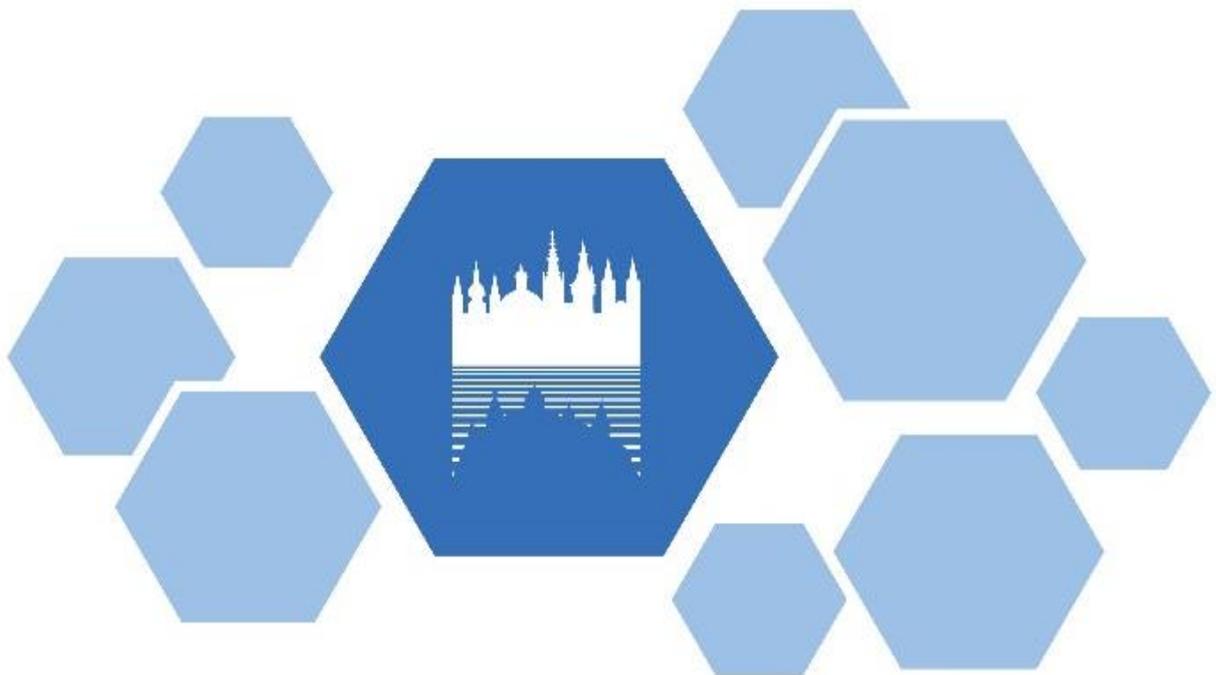


BERICHT

iKK 2021: Integriertes Klimaschutzkonzept für die Stadt Würzburg

DER WEG ZUR KLIMANEUTRALEN STADT



gefördert durch
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Impressum

Auftraggeberin

Stadt Würzburg
Fachbereich Umwelt- und Klimaschutz
Karmelitenstr. 20
97070 Würzburg



4K | Kommunikation für Klimaschutz
Schierholzstraße 25, 30655 Hannover



Leipziger Institut für Energie GmbH
Lessingstraße 2, 04109 Leipzig

Bearbeitung

Annerose Hörter
Christina Deike

Ilka Erfurt
Marion Elle
Tina Helbig
Lisa Horbach

Laufzeit

Dezember 2020 bis Dezember 2021

Datum

Leipzig, 25.01.2022

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	7
Danksagung	16
1 Kommunalen Klimaschutz in der Stadt Würzburg	17
1.1. Rahmenbedingungen	17
1.2. Ausgangslage	20
1.3. Prozess der Konzepterstellung	22
2 Partizipation und Information	23
2.1. Beteiligung von Fachakteuren	24
2.2. Beteiligung der Politik und Gremien	27
2.3. Beteiligung der Bürger*innen	28
3 Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Würzburg	32
3.1. Hintergrund	32
3.2. Ergebnisse	39
Haushalte	43
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	45
Industrie	47
Verkehr	49
Lokale Energieproduktion	51
4 Potenziale und Szenarien für die Stadt Würzburg	56
4.1. Methodik und Vorgehensweise	56
4.2. Rahmendaten	59
4.3. Lokale Maßnahmen und notwendige Rahmenbedingungen	63
Wohnen / Haushalte	64
Wirtschaft / Industrie und GHD	69
Verkehr	74
Energieerzeugung und -versorgung	83
<i>Entwicklung einer Wärmestrategie</i>	86
Ausbau der Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien	98
Auswirkungen auf die Netzinfrastruktur	109

4.4	Ergebnisse	111
5 Maßnahmenset für die Stadt Würzburg		127
5.1	Genese und Aufbau	127
5.2	Überblick Handlungsfelder und Maßnahmen	130
5.3	Handlungsfeld Stadtverwaltung	131
	Relevanz und Hintergrund	131
	Strategische Zielsetzung	133
	Bestandteile	136
	Empfehlungen	138
	Wichtige nächste Schritte	138
5.4	Handlungsfeld Energieversorgung	139
	Relevanz und THG-Minderungspotenzial	139
	Strategische Zielsetzungen	139
	Bestandteile	140
	Empfehlungen	142
	Wichtige nächste Schritte	142
5.5	Handlungsfeld Wohnen	144
	Relevanz und THG-Minderungspotenzial	144
	Strategische Zielsetzungen	145
	Bestandteile	146
	Empfehlungen	147
	Wichtige nächste Schritte	148
5.6	Handlungsfeld Wirtschaft	149
	Relevanz und THG-Minderungspotenzial	149
	Strategische Zielsetzungen	151
	Bestandteile	151
	Empfehlungen	152
	Wichtige nächste Schritte	153
5.7	Handlungsfeld Mobilität	154
	Relevanz und THG-Minderungspotenzial	154
	Strategische Zielsetzungen	156
	Bestandteile	158
	Empfehlungen	160
	Wichtige nächste Schritte	160
5.8	Handlungsfeld Konsum und Abfall	162

Relevanz und THG-Minderungspotenzial	162
Strategische Zielsetzungen	165
Bestandteile	166
Empfehlungen	167
Wichtige nächste Schritte	167
5.9 Handlungsfeld Kompensation, Klimapartnerschaft und Senken	168
Relevanz und THG-Minderungspotenzial	168
Strategische Zielsetzungen	173
Bestandteile	176
Empfehlungen	177
Wichtige nächste Schritte	179
5.10 Handlungsfeld Bildung und Kultur	180
Relevanz und THG-Minderungspotenzial	180
Strategische Zielsetzungen	181
Bestandteile	183
Empfehlungen	184
Wichtige nächste Schritte	184
5.11 Handlungsfeld Kommunikation, Beteiligung, Soziales	186
Relevanz und THG-Minderungspotenzial	186
Strategische Zielsetzungen	188
Bestandteile	189
Empfehlungen	190
Wichtige nächste Schritte	191
5.12 Bezug zu den Sustainable Development Goals	192
5.13 Priorisierung von Maßnahmen	194
6 Monitoring und Controlling des Umsetzungsprozess	196
6.1 Elemente	196
6.2 Indikatoren	199
7 Fazit	207
Verzeichnisse	208
Abkürzungsverzeichnis	209
Abbildungsverzeichnis	210



Tabellenverzeichnis	214
Literaturverzeichnis	216

Zusammenfassung

Ausgangspunkt und Prozess

Die Stadt Würzburg erkennt das Eindämmen des Klimawandels und die Anpassung an seine Folgen als zentrale Zukunftsaufgabe mit höchster Priorität an. Im Jahr 2019 hat der Stadtrat dazu das „Würzburger Klimaversprechen“ beschlossen, dessen Einhaltung Grundlage einer übergeordneten Klimaschutzgesamtstrategie darstellt: Würzburg möchte bis spätestens 2045 klimaneutral werden, in den eigenen Zuständigkeiten der Stadtverwaltung sogar bereits spätestens 2030.

Diese kommunale Zielsetzung erfolgt vor dem Hintergrund eindringlicher wissenschaftlicher Warnungen, einer zunehmenden Wahrnehmbarkeit des Klimawandels auch vor Ort sowie sich kontinuierlich verschärfender politischer Vorgaben. So wurde ausgehend von der wegweisenden Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts im März 2021 das Bundes-Klimaschutzgesetz novelliert und neue, ambitioniertere Ziele auf Bundesebene beschlossen. Auch der Freistaat Bayern hat seine Ambitionen im November 2021 nochmals deutlich verstärkt und möchte bereits 2040 klimaneutral werden.

Bestandteil des „Würzburger Klimaversprechens“ war es, ein Klimaschutzkonzept unter Einbezug der Stadtgesellschaft neu aufzustellen, um ein umsetzbares, aber ehrgeiziges Maßnahmenprogramm zur Erreichung der Klimaschutzziele auszuarbeiten. Im Dezember 2020 startete die Erarbeitung des neuen integrierten Klimaschutzkonzepts (iKK), mit dessen Durchführung die externen Fachbüros 4K | Kommunikation für Klimaschutz sowie die Leipziger Institut für Energie GmbH beauftragt wurden. Die Neuaufstellung wird durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz finanziell gefördert. Bestandteil sind eine Aktualisierung der Energie- und THG-Bilanz, eine Maßnahmenentwicklung inklusive Priorisierung, ein begleitender Partizipations- und Informationsprozess sowie die Entwicklung von Szenarien. Das iKK mündet in der Vorlage eines Gesamtkonzepts, welches neben dem vorliegenden Bericht auch einen separaten Maßnahmenkatalog umfasst.

Partizipation und Information

Die Erarbeitung des Konzepts fußte auf einer umfassenden Partizipation. Dazu wurden im Zeitraum eines Jahres 14 Stakeholder-Workshops durchgeführt, an denen insgesamt 149 Personen als Vertretung von 57 Institutionen teilnahmen. Zahlreiche Fachgespräche wurden mit ausgewählten Akteuren der Stadtverwaltung zur detaillierten Abstimmung durchgeführt. In mehr als 10 Terminen wurden politische Gremien über den Prozess und die Ergebnisse informiert, darunter in der Steuerungsgruppe, dem Planungs-, Umwelt- und Mobilitätsausschuss, dem Klimabeirat sowie dem Stadtrat. Mehr als 1.100 Bürgerinnen und Bürger trugen über eine Online-Beteiligung Anregungen, Kommentare und Ideen bei. Wesentliche Gegenstände des Beteiligungsprozesses waren das Entwickeln, Konkretisieren, Auswählen und Präzisieren von Maßnahmen. Die Ergebnisse und die Architektur des neuen Klimaschutzkonzepts wurden der Stadtgesellschaft schließlich auf einem Online-Kongress präsentiert, an dem mehr als 180 Personen teilnahmen. Auch hier lag der Fokus

vor allem auf der Diskussion und der Festlegung des Commitments für die gemeinschaftliche Umsetzung des nun entwickelten Maßnahmenprogramms. Der gesamte Prozess wurde zudem durch eine Öffentlichkeitsarbeit begleitet.

Energie – und Treibhausgasbilanz

Im vorliegenden Klimaschutzkonzept wurde eine Energie- und Treibhausgasbilanz für den durchgängigen Zeitraum von 1990 bis 2019 (aktuelles Bilanzjahr) erstellt. Die Erstellung erfolgte mit dem Bilanzierungstool Klimaschutz-Planer nach dem deutschlandweit etabliertem BSKO -Standard. Der Endenergieverbrauch und die dadurch bedingten Emissionen werden jeweils nach Energieträgern und nach den Verbrauchssektoren Haushalte, Industrie, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD), Verkehr und Kommune dargestellt.

Der gesamte Endenergieverbrauch der Stadt Würzburg lag im Jahr 2019 bei 3.294 GWh, dies entspricht einer leichten Zunahme gegenüber dem Jahr 2015 (3.261 GWh). Der Endenergieverbrauch je Einwohner*in betrug im Jahr 2019 25,8 MWh, was einem Rückgang um 1,4 % gegenüber dem Jahr 2015 (26,1 MWh) entspricht. Seit dem Jahr 2015 ist der Endenergieverbrauch sowohl absolut als auch je Einwohner*in also relativ unverändert geblieben. Die Verteilung der Energieträger zeigt, dass im Jahr 2019 Erdgas der wichtigste Energieträger war.

Die aus dem Endenergieverbrauch resultierenden Emissionen lagen im Jahr 2019 bei 1.002 Mio. t CO_{2äq}, dies entspricht einem Rückgang um 39 % gegenüber dem Jahr 1990 (1.642 Mio. t CO_{2äq}). Die endenergiebezogenen Emissionen je Einwohner*in betragen im Jahr 2019 7,8 t CO_{2äq}, was einem Rückgang um 39 % gegenüber dem Jahr 1990 (12,9 Mio. t CO_{2äq}) entspricht. Damit liegt die Stadt Würzburg derzeit bei den Pro-Kopf-Emissionen unter dem bundesdeutschen Durchschnitt in Höhe von 7,9 t CO_{2äq} im Jahr 2019. Sowohl die absoluten als auch die Pro-Kopf-Emissionen sind in Würzburg seit dem Jahr 2015 kontinuierlich zurückgegangen.

Im Jahr 2019 entfielen auf den Sektor Haushalte 28 % des Endenergieverbrauchs und 25 % der CO₂-Emissionen, auf den Sektor Verkehr 27,3 % des Endenergieverbrauchs und 29 % der CO₂-Emissionen, auf den Sektor Industrie 26 % des Endenergieverbrauchs und 30 % der CO₂-Emissionen, auf den Sektor GHD 17,3 % des Endenergieverbrauchs und 14,7 % der CO₂-Emissionen sowie auf den Sektor Kommune 1,4 % des Endenergieverbrauchs und 1,3 % der CO₂-Emissionen.

Im Sektor Haushalte sind die CO₂-Emissionen im Jahr 2019 gegenüber 2015 um 5,5 % zurückgegangen. Im gleichen Zeitraum reduzierte der Sektor GHD seine Emissionen um 12 % und der Sektor Industrie um 18 %. Im Sektor Verkehr sind die Emissionen seit 2015 nahezu stagnierend.

Der Gesamtstrombedarf der Stadt Würzburg wurde durch die lokal erzeugte Menge bilanziell zu 91 % gedeckt. Die Stromerzeugung basiert überwiegend auf fossilen Energieträgern, allen voran Erdgas. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Strombedarf betrug 6,5 % im Jahr 2019.

Potenziale und Szenarien

Mit Hilfe von Szenarien wird die Wirkung von verschiedenen Rahmenbedingungen und Annahmen auf die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen abgeschätzt. Sie zeigen mögliche Entwicklungspfade auf und stellen keine Prognosen dar. Basierend auf dem Bilanzjahr 2019 der Energie- und THG-Bilanz für die Stadt Würzburg wurden zwei Szenarien erstellt.

Im Szenario Trend 2045 (TREND 2045) werden Entwicklungen von Endenergieverbrauch und Emissionen abgebildet, wie sie sich ohne die Umsetzung besonderer Klimaschutzanstrengungen vor Ort ergäben und sich aus gegenwärtigen sowie projizierten Rahmenbedingungen abzeichnen. Dazu zählt primär ein leichter Bevölkerungsanstieg von 4,5 % bis zum Jahr 2045 und damit verbundenen einem Anstieg der Wohneinheiten und Wohnflächen. Auch für die Erwerbstätigenzahl wird von einem Anstieg von 7 % ausgegangen.

Im Szenario Klimaneutralität 2045 (KN 2045) wird aufgezeigt, welche Anstrengungen erforderlich sind und welche Maßnahmen getroffen werden müssen, um auf dem Territorium der Stadt spätestens bis zum Jahr 2045 Klimaneutralität erreichen zu können. Die sozioökonomischen Entwicklungen entsprechen denen des Szenarios TREND 2045, d.h. einer wachsenden Bevölkerung und Beschäftigung sowie einer Zunahme der Wohneinheiten. Das Szenario KN 2045 berücksichtigt die ambitionierten Anstrengungen aus dem lokalen Maßnahmenset des iKK, sofern sie quantifizierbar sind. Zusätzlich wurden notwendige Entwicklungen auf Bundesebene angenommen. Die verschiedenen Verbrauchsbereiche wurden so nach Energieeinsparpotenzialen durchleuchtet und mögliche Wirkungen kalkuliert.

In beiden Szenarien findet eine deutliche Reduzierung des Endenergieverbrauchs (EEV) statt. Im KN 2045 wird gegenüber 1990 eine Minderung um 45 % erreicht. Dafür müssen in den nächsten Jahren in allen Verbrauchssektoren sehr hohe Effizienzsteigerungen angestrebt werden. Besonders deutlich wird dies im Verkehrsbereich. Hier wird die Reduzierung der Fahrleistung durch die Änderung im Mobilitätsverhalten und die Umstellung auf E-Mobilität eine entscheidende Rolle spielen (-74% EEV-Einsparung). Im Sektor Haushalte werden Einsparungen von -24% (gegenüber 2019) und -15% (gegenüber 1990) erzielt, wobei zu beachten ist, dass im Zeitraum von 1990 bis 2019 der EEV der Haushalte gestiegen ist. Im Bereich Wirtschaft (Industrie und GHD) können Einsparungen von jeweils -24% gegenüber 2019 und sogar von -50% bzw. -52% gegenüber 1990 erzielt werden.



