreicht werden kann das nur durch einen deutlich höheren Umstieg auf ÖPNV, eine starke Reduktion der Fahrzeugkilometer im MIV (und eine Erhöhung des Radverkehrs) sowie den Umstieg auf grüne Antriebstechnologien.

5.1.4 Sonstige Potenziale

Für alle o.g. Potenziale und Maßnahmen ist eine wirkungsvolle Öffentlichkeit und Bürgerinformation essenziell, da der Erfolg vieler Maßnahmen unbedingt die Mitwirkung der Bevölkerung oder Verhaltensänderungen (bspw. in Bezug auf die Wahl des Verkehrsmittels oder des Mobilitätsverhaltens) voraussetzen und aus diesem Grund eine vollumfängliche Akzeptanz in der Bevölkerung notwendig ist. Die Wichtigkeit der Einbeziehung der Bürger wird deshalb an dieser Stelle für den Sektor Verkehr gesondert hervorgehoben. Alle weiteren Öffentlichkeitsmaßnahmen sind in Kapitel 8 zusammengefasst.

⁴ <https://www.erfurt.de/ef/de/leben/verkehr/mobil/auto/mitfahrgelegenheit/index.html>; Stand: 06.03.2020

Für Erfurt bestehen darüber hinaus Potenziale im Bereich des Wirtschaftsverkehrs. Im Klimakonzept von 2010 (2) wurde diesbezüglich neben der Erprobung von Elektrofahrzeugen die Erarbeitung eines Stadt-Logistik-Konzeptes empfohlen. Diesbezüglich wurden u.a. Beschränkung für motorisierte Fahrzeuge wie auch die Umrüstung des eigenen kommunalen Fuhrparks empfohlen.

In der Zwischenevaluation aus dem Jahr 2016 (13) konnte für die Ziele

- Verringerung durchschnittlicher CO₂-Ausstoß kommunaler Fahrzeuge
- Erhöhung Anzahl der Elektrofahrzeuge im Wirtschaftsverkehr

keine quantitative Bewertung im Vergleich zum Bezugsjahr 2008 erfolgen.

5.2 Energieversorgung

Für eine wirkungsvolle Entwicklung hin zu mehr Klimaschutz in der Landeshauptstadt Erfurt ist der Bereich Energieversorgung entscheidend. Wie in Kapitel 4.1.3 beschrieben, deckt die Landeshauptstadt ca. 70,4 % seines Energiebedarfs für Strom innerhalb der Stadtgrenzen durch das Heizkraftwerk mit dem Energieträger Erdgas und 8,6% durch regenerative Energien.

Im Bereich der Energieversorgung ist noch ein erhebliches Potenzial vorhanden, um die Energieversorgung vor allen Dingen im Bereich der erneuerbaren Energien weiter zu stärken.

In der Energiestrategie der Landesregierung und im Klimagesetz von Thüringen ist der Ausbau und die Nutzung von erneuerbaren Energien als übergeordnetes Ziel benannt. So heißt es in dem Strategiepapier: „Thüringen setzt sich das Ziel, seinen Energiebedarf bis 2040 bilanziell durch einen Mix aus erneuerbaren Energien aus eigenen Quellen zu decken. Dieses Ziel ist im Klimagesetz festgeschrieben. Um das Ziel zu erreichen, müssen die erneuerbaren Energien deutlich ausgebaut, der Energieverbrauch gesenkt und die Energieeffizienz gesteigert werden.“ (33)

Das bedeutet, dass bis zum Jahr 2040 so viel Energien durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden muss, wie diese auch durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden kann. Grundsätzlich werden auch fossile Energieträger weiterhin benötigt, die durch eine gewisse Überproduktion an erneuerbaren Energien im Land ausgeglichen werden sollen.

Laut dieser Energiestrategie liegen im Land Thüringen die größten Potenziale im Bereich Wind- und Solarenergie. Im Bereich Wasserkraft wird das Potenzial als weitestgehend ausgeschöpft bewertet. Der Einsatz der beiden regenerativen Energieformen wird im nachfolgenden genauer für die Landeshauptstadt Erfurt analysiert.

Auch Wasserstoff als sektorübergreifendes Energiesystem wird als zukünftige Energieform für die Landeshauptstadt Erfurt hier kurz erläutert.

5.2.1 Regenerative Energien

Die erneuerbaren Energien insgesamt (Wind, Biomasse, Photovoltaik, Wasserkraft) haben beim Stromsektor in Deutschland einen Anteil von 46 % erreicht (2018: 40,2%). (76)

Photovoltaik und Windenergie als etablierte regenerative Energie- Technologien haben mit rund 9,1% für Photovoltaik und rund 24,5% für Windenergie den höchsten Anteil bei der regenerativen Stromerzeugung in Deutschland. Witterungsbedingt gibt es ein deutlich ausgeprägtes Nord-Süd-Gefälle. Im Norden ist die Windenergie und im Süden die Solarenergie in höherem Maße verbreitet. Hinsichtlich der energetischen Amortisation, also der Vergleich, ab wann die Anlage mehr Energie erzeugt als sie bei der Herstellung benötigt hat, schneidet die Windkraft mit < 1 Jahr deutlich besser ab als die Photovoltaik mit 2-3 Jahren. (76)

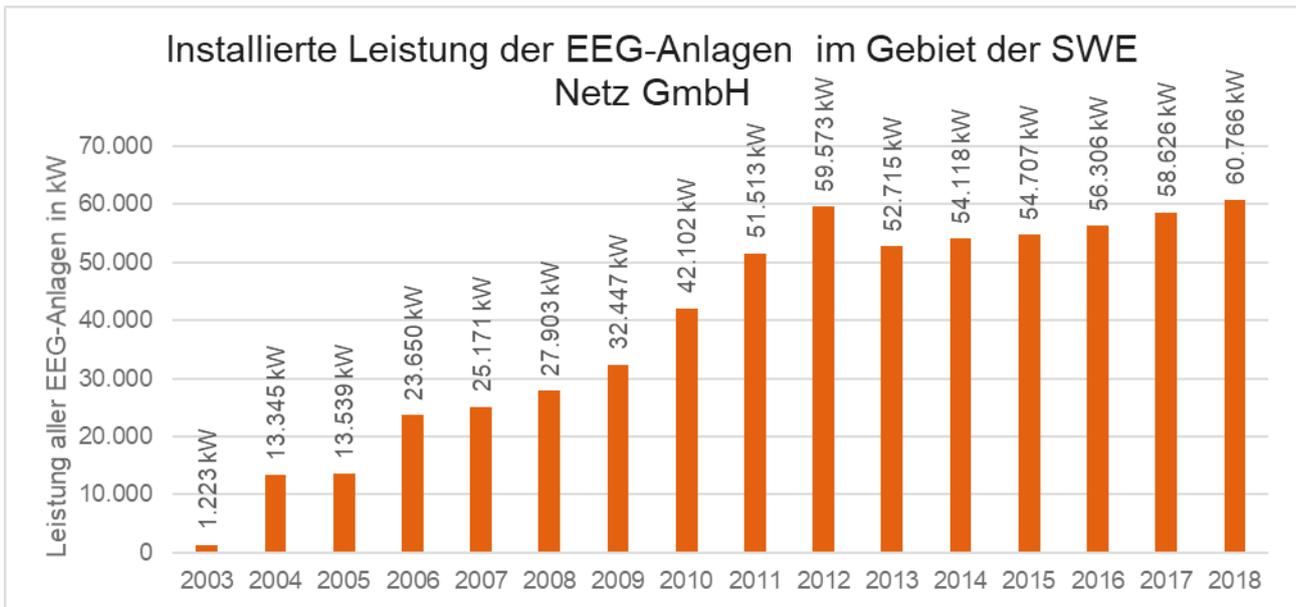


Abbildung 36: Installierte Leistungen an erneuerbaren Energieanlage im SWE Netz

In Abbildung 36 sind die installierten Leistungen von erneuerbaren Energien, die nach dem EEG vergütet werden, von 2003 bis zum Bilanzjahr 2018 von der SWE Netze dargestellt. Parallel dazu werden in Abbildung 37 die Anzahl der erneuerbaren Energieanlagen gezeigt. In beiden Grafiken ist ein deutlicher Anstieg zu erkennen. Allein seit dem Bilanzjahr 2008 beträgt die Steigerung der installierten erneuerbaren Energien Leistung mehr als 45 %.

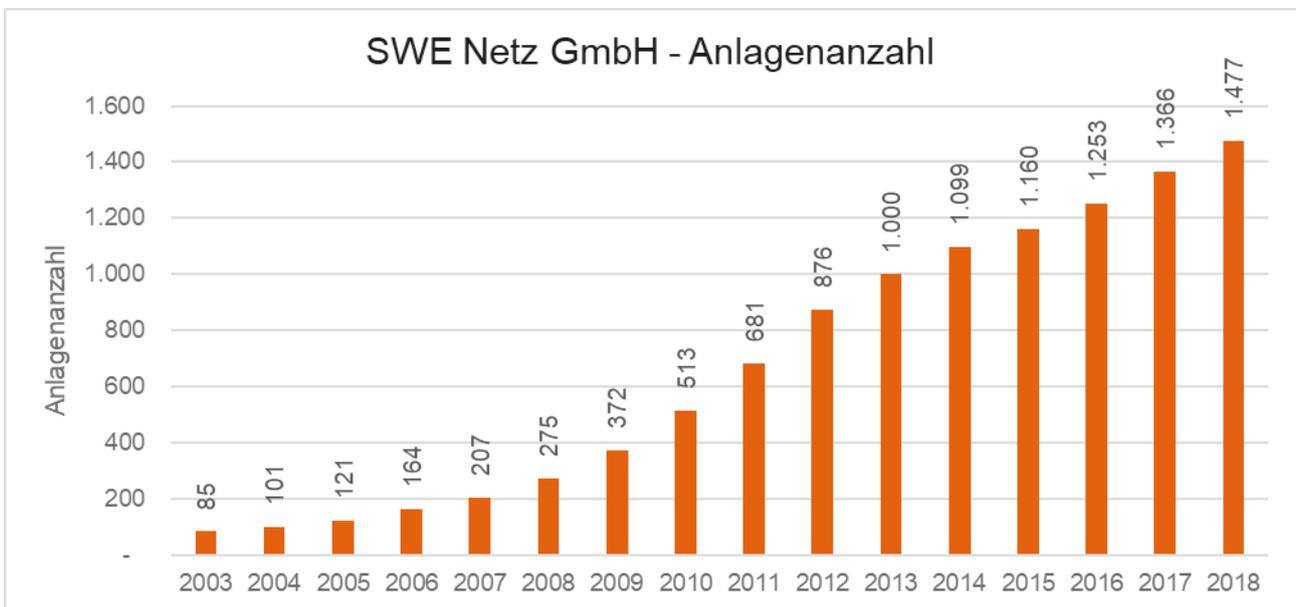


Abbildung 37: Anzahl an erneuerbaren Energieanlagen im SWE Netz

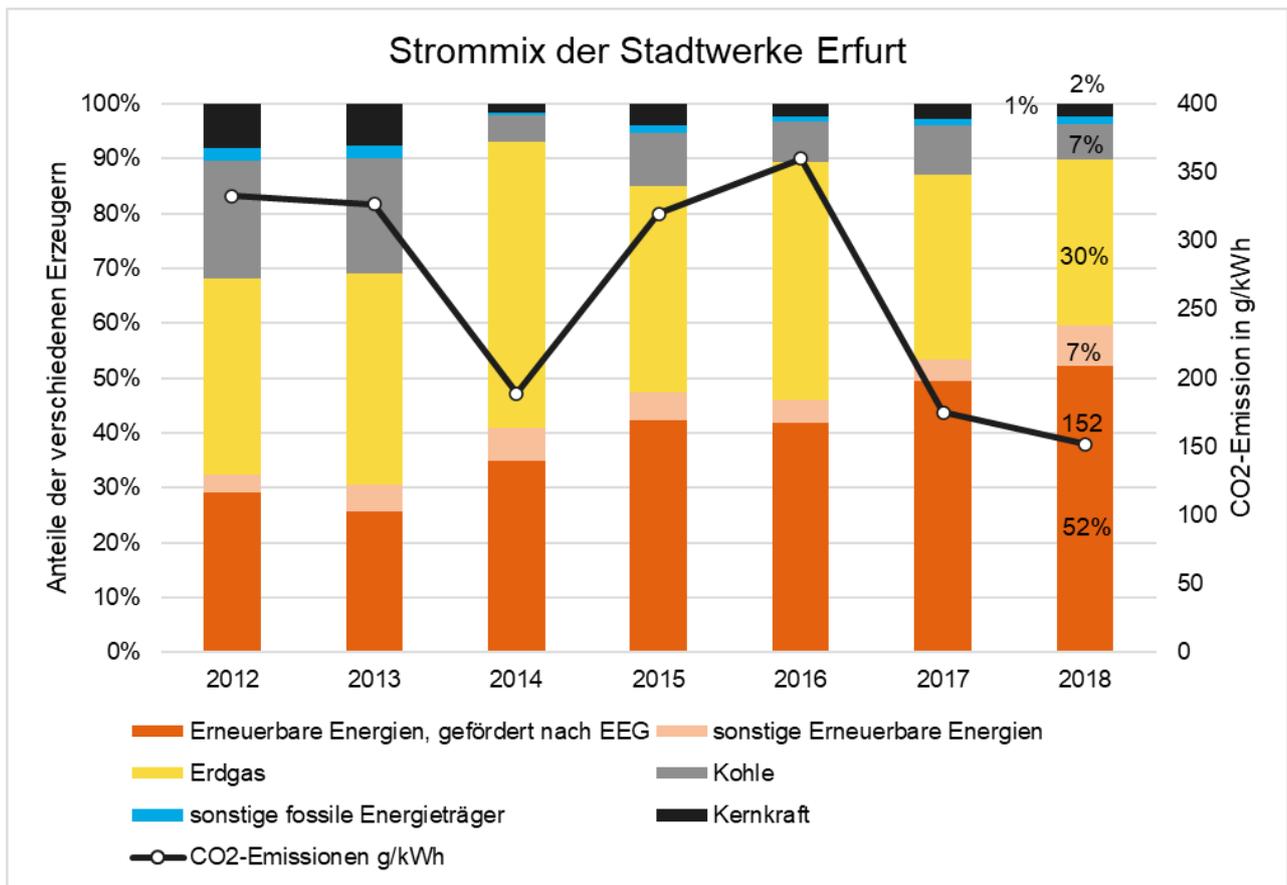


Abbildung 38: Strommix der Energieträger in dem Netz der SWE

In Abbildung 38 sind die Anteile der jeweiligen Energieträger an der Stromversorgung in der Stadt dargestellt. Die verschiedenen Energieträger resultieren zum einen aus der innerhalb der Bilanzgrenze der Landeshauptstadt eigens bereitgestellten Energiemenge und durch Stromimporte, z.B. aus dem bundesdeutschen Strommix. Dieser Strommix wurde direkt von der SWE aus deren statistischen Daten bereitgestellt. Der Strommix der Jahre 2012 bis 2018 in dem Netz der SWE zeigt einen anwachsenden Anteil der erneuerbaren Energien mit zuletzt über 59 %, während sonstige Energieerzeuger wie Erdgas, Kohle oder Kernkraft in den letzten Jahren deutlich abgenommen haben. Erdgas stellt den zweitgrößten Erzeuger mit circa 30 % dar. Der Anteil von Braunkohle beträgt bspw. nur 7 % und Kernkraft 2 %. Dies ist vor allem damit begründet, dass die Landeshauptstadt Erfurt ein eigenes Heizkraftwerk auf Basis von Erdgas betreibt.

5.2.1.1 Photovoltaik

Photovoltaik (PV), d.h. die Umwandlung von solarer Strahlungsenergie in elektrische Energie durch Solarmodule, die auf Frei-, Dach- oder Fassadenflächen installiert werden können, tragen in Thüringen und auch in der Landeshauptstadt Erfurt eine entscheidende Bedeutung in der Energiewende. In Abbildung 39 ist die insgesamt installierte Leistung sowie die erzeugte Strommenge aus PV in den Jahren 2013-2018 dargestellt. Insgesamt waren 2018 1552 Anlagen bei den Netzbetreibern als EEG-Anlagen gemeldet (77). Mit einer Strommenge von ca. 39.400 MWh wurden in Erfurt im Jahr bilanziell betrachtet ca. 4,8 % des Stromverbrauches aus eigenen PV-Anlagen gedeckt.

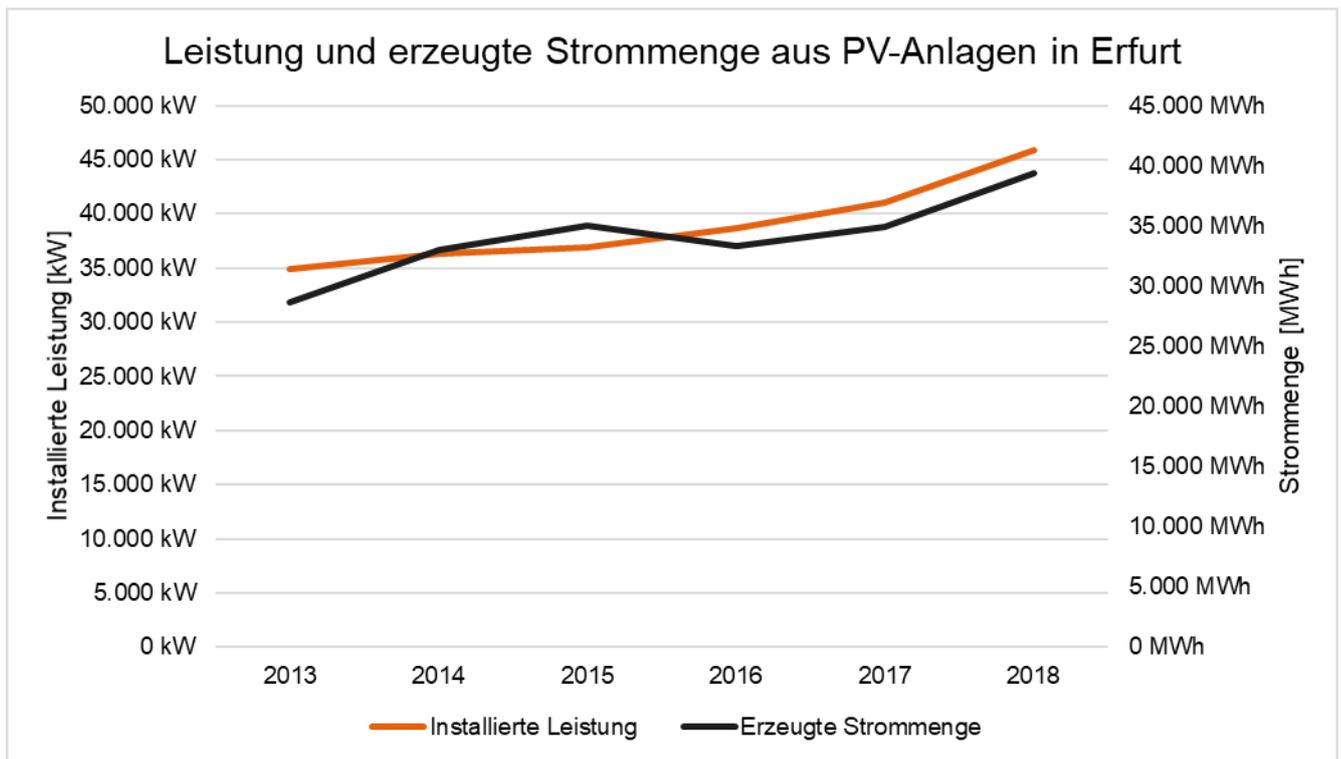


Abbildung 39: Installierte Leistung und erzeugte Strommenge aus PV in Erfurt 2013-2018 (eigene Darstellung aus (57))

Die Landeshauptstadt Erfurt besitzt zur besseren Erreichbarkeit des Ausbaus bereits ein Solardachkataster, welches über folgenden Link für alle Interessierten zur Erstinformation zur Verfügung steht: <https://www.erfurt.de/ef/de/leben/oekoumwelt/klimaschutz/energieerzeugung/solarkataster/index.html> Grundsätzlich zeigt das Solardachkataster das mögliche Potenzial einer Dachfläche. Die eigentliche Eignung (z.B.: Statik, Bauzustand und Verfügbarkeit, etc.) und der tatsächlich mögliche Solarertrag muss im Einzelfall geprüft werden.