Die klimaneutrale Erzeugung von Fernwärme ist eine wichtige (lokale) Voraussetzung zur Erreichung der Klimaneutralität. Zusammenfassend können für den Bereich der Wärmeversorgung folgende zentrale Ziele für das KN 2045 abgeleitet werden: Eine Reduktion des Wärmeverbrauchs um 41% bis zum Jahr 2045 gegenüber 2019, die komplette Verdrängung von Heizöl und Erdgas sowie ein starker Ausbau von Fernwärme und Nahwärme basierend auf erneuerbaren Energien und Abwärme, deren Anteile auf 43% bzw. 20% bis zum Jahr 2045 steigen.

Zur Entwicklung der lokalen Stromproduktion aus PV-Anlagen wurde das Potenzial auf Dachflächen, Freiflächen, Agri-PV, Parkplätzen sowie durch bauwerksintegrierte Anlagen angenommen. Im TREND 2045 können durch PV-Strom 17 % und im KN 2045 25 % des Strombedarfs in Würzburg gedeckt werden.

Die Struktur der Energieträgerverteilung wird sich deutlich verändern. Während im Jahr 2019 Erdgas mit 35% und Mineralölprodukte mit 31% deutlich dominieren, wird im KN 2045 im Jahr 2045 Strom mit 45% zum wichtigsten Energieträger. Aber auch Fernwärme und Nahwärme steigern ihre Anteile deutlich auf insgesamt 34%. Strom, Fernwärme und Nahwärme sind sogenannte sekundäre Energieträger. Sie entstehen durch Umwandlungsprozess aus Primärenergie. Im KN 2045 wird unterstellt, dass bis zum Jahr 2045 diese drei Energieträger auf Basis erneuerbarer Energien erzeugt werden. Erneuerbare Energien können aber auch „direkt“ z.B. in der Wärmeversorgung von Gebäuden in Form von Solarthermie, Umweltwärme oder auch Biomasse eingesetzt werden. Deren Anteil steigt im KN 2045 bis auf 19%.

Noch ambitionierter sind die Zielsetzungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. Neben der Reduzierung des Energieverbrauchs ist die kontinuierliche Substitution der fossilen Energieträger von entscheidender Bedeutung. Im KN 2045 können die THG-Emissionen im Vergleich zu 1990 bis 2045 um 97 % reduziert werden. Treiber für diese Entwicklung sind der Ausbau der erneuerbaren Energien und die Umstellung der Energieträger. Lokale Treibhausgasneutralität wird jedoch in Würzburg nur erreichbar sein, wenn auch der Bund seine Klimaschutzziele und energiepolitischen Rahmenbedingungen konsequent hierauf ausrichtet.

Die verbleibenden Emissionen von ca. 47.000 Tonnen CO₂ pro Jahr verteilen sich auf alle Sektoren und ergeben sich u.a. aus Emissionen aus den Vorketten. Diese (geringen) Restemissionen müssen letztlich kompensiert bzw. ausgeglichen werden. Im Verkehrssektor sind bisher die niedrigsten Minderungen erreicht, hier ist der Minderungspfad für das KN 2045 besonders ambitioniert. Der zweitstärkste Minderungspfad wurde für den Sektor Haushalte ermittelt. Die Sektoren Industrie und GHD haben einen gewissen „Vorsprung“, aber auch hier stellt die tatsächliche Erreichung der Minderungspfade eine erhebliche Herausforderung dar.

Klimaneutralität bereits 2040

Das Szenario KN 2045 für die Stadt Würzburg stellt mit Hilfe quantifizierbarer Maßnahmen zunächst eine Minderung der THG-Emissionen um 88% bis 2040 dar, bis zum Jahr 2030 erfolgt eine Reduktion um 69%. Entsprechend dem Landesklimaschutzgesetz Bayern strebt auch die Stadt Würzburg die Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 an. Für die verbleibende Deckungslücke zur Erreichung des Ziels und für den Umgang mit unvermeidbaren Restemissionen sollen dem Stadtrat spätestens bis zum Jahr 2024 konkrete Vorschläge zur Beschlussfassung vorgelegt werden.

Einhalten eines CO₂-Restbudgets

Will man den Klimawandel auf das international im Pariser Klimaschutzabkommen vereinbarte, gerade noch beherrschbare Ausmaß begrenzen, darf global insgesamt nur noch eine bestimmte Menge an Treibhausgasen ausgestoßen werden. Diese Obergrenze wird als CO₂-Budget oder Restbudget bezeichnet. Das Budget wird nach Einhaltung der Erwärmung auf ein bestimmtes Niveau sowie nach bestimmten Wahrscheinlichkeiten ermittelt. Das heißt, soll die Erderwärmung mit einer 2/3-Wahrscheinlichkeit auf 1,5° C bzw. 1,75° C begrenzt werden, so stehen ab 2020 für jede Würzburgerin und jeden Würzburger noch rund 30 bis 80 Tonnen CO₂-Emissionen zur Verfügung. Aktuell werden in Würzburg etwa 7,8 Tonnen CO₂ pro Kopf und Jahr emittiert. Bei unveränderter Emission wären diese Budgets ausgehend vom Jahr 2020 daher in rund 4 bis maximal 11 Jahren aufgebraucht. Nach einer überschlägigen Betrachtung erscheint die Umsetzung des Szenarios KN2045 zusammen mit den zusätzlichen Maßnahmen zur Erreichung einer Klimaneutralität bis 2040 mit der Einhaltung eines 1,75°C-68%-Budgets weitgehend kompatibel. Allerdings gibt es hier noch methodische Unsicherheiten.

Klimaneutralität bereits 2035

Klimaneutralität für die Stadt Würzburg bereits bis zum Jahr 2035 erfordert neben der Umsetzung sehr ambitionierter lokaler Maßnahmen auch höchst ehrgeizige übergeordnete Rahmenbedingungen, wie vollständig klimaneutraler Strom und ausreichend grüner Wasserstoff bis 2035, eine Sanierungsrate von 5%, das Verbot von Verbrennungsmotoren und eine vollständige Elektrifizierung des Verkehrs. Im Fazit muss bei der Betrachtung eines mit dem 1,5-°C-Ziel kompatiblen Entwicklungspfades festgestellt werden, dass dieser sich mit den aktuellen Rahmenbedingungen zunehmend als nicht mehr vollständig erreichbar darstellt.

Handlungsfelder und Maßnahmen

Das integrierte Klimaschutzkonzept umfasst die neun Handlungsfelder 1. Stadtverwaltung, 2. Energieversorgung, 3. Wohnen, 4. Wirtschaft, 5. Mobilität, 6. Konsum und Abfall, 7. Kompensation, Klimapartnerschaften und Senken, 8. Bildung und Kultur sowie 9. Kommunikation, Beteiligung und Soziales. Neben den fünf zentralen, durch ihre Maßnahmen in den Szenarien quantifizierbaren, Handlungsfeldern 1 bis 5 werden durch das iKK nun auch Querschnittsthemen in den Handlungsfeldern 6 bis 9 berücksichtigt, die den gesteigerten Bemühungen der Stadt Würzburg Rechnung tragen.

In den neun Handlungsfeldern wurden durch den breiten Beteiligungsprozess und durch enge Abstimmungen mit Stadtverwaltung und Politik insgesamt 30 Maßnahmen festgelegt. Eine Maßnahme ist eine strategische Zielsetzung und kann aus mehreren Bausteinen bestehen. Die Umsetzungsschritte zur Zielerreichung werden nach regulatorisch-ordnungsrechtlichen, konzeptionell-strategischen, finanziellen, organisatorischen, kommunikativen sowie investiven Instrumenten gegliedert. Insgesamt wurden 94 Bausteine erarbeitet. Bei allen Maßnahmen wurde der Bezug zu den 17 UN-Zielen für eine nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals) aufgezeigt.

Das **Handlungsfeld 1 Stadtverwaltung** ist von übergeordneter Relevanz. Es beinhaltet die Wahrnehmung der Vorbildfunktion ebenso wie das Etablieren des organisatorischen Rahmens, um insgesamt die Umsetzung des iKK in der gesamten Stadtgesellschaft anzuschieben, zu begleiten und zu überwachen. Zentrale Bausteine des Maßnahmenpakets in diesem Handlungsfeld sind das Aufstellen einer Startbilanz für die Betrachtungsebene der Stadtverwaltung nach dem Greenhouse Gas Protocol, das Festlegen eines „Würzburger Energiestandards“ (WES) als Leitlinie sowie das Angehen der Aufgabe, einen klimaneutralen Bestand der stadteigenen Gebäude nach dem „worst first“ Prinzip zu etablieren. Die nachhaltige Beschaffung und Vergabe von Gütern und Dienstleistungen, der Ausbau der Photovoltaik auf kommunalen Dächern, ein klimaneutraler Fuhrpark sowie die klimaneutrale Gestaltung der Arbeitswege für die Beschäftigten sind weitere wichtige Elemente. Das Handlungsfeld umfasst vier Maßnahmen mit 17 Bausteinen.

Im **Handlungsfeld 2 Energieversorgung** geht es schwerpunktmäßig um die lokale Bereitstellung von Strom und Wärme. Durch unterschiedliche Maßnahmen in der Vergangenheit konnte die Effizienz des Gesamtsystems bereits erheblich gesteigert werden. Die wesentliche Aufgabe für die Zukunft ist es, vor allem die Wärmeversorgung der Stadt auf regenerative Quellen und Abwärme umzustellen. Dabei spielen die Optimierung, Nachverdichtung und Ausweitung der Fernwärme dominierende Rollen und werden durch Nahwärmenetze, Wärmespeicher sowie Erschließung von klimafreundlichen Quellen und Energieträgern flankiert. Der rapide Ausbau der solaren Stromerzeugung wird die Wärmewende im Stadtgebiet ergänzen und umfasst neben Dächern auch Fassaden und Parkplätze. Eine Strategie ist, in Kooperationen und Wechselbeziehungen ein klimafreundliches Energiesystem über den Stadtraum hinaus zu unterstützen, sei es durch den Ausbau der Windenergie, Power-to-X Anlagen oder Bürgerenergieprojekte. Das Handlungsfeld umfasst vier Maßnahmen mit zwölf Bausteinen.

Das **Handlungsfeld 3 Wohnen** fokussiert sich auf das Reduzieren der THG-Emissionen in Wohngebäuden, deren Struktur in Würzburg sehr heterogen ist. Zentrale strategische Zielsetzung ist, eine nachhaltige Stadt- und Siedlungsentwicklung sowie einen klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen. Hier besteht die Herausforderung insbesondere darin, Wege zu finden, um in Zukunft alle Gebäude ohne Heizöl und Erdgas zu beheizen und dennoch die Kosten sozial verträglich zu halten. Ein wichtiges Element für die Umsetzung ist eine räumlich ausdifferenzierte Wärmeplanung bzw. -strategie, wie sie derzeit über den Energieleitplan erarbeitet wird. Indem aufgezeigt wird, in welchen Bereichen sich welche Form der klimaneutralen Wärmeversorgung aus fachlichen Gründen anbietet (Nah- oder Fernwärme, Wärmepumpe, ggf. gasförmige Brennstoffe), wird ein abgestimmtes Vorgehen auf Ebene der Quartiere ermöglicht. Energetische Quartierskonzepte sind dann ein wichtiger Baustein zur Ausdifferenzierung und Umsetzung der Zielsetzungen. Als weitere wesentliche Voraussetzung gilt es, die energetische Ertüchtigung des Gebäudebestandes gemeinsam mit den Eigentümerinnen und Eigentümern voranzutreiben. Das Handlungsfeld umfasst drei Maßnahmen mit acht Bausteinen.

Das **Handlungsfeld 4 Wirtschaft** nimmt die THG-Emissionen in den Sektoren Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) in den Blick. Der Einfluss der Kommune ist hier begrenzt – der enge Austausch mit den Akteuren, Verbänden und Unternehmen vor Ort ist eine wichtige Grundlage, um mehr Klimaschutz zu erreichen. Dabei sind Komplexität und Vielfalt des Wirtschaftszentrums der Region Mainfranken zu berücksichtigen. Wichtige Ansatzpunkte sind die Erhöhung der Energieeffizienz durch aktivierende Angebote wie Energieeffizienz-Netzwerke, grüne Gewerbegebiete, die Eigenerzeugung von nachhaltiger Energie, die Abwärmenutzung sowie die betriebliche Mobilität. Innovationen sollen durch eine verbesserte Kooperation der Wirtschaft mit Forschung und Wissenschaft erreicht werden. Auch die Erhöhung der Sichtbarkeit von bereits bestehenden guten Ansätzen (Klimaschutzbarometer) soll erreicht werden. Das Handlungsfeld umfasst drei Maßnahmen mit acht Bausteinen.

Das **Handlungsfeld 5 Mobilität** zielt auf die Ausgestaltung einer Verkehrs- und Mobilitätswende vor Ort und steht unter erhöhtem Handlungsdruck, denn seit 2015 sind in Würzburg die Emissionen hier nur leicht gesunken und der Pkw-Bestand ist kontinuierlich gewachsen, während die Emissionen in allen anderen Sektoren gesunken sind. Laut aktuellen Analysen werden in Würzburg derzeit rund 25 % der Wege zu Fuß zurückgelegt, 13,5 % mit dem Rad, knapp 13 % mit öffentlichen Verkehrsmitteln, sowie die restlichen 48,5 % mit dem Auto. Mittelfristig strebt die Stadt an, dass der Anteil des Umweltverbundes von derzeit rund 52 % auf 70% bis zum Jahr 2030 steigt. Die Maßnahmenentwicklung setzt hier auf die Ansätze des Green-City-Plans von 2018 auf. Priorität haben die Maßnahmen zur Stärkung des ÖPNV, primär der Ausbau der Straßenbahn und die Optimierung des Busverkehrs sowie Maßnahmen zur Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs (MIV). Die Maßnahmen umfassen das ganze Spektrum der klimafreundlichen Mobilität mit Rad- und Fußverkehr, Ausbau der E-Mobilität sowie eine saubere urbane Logistik. Eine enge Abstimmung mit der Neuaufstellung des Verkehrsentwicklungsplanes ist bei der Umsetzung anzustreben. Das Handlungsfeld umfasst fünf Maßnahmen mit 17 Bausteinen.

Durch das **Handlungsfeld 6 Konsum und Abfall** sollen vor- und nachgelagerte Emissionen, die möglicherweise auch außerhalb des Territoriums der Stadt Würzburg anfallen, berücksichtigt werden. Die Maßnahmen im Handlungsfeld zielen hierbei darauf ab, klimafreundliche Konsummuster zu unterstützen, wo möglich kommunale Vorgaben zu machen und insgesamt auf eine Reduzierung der Abfallmenge sowie eine Erhöhung des Recyclings hinzuwirken. Die Maßnahme „Würzburg is(s)t und feiert klimafreundlich“ setzt auf breite Mitwirkung der Stadtgesellschaft und hat hier eine hohe Außenwirkung, der Aufbau einer Bau- und Wertstoffbörse ist ein weiteres wichtiges Element. Es wird empfohlen, mittelfristig ein ZeroWaste-Leitbild zu entwickeln, welches auf die Vermeidung von Abfällen auf allen Ebenen – also auch bereits im Planungs- und Produktionsprozess – abzielt. Bei nachhaltiger Ernährung möchte die Stadt Vorbild sein. Das Handlungsfeld umfasst zwei Maßnahmen mit sechs Bausteinen.

Das **Handlungsfeld 7 Kompensation, Klimapartnerschaften und Senken** entwickelt erstmals für die Stadt Würzburg Ansätze für den Umgang mit nicht vermeidbaren oder nicht vermiedenen Emissionen. Diese sind nachgeordnet und erhalten dann Relevanz, wenn das Erreichen des Ziels einer Klimaneutralität bedroht ist. Bei Kompensation geht es in erster Linie darum, Grundsätze für eine potenzielle Inanspruchnahme und mögliche Finanzierungsansätze durch einen Klima-Fonds zu entwickeln. Kompensation kann für den Bereich der „Stadtverwaltung“ in Teilen eine probate Übergangsstrategie zur Zielerreichung sein. Im Bereich der Gesamtstadt sind Kompensationen als problematisch einzuschätzen. Bei Klimapartnerschaften sollen kooperativ-positive Effekte erzielt werden, die nicht zwangsläufig in einer Bilanz Berücksichtigung finden. Hier werden Partnerschaften mit der Region und dem „globalen Süden“ hervorgehoben. Natürliche Senken rücken zunehmend in den Fokus und auch die Stadt Würzburg möchte hier ihre Handlungsmöglichkeiten zu deren Stärkung ausweiten. Potenzielle Effekte eines „CO₂-Entzugs“ sollten jedoch nicht überschätzt werden. Pflege und Ausbau des Stadtwaldes und klimagesunde Weinberge sind hier Elemente. Das Handlungsfeld umfasst drei Maßnahmen mit sieben Bausteinen.

Das **Handlungsfeld 8 Bildung und Kultur** soll dem ganzheitlichen Anspruch des iKK gerecht werden. Die Relevanz liegt in dem transformatorischen Potenzial, um langfristige Einstellungs- und Verhaltensänderungen zu erzielen. Angebote zur Bildung für nachhaltige Entwicklung – unter anderem der Umweltstation – sollen weiter gestärkt und ein stabiles Netzwerk lokaler Akteure aufgebaut werden. Durch das Miteinbeziehen der wichtigsten städtischen und freien Akteure des Kulturbereiches wird die langfristig nachhaltige Ausrichtung der Kulturarbeit strategisch implementiert und der Erfahrungsaustausch zwischen allen Beteiligten gewährleistet. Für den Kunst- und Kulturbetrieb werden konkrete Hilfestellungen entwickelt, um Veranstaltungen sowie die Kulturgebäude energieeffizient und klimaneutral auszugestalten. Das Handlungsfeld umfasst drei Maßnahmen mit acht Bausteinen.