Aus den vorigen Klimaschutz(teil)-konzepten geht hervor, dass, um die vorgegebenen Ziele zu erreichen, „bei Nutzung von 50 % der geeigneten Dachflächen noch 4.600 ha landwirtschaftliche Fläche erforderlich“ (11) sein werden und außerdem „bei Nutzung der Randflächen an den Autobahnen im Stadtgebiet mit einer Länge von 75 km in einer Breite von 20 m je Seite durch Photovoltaik [...] ein weiterer Ertrag von ca. 72 GWh Elektroenergie erzielt werden“ (11) kann. Das Klimaschutzkonzept Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung aus dem Jahr 2011 (11) sagt folgendes zum Thema PV:

„Erfurt hatte 2011 circa 811 Anlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 17,7 MW in Betrieb. Der jährliche Betrag hatte ein Volumen von 3,496 GWh, dieser stellt lediglich 0,4 % des Gesamtstrombedarfs der Stadt Erfurt dar. Das vorangegangene Klimaschutzkonzept stellte tabellarisch dar, welcher Ertrag bei welcher Flächennutzung zu erwarten ist und welche dazugehörige CO₂ Einsparung im Vergleich zu anderen Energiegewinnungsanlagen mit einhergeht. Die Stadt Erfurt könnte bei einer vollständigen Nutzung der geeigneten Dachflächen, welche eine Summe von 4.878.232 m² bilden, einen Ertrag von 580 GWh/a Elektroenergie erzielen. Dies entspricht 64% des Elektroenergieverbrauchs 2008 bzw. 66% bezogen auf das Jahr 2020 und würde demzufolge zu einer Reduktion der CO₂-Emission um circa 190.000 t CO₂/a führen. Bei einer angenommenen 50 %-igen entsprechend 16.500 ha Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen durch Photovoltaik kann ein Ertrag von circa 3.900 GWh/a an Elektroenergie erzielt werden und somit 440% des Elektroenergieverbrauchs im Jahr 2008. Eine vollständige Abdeckung des Elektroenergieverbrauchs kann somit mit einer Flächenzuordnung von 1.980 ha erzielt werden und eine theoretische Abdeckung des Gesamtenergiebedarf, bestehend aus Elektroenergie, Erdgas und sonstige Energieträger, in Höhe von 2.400 GWh/a durch eine Flächenzuordnung von 5.280 ha.“

Die zusätzliche Nutzung der Randflächen an Autobahnen im Stadtgebiet kann einen weiteren Ertrag von circa 72 GWh Elektroenergie erzielen.“ (11)

Außerdem wurden bereits diverse Studien zur Ermittlung der Flächenpotenziale für PV in Frei- und Brachflächen, zuletzt 2019 (78) durchgeführt. Dort wurden insgesamt 24 Flächen mit unterschiedlich hoher Nutzungskonkurrenz als mögliche Freiflächen für die PV-Nutzung identifiziert. Fünf dieser Flächen (insgesamt ca. 25 ha) weisen eine niedrige Nutzungskonkurrenz auf und eignen sich damit vorrangig. Weitere 122 ha weisen eine hohe Nutzungskonkurrenz auf.

In einer weiteren Studie (aus dem Jahr 2013, erneuert 2019) wurde untersucht, ob und wie die Randstreifen an Autobahn und Bundesstraßen im Stadtgebiet zur Belegung mit PV geeignet sind (79). In Abbildung 40 sind diese Flächen im Straßennetz Erfurts dargestellt.

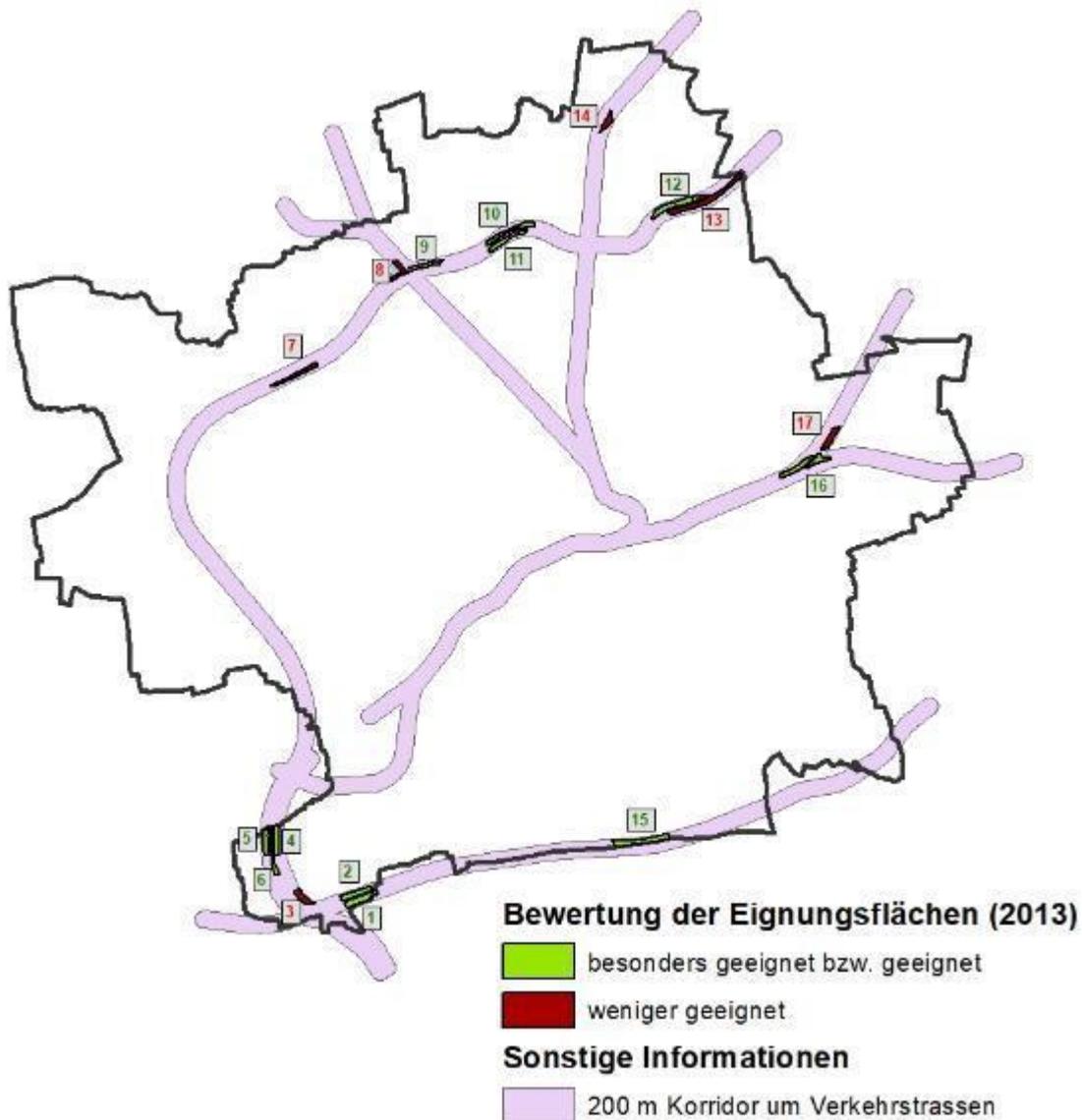


Abbildung 40: Ergebnis der Beurteilung im Jahr 2013 bezüglich Standorte für Freiflächen - Photovoltaik an Verkehrsstrassen (80)

Insgesamt ergeben sich aus der Studie 41,3 ha besonders geeigneter und weitere 27,5 ha geeigneter Flächen für die PV-Nutzung.

Die Machbarkeitsstudie „PV-Anlagen auf Dächern der Stadt Erfurt“ (81) betrachtete fünf verschiedene Standorte der Stadt Erfurt und analysierte diesbezügliche Möglichkeiten der Inbetriebnahme von PV-Anlagen in Bezug auf das EEG und der gewinnbringenden Einspeisung der Energie der PV-Anlagen ins öffentliche Netz. (82) Einige dieser Anlagen wurden bereits errichtet.

Insgesamt verfügt die Landeshauptstadt über 42 eigene Anlagen auf kommunalen Gebäuden, die knapp unter 140 kWp aufweisen. Weitere 19 Anlagen auf stadt eigenen Gebäuden wurden auf verpachteten Dächern mit insgesamt knapp 500 kWp errichtet.

Um langfristig die ambitionierten Klimaschutzziele erreichen zu können, muss der Anteil an PV-Anlagen und der daraus bereitgestellte Strom deutlich erhöht werden.

Werden alle verfügbaren und geeigneten Freiflächen (ca. 215 ha gemäß Studien) mit PV belegt, können etwa 310 MW an PV-Anlagen installiert werden (technisches Potenzial). Daraus resultieren wiederum mögliche 270.000 MWh, die theoretisch aus Freiflächen für die Landeshauptstadt erzeugt werden können. Das entspricht ca. einem Drittel des Stromverbrauches in der Landeshauptstadt im Jahr 2018. Zusätzlich kann abgeschätzt werden, dass über die Dachflächen in Erfurt (ca. 487 ha, 697 MWp) ein theoretisches Potenzial zur Stromerzeugung von ca. 610.000 MWh besteht. Das bedeutet einen Deckungsanteil des Stromverbrauches von 75 %. Realistisch kann davon ausgegangen werden, dass bis 2050 bis zu 50 % dieses theoretischen Potenzials umgesetzt werden kann. Das bedeutet einen Anteil am Stromverbrauch (basierend auf der Zahl 2018) von ca. 54 % nur aus PV. Damit können ca. 40 % der Emissionen aus dem Stromverbrauch und 10 % der Gesamtemissionen eingespart werden.

5.2.1.2 Windenergie

Windenergie ist eine der tragenden Säulen für das Erreichen des Ausbauziels von 65 % der erneuerbaren Energien im Jahr 2030 und damit der Energiewende in Deutschland. Im Jahr 2019 hat die Windenergie (Onshore + Offshore) bereits 24,5 % zur Nettostromerzeugung in Deutschland beitragen können und war somit erstmals die stärkste regenerative Energiequelle. Im Jahr 2019 wurden 325 neue Onshore-Windenergieanlagen mit 1.078 MW Leistung in Deutschland neu installiert. Damit wuchs der Anlagenbestand auf insgesamt 29.456.

Um eine vollständige Deckung des Elektroenergieverbrauchs von Deutschland durch erneuerbare Energien zu erreichen, bedarf es unter anderem einen massiven Ausbau von Windkraft an Land (Onshore) und auf See (offshore). Grundsätzlich ist für den Ausbau der Windenergie an Land mehr Platz vorhanden als praktisch benötigt wird. Laut Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) ließen sich theoretisch knapp 14 % der Landesfläche in Deutschland für Windenergieanlagen nutzen. Neben Siedlungsbereichen wurden hier Nationalparks und andere Schutzgebiete sowie Straßen, Wasserflächen und Flughäfen ausgeschlossen. Das Fundament einer modernen Windkraftanlage hat einen Radius von 20 bis 30 Metern. Der Sockel für das Windrad besteht aus Stahlbeton und ist zirka vier Meter tief. Zum Bau des Fundaments kommen noch Zufahrtswege und das Verlegen von Stromleitungen hinzu. Der Flächenverbrauch pro Windrad beträgt damit ca. 0,15 bis 0,25 ha pro Windrad. Zum Vergleich: Laut Umweltbundesamt werden für die Braunkohle-Verstromung 7,5 ha aufgebraucht - täglich.

Grundsätzlich ist bei der Betrachtung der Windenergie neben Fakten wie Flächeneffizienz, Stromgestehungskosten und Folgekosten auch die Realisierbarkeit, Flächenverfügbarkeit und insbesondere die Akzeptanz in der Bevölkerung zu berücksichtigen.

Durch die Bundesregierung wurden in den vergangenen Jahren diverse gesetzliche Änderungen und Anpassungen vorgenommen. Zuletzt wurde immer wieder intensiv über Abstandsregelung, Bürgerbeteiligung und Ausweisung von Flächen diskutiert. Im Fall der Abstandsregelung wurde die 1.000 Meter-Regelung als minimaler Abstand zu Siedlungen definiert. Bundesländer können unterhalb dieser 1.000 Meter-Abstandsregelung nun individuelle Regelungen bestimmen.

Windenergie in Thüringen:

In Thüringen waren zum Zeitpunkt 30.06.2019 1.732 MW Windenergie installiert. Die Gesamtkapazität ist derzeit eher rückläufig, da ältere Anlagen (bspw. Windpark Wetzdorf bei Bad Klosterlausnitz) zurückgebaut und nicht ersetzt werden. Gleichzeitig wird weniger Kapazität dazu gebaut. Jedoch kann auch im Bestand durch Repowering die Leistungskapazität von bestehenden Standorten gesteigert werden. Derzeit wird im Bundesland Thüringen durch Windenergieanlagen ca. 22 % des Stromenergiebedarfes gedeckt. Somit können ca. 800.000 Haushalte mit Strom durch Windenergie versorgt werden. (20)

Für die Errichtung von neuen Windenergieanlagen / Windparks müssen entsprechende Flächen ausgewiesen werden, Genehmigungen erteilt und Ausschreibungen der Bundesnetzagentur durchgeführt werden. Im Jahr 2019 wurden 18 Anlagen und bis Jahresbeginn 2020 weitere zwölf ausgeschrieben. Ohne einen Zuschlag infolge dieser Ausschreibungen bekommen Windrad-Betreiber keine Einspeisevergütung. In Abbildung 41 wird ersichtlich, wieviel Leistung durch Windenergie in den jeweiligen Teilen Thüringens im Jahr 2019 neu errichtet wurden. In den meisten Gebieten sind keine Kapazitäten hinzugekommen. (83)

Windkraftanlagen in Thüringen

Anzahl der 2019 errichteten Bauwerke und deren Nennleistung

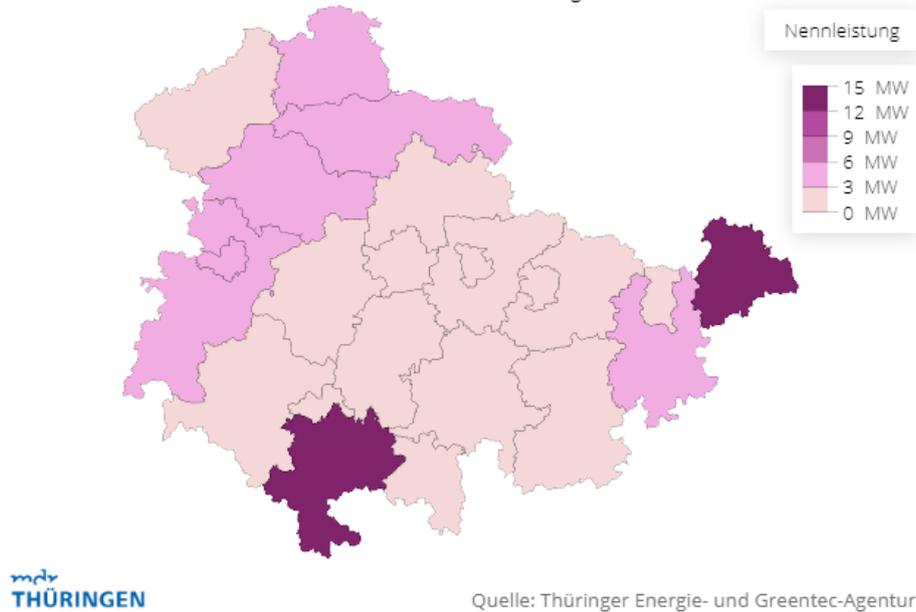


Abbildung 41 Windkraftanlagen in Thüringen (83)

Während zum Vergleich in Hessen, Schleswig-Holstein, Brandenburg oder Saarland rund 2% der Landesfläche für die Installation von Windenergieanlagen ausgewiesen werden (oder sich in Ausweisung befinden), betragen die Flächenanteile in Thüringen und Sachsen 0,6% bzw. 0,2%. Somit wurde bisher das Ziel des Landes Thüringen, 1 % der Landesfläche für die Windenergienutzung an Land auszuweisen, noch nicht erreicht. Der ausgewiesene Anteil der Fläche bezieht sich auf die Gesamtfläche der jeweiligen Bundesländer.

In Thüringen sind derzeit vier Planungsregionen ausgewiesen (Nordthüringen, Ostthüringen, Mittelthüringen und Südwestthüringen). (84)

Windenergie in Erfurt:

Grundsätzlich ist die Landeshauptstadt Erfurt der Planungsregion Mittelthüringen zu zuordnen. In einem sachlichen Teilplan Windenergie wurden neue Vorranggebiete ausgewiesen. (85) Es zeigt sich in diesem Plan, dass zur Errichtung von Windenergieanlagen im Erfurter Stadtgebiet 84 ha zur Verfügung stehen (Stand Juni 2018). Die blauen Flächen wurden als Prüfflächen ausgewiesen. Diese werden erst im Rahmen von Einzelfallprüfungen als Vorrangflächen erklärt.

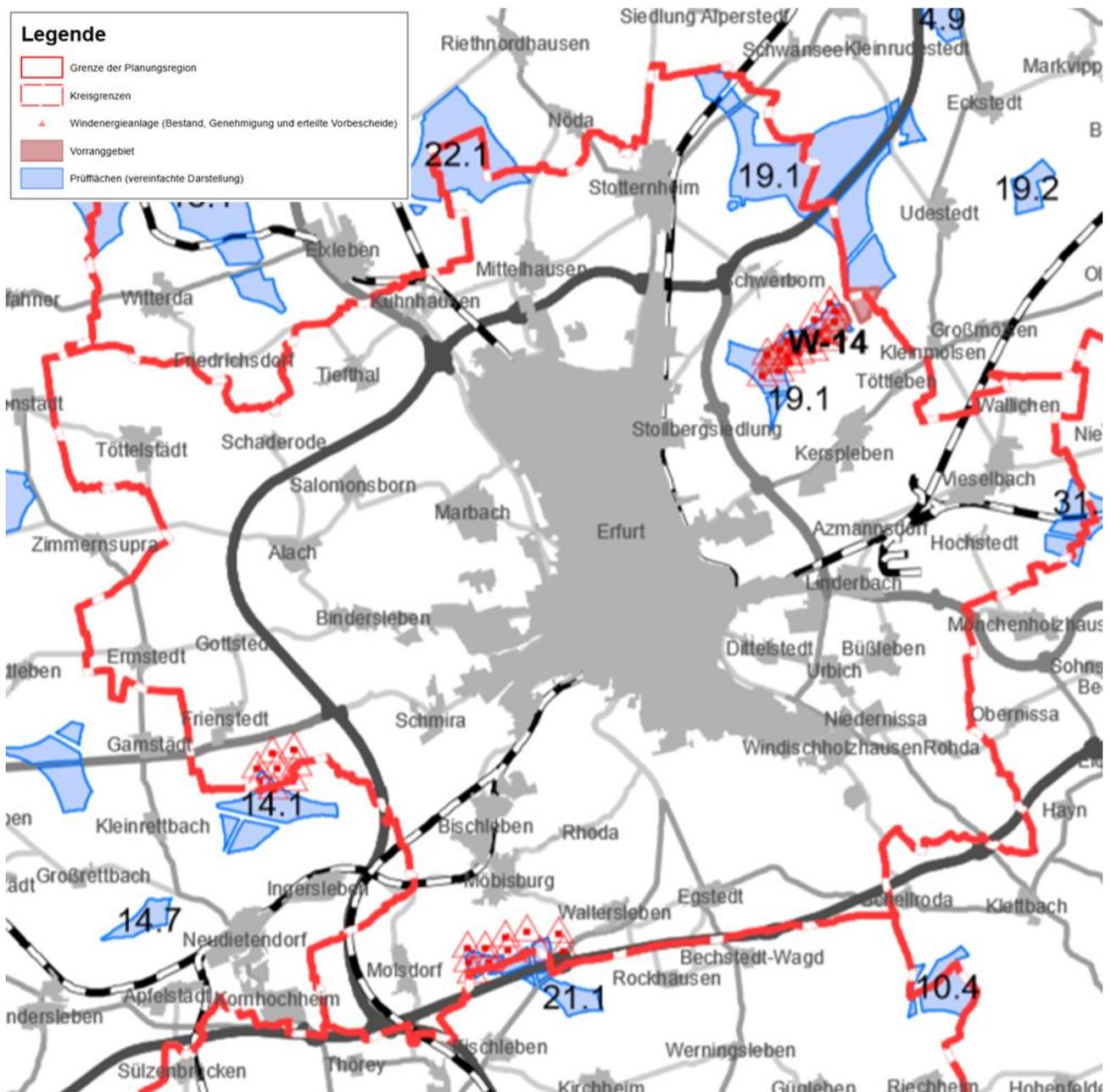


Abbildung 42: Gebietskulisse der Prüfflächen und Vorranggebiete Windenergie (Anlage 3) (85)

Erfurt als Oberzentrum mit einer hohen Bevölkerungsdichte wird mit einem Gebiet mit geringem ausgeprägtem Verdichtungsraum umgeben. Das heißt im Stadtkern ist die Nutzung von Windenergieanlagen folglich ausgeschlossen.

Derzeit können durch die Windenergie-Standorte in Kerspleben, Möbisburg, Friestedt, ca. 150 GWh/a Elektroenergie erzeugt werden. Erfurt-Möbisburg und Erfurt-Friestedt liegen nun außerhalb der bestehenden Windvorranggebiete. Der Windpark Katzenberg am Standort Kerspleben besteht aus 14 Windrädern (Baujahr 2004, Vestas V52-850 kW) mit einer Gesamtleistung von 11,9 MW. Der Windpark Möbisburg hat einen Leistungsumfang von 22 MW, der sich auf elf Windräder aufteilt. Die Windkraftanlagen wurden 2006 installiert (Enercon E-70). Die Windkraftanlagen vom Typ Enercon E-53 am Standort Friestedt wurden 2014 mit einer Gesamtleistung von 6,4 MW, aufgeteilt auf acht Anlagen, in Betrieb genommen. (86)

Die daraus resultierende Einsparung beträgt, verglichen mit dem Strommix der Stadtwerke Erfurt (SWE) von 330 g CO₂/kWh, 50.000 t CO₂/a. Sollten die weiteren Präferenzflächen des Energiekonzeptes 1 für die Windenergie genutzt und bestehende Anlagen durch Repowering aufgestockt werden, könnten weitere 177 GWh/a Elektroenergie erzeugt werden. Die daraus resultierende Einsparung würde 58.000 t CO₂/a betragen.

Das Gesamtpotenzial für die Elektroenergieerzeugung durch Windkraft beträgt somit derzeit 248 GWh/a, und es können ca. 82.000 t CO₂/a eingespart werden.

5.2.1.3 Biomasse / Biogas

Für das Stadtgebiet existiert eine Studie der Fachhochschule Erfurt, in der das Potenzial für Biomassenutzung untersucht wurde (87). Im zugehörigen Bericht wurde festgestellt, dass durch die Nutzung halmgutartiger und holzartiger Biomasse insgesamt etwa 207.353 MWh jährlich zur Verfügung stünden. Diese Energiemenge bezieht sich auf den unteren Heizwert der frischen Biomasse. Diese Biomasse kann dann unter Berücksichtigung von Umwandlungsverlusten sowie den Trocknungsaufwand (abhängig von der Konversionsmethode) sowohl für die Gewinnung von Wärme als auch Strom verwendet werden, sofern entsprechende Anlagen in der Stadt Erfurt errichtet werden. Ein Teil der Biomasse kann in die bereits vorhandene Trockenfermentation der Deponie Schwerborn zur Biogasgewinnung (optional in das Gasnetz oder Stromgewinnung) eingespeist werden. Nach Abzug der Umwandlungsverluste können aus dieser Biomasse schätzungsweise etwa 150.000-180.000 MWh (je nach Nutzung) Endenergie gewonnen werden. Das entspricht etwa 4-5% des Endenergieverbrauchs für Wärme und Strom der Stadt Erfurt im Bilanzjahr 2018.

Für die Biomasse sind laut Umweltbundesamt (88) je nach Umwandlungstechnologie die in Tabelle 4 aufgelisteten Äquivalenzfaktoren zu nutzen.

Tabelle 4: CO₂-Äquivalenzfaktoren (Stromsektor) für die Nutzung fester Biomasse (88)

Nutzung	Äquivalenzfaktor
Wald-Restholz - Dampfturbine-Entnahmekondensationsmaschine	24,4 g/kWh
Wald-Restholz - Organic Rankine Cycle	56,3 g/kWh
Biogas (Abfall, Reststoff) Verbrennungsmotor BHKW	112,0 g/kWh
Biomethan (Abfall, Reststoff)	146,6 g/kWh

Am realistischsten ist die Nutzung des Großteils der festen Biomasse im Wärmesektor bzw. in einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage zur kombinierten Gewinnung von Wärme und Strom. Im Jahr 2018 wurden durch das GuD-Kraftwerk (erdgasbetrieben) etwa 504.121 MWh Strom und 682.814 MWh Fernwärme (abzgl. Verluste 600.123 MWh Endenergie) bereitgestellt. Die Biomasse der Stadt Erfurt reicht allein nicht aus, das Kraftwerk zu befeuern. Selbst wenn also die komplette Biomasse, die laut Studie potenziell in Erfurt anfällt, in einem Hackschnitzelkraftwerk ähnlicher Kapazität als Ersatztechnologie verwendet wird, können nur etwa 15 % des Brennstoffbedarfes des Kraftwerks aus stadt eigenen Ressourcen (inklusive einer Kurzumschlagsanlage) gedeckelt werden. Die weitere Biomasse müsste aus dem Umland erworben werden.

Wird beispielsweise das GuD-Kraftwerk (Äquivalenzfaktor aktuell: 198,6 g/kWh) zu einem grünen Heizkraftwerk umgerüstet, das mit Waldrestholz sowie anderen in Erfurt verfügbaren oder aus dem Umfeld beschafften Brennstoffen betrieben wird (angenommener Äquivalenzfaktor: 29,5 g/kWh (88)), lassen sich ca. 239.068,3 t CO₂ vermeiden. Das entspricht etwa 16 % der Gesamtemissionen der Stadt Erfurt im Jahr 2018 und sogar 22 % der Emissionen aus der Strom- und Wärmebereitstellung (ohne Verkehr).

Im Bilanzjahr 2018 wurden in der Stadt Erfurt (unter Verwaltung der SWE Netz GmbH) aus Biomasseanlagen etwa 12.523 MWh Strom (77) in 29 Anlagen gewonnen. Das entspricht etwa 1,5 % des gesamten Stromverbrauches in der Stadt Erfurt. Weitere knapp 0,2 % werden aus der Deponiegasnutzung gedeckt. Wird das Kraftwerk 1:1 von Erdgas auf Biomasse umgestellt, können mehr als 60 % des Stromverbrauches aus Biomasse bereitgestellt werden.

Die Errichtung weiterer kleiner Biogasanlagen in Landwirtschaftsbetrieben, die innerhalb der Stadtgrenzen zur Verwertung von Energiepflanzen genutzt werden, ist denkbar, aber auch zukünftig nur in kleinem Maße wahrscheinlich, da aufgrund der urbanen Umgebung eine Flächenknappheit und damit einhergehend eine Flächenkonkurrenz zu erwarten ist. Es wird angenommen, dass die Anlagenzahl im besten Falle verdoppelt, bzw. die Kapazität der Anlagen erhöht werden kann. Aus der Biogasnutzung können bis 2050 im besten Fall etwa 5-10 % des Stromverbrauches gedeckt werden.

5.2.2 Fernwärme

Die Stadtwerke Erfurt betreiben mit dem Kraftwerk Erfurt Ost eine moderne, erdgasbetriebene GuD-Anlage (Gas- und Dampfturbine) aus dem Jahr 1999, die in Kraft-Wärme-Kopplung für die Stadt Erfurt Fernwärme und Strom bereitstellt. (38) Bereits seit 1956 wurde mit dem Aufbau des Fernwärmenetzes begonnen.

Die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung sowie des bestehenden Fernwärmenetzes wird auch in Zukunft fester Bestandteil der Erfurter Energieversorgung bleiben. Gemäß der Erfurter Nachhaltigkeitsstrategie (45) verfolgt die Stadt Erfurt das strategische Ziel, die Energiebereitstellung für Wärme, Strom und Mobilität bis 2040 weitestgehend aus Hocheffizienz-KWK und regenerativen Quellen zu gewährleisten. Dabei gelten die folgenden operativen Ziele:

„Operatives Ziel 2.1: Bis zum Jahr 2022 erfolgt die Modernisierung der GuD-Anlage (Hocheffizienz-KWK) als Brückentechnologie und als Bestandteil einer zukünftigen postfossilen Energieerzeugung.

Operatives Ziel 2.2: Das Fernwärmenetz wird als Plattform für die Integration der Wärme aus erneuerbaren Energien und die Sektorenkopplung angepasst. Dazu ist bis zum Jahr 2020 eine Strategie und Umsetzungsplanung zu entwickeln.“ (45)

Das bedeutet, dass sich die Stadt Erfurt zum Ziel gestellt hat, das Heizkraftwerk auf erneuerbare Energieträger umzustellen. Dabei kommt vor allem Biomasse in Frage, wie bereits weiter oben in 5.2.1.3 beschrieben. Aus der Umstellung der Fernwärme auf erneuerbare Energien können ungefähr 10 % der Gesamtemissionen eingespart werden (ohne Berücksichtigung der Vermeidung aus Strom, dabei werden weitere knapp 7% eingespart).

Gemäß der Netzdaten der SWE Netz GmbH (37) weist das Fernwärmenetz durchschnittlich 17 % Netzverluste (aus der Differenz zwischen Bereitstellung und Verbrauch der Endkunden) auf. Durch Modernisierung des Netzes lassen sich diese Verluste minimieren, aber nie vollständig vermeiden. Insofern muss in einem Planungsprozess der Nutzen einer Modernisierung den Kosten gegenübergestellt werden.

Moderne, neu zu errichtende Fernwärmenetze werden bevorzugt als Niedertemperaturnetze geplant, die Vorlauftemperaturen deutlich unter 60° C aufweisen. Allerdings muss dabei bei den Abnehmern auf eine entsprechende Übergabetechnologie umgestellt werden (Wärmepumpen). Dieses Vorgehen ist bei bestehenden Netzen schwierig, zumal die Leitungsdurchmesser des Netzes sowie die Pumpentechnologie verändert werden müssen. Gegebenenfalls bietet sich diese Technologie der „kalten Netze“ in neuen Bereichen an, die den Rücklauf des alten Netzes nutzen können. Eine tatsächliche Potenzialabschätzung hieraus ist aus aktueller Sicht nicht möglich.

5.2.3 Liegenschaften der Stadt Erfurt

Um die eigenen Liegenschaften der Landeshauptstadt Erfurt zu bewerten, wird zunächst übergeordnet der Blick auf die Liegenschaften des Landes Thüringen gerichtet. Die Landesregierung in Thüringen hat sich in der Integrierten Energie- und Klimaschutzstrategie aus dem Jahr 2018 (siehe Kapitel 3.4.3) unter anderem zum Ziel gesetzt, die unmittelbare Landesregierung, worin auch die eigenen Liegenschaften inbegriffen sind, zur Klimaneutralität bis 2030 zu entwickeln. Das bedeutet eine massiven Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen und damit verbunden neben einem hohen Sanierungsaufwand, Umrüstung der Technik, dem eigenen Einsatz von regenerativen Energien auf den vorhandenen Flächen, auch Anpassung an den Klimawandel. Weiterhin trägt die Umstellung der Energielieferverträge hin zu Ökostrom- oder Ökogasprodukten aus regenerativen Energiequellen dazu bei.

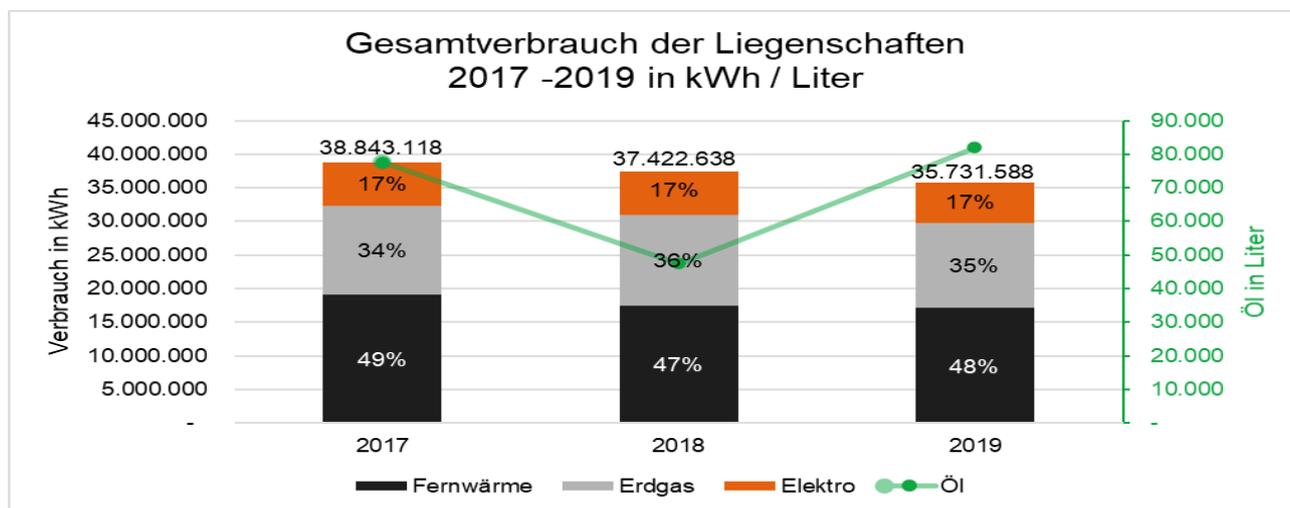
Die Liegenschaften der Landesregierung Thüringen befinden sich zwar innerhalb der Stadtgrenzen der Landeshauptstadt Erfurt und damit im Bilanzierungsgebiet, aber nicht im direkten Einflussbereich der Kommunalverwaltung und deren zugeordneten Ämtern. Gezielte Maßnahmen an den Liegenschaften des Landes können allerdings ebenso exemplarisch auf die Liegenschaften der Stadt übertragen werden und andersherum. Im Gegensatz zu den Liegenschaften des Landes Thüringen innerhalb der Stadtgrenzen hat die Landeshauptstadt Erfurt durch den Betrieb der eigenen Liegenschaften direkten Einfluss auf die Energie- und CO₂-Bilanz der Stadt.

In der Nachhaltigkeitsstrategie werden hier ebenso ambitionierte eigene Ziele der Landeshauptstadt gesetzt, wonach bis 2025 die Energieeffizienz der Verwaltungsgebäude der Stadtverwaltung um 50 % steigen soll (siehe strategisches Ziel im Themenfeld Klima und Energie). (45) Die Liegenschaften befinden sich im Verantwortungsbereich der Landeshauptstadt und können direkt beeinflusst werden. Im Rahmen der Evaluierung wurden die Liegenschaften der Landeshauptstadt Erfurt untersucht. Von der Stadtverwaltung (Energie, Maschinen- und Anlagenmanagement) wurden dazu die absoluten Verbräuche der städtischen Gebäude zur Verfügung gestellt. Diese werden nachfolgend ausgewertet. Ausgewählte öffentlichen Liegenschaften wurden begangen und analysiert. Diese wurden exemplarisch ausgewählt:

- Verwaltungsgebäude in der Reichartstraße 8
- Grundschule 7 - Moritzschule
- Umwelt- und Naturschutzamt
- Regelschule 3, Kolpingschule
- Kita 19 "Am Aquarium"

Zu diesen Gebäuden wurden eine energetische Ist-Standsanalysen und konkrete Maßnahmen entwickelt. Zusätzlich wurden Thermografien (Wärmebilder) im März 2020 erstellt und bewertet.

Hier soll im Folgenden eine Gesamtauswertung der Liegenschaften nach Gruppen erfolgen. Ein Benchmarkvergleich hinsichtlich der Gebäudeflächen konnten im Rahmen der Evaluierung nicht bewertet werden. Es konnten keine Flächen der Objekte übermittelt werden. Nachfolgend wird die Auswertung der



Energieverbräuche bezogen auf absolute tatsächliche Verbräuche vorgenommen.

Abbildung 43: Entwicklung des Gesamtverbrauchs 2017-2019 der Liegenschaften der Stadt Erfurt

Die Entwicklung des Gesamtverbrauchs der Liegenschaften in den Jahren 2017 – 2019 in Abbildung 43 zeigt, dass der Gesamtenergieverbrauch bezogen auf Fernwärme, Erdgas und Elektro jährlich konstant um 4-5 % abgenommen hat, wohingegen der Ölverbrauch bei einem deutlich niedrigerem Literverbrauch im Jahr 2018 wieder stark zunahm.

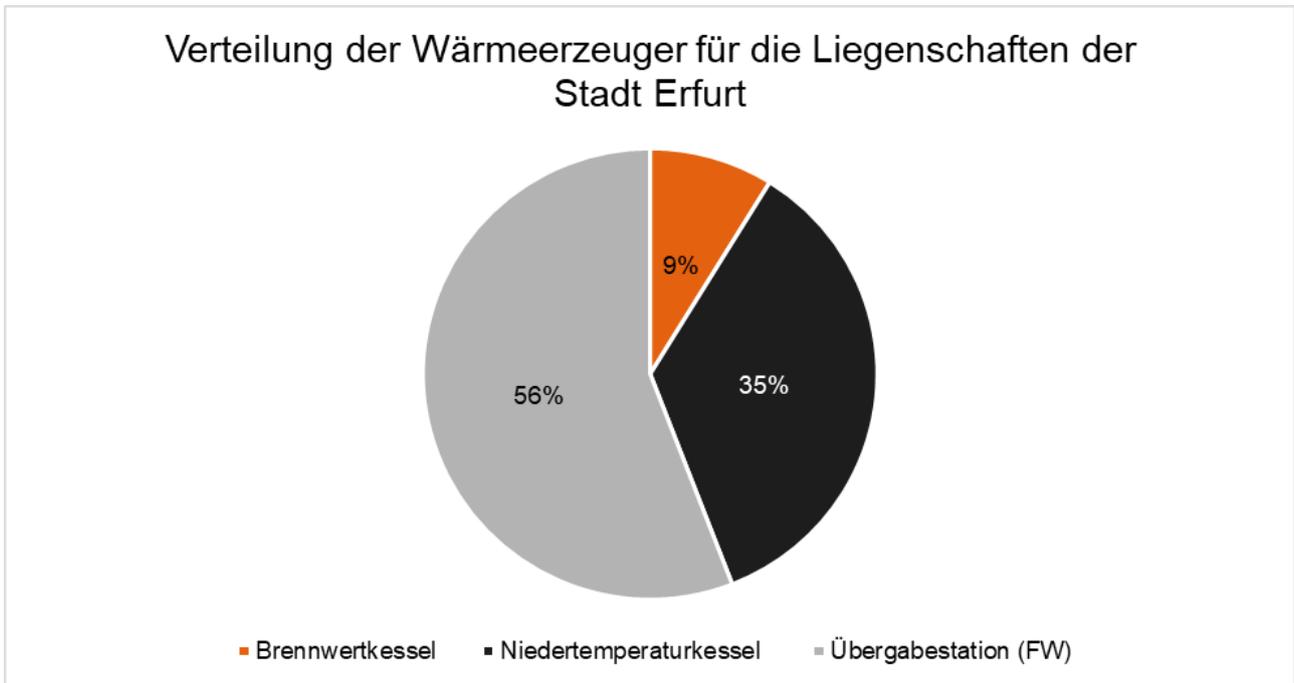


Abbildung 44: Verteilung der Wärmeerzeuger der Liegenschaften der Stadt Erfurt

In Abbildung 44 ist die Verteilung der Wärmeerzeuger in den Objekten dargestellt. Hier wird deutlich, dass die Mehrzahl (56 %) durch Fernwärme versorgt wird, ein kleinerer Teil mit Niedertemperaturkesseln und der geringste Anteil mit Brennwertkessel, die eine deutlich höhere Effizienz als die Niedertemperaturkessel haben. Bei beiden Kesselarten wird nicht zwischen Erdgas- und Heizöl unterschieden.

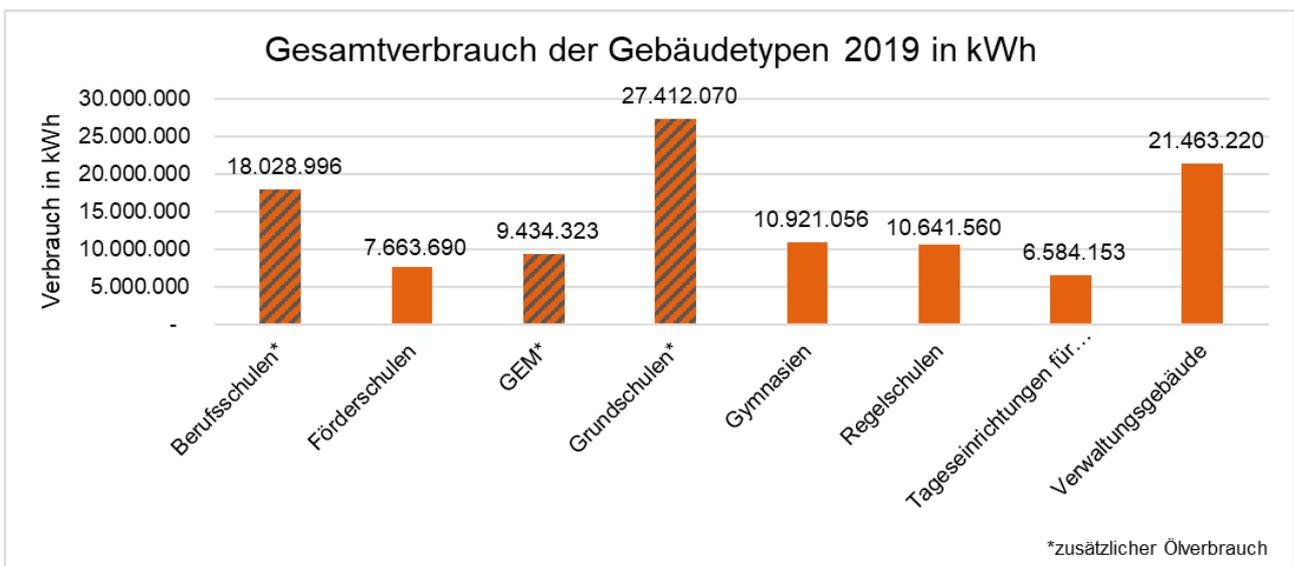


Abbildung 45: Gesamtverbrauch der Gebäudetypen in kWh – 2019

Weiterhin wurde der Gesamtenergieverbrauch der einzelnen Gebäudetypen nach Berufs-, Förder-, Grund-, Regelschulen und Gymnasien sowie Kitas und Verwaltungsgebäuden untersucht, wie in Abbildung 45 zu sehen ist. Demnach sind Grundschulen mit etwa 27,4 Mio. kWh die größten Verbraucher, gefolgt von Verwaltungsgebäuden (21,4 Mio. kWh) und Berufsschulen (18 Mio. kWh). Diese drei größten Verbrauchsstellen umfassen mit ca. 67 Mio. kWh über 60% des Gesamtverbrauches der Liegenschaften.