Im **Handlungsfeld 9 Kommunikation, Beteiligung, Soziales** stehen die zu erwartenden Herausforderungen und Systemveränderungen hinsichtlich des Klimaschutzes im Mittelpunkt. Soziale Gleichheit und Teilhabe haben hier besonderen Wert. Ziel von Klimakommunikation ist es, aufzuklären und Wissen zu

vermitteln sowie Wege zu finden, um die Handlungsbereitschaft bei Individuen und Gruppen zu erhöhen. Durch Foren und Netzwerke soll eine gute Infrastruktur für partizipative und informative Prozesse geschaffen werden. Die Etablierung eines Zukunfts- und Bürger*innenrates nach dem Zufallsprinzip ist ein zentrales Element der Beteiligungsangebote. Hilfestellungen für einkommensschwache Haushalte sollen die Sozialverträglichkeit von Klimaschutzbemühungen erhöhen. Das Entwickeln von Zukunftsbildern, positiven Framings sowie Instrumente wie ein „Klima-Dashboard“ soll die Kommunikation von Erfolgen und Wirksamkeit erhöhen. Das Handlungsfeld umfasst zwei Maßnahmen mit sieben Bausteinen.

Schlüsselmaßnahmen und Priorisierung

Für das vorliegende Maßnahmenet wurde eine Priorisierung basierend auf drei zentralen Aspekten vorgenommen: THG-Minderungspotenzial als überschlägige Wirkungsabschätzung, Einflussmöglichkeit der Stadtverwaltung sowie Stakeholderrelevanz (Bedeutung, Alltags- und Außenwirkung). Dabei ist zu beachten, dass viele Maßnahmen aus vielfältigen Bausteinen bestehen, deren Wirkungen einzeln oder in der Summe zumeist nur bedingt kalkulatorisch erfasst oder quantifiziert werden können. Die Ergebnisse dieser überschlägigen Wesentlichkeitsbetrachtung wurden in eine Matrix überführt, in der die Maßnahmen auf zwei Achsen nach Einflussmöglichkeit der Stadtverwaltung sowie nach THG-Minderungspotenzial dargestellt werden. Die Maßnahmen mit hoher THG-Wirkung und Priorität sind Maßnahme 5.1 ÖPNV stärken, Maßnahme 2.1. Weichen stellen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung sowie Maßnahme 5.3. MIV reduzieren. Mit geringerer THG-Wirkung, aber hoher Stakeholderrelevanz sowie mit der höchsten Beeinflussbarkeit durch die Verwaltung sind die Maßnahmen 1.1. Klimaschutz als zentrale Verwaltungsaufgabe, 1.2 THG-Neutralität des städtischen Gebäudebestands sowie 1.3. Stromverbrauch reduzieren und erneuerbare Stromerzeugung ausbauen.

Monitoring und Controlling

Wesentliche Elemente der Überwachung sind das Identifizieren, Erheben, Bewerten und Fortschreiben von Indikatoren. Für die nun vorgelegten Maßnahmen wurde ein umfangreiches Set von 135 Indikatoren erarbeitet, darunter 24 Indikatoren der Kategorie I, die direkt aus der Energie- und THG-Bilanz abgeleitet werden können. Sie sind als Werkzeug zu verstehen, um Wirkungszusammenhänge zwischen der Energie- und THG-Bilanz sowie den Umsetzungserfolgen der Aktivitäten in Beziehung zu setzen.



Danksagung

Das vorliegende Integrierte Klimaschutzkonzept ist Produkt eines umfassenden Prozesses der Zusammenarbeit zahlreicher Personen, die sich mit Fachkenntnis, Sachverstand und Engagement an der Erarbeitung der Maßnahmen beteiligt haben, Daten und Hintergrundwissen für die Bilanz- und Szenarienerstellung bereitgestellt haben sowie wichtige Kenntnisse, Wissen um lokale Zusammenhänge und Erfahrungen aus Verwaltung und Politik eingebracht haben. Ihnen allen möchten wir an dieser Stelle unseren herzlichen Dank sagen für die vielen sehr konstruktiven Fachgespräche, Auskünfte, Telefonate, Emails, Videokonferenzen und Textüberarbeitungen.

Danken möchten wir allen Würzburgerinnen und Würzburgern, die an den Workshops teilnahmen oder ihre Meinung in der Online-Bürgerbeteiligung und am Klimakongress einbrachten, denn hier entstanden viele wertvolle Erkenntnisse und Ideen für die Maßnahmen. Beeindruckend und hervorheben möchten wir ausdrücklich auch die zahlreichen Politikerinnen und Politiker des Stadtrats Würzburg für ihr immer großes Interesse an den Konzeptinhalten während des gesamten Bearbeitungsprozesses.

Der Stadtverwaltung der Stadt Würzburg - insbesondere dem Fachbereich Umwelt- und Klimaschutz - gilt unseren besonderen Dank, denn viele engagierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter begleiteten nicht nur konstruktiv die Maßnahmenentwicklung in den Workshops, sondern beschäftigten sich auch intensiv mit der Ausarbeitung in den redaktionellen Runden. Und – last but not least – ein Dank an den Freistaat Bayern, der dieses Konzept im Rahmen ihrer Richtlinien im Klimaschutzprogramm Bayern 2050 mit einer Zuwendung unterstützte.

1 Kommunalen Klimaschutz in der Stadt Würzburg

1.1. Rahmenbedingungen

Während der finalen Abstimmung des Integrierten Klimaschutzkonzepts für die Stadt Würzburg trafen sich Regierungsvertretungen der 197 Mitgliedstaaten der UN-Klimarahmenkonvention sowie unterschiedliche Interessengruppierungen aus Forschung und Zivilgesellschaft zur 26. UN-Klimakonferenz im Glasgow. Die Konferenz gilt als wichtiger Meilenstein, um das Ziel der Vorgängerkonferenz von 2015 in Paris zu überprüfen und zu konkretisieren. Das völkerrechtlich bindende Ziel von Paris sieht vor, die globale Erderwärmung gegenüber dem vorindustriellen Niveau auf deutlich unter 2, möglichst 1,5 Grad Celsius, zu begrenzen. Analysen aus Forschung und Wissenschaft zeigen, dass Bemühungen und Zielerreichung derzeit dafür nicht ausreichen. Der aktuelle Bericht des Weltklimarates IPCC legt dar, dass global bereits eine Erwärmung von 1,1 Grad Celsius¹ erreicht wurde [IPCC 2021]. Auf der Konferenz standen die national festgelegten Beiträge zur Erreichung des Paris-Ziels auf dem Prüfstand, darunter auch die der Bundesrepublik Deutschland. Unabhängige Benchmarks wie z.B. der Climate Change Performance Index zeigen auf, dass Deutschland sich hier im Ranking gegenüber der letzten Analyse um einige Positionen verbessert hat und derzeit mit Platz 13 insgesamt als „gut“ bewertet wird. Keines der Länder weltweit hat im Ranking eine „sehr gute“ Bewertung erhalten. In das Ranking fließen die aktuellen Treibhausgas-Emissionen, der Ausbau der Erneuerbaren Energien und der Energieverbrauch ebenso ein wie die Ambitionen der Klimapolitik. Dennoch ist diese positive Bilanz nicht ungetrübt. So solle Deutschland wieder stärker eine Vorreiterrolle einnehmen, schneller aus der Kohleverstromung aussteigen, klimaschädliche Subventionen abschaffen und insgesamt die Umsetzung beschleunigen, sonst drohe ein Verfehlen selbst des alten Reduktionsziels von -55% THG-Emissionen im Jahr 2030 [Germanwatch 2022].

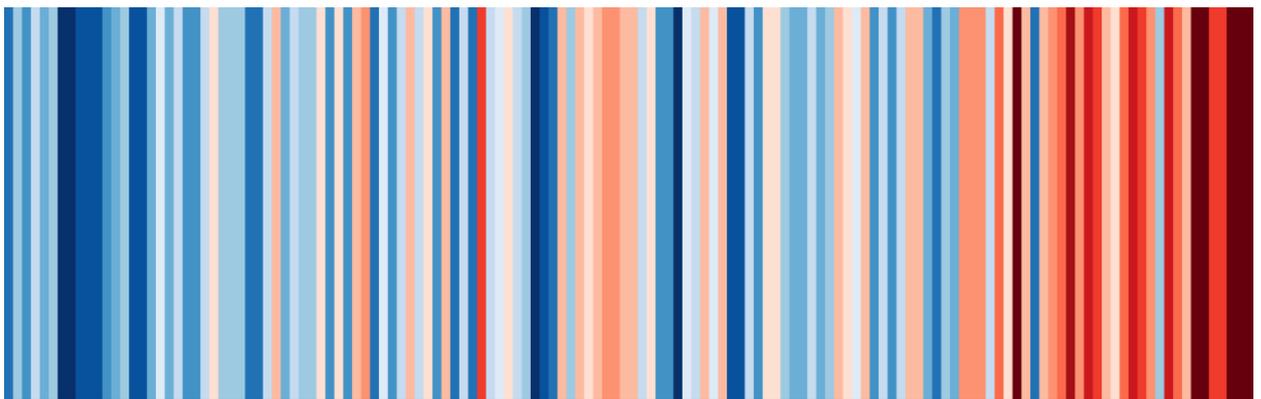


Abbildung 1: „Warming Stripes“ für Bayern im Zeitraum 1881 bis 2020 basierend auf DWD

Quelle: University of Reading, Ed Hawkins, "<https://showyourstripes.info>

¹ Zwischen den Zeiträumen von 1850 bis 1900 und 2011 bis 2020 hat die global gemittelte Oberflächentemperatur um 1,09 °C (Unsicherheitsspanne: 0,95 bis 1,20 °C) zugenommen. Jedes der letzten vier Jahrzehnte war wärmer als das vorangegangene. (A.1.2)

Deutsches Klimaschutzgesetz und Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts

Im Klimaschutzplan 2050 wurden durch die Bundesregierung im November 2016 langfristige Einsparziele in Abstimmung mit den übergeordneten Zielen der EU und des UN-Klimaschutzabkommens von Paris definiert. Die Forderungen einer ambitionierten Ausarbeitung von notwendigen Maßnahmen mündete im Klimaschutzprogramm 2030 sowie dem Bundes-Klimaschutzgesetz von Dezember 2019, welches erstmals verbindliche Einsparungsziele für Sektoren festlegte. Neben diesen übergeordneten Vorgaben beinhaltet diese gesetzliche Normierung auch einen Kontrollmechanismus, die Einrichtung eines Expert*innenrat sowie die Einführung einer CO₂-Bepreisung für Kraft- und Brennstoffe. Flankiert werden die Klimaschutzbemühungen durch weitere im Jahr 2020 verabschiedete Gesetze, wie das Gesetz zum Ausstieg aus der Verstromung von Kohle bis spätestens zum Jahr 2038, das Gebäudeenergiegesetz sowie die Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und umfassende Förderprogramme für klimafreundliche Investitionen wie die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG).

Gegen das Bundes-Klimaschutzgesetz legten mehre Initiativen und Einzelpersonen² Verfassungsbeschwerde beim Bundesverfassungsgericht ein. Ende April 2021 hat das Bundesverfassungsgericht mehrere Klagen für teilweise begründet erklärt. In dieser von vielen als „historisch“ bezeichneten Entscheidung wurde das Klimaschutzgesetz als mit den Grundrechten unvereinbar erklärt, da es hohe Emissionsminderungslasten unumkehrbar auf die Zeiträume nach 2030 verschiebe [Bundesverfassungsgericht 2021] und damit Freiheitsrechte der jungen Generation einschränke.

Im Juni 2021 wurde eine Novellierung des Bundes-Klimaschutzgesetzes verabschiedet. Mit dem novellierten Gesetz wird das Ziel der Klimaneutralität für die Bundesrepublik Deutschland um fünf Jahre auf 2045 vorgezogen und es werden verbindliche Zwischenziele festgelegt. Dazu zählen insbesondere das Absenken der THG-Emissionen um 65 % im Jahr 2030 sowie um 88 % im Jahr 2040 jeweils im Vergleich zu 1990.

² Darunter neben Einzelpersonen der Solarenergie-Förderverein Deutschland (SFV), der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Deutsche Umwelthilfe (DUH), Greenpeace, Germanwatch sowie Protect the Planet.

bis	Politische Ziele zur Senkung der THG-Emissionen in Bezug auf	2020 (alt): Bundesrepublik Deutschland	2021 (neu): Bundesrepublik Deutschland	2021: Europäische Union
2020	gesamt	- 35 % *		- 20 % *
2030	gesamt	- 55 % *	- 65 % *	- 55 % *
	Verwaltung	Klimaneutralität	Klimaneutralität	
2045	gesamt		- 100 % *	
2050	gesamt	- 95-100 % *	Netto negativ Emissionen	- 95-100 % *
* ggü 1990				

Abbildung 2: Politische Ziele zur Senkung der THG-Emissionen für Deutschland und die EU
Quelle: IE Leipzig basierend auf Bundes-Klimaschutzgesetz und European Green Deal

Bayerisches Klimaschutzgesetz

Im November 2020 hat der Freistaat Bayern als zehntes von sechzehn Bundesländern ein Klimaschutzgesetz auf Landesebene beschlossen. Das Bayerische Klimaschutzgesetz ist - neben einem umfangreichen Maßnahmenpaket sowie einem Investitionsprogramm - Teil der übergeordneten bayerischen „Klimaaoffensive“. Laut Gesetz sollte Bayern demnach bis spätestens 2050 das erste klimaneutrale Bundesland werden und die THG-Emissionen pro Kopf sollten bis 2030 um 55 % gegenüber dem Basisjahr 1990 gesenkt werden. Im Juli 2021 kündigte Ministerpräsident Dr. Markus Söder in einer Regierungserklärung an, ein neues Klimaschutzgesetz mit deutlich verschärften Zielsetzungen auf den Weg zu bringen. Der Entwurf für diese Neufassung wurde vom Kabinett am 15.11.2021 beschlossen. Demnach soll der Freistaat bis 2040 klimaneutral werden; bis zum Jahr 2030 sollen außerdem nunmehr 65 % der Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu 1990 eingespart werden. Das Ziel einer klimaneutralen (unmittelbaren) Staatsverwaltung wird auf 2028 vorgezogen (bisher: 2030). Den kommunalen Gebietskörperschaften wird empfohlen, Klimaneutralität ebenfalls bis 2028 zu erreichen; weiterhin wird den Kommunen nahegelegt, in Übereinstimmung mit den Zielen des Freistaates „örtliche Klimaschutzprogramme und Anpassungsstrategien aufzustellen und die darin vorgesehenen Maßnahmen umzusetzen“. Durch den rein empfehlenden Charakter soll eine

Konnexitätsrelevanz des Gesetzes verhindert werden. In Aussicht gestellt wird jedoch die Auflage von Förderprogrammen (u. a. zur Kälte- und Wärmeplanung), um die Kommunen zu unterstützen. Klima- und Energieagenturen mit überwiegend kommunaler Beteiligung werden zudem zukünftig finanziell gefördert. Als Hilfestellung für Kompensationen soll für staatliche Stellen und auch Kommunen eine zentrale Plattform für Ausgleichsmaßnahmen aufgebaut werden.

1.2 Ausgangslage

Ein Bekenntnis, ihre globale Verantwortung zum Klimaschutz durch lokales Handeln wahrnehmen zu wollen, legte die Stadt Würzburg bereits im Jahr 2008 mit dem Beitritt zum „Klima-Bündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern der Regenwälder“ ab. Das langfristige Ziel der Klima-Bündnis-Mitglieder war schon damals, den Ausstoß an klimaschädlichen Emissionen auf 2,5 Tonnen pro Kopf zu reduzieren. Im Dezember 2009 fasste der Stadtrat einen ambitionierten und wegweisenden Beschluss, wonach die gesamtstädtischen CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2020 gegenüber dem Basisjahr 1990 halbiert werden sollten. Darauf aufbauend wurde 2012 ein integriertes Klimaschutzkonzept ausgearbeitet. Eine Bestandsaufnahme für das Jahr 2018 zeigte, dass bis dahin eine Minderung um gut 40 % erreicht wurde. Dies war insbesondere dem Energieträgerwechsel und technischen Verbesserungen im lokalen Kraftwerkspark sowie einer Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor zu verdanken. Die Bestandsaufnahme machte aber auch deutlich, dass in allen Bereichen noch weitere Anstrengungen notwendig sind, um die zukünftigen Klimaschutzziele zu erreichen.