Zusätzlich wird in Berufs-, Gemeinschafts-, und Grundschulen zusätzlich Öl verbraucht. Abbildung 46 zeigt hierzu weitere Details bezogen auf den Heizölverbrauch.

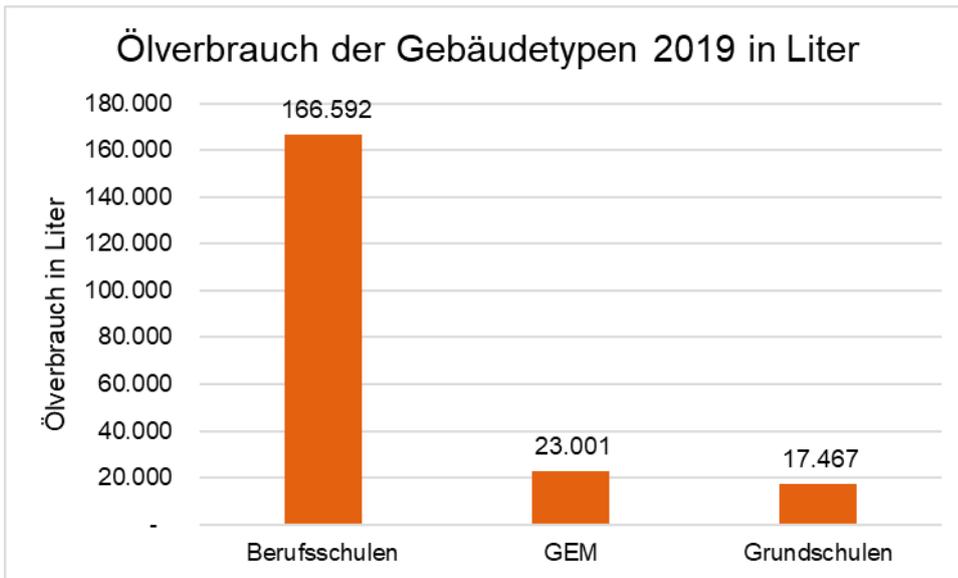


Abbildung 46: Ölverbrauch der Gebäudetypen 2019 in Liter

Der Ölverbrauch in Grundschulen, Berufsschulen und Gemeinschaftsschulen wird in Abbildung 46 gezeigt. Hierbei wird schnell ersichtlich, dass Berufsschulen mit Abstand den größten Anteil am Öl Bezug haben. 2019 wurden dort 166.592 Liter verbraucht. Gemeinschafts- und Grundschulen verbrauchen nur einen Bruchteil dessen.

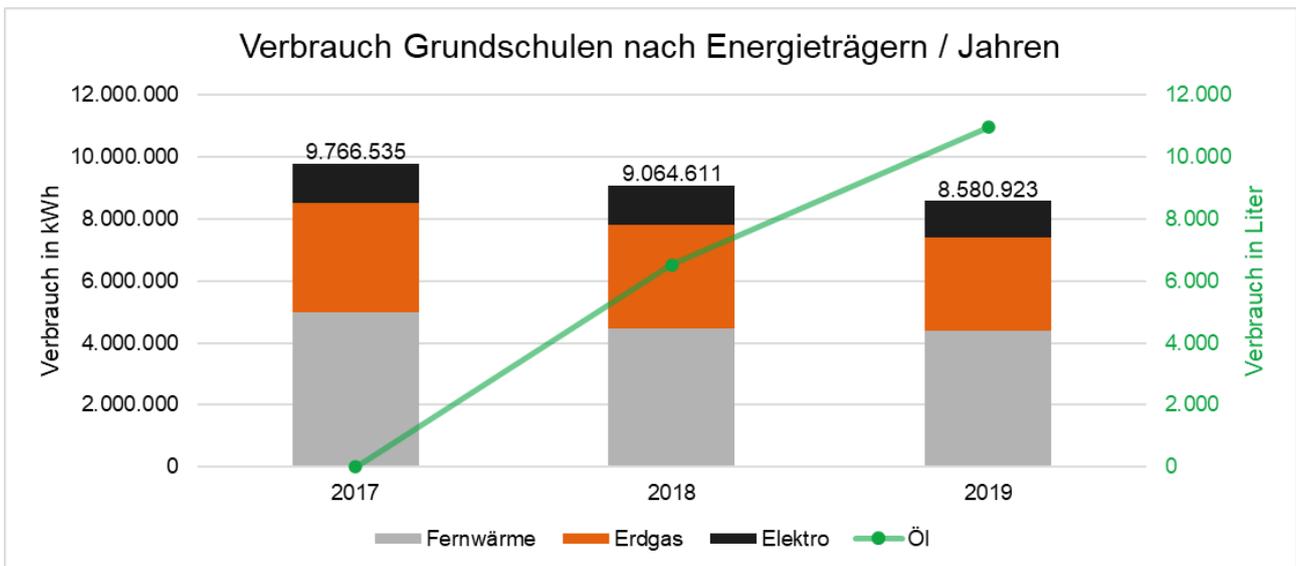


Abbildung 47: Verbrauch der Grundschulen 2017 - 2019 nach Energieträgern

Abbildung 47 zeigt den Energieverbrauch von Grundschulen im Detail über die Jahre 2017 bis 2019. Aufgeteilt ist die Betrachtung in die Energieträger Fernwärme, Erdgas und elektrischer Energie mit Angaben in Kilowattstunden. Ebenso wird der Ölverbrauch in Litern angezeigt. Man kann im Bereich der leitungsgebundenen Energieträger insgesamt einen leicht sinkenden Trend feststellen. Wurden 2017 noch insgesamt etwa 9,76 Mio. kWh verbraucht, waren es 2019 ca. 8,58 Mio. kWh. Der größte Anteil mit etwa der Hälfte des Energieverbrauches erfolgt durch die Fernwärme. Erdgas deckt gut ein Drittel ab. Strom hat insgesamt den kleinsten Anteil. Der Ölverbrauch ist stark steigend. Wurde 2017 kein Öl in Grundschulen verbraucht, lag der Bezug 2019 bei über 10.000 Litern.

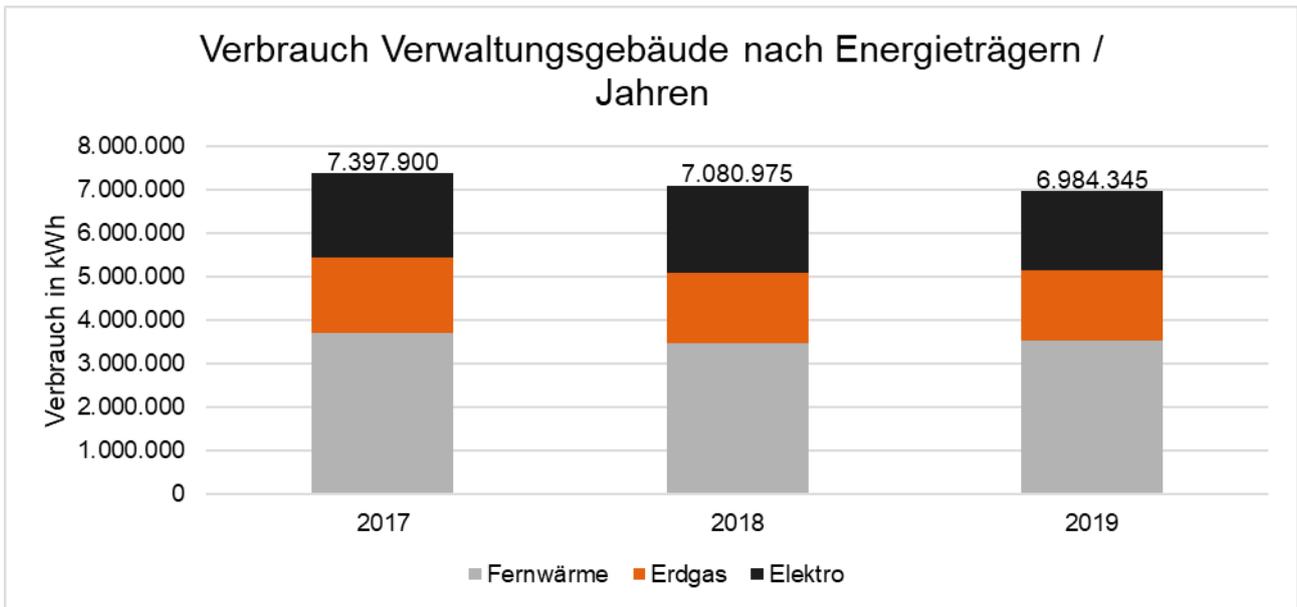


Abbildung 48: Verbrauch der Verwaltungsgebäude 2017 - 2019 nach Energieträgern

Der Energieverbrauch von Verwaltungsgebäuden, der in Abbildung 48 dargestellt ist, zeigt ein ähnliches Bild wie die Grundschulen. Insgesamt gibt es eine leicht sinkende Tendenz von 7,4 Mio. kWh im Jahr 2017 zu etwa 7 Mio. kWh im Jahr 2019. Während Fernwärme etwa die Hälfte des Energiebedarfs abdeckt, werden durch Erdgas und elektrischer Energie etwa jeweils ein Viertel der benötigten Energie bereitgestellt.

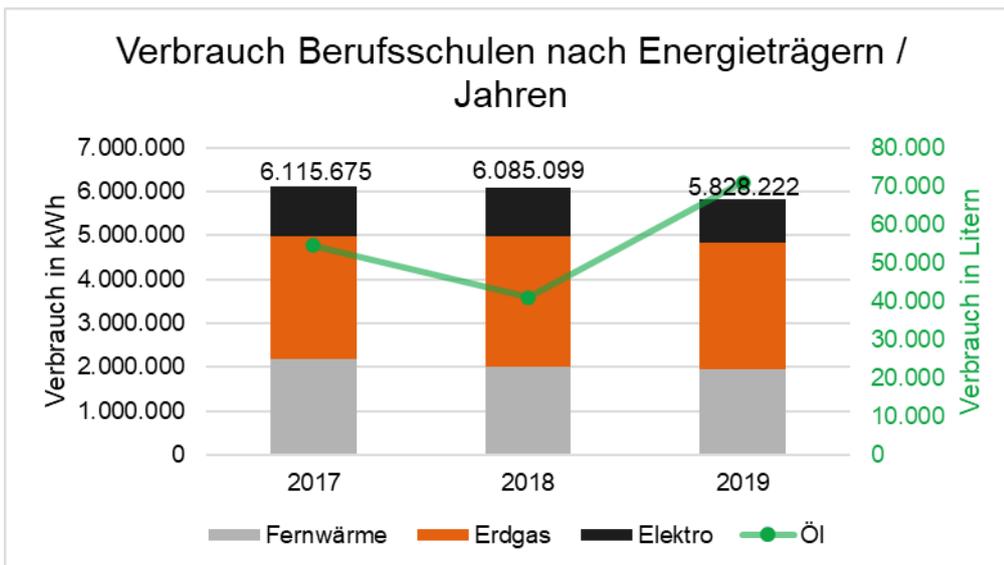


Abbildung 49: Verbrauch der Berufsschulen 2017 - 2019 nach Energieträgern

Auch Berufsschulen zeigen in Abbildung 49 eine fallende Tendenz beim leitungsgebundenen Energieverbrauch. Es fällt auf, dass hier weniger Fernwärme, dafür mehr Erdgas verwendet wird. Zusätzlicher Ölverbrauch ist im Jahr 2018 im Vergleich zu 2017 gesunken, dann aber im Jahr 2019 wieder stark angestiegen.

Nach der detaillierten Auswertung der Energieverbräuche nach Gebäudekategorien wurden die CO₂-Emissionen bezogen auf die eigenen Liegenschaften berechnet. Dazu wurden die Gesamtverbräuche von 2017 und 2018 mit den jeweiligen CO₂-Äquivalenten der eingesetzten Energieträger hochgerechnet. Die CO₂-Äquivalente entsprechen denen der Energieträger aus der Energie- und CO₂-Bilanz (siehe Kapitel 4.1.2)

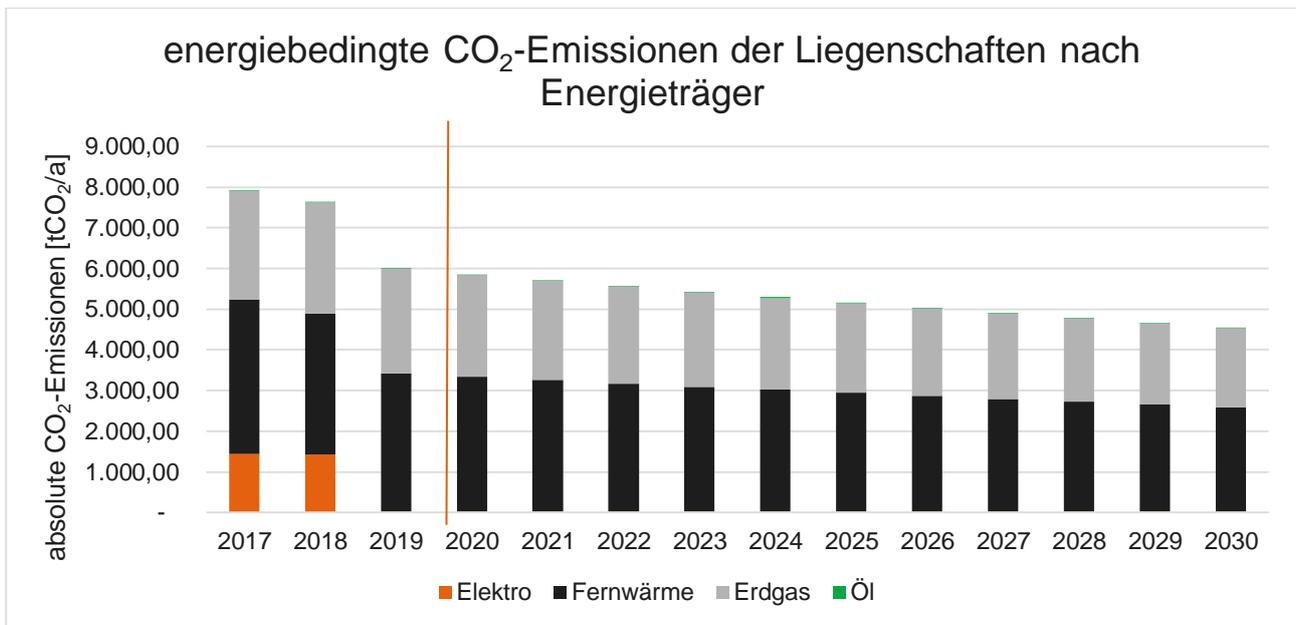


Abbildung 50: Absolute CO₂-Emissionen aller Liegenschaften von 2017 – 2019 mit Prognose 2030

Die Abbildung 50 zeigt die energiebedingten CO₂-Emissionen der Liegenschaften als tatsächlichen Wert, berechnet aus den übermittelten Energieverbräuchen. Ab 2020 wurde eine Prognose der CO₂-Emissionen aufgestellt. Die CO₂-Emissionen sind im Vergleich der Jahre 2017 bis 2019 um durchschnittlich 3,5 % gesunken und liegen damit sogar leicht über der angestrebten Reduzierung von 2,5 % pro Jahr bezogen auf die Sanierungsrate. Im Jahr 2018 betragen somit die CO₂-Emissionen aus dem Energieverbrauch der Liegenschaften ca. 7.600 t CO₂. Betrachtet man diese Reduktionsquote bis 2030, ergibt sich eine Reduktion von 2018 bis 2030 um ca. 34,6 % bezogen auf die energiebedingten Gesamtemissionen der eigenen Liegenschaften. In dem Diagramm ist deutlich die Reduzierung der CO₂-Emissionen bezogen auf den Stromverbrauch zu erkennen. Seit 2019 werden die eigenen Liegenschaften der Stadtverwaltung, die KOWO GmbH und die EVAG durch die SWE Erneuerbare Energien GmbH komplett mit Ökostrom versorgt. Das CO₂-Äquivalent wurde als Mix aus erneuerbaren Energieträgern 5 g/kWh geschätzt. Im Jahr 2019 betragen somit die absoluten CO₂-Emissionen der Liegenschaften auf den Strom bezogen 29,7 t CO₂ statt 1.400 t CO₂ bezogen auf den herkömmlichen deutschen Strommix. Insgesamt auf alle Energieträger wurde somit eine Reduzierung von 21,3 % von 2018 auf 2019 erzielt.

Betrachtet man eine Sanierungsrate von nur 2,5 %, wie in dem Klimaschutzszenario angesetzt, würde die Reduktion folglich deutlich geringer ausfallen. Mit dieser Sanierungsrate würde bis 2030 eine Reduktion der CO₂-Emissionen um nur 37,8 % erzielt werden, d.h. von 7.600 t CO₂ auf 4.550 t CO₂. Da die Sanierungen allerdings nicht der einzige Ansatz sind, um die Zielmarke der CO₂-Neutralität in der Verwaltung zu erzielen, müssen hier zusätzliche Maßnahmen, wie der Einsatz von erneuerbaren Energien und weitere Sanierungsoptionen, geprüft werden.

Die Klimaneutralität wird mit einer Reduzierung der CO₂-Emissionen um 80 – 95 % definiert. Das bedeutet hochgerechnet auf die absoluten CO₂-Emissionen bezogen auf das Jahr 2018 CO₂-Emissionen von 280 t CO₂ bis 1.440 t CO₂/a. Bezogen auf die Reduktionsquote von 3,5 % müssten so noch weitere zusätzlich 3.550 t CO₂/a reduziert werden. Allerdings wird diese Zielmarke hier im Szenario deutlich strenger bewertet, da sich die Reduktion sonst auf das Jahr 2050 bezieht und hier vorgezogen für das Jahr 2030 angenommen wurden. Damit ist diese Zielbetrachtung sehr ambitioniert bewertet.

Eine einschlägige Möglichkeit, die CO₂-Emissionen drastisch zu reduzieren, ist die Strombereitstellung auf komplett Ökostromprodukte (ohne KWK) mit CO₂-Emissionen von nahezu 0 g/kWh, wie dies bereits erfolgt ist. Damit können pro Jahr ca. 1.400 t CO₂/a bezogen auf das Jahr 2018 aller Liegenschaften eingespart werden. Würde man die Erdgasbereitstellung auf grüne Erdgasverträge umstellen, würden auch hier Einsparungen von 2.560 t CO₂-Emissionen erreicht werden.

Der große Anteil der Wärmebereitstellung muss zur Zielerreichung ebenfalls klimaneutraler ausgerichtet werden. Auch hier muss der Einsatz von regenerativen Energieformen, die ergänzend zu der bestehenden Wärmeerzeugung und der Fernwärmeversorgung eingesetzt werden können, geprüft werden. Im Rahmen des neuen Gebäudeenergiegesetzes auf Basis des ehemaligen Erneuerbare Energien Wärmegesetzes

(EEWärmeG) kommt den öffentlichen Gebäuden eine sogenannte Vorbildfunktion zu, wonach erneuerbare Energien nicht nur im Neubau, sondern auch im Sanierungsfall eingesetzt werden müssen.

Konsequente Energieeffizienz- und Sanierungsmaßnahmen, der Einsatz erneuerbarer Energien und die Etablierung eines Energiemanagements sind unabdingbar, um die angestrebte Klimaneutralität und Steigerung der Energieeffizienz zu erreichen, Energieeinsparungen monitoren und Abweichung von der Zielgerade direkt feststellen zu können.