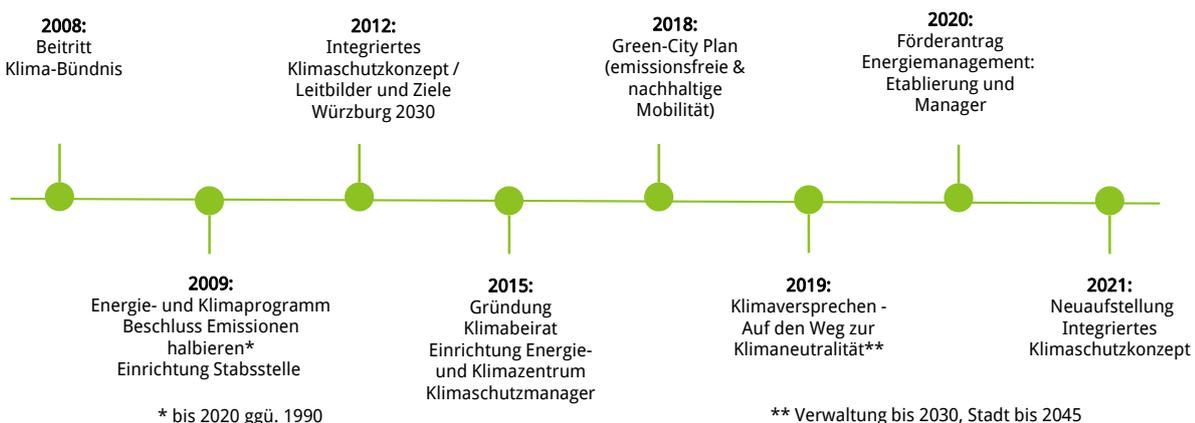


Abbildung 3: Wichtige Klimaschutz-Etappen für die Stadt Würzburg

Quelle: IE Leipzig, 2021

Klimaversprechen 2019

Im Zug der weltweiten Proteste der „Fridays for Future“-Bewegung wurden von vielen Kommunen in Deutschland 2019 ein „Klimanotstand“ ausgerufen. Auch der Stadtrat in Würzburg beschäftigte sich im Herbst 2019 mit entsprechenden Anträgen. Nach umfangreicher Diskussion wurde letztlich entschieden, eine andere Begrifflichkeit zu wählen, um die grundlegende Bedeutung des Klimaschutzes und den daraus entstehenden Handlungswillen zu unterstreichen.



„Würzburg macht Klimaschutz: auf dem Weg zur klimaneutralen Stadt“

1. Klimaschutz hat höchste Priorität
2. Einhaltung der Ziele des Pariser Klimaabkommens
3. Halbierung der CO₂-Emissionen „schnellstmöglich“
4. Klimaneutrale Stadtverwaltung bis 2030
5. Beteiligungen der Stadt wirtschaften „schnellstmöglich“ klimaneutral
6. Stadt spätestens 2045 insgesamt klimaneutral
7. Ambitionierte und kontrollierbare Zwischenziele (Klimaschutzkonzept)
8. Beschlüsse berücksichtigen Auswirkungen auf das Klima
9. Umfassender Appell an und Unterstützung der Gesamtgesellschaft
10. Unterstützung übergeordneter Rahmenbedingungen

So wurde das „Würzburger Klimaversprechen“ geboren und im November 2019 vom Stadtrat beschlossen. Das „Klimaversprechen“ umfasst zehn zentrale Punkte (siehe Abbildung 4) und beinhaltet konkrete Aufträge an die Verwaltung. Zur Umsetzung dieser Grundsatzbeschlüsse wurde die Stadtverwaltung u.a. beauftragt, die Erstellung eines neuen, ambitionierteren Klimaschutzkonzepts in die Wege zu leiten, die Zusammenarbeit mit dem Landkreis zu intensivieren, eine Klimarelevanzprüfung für Beschlussvorlagen einzuführen, jährliche Umsetzungsberichte vorzulegen, die städtischen Beteiligungen (also

Abbildung 4 Würzburger Klimaversprechen 2019
Quelle: IE Leipzig basierend auf Vorlage 02/6800-0654/2019

Unternehmen, an denen die Stadt Beteiligungen hält) in die Bemühungen einzubinden sowie Sofortmaßnahmen zu prüfen und Vorschläge dafür vorzulegen.

1.3 Prozess der Konzepterstellung

Die Konzepterstellung erfolgte im Zeitraum vom Dezember 2020 bis Dezember 2021 und umfasste vier Arbeitspakete mit insgesamt 19 fachlichen Zuarbeiten (Abbildung 5), die durch das Leipziger Institut für Energie GmbH sowie der Agentur 4 K | Kommunikation für Klimaschutz erarbeitet wurden. Die Hauptverantwortung für die Arbeitspakete I, II und IV lag beim Leipziger Institut für Energie, während das Arbeitspaket III in Hauptverantwortung der Agentur 4 K umgesetzt wurde. Zur Begleitung der Konzepterstellung wurde ein Projektmanagement mit monatlichen Abstimmungstreffen (Jour Fixe) etabliert. Die Konzepterstellung wurde durch den Freistaat Bayern im Rahmen der Richtlinie zum Umwelt-Förderschwerpunkt „Klimaschutz in Kommunen“ und dem Klimaschutzprogramm Bayern 2050 (KommKlimaFör) gefördert.

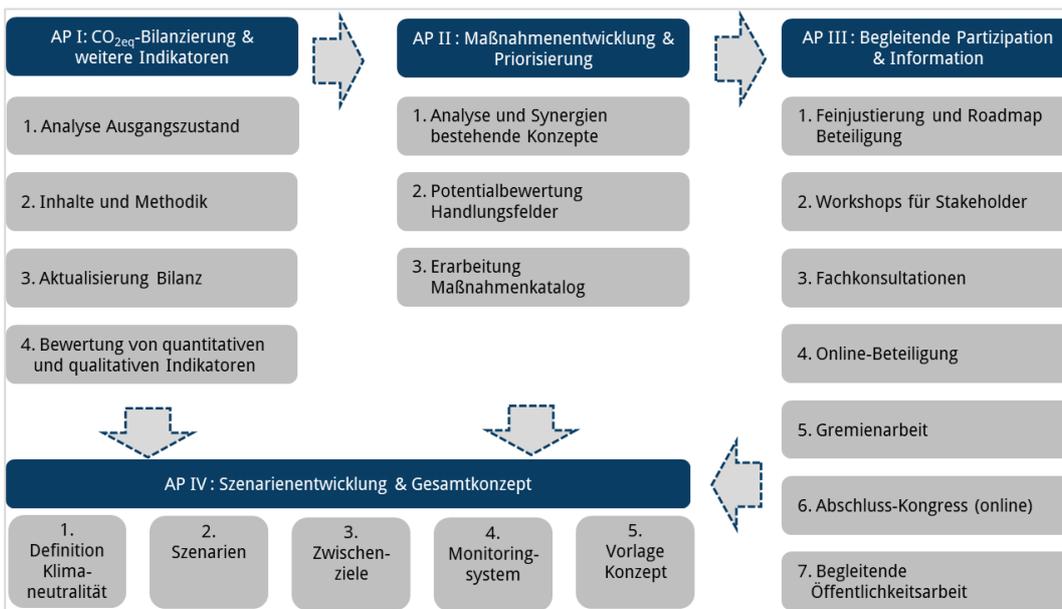


Abbildung 5 Arbeitspakete zur Erstellung des Klimaschutzkonzeptes

Quelle: IE Leipzig

2 Partizipation und Information

Das Ziel der Klimaneutralität bis spätestens 2045 ist ambitioniert und braucht das aktive Zusammenwirken der gesamten Stadtgesellschaft. Daher wurde das Integrierte Klimaschutzkonzept unter breiter Beteiligung lokaler Fachexpert*innen aus Institutionen, Unternehmen, Vereinen und Verbänden, aus Wissenschaft, Politik und Verwaltung sowie unter Beteiligung der Bürger*innen erarbeitet. Durch die Beteiligung der Stakeholder wurde deren lokales Know-how und Fachwissen für die Konzepterarbeitung eingebunden.

Für die Beteiligung während der Konzeptphase fanden themenspezifische Workshops, außerdem Fachgespräche, Beteiligung der Politik und Gremien sowie eine Online-Beteiligung und ein Online-Klimaschutzkongress für Bürger*innen statt (Abbildung 6).



Abbildung 6 Ablauf Beteiligungsprozess während der Konzepterarbeitung

Quelle: IE Leipzig + 4K

Die Ideen der Bürger*innen sollten direkt zum Prozessbeginn aufgenommen werden. Daher wurde zum Auftakt des Klimaschutzkonzeptes eine Ideenbörse geplant. Aufgrund der zu dem Zeitpunkt geltenden Regularien zur Eindämmung der COVID-19 Pandemie konnte diese jedoch nicht wie geplant stattfinden. Dafür wurde eine umfassende Online-Beteiligung durchgeführt, in deren Rahmen die Bürger*innen Ideen und Ansätze in den Prozess einbringen konnten.

In Würzburg sind bereits viele Akteure im Klimaschutz aktiv, die im Rahmen des Beteiligungsprozesses eingebunden wurden. Ein breit angelegter Partizipationsprozess ist insbesondere auch für die Umsetzungsphase der Klimaschutzmaßnahmen wichtig. Der kommunale Handlungsspielraum ist begrenzt und die Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen ist von den Stakeholdern der Stadtgesellschaft abhängig. Nur mit Partizipation dieser Akteure kann Klimaschutz langfristig verstetigt werden. Der zweite Abschnitt des Kapitels gibt daher Empfehlungen für eine Kommunikations- und Beteiligungsstrategie zur weiteren Umsetzung.

2.1 Beteiligung von Fachakteuren

Der Prozess zur Erstellung des Integrierten Klimaschutzkonzeptes erfolgte unter einer intensiven Beteiligung von Fachakteuren, die das Konzept und insbesondere die Entwicklung der Klimaschutzmaßnahmen inhaltlich mitbestimmt haben. Dafür fanden in zwei Workshoprunden insgesamt 14 Workshops für Stakeholder statt (Abbildung 7).

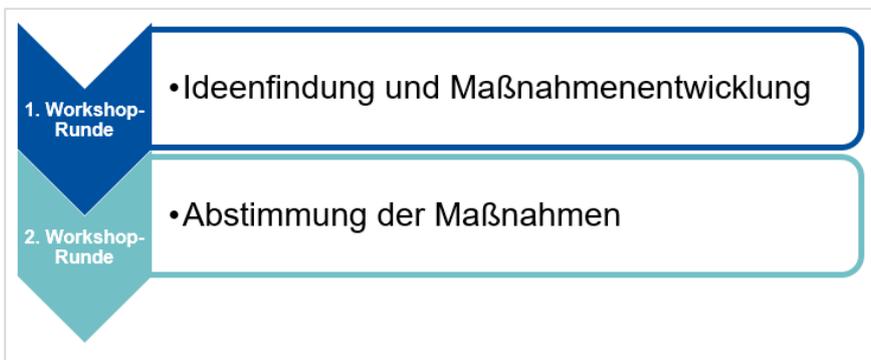


Abbildung 7 Workshoprunden zur Maßnahmenentwicklung

Die Workshops wurden aufgrund der COVID-19-Pandemie online durchgeführt. In den beiden Workshoprunden diskutierten eine Vielzahl an Akteuren über Klimaschutzmaßnahmen für Würzburg in den Themenfeldern Stadtverwaltung, Energieversorgung, Wohnen, Wirtschaft, Konsum & Abfall, Kompensation & Klimapartnerschaft, Kommunikation & Beteiligung & Kultur & Bildung sowie für das Thema Mobilität.

An der ersten Workshoprunde haben insgesamt 107 verschiedene Personen aus 45 verschiedenen Institutionen teilgenommen (Tabelle 1). Zum Teil haben sich einige Personen an mehreren Workshops beteiligt. Außerdem haben verschiedene Personen und Fachbereiche der Stadtverwaltung mitgewirkt.

Tabelle 1 Teilnehmende erste Workshoprunde

Datum	Workshop	Anzahl Teilnehmer*innen	Anzahl Institutionen
27.01.	Wohnen	25	14
03.02.	Wirtschaft	21	13
04.02.	Stadtverwaltung	20	5
24.02.	Energieversorgung	21	15
25.02.	Konsum & Abfall	27	18
10.03.	Kompensation& Klimapartnerschaft	13	9

11.03.	Klimakommunikation	27	17
Teilnehmende gesamt (mit Doppelzählung)		154	
Teilnehmende gesamt (ohne Doppelzählung)		107	

In dieser ersten Phase wurden Ideen und Ansätze der Akteure gesammelt und gemeinsam erste Maßnahmen entwickelt. Diese wurden im Nachgang zu Maßnahmenentwürfen aufgearbeitet und in einer zweiten Workshopphase weiter konkretisiert. Durch die engagierten Diskussionen der Teilnehmer*innen wurden so neue Ansätze und Projektideen ergänzt und Kompromisse erzielt. Dafür haben, ohne Doppelzählung, insgesamt 93 Personen aus 31 verschiedenen Institutionen an der zweiten Workshoprunde teilgenommen. Etwa 40% der Teilnehmenden kamen aus der Stadtverwaltung (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2 Teilnehmende zweite Workshoprunde

Datum	Workshop	Anzahl Teilnehmer*innen	Anzahl Institutionen
09.06.	Wohnen	20	12
10.06.	Energieversorgung	19	13
23.06.	Wirtschaft	16	10
24.06.	Mobilität	17	8
06.07.	Stadtverwaltung	22	4
07.07.	Konsum & Abfall	16	10
21.07.	Kommunikation, Beteiligung, Kultur und Bildung	20	10
Teilnehmende gesamt (mit Doppelzählung)		130	
Teilnehmende gesamt (ohne Doppelzählung)		93	

Für das Thema der emissionsfreien und nachhaltigen Mobilität in der Region Würzburg wurde bereits 2018 ein Green-City Plan Würzburg ausgearbeitet. Auf Basis der klimaschutzrelevanten Maßnahmen aus dem Green-City Plan wurden im Rahmen des Workshops Mobilität die Ansätze für das Klimaschutzkonzept diskutiert. Zudem wurde das Handlungsfeld „Klimakommunikation“ im Rahmen des Beteiligungsprozesses zum Handlungsfeld „Kommunikation, Beteiligung, Kultur und Bildung“ erweitert. Ein zweiter Workshop zum Thema Kompensation & Klimapartnerschaft fand aufgrund zu geringer Anmeldungen nicht statt.

Durch die beiden Workshop-Runden wurde vielfältiges Expertenwissen eingebracht und berücksichtigt. Es haben insgesamt, ohne Doppelzählungen, 149 Personen aus 57 verschiedenen Institutionen (Stadtverwaltung als eine Institution gezählt) teilgenommen. Die prozentuale Verteilung der 149 Teilnehmer*innen nach Institutionen stellt Abbildung 8 dar. Dabei haben neben den Mitarbeiter*innen der Stadtverwaltung (36%) insbesondere Vertreter*innen der Wirtschaft und Innungen (24%), der Politik (17%) und Vereine, Verbände und Initiativen (16%) sowie Hochschule und Universität (5%) und kirchliche Vertreter*innen (2%) an den Fach-Workshops teilgenommen.



Abbildung 8 Prozentuale Verteilung der Teilnehmer*innen nach Institutionen
Quelle: Darstellung: 4K

Im Anschluss an die Workshopsrunden wurden die Inhalte aufgearbeitet und die bis dahin erarbeiteten Maßnahmenentwürfe zur weiteren Abstimmung auf die Online-Plattform Nextcloud hochgeladen. Hier konnte im Zeitraum von Ende Juli bis Ende August eine partizipative Überarbeitung der Maßnahmen mit Korrekturen, Ergänzungen und Anmerkungen, durch die Fachakteure vorgenommen werden. Die Ergebnisse dieses intensiven Beteiligungsprozesses sind in einen umfassenden Maßnahmenkatalog eingeflossen (vgl. Kapitel 5 Maßnahmenset für die Stadt Würzburg).

Neben den Workshops wurden für eine weitere inhaltliche Abstimmung **Fachgespräche** geführt. Diese fanden bilateral und in kleineren Gruppen statt (u.a. WVV, MFN, Landkreis Würzburg, Zentrum für digitale Innovationen, Dienststellen der Stadtverwaltung). Mit Hilfe der Fachgespräche konnten offene, themenspezifische Fragestellungen mit ausgewählten Akteuren vertieft und Lösungsansätze gemeinschaftlich definiert werden.

2.2 Beteiligung der Politik und Gremien

Neben den Fach-Akteuren spielen insbesondere die politischen Vertreter*innen einen entscheidenden Beitrag zur Umsetzung des Klimaschutzprozesses sowie die mit der Umsetzung befassten städtischen Mitarbeiter*innen. Die Politiker*innen wurden daher auf verschiedenen Ebenen einbezogen und die Zwischenergebnisse des Prozesses regelmäßig diskutiert und abgestimmt.

Mit den städtischen Mitarbeiter*innen des Fachbereichs Umwelt- und Klimaschutz fanden regelmäßige **Jour Fixe** als Abstimmungstermine statt.

Zudem wurde eine **Steuerungsgruppe Klimaschutzkonzept** mit dem Oberbürgermeister, allen Referenten*innen der Stadt Würzburg sowie den Geschäftsführern der Stadtbau, der WVV und des ZVAWS eingerichtet. Die Steuerungsgruppe hatte zur Aufgabe, die (Zwischen-) Ergebnisse verwaltungsintern abzustimmen und die politische Beschlussfassung vorzubereiten. Dabei wurden für den Erarbeitungszeitraum insgesamt drei Sitzungen einberufen (Tabelle 3).

Tabelle 3 Sitzungen der Steuerungsgruppe

Datum	Titel	Inhalt/ Ergebnis
12.01.2021	Auftakt Steuerungsgruppe	Vorstellung Arbeitsprozess zur Erarbeitung des iKK
17.05.2021	Abstimmung Zwischenergebnisse	Vorstellung und Abstimmung Beteiligungsprozess (Ergebnisse 1. Workshoprunde, Online-Beteiligung) sowie vorläufige THG-Bilanzierung
14.09.2021	Abstimmung Zwischenergebnisse	Vorstellung und Abstimmung Beteiligungsprozess (2. Workshoprunde, Klimaschutzkongress), Maßnahmen, Energie- und THG-Bilanz sowie Arbeitsstand Szenarien

Die Zwischenergebnisse wurden zudem im **Planungs-, Umwelt- und Mobilitätsausschuss** (kurz PUMA) am 10.06.2021, 21.09.2021 und 11.01.2022 vorgestellt. In den Ausschusssitzungen wurden neben dem Beteiligungsprozess insbesondere die Maßnahmenentwicklung, Energie- und THG-Bilanz und die Szenarien präsentiert.