5.2.4 Wasserstoff

Wasserstoff ist ein Energieträgermedium, welches für diverse Energieanwendungen und in der Sektorenkopplung eingesetzt werden kann, darunter Energiespeicherung, Brennstoff für Industrieanwendungen oder auch als Kraftstoff für den Mobilitätssektor. Wasserstoff als Brennstoff in sogenannten Brennstoffzellen kann aus verschiedenen Energiequellen gewonnen werden. Im Rahmen des Klimaschutzes wird hier besonders auf den „grünen“ Wasserstoff Bezug genommen. Die nationale Wasserstoffstrategie definiert grünen Wasserstoff wie folgt: „Grüner Wasserstoff wird durch Elektrolyse von Wasser hergestellt, wobei für die Elektrolyse ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien zum Einsatz kommt. Unabhängig von der gewählten Elektrolysetechnologie erfolgt die Produktion von Wasserstoff CO₂-frei, da der eingesetzte Strom zu 100 Prozent aus erneuerbaren Quellen stammt und damit CO₂-frei ist.“ (89) Grundsätzlich wird in der Nationalen Wasserstoffstrategie anhand von 38 konkreten Maßnahmen beschrieben, wie künftige Erzeugung, Transport, Nutzung und Weiterverwendung von Wasserstoff funktionieren kann, um langfristig die CO₂-Emissionen zu reduzieren.

Im Juni 2020 wurde die Nationale Wasserstoffstrategie veröffentlicht. Diese beschreibt ein hohes Potenzial von Wasserstoff in verschiedenen Anwendungen, um damit langfristig den Verkehrssektor sowie die Industrie zu Dekarbonisierung.

Wasserstoff in Thüringen (90)

Wasserstoff wird ein wichtiger Baustein in der voranschreitenden Energie- und Mobilitätswende in Thüringen. Der Bericht zur Wasserstoffnutzung in Thüringen gibt Einblick in die aktuelle Thüringer Wasserstoffwirtschaft und zeigt zukünftige Potenziale und Handlungsoptionen auf. Um Thüringen an der zukünftigen Wasserstoffentwicklung teilhaben zu lassen und Industriestandorte aufzubauen, wird empfohlen, zunächst geeignete Rahmenbedingungen dafür zu schaffen. Gleichzeitig soll der Ausbau der entsprechenden Infrastruktur gefördert werden. Initiale Projekte sollen neben weiteren strategischen Maßnahmen einen An Schub für die Marktentwicklung geben.

Erfurt als Landeshauptstadt kommt hier eine entscheidende Rolle zu. Das Potenzial an erneuerbaren Energien zum Bereitstellen von grünem Wasserstoff muss geprüft und bewertet werden. Eine entsprechende Untersuchung wird daher zukünftig eine entscheidende Rolle spielen und in einer späteren Fortführung der Klimaschutzmaßnahmen berücksichtigt. Auch in Erfurt kann (grüner) Wasserstoff als Energieträger zur Dekarbonisierung entsprechend beitragen. Die benötigte Infrastruktur zum Import von Wasserstoff durch die Umstellung des vorhandenen Erdgasnetzes und neuer Infrastruktursysteme stehen daher in Zukunft an. Auch erste Wasserstofftankstellen in der Landeshauptstadt Erfurt, z.B. Urbicher Kreuz im Südosten, sind geplant.

6 MASSNAHMENKATALOG

6.1 Vorhandener Maßnahmenkatalog

Für die Landeshauptstadt Erfurt wurde der vorhandene Maßnahmenkatalog aus dem Handlungskonzept Klimaschutz 2012 evaluiert. Der Stadt hatte bereits erste Maßnahmen im Teilbereich "Verkehr und Mobilität" im Rahmen einer Zwischenbilanz hinsichtlich der Zielerreichung bewertet. Innerhalb dieser vorliegenden Evaluierung wurde eine umfassende Bewertung aller Maßnahmen hinsichtlich der Zielerreichung vorgenommen. Zunächst wurden die vorhandenen Maßnahmen der folgenden Bereiche analysiert:

- Erfurt erfahren - Verkehr und Mobilität (MV): 17 Maßnahmen
- Erfurt erneuerbar – Energieversorgung (EV): 15 Maßnahmen
- Erfurt effizient – Energieeffizienz (EE): 11 Maßnahmen
- Treibhausgas-Bilanzierung und Vermeidung (TG): 4 Maßnahmen
- Bindung von Kohlendioxid und Kompensation (KK): 2 Maßnahmen
- Anpassung an den Klimawandel (AA): 1 Maßnahme
- Organisation und Management (OM): 7 Maßnahmen

Jede Maßnahme wurde strukturiert erfasst, um die Durchführung zu erleichtern und Messbarkeit und Überprüfbarkeit herzustellen. Die Maßnahmenübersicht enthält daher für jede einzelne Maßnahme mindestens folgende Angaben:

- Zielgruppe
- Art der Maßnahme, z.B. Planung, Information, Dienstleistung oder Anreize
- Ziel
- Maßnahmen/Planung
- Indikator
- Akteur

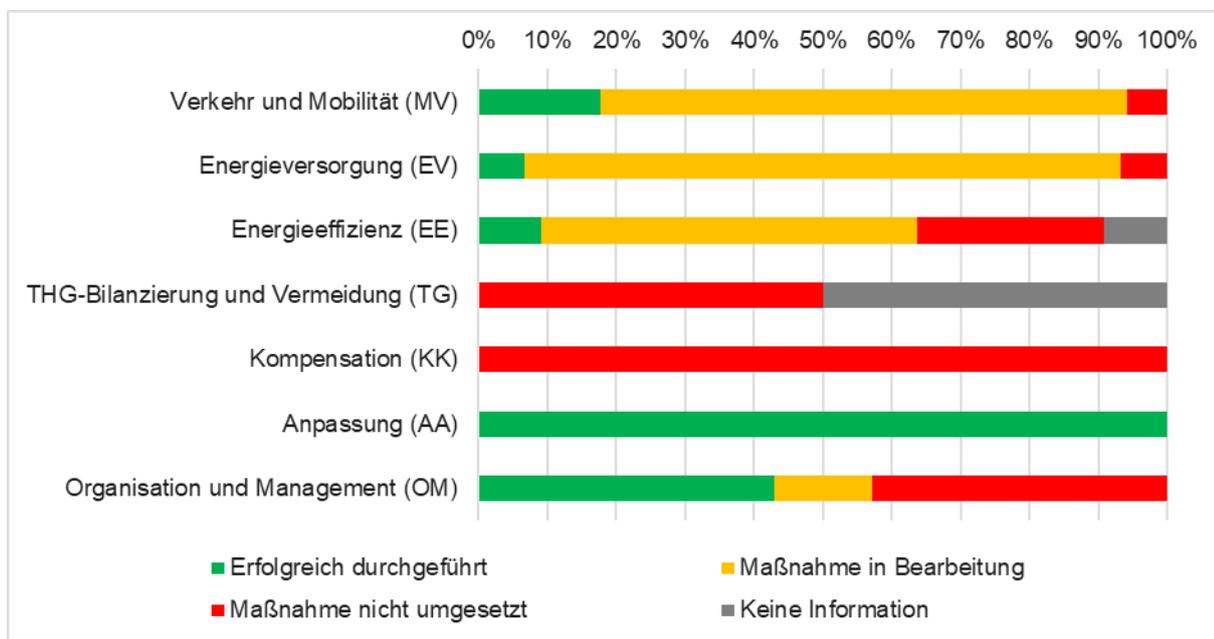


Abbildung 51: Auswertung der Maßnahmen zum Handlungskonzept Klimaschutz 2012

Zur Datenerhebung wurde eine Abfrage über die Durchführung der Maßnahmen an die beteiligten Akteure versendet. Da nicht zu allen Punkten aktuelle Informationen verfügbar waren, wurde zusätzlich eine eigene Recherche über online verfügbare Inhalte durchgeführt. Hierzu wurde maßgeblich auf die Internetseiten der Landeshauptstadt Erfurt und weiterer Akteure zurückgegriffen.

Abbildung 51 zeigt die Auswertung der untersuchten Maßnahmen. Hierzu wurden die Kategorien „Maßnahme erfolgreich durchgeführt“ (grün), „Maßnahme in Bearbeitung“ (gelb), „Maßnahme nicht umgesetzt“ (rot) und „Keine Information“ (grau) verwendet. Die Balken zeigen die relative Verteilung der

Kategorien innerhalb eines Bereichs. Das heißt, es wird der Fortschritt für jeden Bereich gemessen. Die unterschiedliche Anzahl der vorhandenen Maßnahmen pro Bereich ist hier nicht zu erkennen und wurde zunächst nicht bewertet.

Zur Bewertung einer Maßnahme in der Kategorie „Erfolgreich durchgeführt“ musste die jeweilige Maßnahme als vollständig oder nahezu vollständig durchgeführt zurückgemeldet oder recherchiert worden sein. Als Maßnahmen „in Bearbeitung“ wurden diejenigen kategorisiert, bei denen es einen Arbeitsstand gibt oder einzelne Unterpunkte der Maßnahme durchgeführt wurden, es jedoch noch keinen Abschluss gab. „Maßnahme nicht umgesetzt“ bedeutet, dass eine Maßnahme nicht bearbeitet wurde und keinen weiteren Fortschritt gibt. Für insgesamt drei Maßnahmen der Kategorie „Keine Information“ konnten weder aus der Stadtverwaltung noch aus der Online-Recherche ein aktueller Stand zur Umsetzung erhalten werden.

Nachfolgend wird die Umsetzung der Maßnahmen zu jedem Themenbereich zusammengefasst:

Mobilität und Verkehr (MV)

Dieser Bereich ist mit den vorhandenen 17 Maßnahmen der zahlenmäßig größte Bereich und deckt eine breite Palette an Maßnahmen zur Verkehrsentwicklung, sowie einzelner Verkehrsmittel ab. Es ist in Abbildung 51 zu erkennen, dass der größte Teil der Maßnahmen, hier 13 von 17 Maßnahmen, noch in Bearbeitung ist. Drei Maßnahmen wurden abgeschlossen, eine Maßnahme wurde nicht umgesetzt.

Positiv fällt die Implementierung einer umweltsensitiven Verkehrssteuerung auf. Ebenso wurden die meisten Verkehrsentwicklungspläne erstellt. Darunter fallen etwa die Konzepte zur Innenstadt, zum Parkraum oder zum Radverkehr. Alle vorliegenden Teile des Verkehrsentwicklungsplanes wurden jeweils vom Stadtrat beschlossen. Innerhalb der Maßnahmen in Bearbeitung gibt es bei vielen Punkten Fortschritte, wobei jedoch der Indikator zur Vervollständigung nicht erreicht wurde. Darunter fällt z.B. die Steigerung der Parkraumbewirtschaftung, der Ausbau von Radwegen oder die Errichtung von Carsharing-Angeboten zum Verzicht auf das Auto. Allerdings wurden dafür keine konkreten Zielgrößen definiert, z.B. Größe der Fläche des bewirtschafteten Gebietes, Anzahl Radwege-Kilometer oder Anzahl Carsharing-Stationen. Gleichwohl findet für alle drei Ziele ein kontinuierlicher Ausbau statt. Nicht umgesetzt wurde eine Maßnahme zur Erhöhung der Radverkehrsfähigkeiten und Rücksichtnahme. Hier sollte ein Angebot für Radschulen oder Sicherheitstrainings geschaffen werden.

Energieversorgung (EV)

Der Bereich Energieversorgung ist ebenfalls durch eine Vielzahl von Maßnahmen geprägt. Von 15 Maßnahmen sind bisher eine vollständig abgeschlossen, 13 in Bearbeitung und eine wurde nicht umgesetzt. Somit zeichnet sich ein ähnliches Bild wie im Bereich Mobilität und Verkehr.

Hierbei erfolgreich war die Untersuchung zu verfügbaren Flächen für Windenergie (siehe Kapitel 5.2.1.2). Weitere Maßnahmen zielten auf die Untersuchung und den Ausbau von erneuerbaren Energien ab. Hier wurden zur Erzeugung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Quellen hohe Ziele gesetzt, die bisher noch nicht vollständig erreicht werden konnten. So wurde z.B. vereinbart, dass 100 GWh Strom und 75 GWh Wärme aus erneuerbaren Energien innerhalb der Bilanzgrenze der Landeshauptstadt und durch die Stadtwerke Erfurt bereitgestellt werden. Die Stadtverwaltung hat in der Vergangenheit bereits einige Potenziale überprüft und auf vielen städtischen Gebäuden PV-Anlagen errichten lassen. Als Beispiel ist hier das Bürgeramt in der Bürgermeister-Wagner-Str. zu nennen. Die Anlagen wurden bisher insbesondere auf Schulen, Kitas oder Verwaltungsgebäuden errichtet. Das Ziel ist es, bisher nicht genutzte Potenziale auszuschöpfen. Mit Stand September 2019 sind in Erfurt auf insgesamt 37 Dächern öffentlicher Gebäude Photovoltaikanlagen installiert und 19 weitere Dächer für die Nutzung von Photovoltaikanlagen vermietet.

Untersuchungen zu Wasserkraft, Geothermie und Biomasse aus Hölzern wurden durchgeführt. Hierbei ergaben sich bisher nur geringes Potenzial. Weitere Maßnahmen wie Bürgerkraftwerke oder Solarsiedlungen befinden sich in Bearbeitung und werden weiterhin fortgeführt. Ein nachhaltiges Energiekonzept für die Region Mittelthüringen konnte nicht umgesetzt werden.

Der Ausbau der erneuerbaren Energien muss weiter vorangetrieben werden und damit verbunden auch der Ausbau von Dachflächen für Photovoltaikanlagen. Die Technologie ist weitreichend etabliert und kann durch geeignete Informations- und Beratungsangebote deutlicher vorangetrieben werden.

Energieeffizienz (EE)

Im Themenfeld Energieeffizienz gibt es im bestehenden Konzept 11 Maßnahmen. Davon wurde eine erfolgreich durchgeführt, sechs Maßnahmen befinden sich in Bearbeitung, drei Maßnahmen wurden nicht umgesetzt. Für eine Maßnahme waren keine Informationen verfügbar.

Die erfolgreich implementierte Maßnahme beinhaltet den Stromsparcheck der Caritas. Hierbei gibt es Beratungen zum Energiesparen und Möglichkeiten zum Austausch von alten, ineffizienten Haushaltsgeräten. Dieses laufende Projekt konnte große Einsparungen von Energie und CO₂-Emissionen vorweisen. In Bearbeitung befinden sich Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Haushalten, der Stadtverwaltung und Unternehmen. Hier geht es etwa um die Sanierung von Gebäuden und der Einsparung von Heizenergie. Ebenfalls soll die Zahl der Anschlüsse an das Fernwärmenetz erfolgen, damit die Heizenergie aus dem effizienten Gas- und Dampfkraftwerk der Stadtwerke Erfurt geliefert werden kann. Nicht umgesetzt wurden Maßnahmen im Bereich IT, bei der Schaffung städtischer Benchmarks zum Energieverbrauch sowie der Einrichtung einer Koordinierungsstelle für den Bereich Energieeffizienz. Zur Steigerung der Energieeffizienz bei städtischen Eigenbetrieben lag keine Information vor.

Treibhausgasbilanzierung und Vermeidung (TG)

Dieser Bereich besteht aus insgesamt vier Maßnahmen. Davon wurden zwei nicht umgesetzt. Für die verbleibenden zwei konnten keine Informationen eingeholt werden.

Maßnahmen zur Erfassung von Treibhausgasemissionen wurden bis zur Evaluierung des Konzeptes noch nicht durchgeführt. Durch die jetzt erstellte Energie- und CO₂-Bilanz ist eine langfristige Fortschreibung möglich und die Maßnahmen kann somit nach Abschluss des Berichtes als umgesetzt bzw. begonnen bewertet werden.

In diesem Maßnahmenblock befindet sich auch die Erfassung von weiteren Treibhausgasen neben CO₂, wie Lachgas oder Methan. Ebenso konnte kein noch Konzept zur Erfassung der Emissionen aus Konsumgütern erstellt werden, wobei im vorliegenden Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit ebenfalls auf diesen Punkt Bezug genommen wird und hier nach Abschluss der Evaluierung die Bewertung auf „in Bearbeitung“ gesetzt werden kann. Im Bereich der Konsumgüter ist eine Bilanzierung auf Stadtebene vor allem durch die gewählte Methode sehr schwierig auszuführen, da dies sehr stark von dem jeweiligen Verhalten in der Bevölkerung abhängig ist. Die Unterstützung und das Umwerben von bestehenden Initiativen innerhalb Erfurts ist ein wesentlicher Schritt, um hier auch als Stadt indirekt auf das individuelle Konsumverhalten der Bevölkerung einwirken zu können. Auch die o.g. Vorbildfunktion der Stadt durch die Wahl von Energieeffizienz und nachhaltigen Produkten in der eigenen Beschaffung trägt dazu aktiv bei. Bezüglich der Reduzierung von Treibhausgasen aus der Entsorgungswirtschaft sowie aus der Wasserwirtschaft gab es keine Informationen.

Kompensation (KK)

Dieser Bereich bestand aus zwei Maßnahmen zur Kompensation und Bindung von Treibhausgasen durch Land- und Forstwirtschaft. Beide Maßnahmen wurden nicht umgesetzt.

Anpassung (AA)

In diesem Bereich konnte die einzige Maßnahme erfolgreich umgesetzt werden. Damals sollte ein Konzept zur Anpassung an den Klimawandel erstellt werden, was mit dem Maßnahmenkatalog KlimAdapTiT erfolgt ist. Innerhalb dieses eigenen Projektes wurde eine Vielzahl von Maßnahmen und Initiativen für Klimawandelanpassungsmaßnahmen in Erfurt ermittelt und zur Umsetzung vorgeschlagen. Neben diesem Katalog laufen aktuell weitere Projekte zur Klimaanpassung. Das Thema Klimaanpassung und die Maßnahmen wurde im Kapitel 3.2.1 des vorliegenden Berichtes beschrieben. In der vorliegenden Evaluation

werden demnach keine separaten eigenen Maßnahmen zur Klimaanpassung ausgewiesen, sondern mit den bestehenden Maßnahmen des KlimaAdapTiT Programmes vernetzt, um hier eine Vereinheitlichung und Konsistenz der vorhandenen Konzepte innerhalb der Landeshauptstadt zu erreichen.

Organisation und Management (OM)

Der Bereich Organisation und Management umfasst sieben Maßnahmen. Hiervon konnten drei erfolgreich abgeschlossen werden, eine Maßnahme ist in Bearbeitung und drei Maßnahmen wurden nicht umgesetzt.

Erfolgreich zu bewerten ist die Implementierung von Projekten und Kampagnen zu den Themen Klimaschutz, Energiesparen oder Mobilitätsverhalten. Hier kann man etwa den Stromsparcheck der Caritas oder die Energieberatung der Verbraucherzentrale nennen. Ebenso nimmt die Landeshauptstadt Erfurt an überregionalen Netzwerken und Veranstaltungen zum Klimaschutz teil. Abschließend ist die Bereitstellung der erforderlichen Grundfinanzierung zur Verwirklichung von Klimaschutzmaßnahmen ebenfalls positiv zu bewerten.

Das Berichtswesen zum Klimaschutzkonzept ist bisher noch in Arbeit. Ab 2020 soll es regelmäßige Berichte zur Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes geben. Darunter auch der hier vorliegende erste Bericht zur Evaluierung des bestehenden Konzeptes. Einige Maßnahmen wurden nicht umgesetzt. Darunter sind die Einrichtung einer Erfurter Klimaschutzagentur und die Implementierung von Klimapakten bezogen auf Erfurter Bürger sowie der Wirtschaft.

Insgesamt gibt es über alle Themenfelder hinweg **57 Maßnahmen**. Davon wurden neun erfolgreich durchgeführt, 33 befinden sich in Bearbeitung, 12 Maßnahmen wurden nicht umgesetzt und für drei Maßnahmen sind keine Informationen verfügbar. Es zeigt sich somit, dass ein Großteil der Maßnahmen noch nicht vollständig abgeschlossen werden konnte. Allerdings befinden sich viele Projekte in Bearbeitung, darunter auch langfristige Projekte, die nicht innerhalb kürzester Zeit abgeschlossen werden können.

Die sich noch in der Umsetzung befindenden o.g. Projekte sind vorrangig abzuschließen. Allerdings wurden neue Vorschläge für Maßnahmen eingebracht und selbst erarbeitet, die im nachfolgenden Kapitel erläutert werden.

6.2 Überarbeiteter Maßnahmenkatalog

Um die Klimaschutzmaßnahmen in der Landeshauptstadt Erfurt effektiv weiterzuführen, wurde ein überarbeiteter und angepasster Maßnahmenkatalog erstellt. Dieser ist in der Anlage1 dieses Berichtes zu finden. Hierzu wurden neue Maßnahmen aus unterschiedlichen Quellen verwendet. Hierunter fielen etwa Anregungen von Bürgern und die Erfurter Nachhaltigkeitsstrategie sowie eigene Best Practices Beispiele, die sich in anderen Städten bewährt haben. Üblicherweise dient ein Maßnahmenworkshop zur Konkretisierung und Ausarbeitung und Abwägung von Maßnahmen, dieser konnte unter den aktuellen Bedingungen nicht durchgeführt werden und sollte im Rahmen einer Fortschreibung definitiv zur breiteren Einbindung der Akteure erfolgen.