Wichtiges Gremium für den Klimaschutz in Würzburg ist der **Klimabeirat**, der seit 2015 als interdisziplinäres Gremium den Stadtrat, Ausschüsse und die Stadtverwaltung zum kommunalen Klimaschutz berät. Die Zwischenergebnisse während der Konzepterstellung wurden im Klimabeirat am 19.05.2021 sowie am 22.09.2021 vorgestellt und abgestimmt. Zudem haben sich die Mitglieder*innen des Klimabeirats in verschiedenen thematischen Workshops eingebracht.

Nicht zuletzt wurden die Ergebnisse dem **Stadtrat** am 20.01.2022 präsentiert. Vorab fand bereits am 19. November 2021 eine Stadtratsklausur zur Behandlung des Klimaschutzkonzeptes statt. Dort wurden die

erarbeiteten Inhalte der Politik vorgestellt und ausführlich diskutiert. Neben diesen Terminen hat sich der Stadtrat auch über Workshops sowie bei der Überarbeitung der Maßnahmen in Nextcloud und per E-Mail eingebracht.

Das Gelingen des kommunalen Klimaschutzprozesses ist an vielen Stellen von politischen Entscheidungen abhängig. Umso wichtiger ist die kontinuierliche Abstimmung mit Politik und den verschiedenen Gremien. Der Klimaschutzprozess kann sowohl in der Konzeptphase als auch in der Umsetzungsphase vom Austausch profitieren.

2.3 Beteiligung der Bürger*innen

Für das Klimaschutzkonzept ist neben den Fachakteuren und der Politik das Wissen und die Meinungen der Bürger*innen wichtig. Sie sind Dreh- und Angelpunkt für das Gelingen eines gemeinsamen Klimaschutzes. Daher wurden auch hier die Meinungen, Ideen und Anregungen abgefragt und in den Prozess eingebunden. Dafür fand eine Online-Beteiligung statt, ein Online-Klimaschutzkongress wurde veranstaltet und es wurde im Rahmen der Projektlaufzeit kontinuierlich zur Konzepterstellung über die Website und Medien informiert.

Vom 25.03.2021 bis 16.05.2021 wurde eine **Online-Beteiligung** im Rahmen der Erstellung des integrierten Klimaschutzkonzeptes für die Stadt Würzburg durchgeführt. Hierbei konnten die Teilnehmer*innen auf einer dafür eingerichteten Website vorgeschlagene Klimaschutzmaßnahmen bewerten, eine besonders wichtige Maßnahme pro Handlungsfeld auswählen sowie eigene Anmerkungen/ Ideen/ Kritiken über ein Kommentarfeld einbringen. Die Startseite der Website zeigt Abbildung 9. Insgesamt wurden in neun Handlungsfeldern 27 Maßnahmen vorgeschlagen, die im Rahmen der Ideenworkshops entstanden sind.



Abbildung 9 Startseite Website Online-Beteiligung
Quelle: Stadt Würzburg

An der Online-Beteiligung haben insgesamt 1.138 Personen teilgenommen. Neben der Bewertung der Maßnahmen wurden insgesamt 1.104 Kommentare eingereicht. Die Handlungsfelder Mobilität, Konsum & Abfall sowie Wohnen erhielten dabei die meisten Bewertungen und das Handlungsfeld Kompensation und Klimapartnerschaft wurde am wenigsten oft bewertet. Insgesamt wurden aber die Maßnahmen tendenziell als „Sehr wichtig“ oder „wichtig“ gerankt.

In den einzelnen Handlungsfeldern wurden aus den vorgeschlagenen Maßnahmen folgende als jeweiliges „Topthema“ ausgewählt:

- Stadtverwaltung: Klimaneutralität des städtischen Gebäudebestands
- Energie: Solare Stromerzeugung
- Wohnen: Klimaneutral, klimagerecht und grün
- Wirtschaft: Klimaschutzbarometer für Würzburg entwickeln
- Mobilität: Rad- und Fußverkehr stärken
- Konsum & Abfall: Mehrweg – statt Einwegprodukte
- Kompensation: Würzburgs eigener Klimafonds
- Klimakommunikation: Klima-Netzwerk entwickeln
- Kultur & Bildung: Würzburg feiert klimafreundlich

Die Ergebnisse der Online-Beteiligung sind in die weitere Maßnahmenentwicklung eingeflossen.

Zum Ende des Prozesses wurde ein **Online-Klimaschutzkongress am 22. Oktober** veranstaltet, um noch einmal vor der finalen Befassung im Stadtrat mit den Bürger*innen in den Austausch über die Konzeptergebnisse und den weiteren Klimaschutzprozess zu treten.

17:00 Uhr	Begrüßung: Oberbürgermeister Christian Schuchardt Grußbotschaft: Landrat Thomas Eberth Einführung: Klimabürgermeister Martin Heilig
17:15 Uhr	Dr. Eckart von Hirschhausen Videobotschaft
17:30 Uhr	Intro: Klimaschutz gelingt mit breiter Mitwirkung Kurzfilme zu Umsetzungsbeispielen aus Würzburg
17:50 Uhr	Parallel stattfindende Themenräume (zur Auswahl) Themenraum „Konsum / Abfall“ Themenraum „Klimaneutrale Energieversorgung“ Themenraum „Klimaneutrales Würzburg 2030 / 2045“ Themenraum „Klimaneutrales Wirtschaften“ Themenraum „Klimaneutraler Gebäudebestand“ Themenraum „Klimaneutrale Mobilität“
19:15 Uhr	Die Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes als politischer Auftrag Diskussion mit Vertreterinnen und Vertretern der Stadtratsfraktionen
19:45 Uhr	Klimabürgermeister Martin Heilig Abschlussstatement – nächste Schritte

Abbildung 10 Ablauf Online-Klimaschutzkongress

Nach einem gedanklichen Anstoß von Arzt und Wissenschaftsjournalist Dr. Eckart von Hirschhausen wurden insbesondere die Ergebnisse des iKK vorgestellt und diskutiert. Fokus lag insgesamt aber darauf, ins Gespräch mit den rund 180 Teilnehmenden zu kommen und über konkrete Mitmachmöglichkeiten und vor allem über die Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen zu sprechen. Daher haben sich im Rahmen des Klimaschutzkongresses viele lokale Initiativen vorgestellt, an denen sich Bürger*innen beteiligen können. Mit der Veranstaltung wurde erneut deutlich, dass es die Kraftanstrengung aller braucht, um das Ziel der Klimaneutralität in Würzburg bis 2045 zu realisieren. Während des Prozesses zur Konzepterstellung wurde durch eine **begleitende Öffentlichkeitsarbeit** in regelmäßigen Abständen zum Projektstand informiert. Dabei wurden insbesondere Informationen auf der Website der Stadt Würzburg zum Thema Umwelt und Klima veröffentlicht. Darüber hinaus wurden Preetexte erstellt und für Pressearbeit sowie für Social Media genutzt.

Schlussfolgernd kann festgestellt werden, dass durch den partizipativen Prozess (Abbildung 11) zur Erstellung des Klimaschutzkonzeptes bereits eine breite Akzeptanz für die Umsetzung aufgebaut wurde. Mit der

Einbindung der Fachakteure, der Politik und Gremien sowie der Bürger*innen wurde im Prozess deutlich, dass das Fachwissen der Teilnehmer*innen und die Perspektiven unterschiedlicher Tätigkeits- und Handlungsbereiche wichtig sind, um gemeinsam realistisch umsetzbare Maßnahmen zu erarbeiten. Laufende und geplante Klimaschutzaktivitäten sowie bestehende Konzepte wurden berücksichtigt. Damit fördert der Beteiligungsprozess die langfristige Umsetzung der Maßnahmen nach der Konzepterstellung.

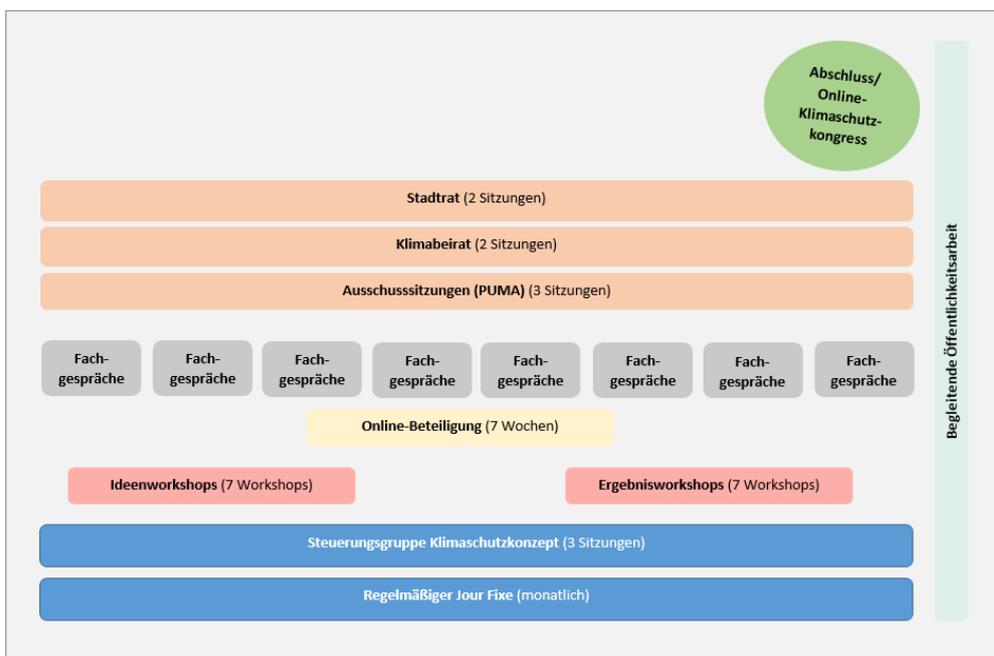


Abbildung 11 Übersicht der Elemente/ Bestandteile des Beteiligungsprozesses/ partizipativen Prozess
Quelle: Darstellung: 4K

3 Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Würzburg

3.1 Hintergrund

Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes aus dem Jahr 2012 wurde für die Erstellung der Energie- und CO₂-Bilanz die internetbasierte Software ECORegion smart verwendet. Die Bilanzierungsmethode nach ECORegion smart kombiniert das Territorialprinzip mit der Möglichkeit, regionale Daten je nach Verfügbarkeit im Verursacher- und Absatzprinzip zu ergänzen.

Im Jahr 2019 erfolgte eine Aktualisierung der Energie- und CO₂-Bilanz für die Jahre 2015 bis 2018, wiederum mit Hilfe des Online-Tools ECORegion smart. Ziel dieser Bilanzierung war es, eine möglichst gute Vergleichbarkeit und Anschlussfähigkeit zu den Ergebnissen aus dem Klimaschutzkonzept 2012 mit Bilanzjahr 2010 sowie zur Fortschreibung der CO₂-Bilanz für die Jahre 2011 bis 2014 durch das Institut für Energietechnik (IfE) zu gewährleisten. Daher wurde damals nicht der 2016 neu eingeführte BSKO-Bilanzierungsstandard gewählt, sondern speziell im Verkehrsbereich die verursacherbasierte Bilanzierungsmethodik beibehalten.

Im nun vorliegenden Klimaschutzkonzept wurde die Bilanz für den durchgängigen Zeitraum von 1990 bis 2019 (aktuelles Bilanzjahr) erstellt. Die Erstellung der Bilanz erfolgte diesmal mit dem Bilanzierungstool Klimaschutz-Planer, in dem auch (weitestgehend) die bereits vorliegenden Bilanzjahre bzw. deren Daten integriert wurden. Diesmal wurde jedoch der BSKO-Bilanzierungsstandard angewendet (vgl. Abschnitt Bilanzierungsmethodik).

Bilanzierungsmethodik

Zur methodischen Vereinheitlichung der Energie- und Treibhausgasbilanzen von Kommunen wurde im Jahr 2014 die Bilanzierungs-Systematik Kommunal (**BSKO-Standard**)³ eingeführt. Durch die Festlegung einer einheitlichen und konsistenten Methodik ist es den Kommunen möglich, interkommunal übertragbare Aussagen zur Energie- und CO₂-Bilanz zu treffen, sofern diese nach BSKO bilanzieren.

BSKO ist eine **endenergiebasierte Territorialbilanz**. Erfasst werden alle energiebedingten Treibhausgasemissionen, die auf dem Gebiet der Stadt Würzburg entstehen. Dazu werden alle auf dem Territorium anfallenden Endenergieverbräuche erhoben und den Verbrauchssektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD), Industrie, kommunale Einrichtungen und Verkehr zugeordnet. Die Daten werden ohne Witterungskorrektur verwendet. Graue Energie⁴ der konsumierten Produkte wird nur berücksichtigt, wenn die Produktion im Territorium erfolgt.

³ ifeu (2019): *BSKO Bilanzierungs-Systematik Kommunal*

⁴ *Graue Energie entsteht bei der Herstellung, beim Transport oder bei der Lagerung von Produkten.*

Über spezifische Emissionsfaktoren werden dann die CO₂-Emissionen berechnet. Die Faktoren berücksichtigen die Vorketten, beinhalten also auch Emissionen, die z. B. durch den Abbau von Rohstoffen oder deren Transport entstehen. So werden auch erneuerbare Energieträger nicht mit einem Emissionsfaktor „Null“ angesetzt. Klimaschutzziel bei Bilanzierung nach BSKO-Standard ist daher, nahezu Nullemissionen zu erreichen. Null ist aufgrund der Vorketten nicht möglich.

Der Emissionsfaktor von Strom basiert auf der Zusammensetzung des Bundesstrommixes, die lokalen Bemühungen der erneuerbaren Strombereitstellung können aber nachrichtlich abgebildet werden.

Nicht-energetische Emissionen aus den Bereichen Land- und Abfallwirtschaft, Abwasser sowie industrielle Prozessemissionen werden nicht bilanziert, sondern ggf. auch nachrichtlich dargestellt.

Durch BSKO hat es im Verkehrssektor einen Methodenwechsel gegeben. Vor der Einführung von BSKO wurde nach dem Verursacherprinzip bilanziert, d. h. der Energieverbrauch wurde ausgehend von den im Stadtgebiet zugelassenen Fahrzeugen und durchschnittlichen jährlichen Fahrleistungen berechnet. Nach BSKO wird das Territorialprinzip auch auf den Verkehrssektor angewendet. Es werden alle Energieverbräuche bilanziert, die durch Verkehrsmittel innerhalb der Stadtgrenze verursacht werden. Dies bedeutet, dass bei allen Fahrten, die in Würzburg beginnen, enden oder nur teilweise durch die Stadt führen, auch nur dieser Anteil berücksichtigt wird. Lediglich Fahrten innerhalb der Stadt werden insgesamt angerechnet.

Um trotz methodischem Wechsel eine kontinuierliche Fortschreibung der Bilanz und eine Vergleichbarkeit der Werte untereinander zu ermöglichen, werden die Daten des Verkehrssektors für die Bilanzjahre 1990 bis 2012 rückwirkend an das Territorialprinzip angepasst (vgl. Abschnitt Datengrundlage und Datenaufbereitung).

Datengrundlage und Datenaufbereitung

Zu den **leitungsgebundenen Energieträgern** gehören **Strom, Erdgas und Fernwärme**. Würzburg ist in Teilen an ein Fernwärmenetz angeschlossen. Die Verbrauchsdaten der leitungsgebundenen Energieträger wurden bei der WVV abgefragt. Die Daten für Fernwärme, Erdgas und Strom bis zum Jahr 2018 wurden aus den bereits vorliegenden Bilanzen der Stadt Würzburg in den Klimaschutz-Planer übertragen. Für 2019 erfolgte eine neue Datenabfrage. Entsprechend BSKO wurden die Verbrauchswerte für Erdgas und Fernwärme nicht witterungsbereinigt.

Zu den **nicht-leitungsgebundenen Energieträgern**, die in Feuerungsstätten eingesetzt werden, gehören **Heizöl, Kohle, Holz** (Holzpellets, Holzhackschnittel, Scheitholz) und **Flüssiggas**. Darüber hinaus werden **Umweltwärme**, die durch Wärmepumpen auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben wird, und **Solarthermie** zur Wärmebereitstellung genutzt. Da nicht-leitungsgebundene Energieträger individuell

bezogen und eingesetzt werden, existieren keine zentral erfassten Nutzungsmengen. Auch ein lokales Energie- und Emissionskataster existiert nicht.

Um hier die methodische Konsistenz gegenüber den vorliegenden Bilanzen beizubehalten, wurden die Verbräuche der Energieträger für Flüssiggas nicht empirisch erhoben, sondern mit den Basiswerten fortgeschrieben und ggf. witterungsangepasst. Die Bestimmung des Heizölverbrauches erfolgte durch eine Fortschreibung anhand der Entwicklungen in Bayern. Die Abschätzung der Entwicklungen erfolgt differenziert auf Ebene der jeweiligen Sektoren.