Der Aufbau und die Gliederung der Maßnahmen in die Handlungsfelder bleibt bestehen und lehnt sich grundsätzlich an den bestehenden Maßnahmenkatalog aus dem Handlungskonzept Klimaschutz 2012 an. Das heißt, es werden zunächst die in Kapitel 6.1 genannten Bereichen MV, EV, EE, TG, KK, AA und OM verwendet. Zusätzlich werden die Bereiche Bildung und „Globale Nachhaltige Kommune Thüringen“ eingefügt.

Zunächst gibt die vorliegende Evaluation Aufschluss, in welchen Bereichen Maßnahmen erfolgreich waren und in welchen noch Handlungsbedarf besteht. Diese Erkenntnisse wurden dazu verwendet, den bestehenden Katalog anzupassen. Es hat sich gezeigt, dass viele Maßnahmen nicht abgeschlossen wurden aber es durchaus schon Fortschritte gab. Diese Maßnahmen sollen weitergeführt werden, um den bisherigen Arbeitsstand zu nutzen. Hier gilt es, die Umsetzung zu forcieren und mögliche Hindernisse zu beseitigen. Maßnahmen, die sich als wirkungslos herausgestellt haben, werden nicht weiterverfolgt. Dies sollte in enger Abstimmung mit den für die jeweiligen Maßnahmen erforderlichen Akteuren erfolgen. Eine

Mitwirkung und Unterstützung durch die Stadtverwaltung, wie dem Klimaschutzmanagement, wird hier empfohlen.

Neu hinzu kommt nach vielfältigen Anregungen der Erfurter Bürger der Themenbereich Bildung. Hier sollen unterschiedliche Angebote verankert werden. Folgende Maßnahmen werden in diesem Bereich aufgenommen:

- Regelmäßige Fördermittelsprechstunden für Bürger und Unternehmen
- Halbjährliche Klimawerkstatt für Schüler bzw. interessierte Bürger zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz
- Informationsmaterialien zu Energie- und Klimaschonendem Bauen und Wohnen für Bauherren und Zugezogene
- Schulung für Nutzer / Verwaltungsmitarbeiter öffentlicher Gebäude bzgl. Energieeffizienz
- Angebote von Energieagenturen für Energiesparprojekte initiieren
- Bildungsangebote an der Volkshochschule zu Nachhaltigem Bauen, Energieeffizienz, Klimaanpassung oder weiterer Themen
-

Weitere Zielsetzungen werden in der Erfurter Nachhaltigkeitsstrategie benannt. Die Ziele sehen ebenfalls Fortschritte für den Klimaschutz als Teil einer nachhaltigen Entwicklung vor. Nachfolgend werden die strategischen Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie aufgezeigt. Jedes strategische Ziel enthält operative Elemente, die als Maßnahmen in den Katalog überführt wurden. Der vollständige Katalog ist Anlage 1 zu entnehmen. Aus dem Bereich Mobilität ergeben sich folgende Themen:

- Im Jahr 2030 ist die Mobilität in der Stadt Erfurt umweltfreundlich organisiert. Nachhaltige und emissionsfreie bzw. emissionsarme Mobilitätsangebote für alle Nutzergruppen werden gezielt entwickelt und vernetzt
 - Umsetzung der vorhandenen Konzepte (siehe Kapitel 3.2)
- Die Stadtverwaltung übt eine Vorbildwirkung gegenüber Einwohnerinnen und Einwohnern sowie der Wirtschaft aus. Im Jahr 2030 ist die Gesamtmobilität der Stadtverwaltung umweltfreundlich gestaltet. Best Practice Beispiele hierfür sind:
 - Einsatz von Fahrrädern in der Verwaltung
 - Alternative Antriebe der Verwaltungsfahrzeuge
 - Jobtickets für Mitarbeiter der öffentlichen Einrichtungen prüfen
- Erfurt achtet auf einen sparsamen Umgang mit Verkehrsflächen. Im Jahr 2030 ist die Neuinanspruchnahme der Verkehrsflächen reduziert.
 - Umsetzung der Maßnahmen aus den vorhandenen Konzepten (siehe Kapitel 3.2)
- Die Stadt Erfurt fördert ein umweltfreundliches und selbstbestimmtes Mobilitätsverhalten für alle Nutzergruppen. Im Jahr 2030 sind hierfür zentrale Maßnahmen umgesetzt und es besteht eine hohe Verkehrssicherheit.

Aus dem Bereich Klima und Energie werden folgende strategische Ziele übernommen:

- Die Energiebereitstellung für Wärme, Strom und Mobilität erfolgt bis 2040 weitestgehend aus Hocheffizienz-KWK und regenerativen Quellen. Best Practice Beispiele hierfür sind:
 - Das vorhandene moderne Erdgas-Kraft dient als Brückentechnologien und soll langfristig auf alternative Brennstoffe umgesetzt werden
 - Prüfung des Einsatzes von Wasserstoff und Speichertechnologien
- Im Jahr 2030 gibt es ein enges und aktives Netzwerk von Erfurter Bürger/-innen, Wirtschaft, Stadtverwaltung und Institutionen, die sich aktiv am Klimaschutz beteiligen.

In der Gesamtbetrachtung bleiben die zentralen Punkte des bestehenden Katalogs auch im überarbeiteten Katalog bestehen, da noch nicht erreichte Ziele weiterhin umgesetzt werden müssen. Hinzu kommen neue Erkenntnisse und Einflüsse aus Bürgerveranstaltungen, Einreichungen und der Erfurter Nachhaltigkeitsstrategie.

7 EVALUIERUNG UND ERGÄNZUNG DES CONTROLLING-KONZEPTES

Die in dem zu evaluierenden Klimaschutzkonzept (1), der Nachhaltigkeitsstrategie (45) und der vorliegenden Evaluierung entwickelten Maßnahmen und Zielkorridore sollen umgesetzt und erreicht werden. Um die Umsetzung der Maßnahmen zu überwachen, ist eine regelmäßige Erfolgskontrolle notwendig. Des Weiteren ist es Ziel, die Klimaschutzaktivitäten in den organisatorischen Prozessen und Tätigkeiten in der Landeshauptstadt zu verankern. Wie dies im Einzelnen erfolgen soll, wird in diesem Kapitel erläutert.

7.1 Bestehendes Controlling-Konzept

Im bestehenden Klimaschutzkonzept aus dem Jahr 2012 der Landeshauptstadt Erfurt werden explizit an drei Stellen Maßnahmen zum Thema Controlling benannt. (1)

Eingebettet in die Maßnahmen EE6 des Handlungsleitfaden Klimaschutz aus dem Jahr 2012 für öffentliche Gebäude, in der im Wesentlichen die Sanierungsrate beschrieben werden, ist auch die Zielvorgabe für ein Energiemanagement enthalten. Diese Maßnahmen berücksichtigt die Einrichtung eines Controlling und damit verbunden auch die langfristige Betriebsoptimierungen der eigenen Liegenschaften. In der Maßnahme EE8 für die städtischen Betriebe und Liegenschaften wird ein Controlling und einer Erfolgskontrolle von umgesetzten Maßnahmen durch einen jährlichen Bericht vorgeschlagen. Die Maßnahme OM6 beinhaltet jährliche Berichte zum gesamten Stand der Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes.

Ein Auszug der ehemaligen Maßnahmen ist in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Auszug zur Auflistung der Controlling Maßnahmen aus der Handlungsleitfaden Klimaschutz (1)

MN-Nr.	Zielgruppe	Planung/ Information/ Kooperation/D L/ Anreize	Ziel	Maßnahmen / Planung	Indikator	Akteur
EE6	Öffentliche Gebäude	Wärme, Elektro	Verminderung Energiebedarf von Gebäuden durch Sanierung; Steigerung der Energieeffizienz bei der SV im Gebäudebereich und bei Beleuchtung; Verstärkte Verwendung von Wärmerückgewinnung im Gebäudebereich; Nutzung des Abwärmepotenzials zentraler Entwässerungsleitungen; Erschließung von Energiesparpotenzialen bei der öffentlichen	Fortführung der Sanierungen im Bereich der Stadtverwaltung auf Niveau des Erfurter Standards; Zielvorgaben zum Energiemanagement (Controlling und Betriebsoptimierung); Energiekonzepte in Bestand (Feinanalysen); Energiebeschaffung; Nutzermotivation und -information; Energiebeauftragte und -berichte zu Gebäuden; Pilotprojekte zu: • Contracting an Beispielgebäuden, die in den nächsten 10 Jahren nicht saniert werden • Wärmerückgewinnung im Gebäudebestand	30 % Einsparung Wärme und Elektrizität bis 2020 Pilotprojekte bis 2015	SV

			Beleuchtung durch Leuchtmittelwahl und Ansteuerung	<ul style="list-style-type: none"> • Abwärmenutzung (Abwasser) • Straßenbeleuchtung inkl. Ansteuerung von verschiedenen Maßnahmen 		
EE8	SV, städtische Betriebe	Elektro, Wärme, Kraftstoff	Steigerung Energieeffizienz bei städtischen Eigenbetrieben/ Kapitalgesellschaften	Energiecontrolling, und Vorgaben/Zielvereinbarungen, jährlicher Bericht	Zielstellung der Zielvereinbarung bis zu 30 % Einsparung, je nach Art des Betriebs	SV, Eigenbetriebe und städtische Unternehmen
OM6	SV	Controlling	Kontrolle der Klimaschutzziele und Umsetzung der Maßnahmen	Implementierung eines Klimaschutz-Berichtwesens an den Stadtrat und für die Öffentlichkeit	Berichte ab 2012	SV

Der jährliche Bericht über den Energieverbrauch der Liegenschaften wurde noch bis zum Jahr 2016 erstellt. Anschließend konnte kein weiterer übergeben werden. Im Rahmen der Evaluierung wurden die Verbrauchsdaten der öffentlichen Liegenschaften bei der Landeshauptstadt der letzten Jahre abgefragt. Die Verbrauchsdaten wurden aus der Gebäudedatenbank entnommen und im Excel übergeben. Ein Controlling der Energieverbräuche hinsichtlich interner oder externer Vergleichswerte in Form eines Benchmarkings (z.B. kWh/m² für Strom und Wärme) der Gebäude untereinander erfolgt demnach nicht.

In der aktuellen Nachhaltigkeitsstrategie der Landeshauptstadt Erfurt wird Controlling im Themenfeld Klima und Energie benannt. Das operative Ziel 3.1 schlägt zu der Steigerung der Energieeffizienz der Verwaltungsgebäude der Stadtverwaltung um 50 % (Vergleich zum Jahr 2019) neben Maßnahmen zur energetischen Sanierung und der Betriebsoptimierung (siehe Kapitel 5.2.3, Seite 69) auch Maßnahmen für konkrete Zielvorgaben, Energiemanagementlösungen sowie Controlling Maßnahmen vor.

Der jährliche Bericht zur Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes wurde bisher nicht regelmäßig durchgeführt. Es gab in den Jahren 2014 und 2016 einzelne Evaluierungen der Bereiche Energie sowie Mobilität (Vgl. Kapitel 3.2). Die hier vorliegende Evaluation gibt den Startpunkt für eine regelmäßige Überprüfung der Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen vor.

7.2 Fortschreibung der Energie- und CO₂-Bilanz

Als Grundlage für das Controlling kann die **gewonnene Datenbasis** aus der vorliegenden Evaluierung genutzt werden. Durch die stetige Weiterentwicklung der Datenbasis ist ein Abgleich zwischen Soll- und Ist-Zustand möglich. Dies birgt neben der Transparenz ebenso folgende Vorteile:

- Verbesserte Öffentlichkeitsarbeit durch valide Zahlen und eine homogene Ausgangsbasis
- Sichtbarmachen von der erfolgreichen Realisierung der Klimaschutzmaßnahmen (Verdeutlichung des Fortschritts)
- Abgleich der Energieeffizienzsteigerung für Strom, Wärme und andere Kraftstoffe, differenziert nach den Verbrauchssektoren Haushalte, Wirtschaft und Verkehr und nach Energieträgern

Im Rahmen der Evaluierung wurde für die Energie- und CO₂-Bilanz die Software ECORegion genutzt und die zusammengetragenen Daten in diese Softwarelösung eingepflegt. Die Ergebnisse der Bilanz wurden ausführlich in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Mittels dieser Lösung und der nun vorhandenen Datenbasis ist eine jährliche Fortschreibung möglich. Diese sollte regelmäßig durch die Landeshauptstadt Erfurt fortgeschrieben werden. Ein jährlicher Turnus ist zu Beginn der Klimaschutzarbeit empfehlenswert, da so direkt bei

Abweichungen und Zielunterschreitungen gegengesteuert werden kann, um die ambitionierten Ziele weiter zu verfolgen. Für die eigenständige Fortschreibung der Bilanz ist eine Schulung der verantwortlichen Person erforderlich. Der Zeitaufwand für die Bilanzierung, inklusive der Datenerhebung und Eintragung, beträgt jährlich ca. 2 Wochen. Alternativ kann auch eine Fortschreibung der Bilanz durch einen Fachexperten erfolgen. Dies ist im Zyklus von 1 bis 5 Jahren sinnvoll. Es werden dazu neue aktualisierte Daten erhoben und aufbereitet sowie für die Nutzung in der Software bearbeitet.

Wichtige Voraussetzungen zur optimalen Fortführung der Energie- und CO₂-Bilanz sind in jedem Fall transparente und vollständige Quellenangaben (in der Software ECOSPEED Region) sowie im Idealfall eine geordnete Übergabe, um Informationsverlust durch Personalwechsel zu vermeiden.

Kooperativ mit Daten der Stadtwerke Erfurt ist eine gemeinsame Veröffentlichung der Entwicklung der erneuerbaren Energien möglich, um den Fortschritt des Ausbaus, u.a. von Photovoltaikanlagen, stetig und transparent aufzeigen zu können. Außerdem erfolgt eine Evaluation von durchgeführten Maßnahmen.

Grundsätzlich kann die Energie- und CO₂-Bilanz, die im Rahmen dieses integrierten Klimaschutzkonzeptes mit der Software ECOSPEED Region erstellt wurde und als Datenbasis fungiert, weitergeführt und durch die zukünftig gewonnenen Daten ergänzt werden.

7.3 Erfassung der Energieverbräuche

In den folgenden Unterkapiteln wird je ein mögliches Controllingkonzept zu den kommunalen Liegenschaften und zum kommunalen Fuhrpark beschrieben. Dabei handelt es sich um eine Auflistung verschiedener Controlling-Instrumente, die das gemeinsame Ziel der Erfassung, Systematisierung und Weiterentwicklung von gewonnenen Daten verfolgen.

7.3.1 Kommunale Liegenschaften

Im Verantwortungsbereich der Landeshauptstadt liegen unter anderem die eigenen Liegenschaften. Der Erfassung des Energieverbrauchs der eigenen Liegenschaften liegt aktuell beim Amt für Grundstücks- und Gebäudeverwaltung (Amt 23).

Für die Erfassung der Energieverbräuche in den kommunalen Liegenschaften wird zunächst eine Analyse der Rahmenbedingungen je Liegenschaft empfohlen. Handelt es sich beispielsweise um eine Schule, ein Verwaltungsgebäude oder eine Sporthalle, sind unterschiedliche Informations- und Kommunikationstechnologien sowie verschiedene Zählertechniken vorhanden. Zur Darstellung der aktuellen Energieverbräuche je Liegenschaft ist die **Vereinheitlichung der Standards bei der Erfassung, Übermittlung und Auswertung der Energieverbräuche** sinnvoll und führt zu einem transparenten Controlling, mit dem die Controlling-Ziele optimal realisiert werden können.

Beim Controlling von Maßnahmen im kommunalen Gebäudebestand unterscheidet man grundlegend zwei verschiedene Ansätze:

Bei der Umsetzung eines Controllings nach dem **Top-Down-Ansatz** werden Instrumente eingesetzt, um Etappenziele zu prüfen und ggf. eine Anpassung oder Korrektur der Klimaschutzstrategie vorzunehmen. Es handelt sich hierbei demnach um eine Kontrolle der Wirksamkeit mittel- bis langfristiger Maßnahmen in der Gesamtheit aller Liegenschaften. Dieser Ansatz beinhaltet beispielsweise regelmäßige Energieaudits durch ein festgelegtes Team sowie regelmäßige Klimaschutz- und Maßnahmenberichte, um den Fortschritt des Klimaschutzkonzeptes zu verdeutlichen. Die Maßnahmenüberprüfung und -verfolgung kann entweder durch ein internes Team übernommen oder outgesourct werden.

Als kurzfristige Lösung bis zu einer einheitlichen Software- oder Energiemanagementlösung können einheitliche Checklisten zur Erfassung der Energieverbräuche über das Ablesen der Zähler durch die Verantwortlichen in den Gebäuden (z.B.: Hausmeister / Facilitymanager) erfolgen. Diese werden regelmäßig mindestens jährlich, besser monatlich zur Auswertung an die Verantwortlichen der Stadtverwaltung eingereicht. Dadurch können u.a. Energiekennzahlen (z.B. kWh/m² BGF für Strom und Wärme) erfasst und ausgewertet sowie Verbräuche von Großverbrauchern und Schwachstellen im kommunalen Gebäudebestand aufgezeigt werden.

Das Controlling nach dem **Bottom-up-Ansatz** (Fein-Controlling) beschäftigt sich mit den einzelnen Umsetzungsschritten von Maßnahmen und bewertet diese anhand deren Effektivität und Wirkungen. Hierzu gehört beispielsweise das Monitoring des Energieverbrauchs, bei dem die Energie- und Verbrauchsdaten der einzelnen Liegenschaften gesammelt und ausgewertet werden. Auf diese Weise können kurzfristige Ziele und Effekte verdeutlicht werden. Das Energieverbrauchsmonitoring sollte demnach folgende Aufgaben umfassen:

- Verbrauchsdatenermittlung für die Bewertung umgesetzter Sanierungsmaßnahmen oder anderer Einsparmaßnahmen
- Bereitstellung aktueller Energieverbrauchsdaten
- Kostentellengerechte und -genaue Abrechnung
- automatische Berechnung spezifischer Kennzahlen (z.B. kWh/(m²*a))
- Administration durch die Verwaltung

In der Umsetzung bedeutet dies, dass bei konkreten Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebereich direkt auch in Messstellen und Controlling Instrumente eingeplant werden müssen. Der Einsatz von Messstellen und auch Softwarelösungen für die ganzheitliche Überwachung der öffentlichen Liegenschaften ist im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative und anderen Förderprogrammen förderfähig.

Vier Energieagenturen der Länder Baden-Württemberg (KEA), Sachsen-Anhalt (LENA), Sachsen (Saena) und Thüringen (ThEGA) haben gemeinsam einen Leitfaden für Energiemanagementmaßnahmen in kommunalen Liegenschaften (Kom.EMS) entwickelt. Darin wird u.a. beschrieben, dass durch ein effektives Energiemanagement bis zu 20 % der Energie- und auch Wasserkosten eingespart werden können. In diesem Leitfaden werden praxisnahe Tipps zum Einrichten eines kommunalen Energiemanagements für die kommunalen Energiemanager und Facility Manager dargestellt.

Eine Auflistung von Energie- und CO₂-Bilanzierungstools sowie Online-Controlling-Tools ist in der folgenden Tabelle abgebildet. Diese können teilweise alternativ oder unterstützend eingesetzt werden. Das System des „European Energy Award“ wird im nachfolgenden Abschnitt 7.4 darüber hinaus noch genauer erläutert.

Je nach Zeitpunkt der Umsetzung sollte in jedem Fall der Einsatz von Fördermöglichkeiten geprüft werden. Im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative und auch im Land Thüringen werden regelmäßig Förderprogramme zum Einsatz von Energiemanagement und Controlling System und auch die Ein- und Weiterführung des European Energy Awards gefördert.

Tabelle 6: Übersicht eingesetzter Systeme zur Unterstützung des Controllings

System	Kurzbeschreibung
European Energy Award	Qualifizierungs- und Zertifizierungsinstrument
EMAS	Umweltmanagementsystem
Benchmark kommunaler Klimaschutz	Online-Controlling-Tool
ECOSPEED Region	Energie- und CO ₂ -Bilanzierungstool (aktuelles Tool)
DIN EN ISO 50001	Energiemanagementsystem
Inter-Watt	Energiemanagementsoftware
FAMOS	Energiemanagementsystem
Kom.EMS	Energiemanagementmaßnahmen in kommunalen Liegenschaften

7.3.2 Kommunaler Fuhrpark

Daten zum Fuhrpark wurden im Rahmen der Evaluierung nicht übergeben und ausgewertet. Zunächst ist im Rahmen eines funktionierenden Controlling-Konzeptes auch der Fuhrpark eine Liegenschaft mit den eigenen Fahrzeugen zu berücksichtigen. Dazu ist für den kommunalen Fuhrpark eine aktuelle Bestandsaufnahme notwendig. Die Auflistung der Fahrzeuge sollte folgende Punkte beinhalten:

- Fahrzeugbezeichnung
- Zulassungsjahr
- Kraftstoffart (Benzin, Diesel, Elektro, Erdgas)
- Jährlich gefahrene Kilometer [km/a]
- Jährlicher Kraftstoffverbrauch [l/a]
- Kennzahl aus Kraftstoffverbrauch und gefahrenen Kilometer [l/km]
- Wartungsdaten

Ziel dieser Bestandsaufnahme ist es, die aktuellen Energieverbräuche der kommunalen Fahrzeuge zu erfassen und auszuwerten. Nach der **Ist-Analyse** lassen sich Einsparpotenziale im Kraftstoffverbrauch, bei der Nutzung o.Ä. definieren. Das Controlling sollte vor und nach Einführung der Klimaschutzmaßnahmen (bspw. der Einführung von Dienstfahrrädern) die entsprechenden Verbrauchsdaten sammeln und auswerten, um die (Aus-)Wirkungen der Maßnahmen bewerten zu können. Dafür ist es notwendig, einheitliche Handlungsanweisungen zu implementieren, z.B. dass die Verbrauchsdaten in einem Fahrtenbuch je zugelassenem Fahrzeug (elektronisch oder manuell) festgehalten und an eine zentrale Stelle übermittelt werden.

Wie auch bei den kommunalen Liegenschaften (siehe Kapitel 7.3.1) ist eine regelmäßige (mindestens jährliche) Datenerhebung von großem Vorteil und sollte daher essentieller Bestandteil des regelmäßigen Controllings sein.

7.4 European Energy Award

Der „European Energy Award“ (eea)⁵ ist eine Zertifizierungs- und Qualitätsmanagementinitiative auf EU-Ebene für Klimaschutz und Energieeffizienzmaßnahmen in Städten und Gemeinden. Erfurt hatte bis zum Jahr 2016 an der Initiative European Energy Award teilgenommen und war auch entsprechend zertifiziert. Beim eea profitieren die teilnehmenden Kommunen z.B. von Hilfestellungen in Form von vorgefertigten Fragebögen zur Ist-Analyse und anderen Vorlagen oder Berechnungstools. Zentraler Bestandteil ist das sogenannte Management-Tool mit integriertem Maßnahmenkatalog. Die dort aufgeführten Maßnahmen sind in die nachfolgenden Bereiche gegliedert:

- 1) Entwicklungsplanung, Raumordnung
- 2) Kommunale Gebäude und Anlagen
- 3) Ver- und Entsorgung
- 4) Mobilität
- 5) Interne Organisation
- 6) Kommunikation, Kooperation

Europaweit nehmen über 1.500 Kommunen aus 14 Ländern am eea teil, administrative Tätigkeiten und die Zusammenarbeit mit u.a. Landesträgern und -Geschäftsstellen, Beratern und Auditoren sowie Kommunen übernimmt in Deutschland die Bundesgeschäftsstelle European Energy Award. (91)

Im Rahmen des Förderprogramms Klima Invest und der Richtlinie des Landes Thüringen zur Förderung von Klimaschutzmaßnahmen in Kommunen wird die Teilnahme am eea für Thüringer Kommunen finanziell gefördert. (92) Aufgrund der weitreichenden Vorteile des eea durch die regelmäßige Erfolgskontrolle der umgesetzten und geplanten Maßnahmen ist eine Teilnahme an dem Programm empfehlenswert.

Insbesondere die interkommunale Kooperation steht beim eea im Fokus für eine wirksame energie- und klimapolitische Arbeit. Durch die Teilnahme und Wiederaufnahme des eea-Prozesses in Erfurt wird ein

⁵ Mehr Informationen zum eea können im Internet unter www.european-energy-award.de nachgelesen werden.

wesentliches Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie, das SDG 17 „Partnerschaften zur Erreichung der Ziele“, ebenso berührt. (45) Zur Wiederaufnahme des eea-Programms in der Landeshauptstadt Erfurt ist zunächst ein offizieller politischer Beschluss notwendig. Anschließend kann das Energieteam gegründet werden und darauf aufbauend die Ist-Analyse durchgeführt werden.

8 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Klimaschutz ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, die nur durch die Mitwirkung aller Akteure – insbesondere auch durch die Teilhabe der Bürger – gelingen kann. Für die erfolgreiche und nachhaltige Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen bedarf es daher mehr als rein technischer und planerischer Lösungen. Vielmehr bedarf es auch einer Änderung des menschlichen Verhaltens. Daher muss klimaschädlichem Handeln entgegengewirkt, klimaschützendes Verhalten gefördert und Zustimmung und Akzeptanz für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen erlangt werden. Da Klimaschutzkonzepte nur dann Wirkung entfalten, wenn sie von allen relevanten Stakeholdern und Multiplikatoren mitgetragen und von der Bevölkerung wahrgenommen und unterstützt werden, sind wesentliche Erfolgsfaktoren daher eine schlüssige Kommunikation und eine Beteiligungskultur, die eine umfassende Information und eine aktive Mitwirkung ermöglicht. Alle relevanten Akteursgruppen – insbesondere die Bevölkerung - sollten frühzeitig und regelmäßig über kommunale Klimaschutzziele und -maßnahmen und den Stand ihrer Umsetzung informiert und, soweit möglich, daran beteiligt werden. Dabei sollte auch die Rückkopplung mit den Ergebnissen bereits durchgeführter Verfahren sowie vorhandener Konzepte und Strategien (siehe Kapitel 3.2) stattfinden. Auf diese Weise kann die Akzeptanz aktueller und geplanter Maßnahmen erhöht und zu eigenem Handeln motiviert werden.

Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes der Landeshauptstadt Erfurt wurden einige Zielsetzungen und Maßnahmen zur Kommunikation des Klimaschutzkonzeptes erarbeitet (siehe S 44 ff. Handlungsleitfaden Klimaschutz 2012). Dort wurden kommunikative Ziele und Maßnahmen formuliert, die zur Umsetzung und Verankerung des Erfurter Klimaschutzkonzeptes im öffentlichen Bewusstsein beitragen sollen. Neben allgemeinen Maßnahmen und Zielsetzungen gibt es jedoch kein darüberhinausgehendes Kommunikationskonzept, das bei der Umsetzung der Maßnahmen und der Erreichung der Ziele unterstützt.

Grundsätzlich sollte daher eine Kommunikationsstrategie für das Thema Klimaschutz in Erfurt entwickelt werden, die bereits bestehenden Ansätze aufgreift, bündelt und strategisch ausrichtet. Neben der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit sollte dabei insbesondere auch partizipative Elemente mitgedacht werden.

Die Recherche zeigt, dass in Erfurt eine Vielzahl an Akteuren im Themenfeld Klimaschutz aktiv ist und diese einen wesentlichen Beitrag zum Erreichen der Ziele des Klimaschutzkonzeptes beitragen oder als Multiplikatoren fungieren können.

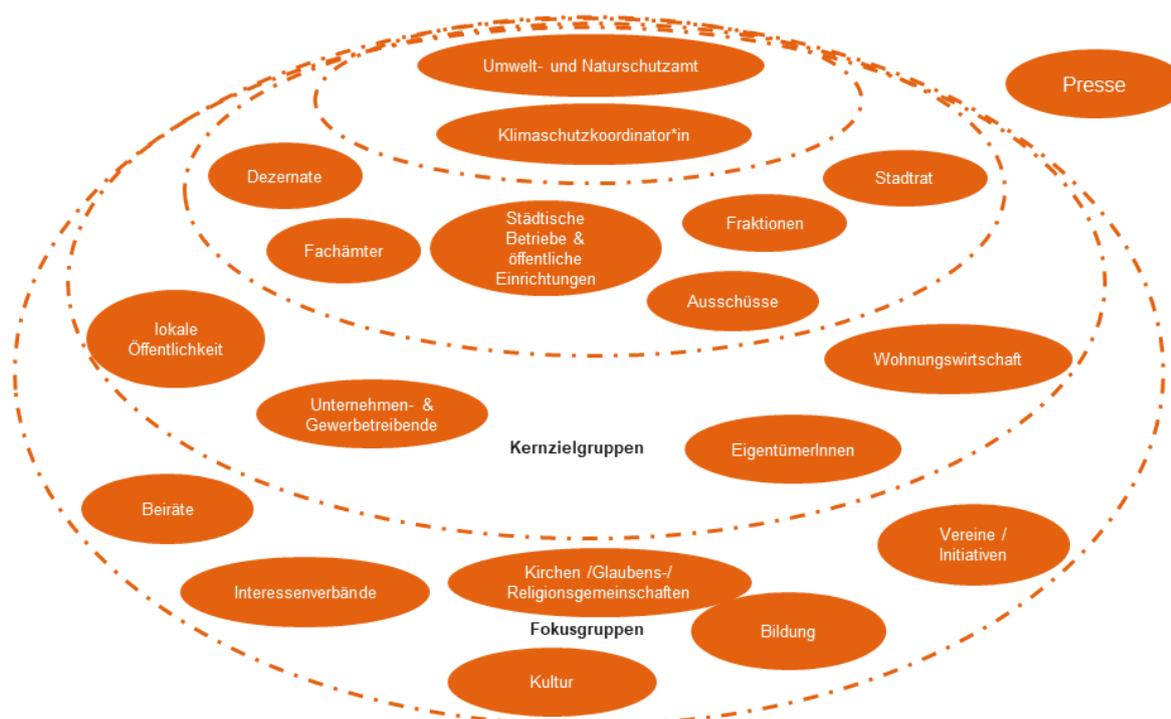


Abbildung 52: Akteuren im Themenfeld Klimaschutz (eigene Darstellung)

In Einzelfällen wird dieses Potenzial bereits genutzt. Hervorzuheben ist hier bspw. das u.a. von der Landeshauptstadt geförderte Projekt Stromspar-Check der Caritas Mittelthüringen, das einkommensschwachen Haushalten zu den Möglichkeiten zur Reduzierung des Stromverbrauchs und zur Senkung der Energiekosten berät und somit auch einen wichtigen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz leistet. Ein weiteres Projekt, das insbesondere auch zur Vernetzung der Akteure untereinander beiträgt, ist die Erfurter Mobilitätswoche, die seit 2018 im Rahmen der Europäischen Mobilitätswoche stattfindet und unterschiedliche Aktivitäten rund um das Thema nachhaltige Mobilität bündelt.

Insbesondere Maßnahmen, die zur Vernetzung und zum Austausch der Akteure untereinander beitragen, sollten bei der Planung der kommunikativen Maßnahmen mitgedacht und weiterentwickelt werden. Dabei sollte auch versucht werden, gezielt Akteure aus unterschiedlichen Sphären zusammenzubringen, um den Austausch von Gedanken zu fördern und Ideen und Projekte weiterzuentwickeln. Für den sukzessiven Aufbau einer Community rund um das Thema Klimaschutz ist es essenziell, ein regelmäßiges und breites Spektrum an Teilhabeoptionen anzubieten und Möglichkeitsräume für eigene Ideen und Projekte zu öffnen und so ein Andocken an das Klimaschutzkonzept zu ermöglichen.

Am Ende kann so ein „Konsens“ stehen, der von der breiten Öffentlichkeit getragen wird und in der Umsetzung der Maßnahmen und Projekte mündet bzw. weiteres Engagement initiiert.

9 AKTEURSBETEILIGUNG

Am Mittwoch, 30. September 2020 lud das Umwelt- und Naturschutzamt der Landeshauptstadt Erfurt unter dem Motto „Klima geht uns alle an“ zur Zwischenpräsentation und Diskussion der Ergebnisse der Evaluation des städtischen Klimaschutzkonzepts ein.

Aufgrund der aktuellen Corona-Bestimmungen wurde die Veranstaltung hybrid durchgeführt: 30 Teilnehmer*innen waren vor Ort zugelassen, alle anderen Interessierten konnten online dabei sein. Rund 30 Personen nahmen dieses Angebot wahr.

Die Veranstaltung im Albert-Schweitzer-Gymnasium wurde von Andreas Horn, Beigeordneter für Sicherheit und Umwelt, eröffnet, der die Bedeutung von Klimaschutz und Klimafolgenanpassung sowie die Wichtigkeit der Überprüfung der durch das Klimaschutzkonzept gesteckten Ziele und Maßnahmen betonte. Zudem hob Herr Horn auch die Bedeutung der aktiven Einbindung von Bürgern, zivilgesellschaftlichen als auch Wirtschaftsakteuren bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen bei der Suche nach neuen Ideen und Lösungsansätzen zur Entwicklung eines Klimafahrplans für die Landeshauptstadt hervor.

Anschließend stellte Franziska Hasse (Arcadis Germany GmbH) die wichtigsten Zwischenergebnisse der Evaluation des Klimaschutzkonzeptes vor. Die Evaluationsergebnisse zeigen, dass Erfurt das deutschlandweit gültige Klimaschutzziel einer Reduktion der CO₂-Emissionen um 40 % von 1990 bis 2020 schon 2018 nahezu erreicht hat und in anderen Bereichen noch Potenziale bestehen.

Im Anschluss diskutierten die Podiumsgäste

- Jörg Lummitsch, Amtsleiter des Umwelt- und Naturschutzamtes der Landeshauptstadt Erfurt
- Prof. Dr. Matthias Gather, Professor für Verkehrspolitik und Raumplanung an der Fakultät Wirtschaft-Logistik-Verkehr der Fachhochschule Erfurt
- Lydia Wähner, Koordinatorin des Projekts „Stromspar-Check“ des Caritasverbands für das Bistum Erfurt e.V.
- Frank Springer von der SWE Energie GmbH

sowie die Teilnehmenden über Herausforderungen und mögliche Handlungsansätze zum Erreichen der gesteckten Klimaziele. Erörtert wurden Maßnahmen wie die Verkehrsberuhigung der Innenstadt, die Stärkung des Radverkehrs, der Ausbau erneuerbarer Energien, Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung sowie zur Reduzierung des Flächenverbrauchs. Am Ende des Abends konnten eine Vielzahl von weiteren Aspekten verbucht werden, die in die Evaluation des Klimaschutzkonzepts der Landeshauptstadt Erfurt eingeflossen und bei der weiteren Ausarbeitung zu berücksichtigen sind.

In der Diskussion wurde zudem deutlich, dass von Seiten der Bürger, als auch von Seiten zivilgesellschaftlicher Akteure wie Vereine, Verbände und Initiativen ein großes Bedürfnis der Teilhabe und Mitgestaltung der Klimaschutzaktivitäten der Landeshauptstadt besteht. Der Wunsch nach mehr und intensiverer Beteiligung der Öffentlichkeit wurde auch in einigen E-Mails betont, die im Nachgang der Veranstaltung, zusammen mit zahlreichen Fragen zur Evaluation und konkreten Handlungsvorschlägen und Projektideen an das Umwelt- und Naturschutzamt gerichtet wurden. Die Fragen und Hinweise wurden gebündelt und stehen allen Bürgern zur Einsicht zur Verfügung. Auch weiterhin können Interessierte ihr Interesse direkt an die Landeshauptstadt Erfurt, u.a. via klimaschutz@erfurt.de, richten. Die aktive Beteiligung ist ein Potenzial, das es zukünftig stärker zu nutzen gilt.

10 LITERATURVERZEICHNIS

1. **Landeshauptstadt Erfurt, Umwelt- und Naturschutzamt, Klimaschutzkoordinator.** *Klimaschutz in Erfurt - Leitbild, Ziele und Handlungskonzept.* Erfurt : Landeshauptstadt Erfurt, Stadtverwaltung, 29.03.2012.
2. **Fachhochschule Erfurt, Institut Verkehr und Raum .** *Integriertes Klimaschutzkonzept der Landeshauptstadt Erfurt - Teil Mobilität und Verkehr.* Erfurt : Stadtverwaltung Erfurt, Dezernat Stadtentwicklung und Umwelt, 2010.
3. **Thüringer Landesamt für Statistik.** Thüringer Daten - Tabellen und Übersichten - Flächennutzung. [Online] 2020. [Zitat vom: 13. Mai 2020.] <https://www.statistik.thueringen.de/datenbank/TabAnzeige.asp?tabelle=kr000554%7C%7C>.
4. **Landeshauptstadt Erfurt.** Verkehrsentwicklungsplan Erfurt, Teil Innenstadt mit Wirtschaftsverkehr. [Online] 2012. [Zitat vom:] <https://www.erfurt.de/ef/de/service/mediathek/veroeffentlichungen/2012/117661.html>.
5. —. Nahverkehrsplan 2020 bis 2024. [Online] [Zitat vom:] https://www.erfurt.de/mam/ef/leben/verkehrsplanung/vvp/nahverkehrsplan_2020-2024.pdf.
6. **Thüringer Landesamt für Statistik.** Thüringer Daten - Tabellen und Übersichten - Verkehr und Nachrichtenübermittlung. [Online] 2020. [Zitat vom: 13. Mai 2020.] <https://statistik.thueringen.de/datenbank/portrait.asp?TabellID=KR001003&auswahl=krs&nr=51&Aevas2=Aevass2&daten=jahr&ersterAufruf=x&tit2=&SZDT=>.
7. —. Thüringer Daten - Tabellen und Übersichten - Gebäude und Wohnen. [Online] 2020. [Zitat vom: 18. 05 2020.] <https://statistik.thueringen.de/datenbank/portrait.asp?auswahl=krf&namekurz=&nr=51&Aevas2=Aevass2&vonbis=&TabEvas=31&TabelleID=&anzahlH1=-3&daten=jahr&evass2=31&evass2=>.
8. **Landeshauptstadt Erfurt.** Statistiken. *Siedlungsstruktur von 2009 bis 2018.* 2020.
9. **Landeshauptstadt Erfurt, Amt für Wirtschaftsförderung.** Gewerbegebiete der Stadt Erfurt. [Online] 2020. [Zitat vom: 18. 05 2020.] <https://www.erfurt.de/ef/de/wirtschaft/gewerbestandorte/gebiete/index.html#share>.
10. **Stadtverwaltung Erfurt - Umwelt- und Naturschutzamt.** *CO₂-Minderungskonzept der Stadt Erfurt - Teil 1: Bilanzierung und Prognose.* Erfurt : s.n., 1997.
11. **Fachhochschule Erfurt, IBIT Institut Mensch, Gebäude, Energie und Technik.** *Klimaschutzkonzept Erfurt - Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung.* 20.07.2010.
12. **Dipl.-Ing. Gabriele Lorenz, Prof. Dr. Michael Kappert.** *Klimaschutzkonzept Erfurt, Gebäudeenergiebedarf und Energieerzeugung - Zwischenstand 2014.* Erfurt : s.n., 2016.
13. **Prof. Dr. Matthias Gather, Verkehrspolitik und Raumplanung.** *MONITORING DES KLIMASCHUTZKONZEPTES – TEIL VERKEHR UND MOBILITÄT –.* Erfurt : Umwelt- und Naturschutzamt, Landeshauptstadt Erfurt, 2016.
14. **Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung.** *Energiekonzept Äußere Oststadt.* Erfurt : s.n., 2018.
15. **Landeshauptstadt Erfurt, Stadtverwaltung.** *Integriertes Stadtentwicklungskonzept Erfurt 2030 - Auszug Handlungsfelder ISEK.* Erfurt : s.n., 2017.
16. **Landeshauptstadt Erfurt, Stadtverwaltung, Umwelt- und Naturschutzamt.** *Ermittlung geeigneter Brachflächen für eine Freiflächen-PV-Nutzung in Erfurt, 1. Fortschreibung.* s.l. : Landeshauptstadt Erfurt, Stadtverwaltung, 2019.
17. **Landeshauptstadt Erfurt.** Verkehrsentwicklungsplan Erfurt – Parkraumkonzeption Innenstadt. [Online] 2014. [Zitat vom:] <https://www.erfurt.de/ef/de/service/mediathek/veroeffentlichungen/2015/122046.html>.
18. —. Verkehrsentwicklungsplan Erfurt – Radverkehrskonzept. [Online] 2015. [Zitat vom:] <https://www.erfurt.de/ef/de/service/mediathek/veroeffentlichungen/2015/123812.html>.
19. **Umweltbundesamt.** *Sonderbericht des Weltklimarates über 1,5°C globale Erwärmung.* [Online] [Zitat vom: 17. Juli 2020.] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/weltklimarat-ipcc/sonderbericht-des-weltklimarates-ueber-15degc>.