Für Umweltwärme, Biomasse und Solarthermie erfolgte nochmal eine Abfrage der Daten von 2001 bis 2020. In Tabelle 4, Tabelle 5 und Tabelle 6 sind auszugsweise die Jahre 2010 bis 2020 dargestellt.

Tabelle 4 Förderstatistik Wärmepumpen (Auswertung für die Stadt Würzburg)

Quelle: www.waermepumpenatlas.de

Angabe der Förderdaten aus Marktanzreizprogramm auf kommunaler Ebene (Quelle: BAFA)

Umweltwärme (2021-05-05 waermepumpenatlas.csv)	Einheit	Bezugsjahr										
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Gewerbe / Handel / Freiberufler												
Wärmeleistung	kW	0	0	0	0	0	0	0	22	30	30	58
Anzahl		1	1	1	1	1	1	1	3	4	4	7
Privater Haushalt												
Wärmeleistung	kW	0	20	57	102	128	128	142	177	200	252	296
Anzahl		32	33	36	40	43	43	46	51	55	62	68
Öffentlicher												
Wärmeleistung	kW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sonstiges												
Wärmeleistung	kW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Landwirtschaft												
Wärmeleistung	kW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe												
Wärmeleistung	kW	0	20	57	102	128	128	142	199	230	282	354
Anzahl		34	35	38	42	45	45	48	55	60	67	76

Tabelle 5 Förderstatistik Biomasse (Auswertung für die Stadt Würzburg)

Quelle: www.biomasseatlas.de
Angabe der Förderdaten aus Marktanzreizprogramm auf kommunaler Ebene (Quelle: BAFA)

Biomasse (2021-05-05 Biomasseatlas.csv)	Einheit	Bezugsjahr										
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Gewerbe / Handel / Freiberufler												
Thermische Leistung	kW	197	197	197	197	197	253	253	253	253	253	253
Anzahl		7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8
Privater Haushalt												
Thermische Leistung	kW	2.172	2.406	2.688	2.881	3.031	3.139	3.304	3.388	3.437	3.437	3.488
Anzahl		138	151	164	175	183	189	197	201	204	204	206
Öffentlicher												
Thermische Leistung	kW	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Anzahl		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sonstiges												
Thermische Leistung	kW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Landwirtschaft												
Thermische Leistung	kW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe												
Thermische Leistung	kW	2.402	2.636	2.918	3.111	3.261	3.425	3.590	3.674	3.723	3.723	3.774
Anzahl		147	160	173	184	192	199	207	211	214	214	216

Tabelle 6 Förderstatistik Solarthermie (Auswertung für die Stadt Würzburg)

Quelle: www.solaratlas.de
Angabe der Förderdaten aus Marktanzreizprogramm auf kommunaler Ebene (Quelle: BAFA)

Solarthermie (2021-05-05 solaratlas.csv)	Einheit	Bezugsjahr										
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Gewerbe / Handel / Freiberufler												
Kollektorfläche	m²	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
Anzahl		11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Privater Haushalt												
Kollektorfläche	m²	7.003	7.391	7.609	7.924	8.086	8.334	8.515	8.592	8.680	8.726	8.737
Anzahl		842	876	892	920	934	955	972	980	989	993	994
Öffentlicher												
Kollektorfläche	m²	26	26	43	43	81	81	81	81	81	81	81
Anzahl		3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5
Sonstiges												
Kollektorfläche	m²	21	21	21	36	36	36	36	36	36	36	36
Anzahl		1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Landwirtschaft												
Kollektorfläche	m²	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Anzahl		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Summe												
Kollektorfläche	m²	7.156	7.554	7.789	8.120	8.320	8.567	8.748	8.825	8.913	8.960	8.970
Anzahl		857	892	909	938	953	974	991	999	1.008	1.012	1.013

Lokale Anlagen/ Energieproduktion

Im Stadtgebiet Würzburg gibt es folgende größere Anlagen zur öffentlichen Strom- und Wärmeerzeugung:

- Heizkraftwerk Friedensbrücke (HKW)
- Müllheizkraftwerk Gattinger Straße (MHKW)
- Heizwerk Elferweg und Heizwerk Sanderau
- BHKW Berner Straße

Darüber hinaus gibt es auf dem Stadtgebiet Würzburg weitere Anlagen, die Strom aus erneuerbaren Energien erzeugen und nach EEG einspeisen. Bedeutsam sind **Photovoltaikanlagen** sowie die **Laufwasserkraftwerke**. Schließlich gibt es auch kleinere, abseits der öffentlichen Fernwärme betriebe Wärmeverbände (z.B. Universitätsklinikum mit eigenem Blockheizkraftwerk, privater Wärmeverbund im Bereich Lindleinsmühle, etc.)

Die Daten zur Strom- und Wärmeeinspeisung wurden von WVV und MFN zur Verfügung gestellt (Tabelle 7 & Tabelle 8).

Tabelle 7 Netzeinspeisung Fernwärme
Quelle: [WVV]

	BHKW Berner Straße	Heizkraftwerk Friedensbrücke	Heizwerk Elferweg	Heizwerk Sanderau	Müllheizkraftwerk Gattinger Straße	Summe
Jahr	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]
2010	10.420	340.000	2.731	642	39.680	393.473
2011	8.969	294.000	3.725	1.241	43.488	351.423
2012	9.057	289.000	5.057	2.407	58.260	363.781
2013	9.628	267.000	6.055	5.237	85.378	373.298
2014	8.265	239.000	1.974	4.566	76.097	329.902
2015	8.962	214.000	2.214	3.023	16.061	244.260
2016	9.399	284.000	1.406	2.278	58.077	355.160
2017	9.823	281.000	2.773	2.055	53.030	348.681
2018	9.444	271.000	1.790	1.790	59.520	343.544
2019	9.591	274.000	1.980	1.711	51.093	338.375

Tabelle 8 Netzeinspeisung Strom
Quelle: [WV] & [MFN]

Jahr	Laufwasserkraftwerk		Biomasse/Klärgas	Photovoltaik	KWK			
	Untere Mainmühle	Randersacker	BHKW Fa. Deuka Klärwerk	Photovoltaik	BHKW Berner Straße	MHKW Gattinger Straße	HKW Friedensbrücke	BHKW dezentral
2010	5.499	14.811	690	9.006	6.805	91.475	557.000	60.008
2011	6.296	13.695	690	12.538	5.799	87.682	515.000	62.718
2012	6.136	12.324	690	14.234	5.884	77.877	464.000	62.749
2013	5.954	15.081	690	15.397	6.311	82.875	346.000	63.141
2014	6.311	13.291	690	16.786	5.467	87.380	284.000	65.388
2015	5.695	12.700	690	17.555	5.826	81.407	254.000	68.160
2016	6.043	13.962	690	18.234	5.958	88.559	406.000	71.545
2017	5.208	14.252	690	18.799	5.948	77.951	371.000	73.716
2018	4.930	11.377	690	19.818	3.100	89.493	377.000	80.241
2019	4.794	10.970	690	21.165	7.930	91.745	396.000	81.251

Verkehr

Im Klimaschutz-Planer sind bereits Verkehrsdaten hinterlegt. Grundlage sind für den Straßenverkehr (motorisierter Individualverkehr (MIV) und Straßengüterverkehr) die aus dem Verkehrsmodell TREMOD vorliegenden Fahrleistungen je Fahrzeug- und Straßenkategorie für jede Kommune für die Jahre ab 2010. Diese werden mit bundesweiten Kennwerten in Energieverbräuche umgerechnet. Anfang 2019 gab es eine umfangreiche Aktualisierung der Verkehrsdaten.

Zusätzlich fließen die Verbrauchsdaten des Schienenverkehrs und der Binnenschifffahrt mit ein. Der Flugverkehr wird immer dann berücksichtigt, wenn ein Flughafen auf dem Gebiet der Kommune liegt, dies ist in Würzburg nicht der Fall. Ergänzend zu den im Bilanzierungstool hinterlegten Daten müssen die Fahrleistungen der Straßenbahnen und Linienbusse im Stadtgebiet erfasst werden.

Durch die Anwendung der Bilanzierungssystematik BSKO werden im Verkehrssektor die Daten der Bilanzjahre 1990 bis 2012 rückwirkend angepasst (vgl. Abschnitt Bilanzierungsmethodik), da (1) andere Kommunen ebenso vorgehen und nur so ein deutschlandweiter Vergleich möglich ist und (2) die Daten damit in sich konsistent sind und nur so ein Vergleich von 2019 gegenüber 1990 möglich ist. Für die Rückrechnung bietet das ifeu-Institut eine Excel-Abschätzungshilfe basierend auf den Daten von 2010 an. Die Korrektur hat rückwirkend ab 1990 Einfluss auf Energie- und CO₂-Bilanz im Verkehrssektor (vgl. Kapitel Ergebnisse).

Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)

Für den ÖPNV wurden bei der WV konkrete Fahrleistungen und der Energieverbrauch (Strom, Diesel) für die Verkehrsmittel Straßenbahn und Linienbusse abgefragt (Tabelle 9).

Tabelle 9 Verkehrsleistung ÖPNV Würzburg
Quelle: cWV 2021

Stadt-, Straßen- und U-Bahn	Einheit	Bezugsjahr						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fahrstrom	GWh	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,70
Laufleistung	Mio. km	1,60	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,60
Platzleistung	Mio. km	263,00	274,00	274,00	277,00	278,00	274,00	276,00
Personen-km	Mio. km	64,00	64,00	64,00	63,00	64,00	67,00	61,70

Linienbusse	Einheit	Bezugsjahr						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Diesel	Mio. Liter	1,81	1,71	1,70	1,67	1,73	1,72	1,57
Diesel	GWh (10,4 kWh/l)	18,80	17,83	17,70	17,36	17,99	17,89	16,33
Laufleistung	Mio. km	2,89	3,55	3,44	3,45	3,59	3,64	3,45
Laufleistung WSB-Fahrzeuge (Tacho-km)	Mio. km	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Laufleistung WSB-Angaben (Nutzwagen-km)	Mio. km	3,00	2,90	2,90	2,90	3,10	3,10	2,90
Platzleistung	Mio. km	236,00	230,00	233,00	233,00	247,00	251,00	240,00
Personen-km	Mio. km	44,00	41,00	42,00	42,00	42,00	43,00	40,50

Personen-km (Straßenbahn+Bus gesamt)	Mio. km	108,00	105,00	106,00	105,00	106,00	110,00	102,20
--------------------------------------	---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

3.2 Ergebnisse

Der gesamte Endenergieverbrauch und die dadurch bedingten Emissionen werden jeweils nach Energieträgern und Sektoren dargestellt.

Gesamt nach Energieträgern

Der gesamte **Endenergieverbrauch** (nicht witterungsbereinigt) der Stadt Würzburg lag im Jahr 2019 bei **3.294 GWh**, dies entspricht einer leichten Zunahme gegenüber dem Jahr 2015 (3.261 GWh) (Abbildung 12). Der Endenergieverbrauch je Einwohner betrug im Jahr 2019 25,8 MWh, was einem Rückgang um 1,4 % gegenüber dem Jahr 2015 (26,1 MWh) entspricht. Seit dem Jahr 2015 ist der Endenergieverbrauch sowohl absolut als auch je Einwohner relativ unverändert geblieben.

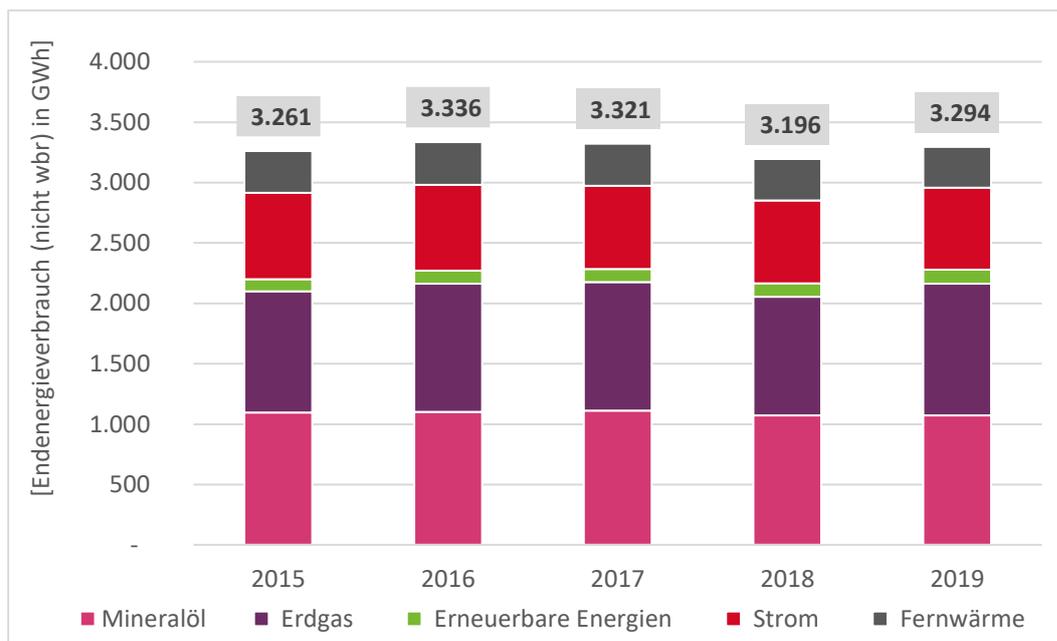


Abbildung 12 Endenergieverbrauch (nicht wbr) gesamt nach Energieträgern 2015 bis 2019

Quelle: Darstellung IE Leipzig

Die Verteilung der Energieträger zeigt, dass im Jahr 2019 Erdgas der dominante Energieträger ist:

- 33 % Erdgas und andere Gase (Erdgas, Flüssiggas, LPG, CNG fossil) (2015: 31 %)
- 33 % Mineralöl und Mineralölprodukte (Heizöl, Diesel, Benzin) (2015: 34 %)
- 21 % Strom (2015: 22 %)
- 10 % Fernwärme (2015: 11 %)

Die aus dem Endenergieverbrauch resultierenden **Emissionen** lagen im Jahr 2019 bei **1,002 Mio. t CO₂äq**, dies entspricht einem Rückgang um 39 % gegenüber dem Jahr 1990 (1.642 Mio. t CO₂äq). Die endenergiebezogenen **Emissionen je Einwohner** betragen im Jahr 2019 **7,8 t CO₂äq**, was einem Rückgang um 39 % gegenüber dem Jahr 1990 (12,9 Mio. t CO₂äq) entspricht.

Damit liegt die Stadt Würzburg derzeit bei den Pro-Kopf-Emissionen unter dem bundesdeutschen Durchschnitt in Höhe von 7,9 t CO₂äq im Jahr 2019. Sowohl die absoluten als auch die CO₂-Emissionen je Einwohner sind in Würzburg seit dem Jahr 2015 kontinuierlich zurückgegangen (Abbildung 13).

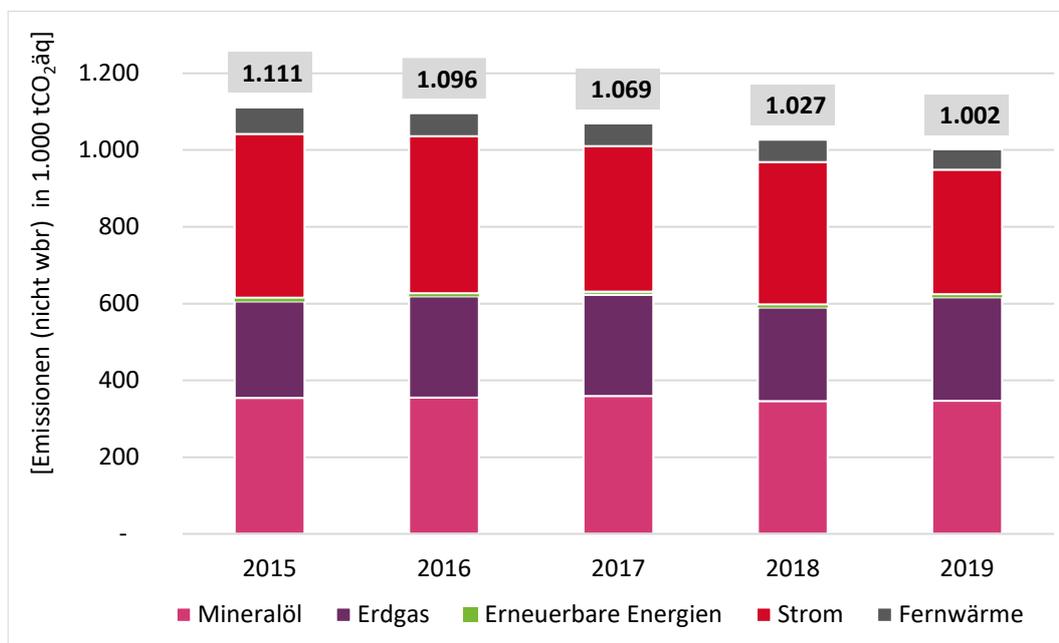


Abbildung 13 Emissionen (nicht wbr) gesamt nach Energieträgern 2015 bis 2019
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Hauptgrund dafür sind die sinkenden Emissionen beim Strom. Nach BSKO basiert der Emissionsfaktor von Strom auf der Zusammensetzung des deutschen Strommixes (vgl. Abschnitt 3.1). Vor allem mehr Strom aus Erneuerbaren Energien und weniger Strom aus Kohleverbrennung bewirken, dass in Deutschland der spezifische CO₂-Emissionsfaktor immer weiter nach unten geht.