20. **Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur.** www.theag.de. *Windenergie in Thüringen.* [Online] theag, 07 2019. [Zitat vom: 25. 05 2020.] <https://www.thega.de/wind-gewinnt>.
21. **Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur GmbH (ThEGA), Landeshauptstadt Erfurt / Stadtverwaltung.** *KlimaAdapTIT Entwicklung von Klima-Adaptionsstrategien und -Technologien in Thüringen.* Erfurt, https://www.erfurt.de/mam/ef/leben/oekologie_und_umwelt/klimaschutz/thega_klimaadaptit_erfurt_web.pdf : Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur GmbH (ThEGA), September 2018.
22. **Landeshauptstadt Erfurt.** Erfurter Stadtgrünkonzept. [Online] [Zitat vom:] <https://www.erfurt.de/ef/de/leben/oekoumwelt/projekte/128932.html>.
23. —. Hitzerobuste Stadt – HeatResilientCity. [Online] [Zitat vom:] <https://www.erfurt.de/ef/de/leben/oekoumwelt/projekte/130744.html>.
24. —. Klimagerechtes Flächenmanagement. [Online] 2018. [Zitat vom:] <https://www.erfurt.de/ef/de/leben/oekoumwelt/stadtklima/130276.html>.
25. —. Hitze-Portal. [Online] [Zitat vom:] <https://www.erfurt.de/ef/de/leben/oekoumwelt/stadtklima/hitze/index.html>.
26. **Umweltbundesamt.** Treibhausgasminderungsziele Deutschlands. [Online] [Zitat vom:] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgasminderungsziele-deutschlands>.
27. **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.** Klima- und Energiepolitik der Europäischen Union. [Online] [Zitat vom:] <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/eu-klimapolitik/>.
28. **Europäische Kommission.** Neues Klimaziel: EU-Kommission schlägt 55 Prozent weniger Emissionen bis 2030 vor. [Online] [Zitat vom:] https://ec.europa.eu/germany/news/20200917-neues-klimaziel_de.
29. —. Europäisches Klimagesetz. [Online] [Zitat vom:] https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/law_de.
30. **Agora Energiewende.** *Auswirkungen der Corona-Krise auf die Klimabilanz Deutschlands– Eine Abschätzung der Emissionen 2020.* 2020.
31. **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).** Die Nationale Wasserstoffstrategie. [Online] 06 2020. [Zitat vom:] https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=16.
32. **Thüringen, Freistaat.** Online-Verwaltung Thüringen. *Thüringer Gesetz zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels.* [Online] <http://landesrecht.thueringen.de/jportal/?quelle=jlink&query=KlimaSchG+TH&psml=bsthueprod.psml&max=tr ue>.
33. **Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN).** Freistaat Thüringen, Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz. *Integrierte Energie- und Klimaschutzstrategie.* [Online] Oktober 2019. https://umwelt.thueringen.de/fileadmin/001_TMUEN/Unsere_Themen/Klima/Klimastrategie/20191015_Klimaschutzstrategie.pdf.
34. **ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.** BSKO. *Bilanzierungs-Systematik Kommunal.* [Online] 11 2019. https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/BSKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf.
35. **Umweltbundesamt.** CO2-Rechner des Umweltbundesamtes. [Online] https://uba.co2-rechner.de/de_DE/.
36. **Landeshauptstadt Erfurt.** Erfurt in Zahlen. *Daten und Fakten zur Landeshauptstadt Erfurt.* [Online] 31. 12 2018. [Zitat vom: 06. 03 2020.] https://www.erfurt.de/ef/de/rathaus/daten/zahlen/index.html#slot_100_11.
37. **SWE Energie GmbH.** *Endenergieverbräuche der Stadt Erfurt sowie Kraftwerkzahlen 1990-2019.* Erfurt : s.n., 2020.
38. **Stadtwerke Erfurt (SWE).** Die EVAG. *Stadtbahn und -bus.* [Online] [Zitat vom: 23. 03 2020.] https://www.stadtwerke-erfurt.de/pb/swe/produkte+_leistungen/stadtbahn+_bus/die+evag#.

39. **AG Energiebilanzen e.V.** . AGEB - AG Energiebilanzen e.V. . *Stromerzeugung nach Energieträgern 1990 - 2019 (Stand Februar 2020)*. [Online] 02 2020. [Zitat vom: 20. 09 2020.] <https://www.ag-energiebilanzen.de/>.
40. EnEV und Fernwärme. *Liste der f P -Bescheinigungen nach FW 309-1 nach Städten sortiert*. [Online] AGFW . [Zitat vom: 2020. 09 23.] https://www.agfw.de/index.php?eID=tx_securedownloads&p=150&u=0&g=0&t=1600933619&hash=7ac66d80949c830a719d610d33fd254184e2c676&file=fileadmin/user_upload/Technik_u_Normung/Erzeugung/Energetische_Bewertung/Liste_der_fP-Bescheinigungen_nach_FW_309-1.pdf.
41. **AG Energiebilanzen e.V.** AG Energiebilanzen e.V. (Internetauftritt). *Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland - Daten für die Jahre von 1990 bis 2018*. [Online] 03 2020. [Zitat vom: 09. 21 2020.] <https://www.ag-energiebilanzen.de/>.
42. **Umweltbundesamt**. Treibhausgas-Emissionen in Deutschland. *Emissionen ausgewählter Treibhausgase in Deutschland nach Kategorien in Tsd. t Kohlendioxid-Äquivalenten*. [Online] 12 2019. [Zitat vom: 21. 09 2020.] https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/8_tab_thg-emi-kat_2020.pdf.
43. **Statistisches Bundesamt** . Destatis. *Bevölkerungsstand*. [Online] 2020. [Zitat vom: 21. 09 2020.] <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/liste-gebietstand.html>.
44. **Landeshauptstadt Erfurt, Stadtverwaltung**. *Erfurter Statistik - Bevölkerungsprognose bis 2040*. Erfurt : Landeshauptstadt Erfurt, Stadtverwaltung, 2015.
45. **Landeshauptstadt Erfurt**. *Leitlinien, strategische und operative Ziel der 1. Erfurter Nachhaltigkeitsstrategie nach Abwägung der Stadtverwaltung der Landeshauptstadt*. Erfurt : Global nachhaltige Kommune Thüringen, 2019.
46. **Technische Universität Dresden - Lehrstuhl Verkehrs- und Infrastrukturplanung**. Sonderauswertung zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2013“. *Städtevergleich*. [Online] 03. 03 2016. [Zitat vom: 23. 03 2020.] https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/ressourcen/dateien/2013/uebersichtsseite/SrV2013_Staedtevergleich.pdf.
47. **Technische Universität Dresden - Professur für Integrierte Verkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik**. Sonderauswertung zum Forschungsprojekt "Mobilität in Städten - SrV 2018". *Städtevergleich*. [Online] 03 2020. [Zitat vom: 23. 03 2020.] https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/ressourcen/dateien/SrV2018_Staedtevergleich.pdf.
48. **Thüringer Landesamt für Statistik (TLS)**. Pendler (30. Juni) nach Kreisen in Thüringen. [Online] 30. 06 2019. [Zitat vom: 28. 02 2020.] <https://statistik.thueringen.de/datenbank/TabAnzeige.asp?tabelle=kr000306%7C%7C>.
49. —. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen - Erwerbstätige im Inland nach Kreisen in Thüringen. [Online] 08 2018. [Zitat vom: 02. 03 2020.] <https://statistik.thueringen.de/datenbank/TabAnzeige.asp?tabelle=kz002009%7C%7C>.
50. **Landeshauptstadt Erfurt**. Wirtschafts atlas. *Einpendler am Arbeitsort*. [Online] 2018. [Zitat vom: 05. 03 2020.] <https://www.erfurt.de/ef/de/wirtschaft/wirtschaftsstandort/wirtschaftsatlas/129893.html>.
51. SWE. *Stadtbahn & Bus*. [Online] [Zitat vom: 28. 02 2020.] <https://www.stadtwerke-erfurt.de/pb/swe/>.
52. **Skiba, Allister**. Liniennetzplan Erfurt. [Online] 25. 10 2018. https://strassenbahn-erfurt.de/images/pdf/20181025_Inpl_fr.pdf.
53. **Stadtwerke Erfurt**. Netzplan Erfurt. [Online] 01. 01 2020. [Zitat vom: 28. 02 2020.] https://www.stadtwerke-erfurt.de/pb/site/swe/get/documents_E1947638211/swe/documents/Downloads/EVAG/PI%C3%A4ne/Netzplan_Erfurt.pdf.
54. **Stadtwerke Erfurt (SWE)**. Straßenbahnbeschaffung. [Online] [Zitat vom: 23. 03 2020.] https://www.stadtwerke-erfurt.de/pb/swe/produkte+_leistungen/stadtbahn+_bus/strassenbahnbeschaffung#.
55. SWE - Stadtbahn & Bus. *Tarifübersicht CityTarif Erfurt* . [Online] [Zitat vom: 28. 02 2020.] https://www.stadtwerke-erfurt.de/pb/swe/produkte+_leistungen/stadtbahn+_bus/tarife#.

56. **Deutsche Bahn**. Das Semesterticket Thüringen PLUS. [Online] [Zitat vom: 28. 02 2020.] <https://www.bahn.de/p/view/angebot/regio/regionale-tickets/thuer/semester-ticket-thueringen-plus.shtml>.
57. SWE EVAG. *Interaktiver Netzplan*. [Online] [Zitat vom: 28. 02 2020.] <https://www.evag-erfurt-netzplan.de/index.php/de/karte>.
58. **abellio Mitteldeutschland GmbH**. Fahrpläne & Tickets . *Fahrpläne*. [Online] [Zitat vom: 02. 03 2020.] <https://www.abellio.de/de/abellio-mitteldeutschland/fahrplaene-tickets/fahrplaene>.
59. **Landeshauptstadt Erfurt**. Erfurt.de – das offizielle Stadtportal der Landeshauptstadt Thüringens. *Fahrradparken*. [Online] [Zitat vom: 05. 03 2020.] https://www.erfurt.de/ef/de/leben/verkehr/mobil/fahrrad/fahrradparken/index.html#slot_100_2.
60. **Umweltbundesamt**. Fahrleistung im Personen- und Güterverkehr. [Online] 14. 05 2018. [Zitat vom: 06. 07 2018.] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#textpart-1>.
61. **Umweltbundesamt** . CO2-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland. [Online] März 2010. [Zitat vom: 06. 07 2018.] <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3773.pdf>.
62. **Google**. Google Maps. [Online] [Zitat vom: 05. 03 2020.] <https://www.google.de/maps>.
63. **Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft Freistaat Thüringen**. Radroutenplaner Thüringen. *Routenplanung*. [Online] 25. 02 2020. [Zitat vom: 05. 03 2020.] <http://radservice.radroutenplaner.thueringen.de/rrp/th/cgi?view=630112,5639470,652655,5660699>.
64. **OpenStreetMaps**. OpenStreetMap. [Online] 02. 07 2018. <https://www.openstreetmap.org/relation/332537#map=12/52.3012/13.0476>.
65. **nextbike GmbH**. nextbike. *Preise*. [Online] [Zitat vom: 05. 03 2020.] <https://www.nextbike.de/de/erfurt/preise/>.
66. —. nextbike. *CAMPUSbike*. [Online] [Zitat vom: 05. 03 2020.] <https://www.nextbike.de/de/erfurt/campusbike/>.
67. —. nextbike. *Standorte*. [Online] [Zitat vom: 05. 03 2020.] <https://www.nextbike.de/de/erfurt/standorte/>.
68. **Landeshauptstadt Erfurt**. Erfurt.de – das offizielle Stadtportal der Landeshauptstadt Thüringens. *Kommunaler Arbeitskreis Radverkehr*. [Online] [Zitat vom: 05. 03 2020.] <https://www.erfurt.de/ef/de/leben/verkehr/mobil/fahrrad/kommak/index.html>.
69. **Umweltbundesamt**. Internetauftritt des Deutschen Umweltbundesamtes. [Online] 2018. [Zitat vom: 05. 07 2018.] <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-4>.
70. **Landeshauptstadt Erfurt, Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung**. Gera-Radweg. *Der Gera-Radweg in Thüringen*. [Online] 2018. [Zitat vom: 06. 03 2020.] <https://www.gera-radweg.de/radweg.html>.
71. **ADAC e.V.** Gute Fahrt in Thüringen. *ADAC gibt Stauzahlen 2018 bekannt – Ausblick auf 2019*. [Online] 17. 01 2019. [Zitat vom: 06. 03 2020.] <https://presse.adac.de/regionalclubs/hessen-thueringen/gute-fahrt-in-thueringen.html>.
72. **Umweltbundesamt**. Emissionsdaten. [Online] 13. 03 2018. [Zitat vom: 06. 07 2018.] https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#verkehrsmittelvergleich_personenverkehr.
73. **Bundesnetzagentur**. Ladesäulenregister. [Online] 218. [Zitat vom: 12. 07 2018.] https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulenkarte/Karte/Ladesaeulenkarte-node.html;jsessionid=E3B4986D5F474BCEC10F3F50D770E5CB.
74. **Online Experten Eins GmbH**. Carsharing-Experten. *Carsharing in Erfurt*. [Online] [Zitat vom: 06. 03 2020.] <http://www.carsharing-experten.de/carsharing-erfurt>.
75. **Mobility Center GmbH**. teilAuto. *Alle Fahrzeuge*. [Online] [Zitat vom: 06. 03 2020.] <https://www.teilauto.net/>.
76. **Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE**. Fraunhofer ISE. *Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland 2019: Mehr erneuerbare als fossile Energieerzeugung*. [Online] 02. 01 2020. [Zitat vom: 26. 05 2020.]

77. **Übertragungsnetzbetreiber (50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TrannetBW GmbH, TenneT TSO GmbH).** Netztransparenz.de. *EEG-Anlagenstammdaten*. [Online] 2020. [Zitat vom: 26. 09 2020.] <https://www.netztransparenz.de/EEG/Anlagenstammdaten>.
78. **Landeshauptstadt Erfurt, Umwelt- und Naturschutzamt.** *Ermittlung geeigneter Brachflächen für eine Freiflächen-PV-Nutzung in Erfurt, 1. Fortschreibung*. Erfurt : Landeshauptstadt Erfurt Stadtverwaltung, 2019.
79. —. *Beurteilung von Standorten für Freiflächen-Photovoltaik an Verkehrsstrassen in der Landeshauptstadt Erfurt (Ergänzung des Gutachtens aus dem Jahr 2013)*. Erfurt : Landeshauptstadt Erfurt, 2019.
80. **IPU GmbH.** *Beurteilung von Standorten für Freiflächen-Photovoltaik an Verkehrsstrassen in der Landeshauptstadt Erfurt*. Erfurt : s.n., 2019.
81. **FEGmbH.** *Machbarkeitsstudie "PV-Anlagen auf Dächern der Stadt Erfurt"*. Erfurt : s.n., 2009.
82. **feg GmbH.** *Machbarkeitsstudie PV-Anlagen Erfurt*. Erfurt : s.n., 2009.
83. **MDR Thüringen.** Kein Aufschwung beim Ausbau der Windenergie in Thüringen. *mdr.de*. [Online] 26. 02 2020. [Zitat vom: 19. 05 2020.] <https://www.mdr.de/thueringen/ausbau-windenergie-thueringen-kein-aufschwung-in-sicht-100.html>.
84. **Umweltbundesamt.** *Analyse der kurz- und mittelfristigen Verfügbarkeit von Flächen für die Windenergienutzung an Land*. Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesysteme IEE. Dessau-Roßlau : s.n., 2019. ISSN 1862-4359.
85. **Thüringen, Freistaat.** Regionalplanung im Freistaat Thüringen. *Der Sachliche Teilplan Windenergie*. [Online] 10 2020. <https://regionalplanung.thueringen.de/mittelthueringen/regplan-mt/stpwind2018/>.
86. **Proplanta GmbH & Co. KG.** Proplanta. *Das Informationszentrum für die Landwirtschaft*. [Online] 05. 06 2020. [Zitat vom: 05. 06 2020.] <https://www.proplanta.de/>.
87. **Neuwerk, Timo.** *Optionen der Biomassenutzung auf dem Erfurter Stadtgebiet*. s.l. : Fachhochschule Erfurt, 2010.
88. **Umweltbundesamt.** Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. [Online] 2018. [Zitat vom: 01. 10 2019.] https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-10-22_climate-change_23-2018_emissionsbilanz_erneuerbarer_energien_2017_fin.pdf.
89. **(BMWi), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.** *Die Nationale Wasserstoffstrategie*. s.l. : Bundesregierung, 2020. <https://www.bmbf.de/files/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf>.
90. **ThEGA Thüringer Energie- und Greentech-Agentur.** Wasserstoff in Thüringen. [Online] 2019. [Zitat vom:] https://www.thega.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Wasserstoffmobilitaet/Wasserstoff_in_Thueringen-final.pdf.
91. European Energy Award. *Kommunaler Klimaschutz mit System*. [Online] <https://www.european-energy-award.de/european-energy-award>.
92. **Thüringen, Freistaat.** Förderprogramm Klima Invest. *Richtlinie des Landes Thüringen zur Förderung von Klimaschutzmaßnahmen in Kommunen*. [Online] <https://umwelt.thueringen.de/ministerium/unsere-foerderprogramme/klima-invest>.
93. **Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg GmbH.** Regiobus PM. [Online] 2018. [Zitat vom: 28. 06 2018.] <https://www.regiobus-pm.de/>.
94. **Deutsche Bahn AG.** Fahrplan RE7 und RB33. [Online] 10. 11 2017. [Zitat vom: 26. 06 2018.] https://www.bahn.de/regional/view/mdb/pv/deutschland_erleben/berlin_brandenburg/streckenfahrplaene/2017_2018/mdb_262387_re7.pdf.
95. **Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg GmbH.** Pressearchiv. *Mehr Platz für Pendler morgens im Regionalexpress RE7*. [Online] 03 2017. [Zitat vom: 26. 06 2018.] <http://www.vbb.de/de/article/ueber-uns/presse/mehr-platz-fuer-pendler-morgens-im-regionalexpress-re7/1252249.html>.
96. **DEKRA Automobil GmbH**. Informationen zum Thema CO2. [Online] [Zitat vom: 16. 07 2018.] https://www.dekra-online.de/co2/co2_rechner.html.
97. **Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung.** *Energiekonzept Äußere Oststadt*. Erfurt : s.n., 2018.

98. **Thüringer Landesamt für Statistik.** Thüringer Daten - Tabellen und Übersichten - Kreisfreie Stadt: Stadt Erfurt. [Online] 2020. [Zitat vom: 13. Mai 2020.] <https://www.statistik.thueringen.de/datenbank/portrait.asp?auswahl=krf&namekurz=&nr=51&Aevas2=Aevas2&vonbis=&TabEvas=12&TabelleID=&anzahlH1=-7&daten=jahr&evas2=12&evas2=>
99. —. Thüringer Daten - Tabellen und Übersichten - Bevölkerung und Mikrozensus. [Online] 2020. [Zitat vom: 13. Mai 2020.] <https://www.statistik.thueringen.de/datenbank/TabAnzeige.asp?tabelle=zr000101%7C%7C>.
100. **Bayerischer Rundfunk.** br.de. *Fünf Thesen über Windkraft - und die Tatsachen.* [Online] 30. 10 2019. [Zitat vom: 22. 05 2020.] <https://www.br.de/nachrichten/wissen/fuenf-thesen-ueber-windkraft-und-die-tatsachen,RgBZ0YU>.
101. **Erneuerbare Energien.** erneuerbareenergien.de. *Windkraft-Bedarf im Süden.* [Online] 10. 07 2018. [Zitat vom: 22. 05 2020.] <https://www.erneuerbareenergien.de/archiv/solar-bringt-auf-der-dreifachen-flaeche-ein-drittel-des-ertrags-150-406-108687.html>.
102. **Wikipedia.** Windkraftanlage. *Technische Entwicklung seit den 1990er Jahren bis heute.* [Online] 26. 04 2020. [Zitat vom: 05. 06 2020.] <https://de.wikipedia.org/wiki/Windkraftanlage>.
103. **Aurora Energy Research.** *Germany's Renewable Energy potential.* 2020.
104. **Umweltbundesamt.** Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2018. Dessau-Roßlau : s.n., 2019.
105. **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie .** Informationsportal Erneuerbare Energien. *Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland.* [Online] 2019. [Zitat vom: 01. 10 2019.] https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Zeitreihen/zeitreihen.html.
106. **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.** *Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand.* Berlin : s.n., 7. April 2015.
107. **Thüringen, Freistaat.** *Die Thüringer Nachhaltigkeitsstrategie 2018 .* Erfurt : Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz , 2018. https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/00_tlubn/Umweltschutz/Umwelt_und_Raum/Dokumente/Nachhaltigkeitsstrategie/thueringer_nachhaltigkeitsstrategie_2018.pdf.
108. **Umweltbundesamt.** CO2 Rechner. [Online] [Zitat vom: 21. 09 2020.] https://uba.co2-rechner.de/de_DE/.
109. **Memmler, Michael, Lauf, Dr. Thomas und Schneider, Sven.** *Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger.* Dessau-Roßlau : Umweltbundesamt, 2018. ISSN 1862-4359.
110. **Thüringer Landesamt für Statistik.** Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort. [Online] [Zitat vom:] <https://www.statistik.thueringen.de/datenbank/portrait.asp?auswahl=krf&nr=51&vonbis=&TabelleID=kr000307>.

IMPRESSUM

EVALUIERUNG UND FORTSCHREIBUNG DES ERFURTER KLIMASCHUTZKONZEPTES

AUFTRAGGEBER

Landeshauptstadt Erfurt, Umwelt- und Naturschutzamt
Kontakt: klimaschutz@erfurt.de

AUTOR

Franziska Hasse, Projektleiterin, Arcadis Germany GmbH

PROJEKTNUMMER

DE0119.001388

UNSER ZEICHEN

fhas

DATUM

30. Oktober 2020

Arcadis Germany GmbH

Neumarkt 29-33
04109 Leipzig
Deutschland
0341 49623-700

www.arcadis.com