Im Jahr 2019 haben die Energieträger folgenden Anteil an den Emissionen:

- 35 % Mineralöl und Mineralölprodukte (Heizöl, Diesel, Benzin) (2015: 32 %)
- 32 % Strom (2015: 38 %)
- 27 % Erdgas und andere Gase (Erdgas, Flüssiggas, LPG, CNG fossil) (2015: 23 %)
- 6% Fernwärme (2015: 7 %)

Diese Energieträger hatten bereits im Jahr 2015 (vgl. Werte in Klammern) die höchsten Anteile, wenngleich etwas verändert. Aufgrund des zurückgehenden spezifischen CO₂-Emissionsfaktors hat der Anteil von Strom abgenommen, während die Emissionen aus dem Verbrauch von Mineralölprodukten (besonders Diesel und Benzin) zusammen inzwischen ein Drittel der Gesamtemissionen ausmachen.

Gesamt nach Sektoren

Die Verteilung des **Endenergieverbrauchs** (3.294 GWh) auf die Sektoren ist in Abbildung 14 dargestellt.

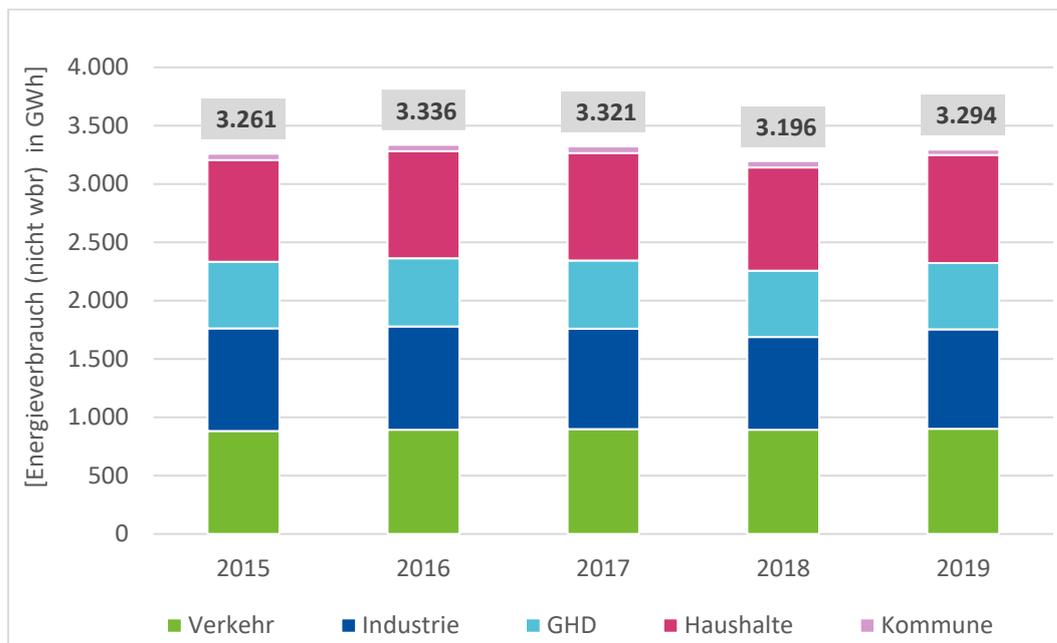


Abbildung 14 Endenergieverbrauch (nicht wbr) gesamt nach Sektoren 2015 bis 2019

Quelle: Darstellung IE Leipzig

In den Jahren 2019 (und 2015) hatten die Sektoren folgende Anteile am Endenergieverbrauch:

- 28 % Haushalte (2015: 27 %)
- 27,3 % Verkehr (2015: 27,1 %)
- 26 % Industrie (2015: 27 %)
- 17,3 % GHD (2015: 17,5 %)
- 1,4 % Kommune (2015: 1,7 %)

Die Verteilung hat sich gegenüber dem Jahr 2015 leicht verändert. Während der Anteil der Industrie rückläufig ist, haben die Anteile der Sektoren Haushalte und Verkehr am Gesamtenergieverbrauch zugenommen.

Die **CO₂-Emissionen** (gesamt ca. 1,002 Mio. t CO_{2a}q) verteilen sich analog dem Endenergieverbrauch auf die Sektoren (Abbildung 15).

- 30 % Industrie (2015: 33 %)
- 29 % Verkehr (2015: 26 %)
- 25 % Haushalte (2015: 23 %)
- 14,7 % GHD (2015: 15,1 %)
- 1,3 % Kommune (2015: 1,7 %)

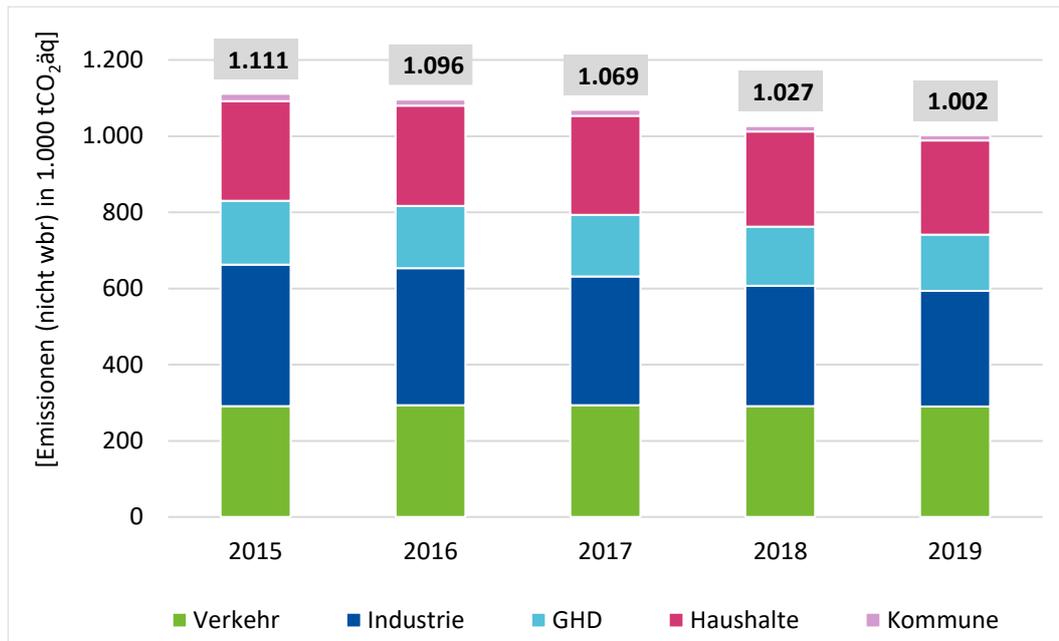


Abbildung 15 Emissionen (nicht wbr) gesamt nach Sektoren 2015 bis 2019
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Haushalte

Der **Endenergieverbrauch** im Bereich Haushalte lag im Jahr 2019 über alle Energieträger bei **925 GWh** (Abbildung 16). Dies entspricht einer Zunahme um ca. 6 % gegenüber dem Jahr 2015 (872 GWh). Die Zunahme ist u.a. auf eine leicht steigende Bevölkerungsentwicklung (+2,5%) und der Zunahme der Wohnflächen (+3%) zurückzuführen.

In den Jahren 2019 (und 2015) hatten die Energieträger folgende Anteile am Endenergieverbrauch:

- 63 % Erdgas (2015: 60 %)
- 15 % Strom (2015: 17 %)
- 8 % Heizöl (2015: 10 %)
- 7,0 % Fernwärme (2015:7,5 %)
- 7,0 % Erneuerbare Energien (2015: 6,2 %)

Die aus dem Endenergieverbrauch der Haushalte resultierenden **CO₂-Emissionen** lagen im Jahr 2019 bei **247 Tsd. t CO_{2äq}** (Abbildung 17) Gegenüber 2015 (262 Tsd. t CO_{2äq}) sind die Emissionen um 5,5 % zurückgegangen, was v. a. auf den abnehmenden spezifischen Emissionsfaktor für Strom (steigender Anteil erneuerbarer Energien am bundesdeutschen Strommix) zurückzuführen ist.

Entsprechend ihres Verbrauchsanteils haben die Energieträger folgende Anteile an den CO₂-Emissionen:

- 58 % Erdgas (2015: 50 %)
- 27 % Strom (2015: 34 %)
- 9,7 % Heizöl (2015: 10,5 %)
- 4 % Fernwärme (2015:5 %)

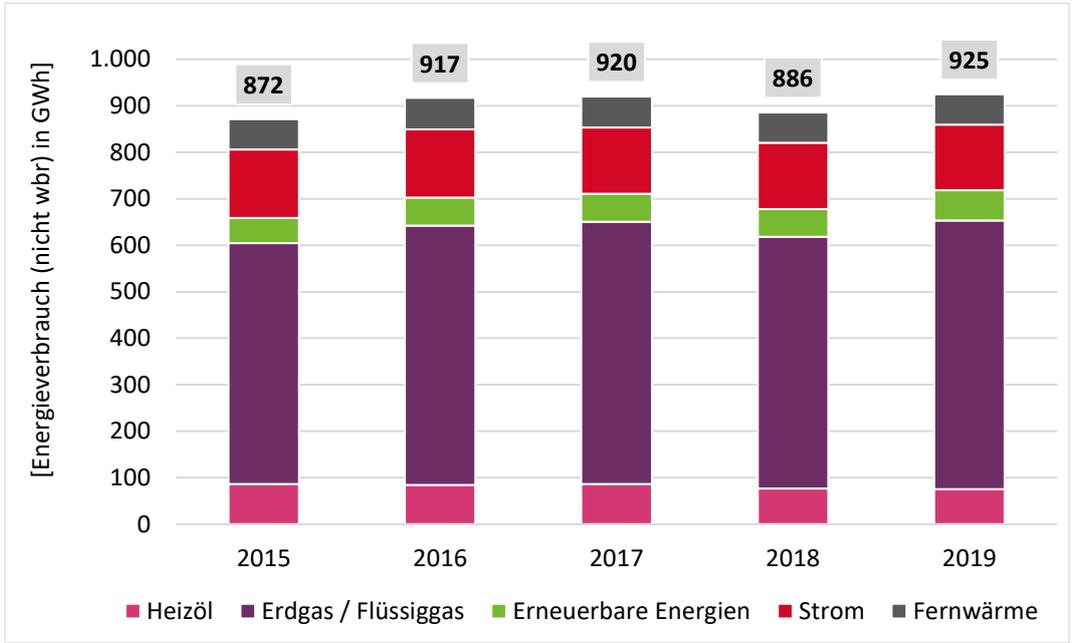


Abbildung 16 Endenergieverbrauch Haushalte (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019
Quelle: Darstellung IE Leipzig

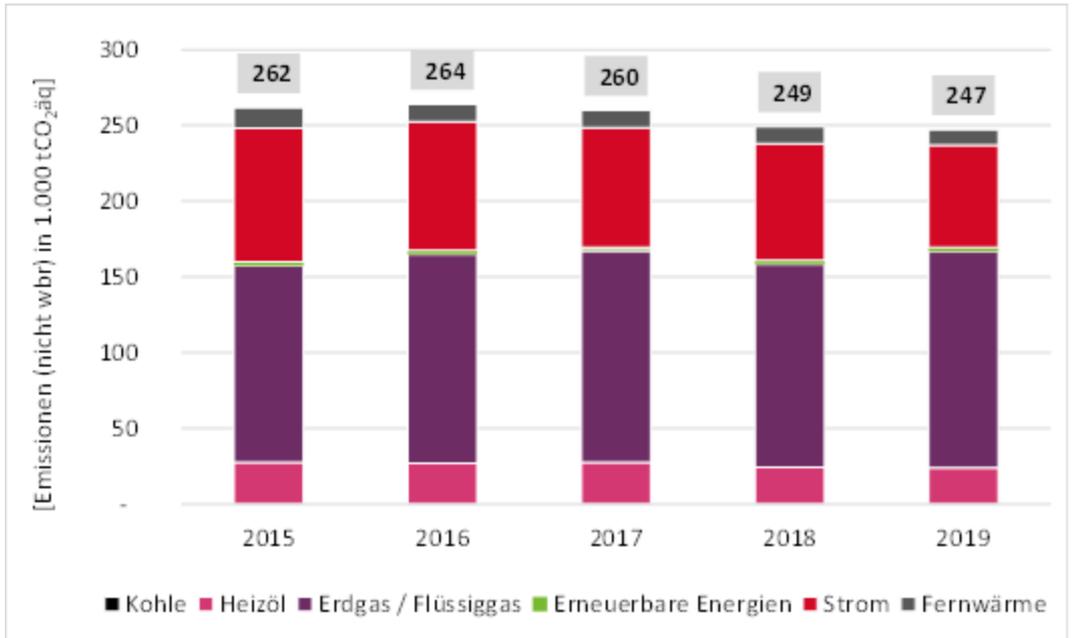


Abbildung 17 Emissionen Haushalte (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Der **Endenergieverbrauch** im Bereich GHD lag im Jahr 2019 über alle Energieträger bei **569 GWh** (Abbildung 18). Dies entspricht einer leichten Reduktion von ca. 0,3 % gegenüber dem Jahr 2015 (570 GWh).

In den Jahren 2019 (und 2015) hatten die Energieträger folgende Anteile am Endenergieverbrauch:

- 38 % Fernwärme (2015: 39 %)
- 29 % Erdgas (2015: 26 %)
- 17 % Heizöl (2015: 19 %)
- 16 % Strom (2015: 15 %)
- 1,4 % Erneuerbare Energien (2015: 1,2 %)

Die aus dem Endenergieverbrauch resultierenden **CO₂-Emissionen** lagen im Jahr 2019 bei **147 Tsd. t CO_{2äq}** (Abbildung 19). Gegenüber 2015 (168 Tsd. t CO_{2äq}) sind die Emissionen um 12% zurückgegangen, was v. a. auf eine veränderte Energieträgerverteilung zurückzuführen ist.

Entsprechend ihres Verbrauchsanteils haben die Energieträger 2019 (2015) folgende Anteile an den CO₂-Emissionen:

- 29 % Strom (2015: 30 %)
- 27 % Erdgas (2015: 22 %)
- 23 % Fernwärme (2015: 27 %)
- 20 % Heizöl (2015: 21 %)

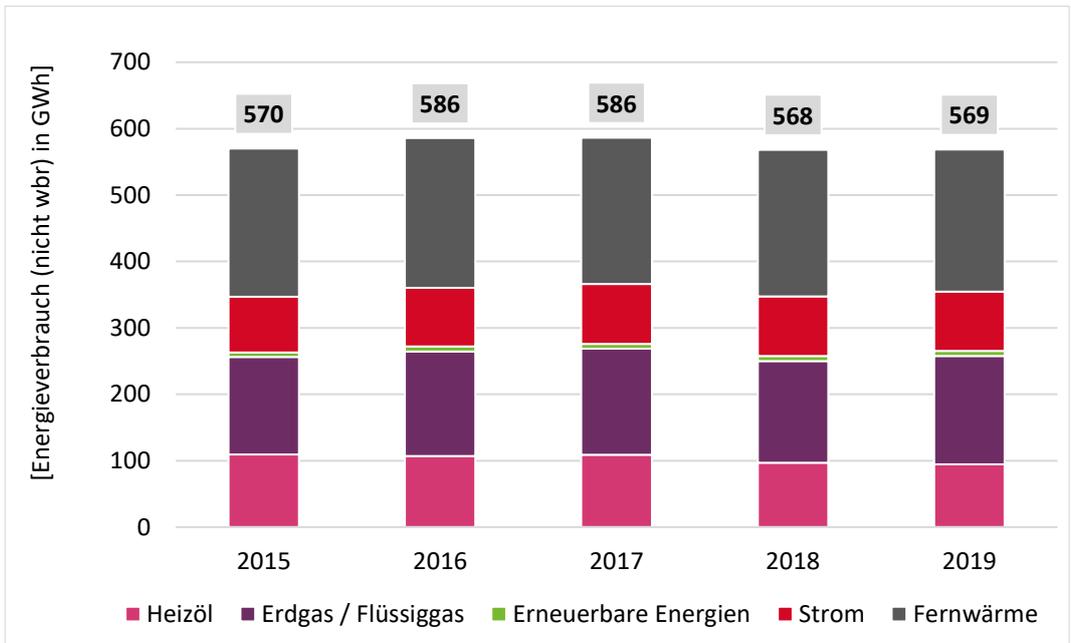


Abbildung 18 Endenergieverbrauch GHD (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019
Quelle: Darstellung IE Leipzig

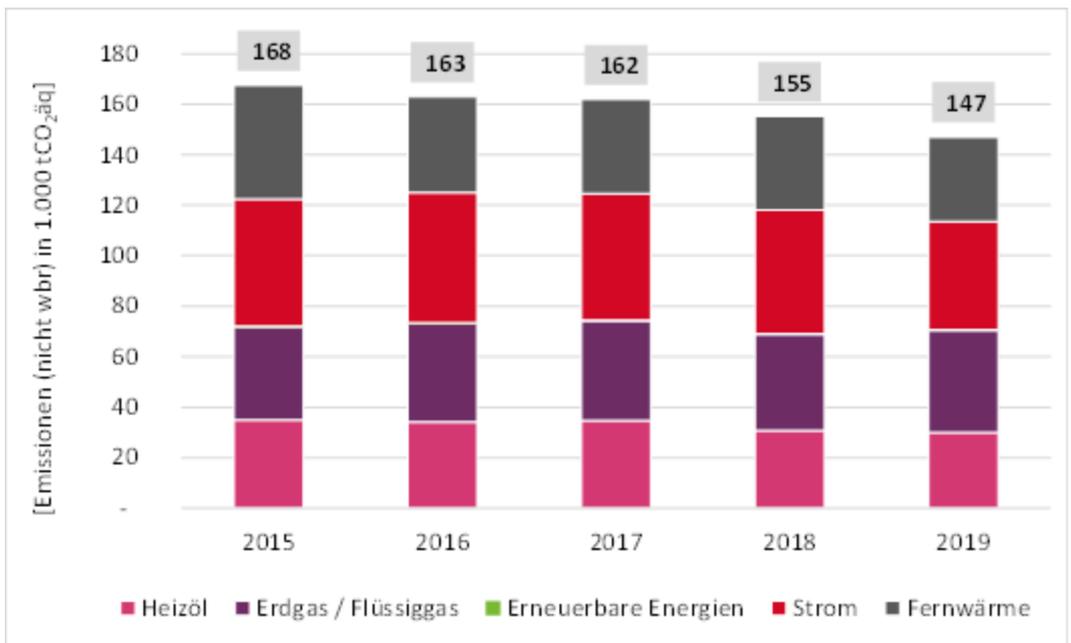


Abbildung 19 Emissionen GHD (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Industrie

Der **Endenergieverbrauch** im Bereich Industrie lag im Jahr 2019 über alle Energieträger bei **854 GWh** (Abbildung 20). Dies entspricht einer leichten Reduktion um ca. 3 % gegenüber dem Jahr 2015 (880 GWh).

In den Jahren 2019 (und 2015) hatten die Energieträger folgende Anteile am Endenergieverbrauch:

- 46 % Strom (2015: 48 %)
- 38 % Erdgas (2015: 35 %)
- 11 % Heizöl (2015: 12 %)
- 5,0 % Fernwärme (2015: 4,6 %)
- 0,1 % Erneuerbare Energien (2015: 0,1 %)

Die aus dem Endenergieverbrauch resultierenden **CO₂-Emissionen** lagen im Jahr 2019 bei **304 Tsd. t CO₂äq** (Abbildung 21). Gegenüber 2015 (372 Tsd. t CO₂äq) sind die Emissionen um 18 % zurückgegangen, was v. a. auf eine veränderte Energieträgerverteilung und den deutlichen Rückgang des Energieverbrauchs zurückzuführen ist.

Entsprechend ihres Verbrauchsanteils haben die Energieträger 2019 (2015) folgende Anteile an den CO₂-Emissionen:

- 61 % Strom (2015: 67 %)
- 26 % Erdgas (2015: 21 %)
- 9,9 % Heizöl (2015: 9,4 %)
- 2,2 % Fernwärme (2015: 2,2 %)

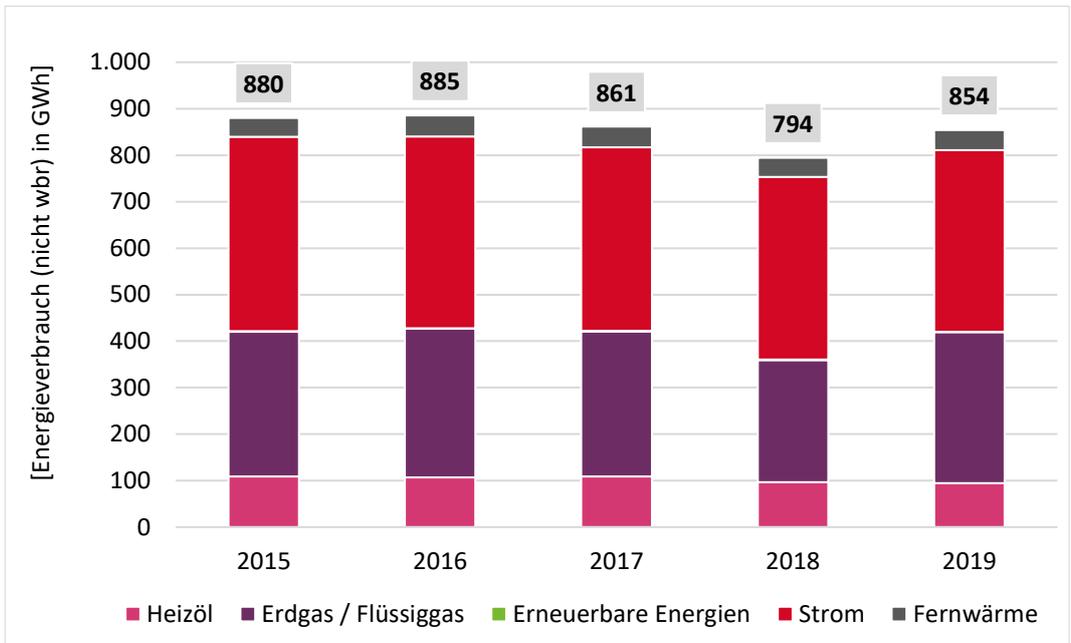


Abbildung 20 Endenergieverbrauch Industrie (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019
Quelle: Darstellung IE Leipzig

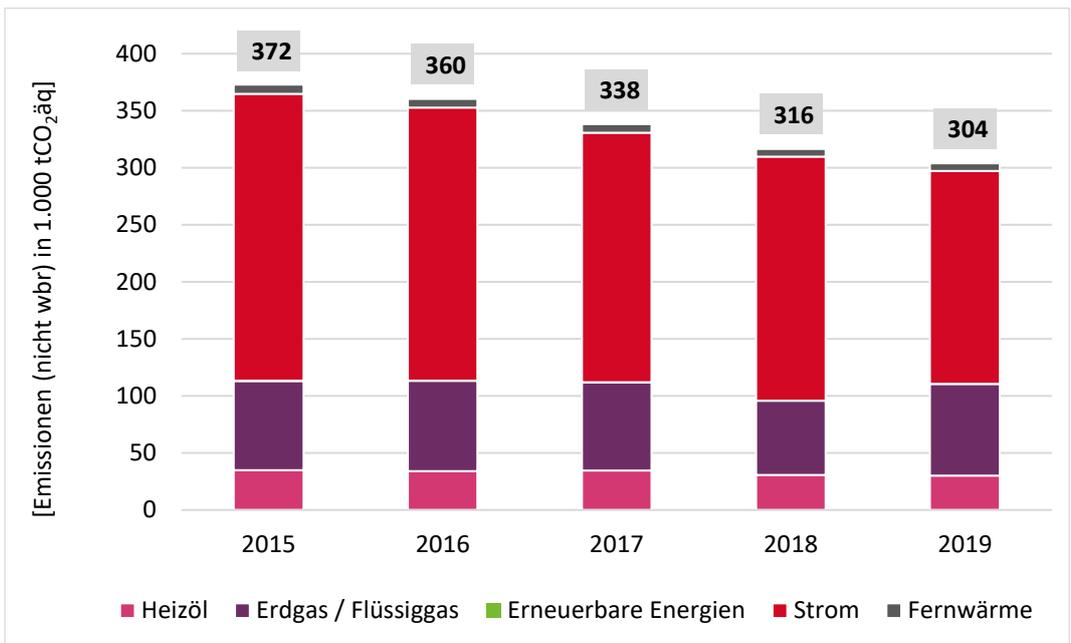


Abbildung 21 Emissionen Industrie (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Verkehr

Der **Endenergieverbrauch** im Bereich Verkehr lag im Jahr 2019 über alle Energieträger bei **900 GWh** (Abbildung 22). Dies entspricht einer leichten Zunahme von ca. 2 % gegenüber dem Jahr 2015 (883 GWh).

In den Jahren 2019 (und 2015) hatten die Energieträger folgende Anteile am Endenergieverbrauch:

- 60 % Diesel (2015: 60 %)
- 30 % Benzin (2015: 31 %)
- 4,8 % Strom (2015: 4,7 %)
- 3,4 % Diesel biogen (2015: 3,2 %)
- 1,3 % Biobenzin (2015: 1,3 %)
- 0,6 % LPG (2015: 0,8 %)
- 0,2 % CNG fossil (2015: 0,2 %)

Die aus dem Endenergieverbrauch resultierenden **CO₂-Emissionen** lagen im Jahr 2019 bei **290 Tsd. t CO_{2äq}** (Abbildung 23). Gegenüber 2015 (291 Tsd. t CO_{2äq}) sind die Emissionen leicht gesunken.

Entsprechend ihres Verbrauchsanteils haben die Energieträger 2019 (2015) folgende Anteile an den CO₂-Emissionen:

- 61 % Diesel (2015: 58 %)
- 29,4 % Benzin (2015: 30,1 %)
- 7,1 % Strom (2015: 8,5 %)
- 1,3 % Diesel biogen (2015: 1,4 %)
- 0,5 % LPG (2015: 0,7 %)
- 0,5 % Biobenzin (2015: 0,8 %)
- 0,1 % CNG fossil (2015: 0,1 %)

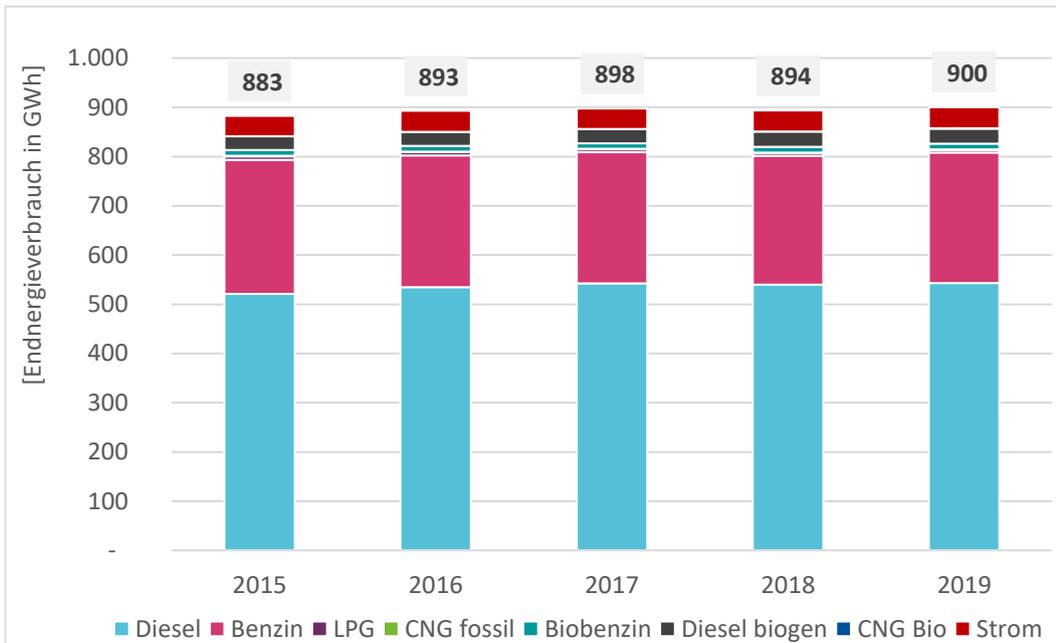


Abbildung 22 Endenergieverbrauch Verkehr (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019
Quelle: Darstellung IE Leipzig

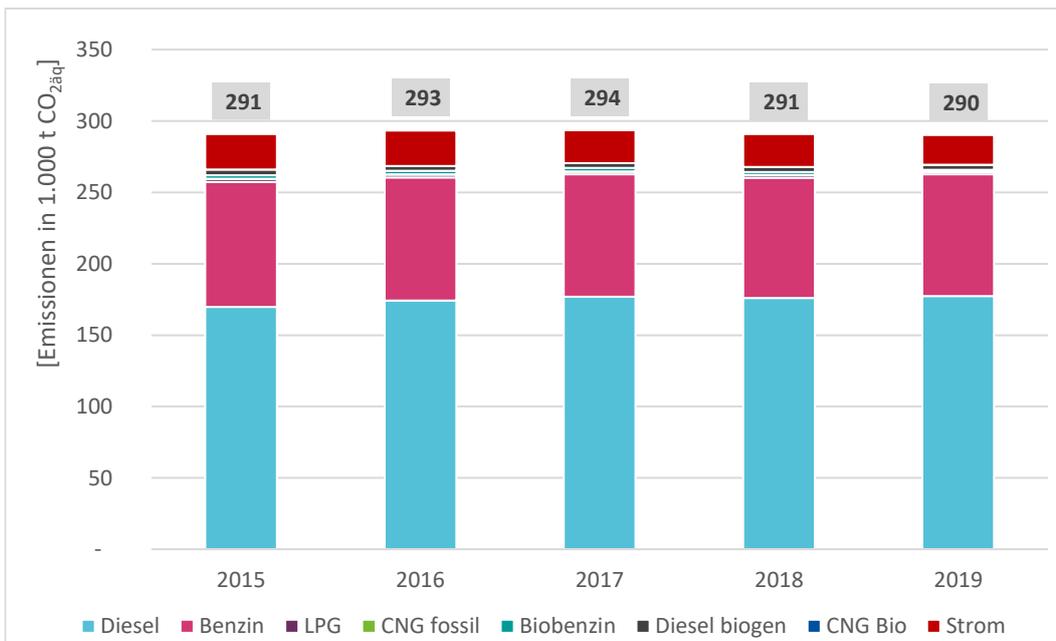


Abbildung 23 Emissionen Verkehr (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Lokale Energieproduktion

Die lokale Energieerzeugung erfolgt in der Stadt Würzburg durch verschiedene Anlagen. Als bedeutendste Anlagen sind das HKW Friedensstraße und das MHKW Gattinger Straße zu nennen, in welchen in einem KWK-Prozess Strom und Fernwärme erzeugt werden.

Strom

Im Jahr 2019 wurden insgesamt **615 GWh Strom** eingespeist (Abbildung 24). Dies entspricht einer Zunahme um 5 % gegenüber dem Vorjahr (587 GWh) und um 38 % gegenüber 2015 (446 GWh). Der Gesamtstrombedarf der Stadt Würzburg wurde durch die lokal erzeugte Menge bilanziell zu 91 % gedeckt.

Die Stromerzeugung verteilt sich auf Energieträger bzw. Erzeugungsanlagen:

- 64 % Erdgas (HKW Friedensbrücke)
- 15 % Abfall (MHKW Gattinger Straße)
- 13% Erdgas (dezentrale BHKW) (2015: 15 %)
- 3,4 % Photovoltaik
- 2,6 % Wasserkraft

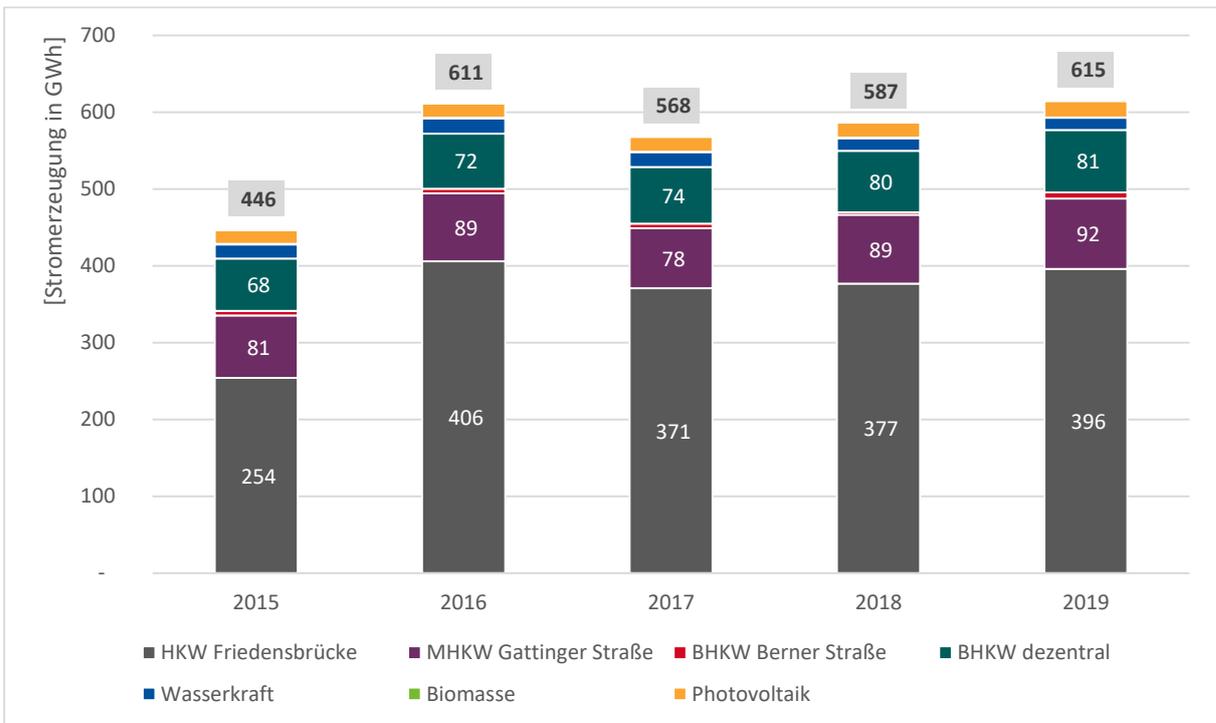


Abbildung 24 Netzeinspeisung Strom nach Energieträgern 2015 bis 2019

Quelle: Darstellung IE Leipzig

Die aus erneuerbaren Energien erzeugte Strommenge⁵ hat seit dem Jahr 2015 nur leicht zugenommen, insbesondere durch den Ausbau der Photovoltaik (+21 % gegenüber 2015). Der Anteil der erneuerbaren Energien am Strombedarf betrug 6,5 % im Jahr 2019.

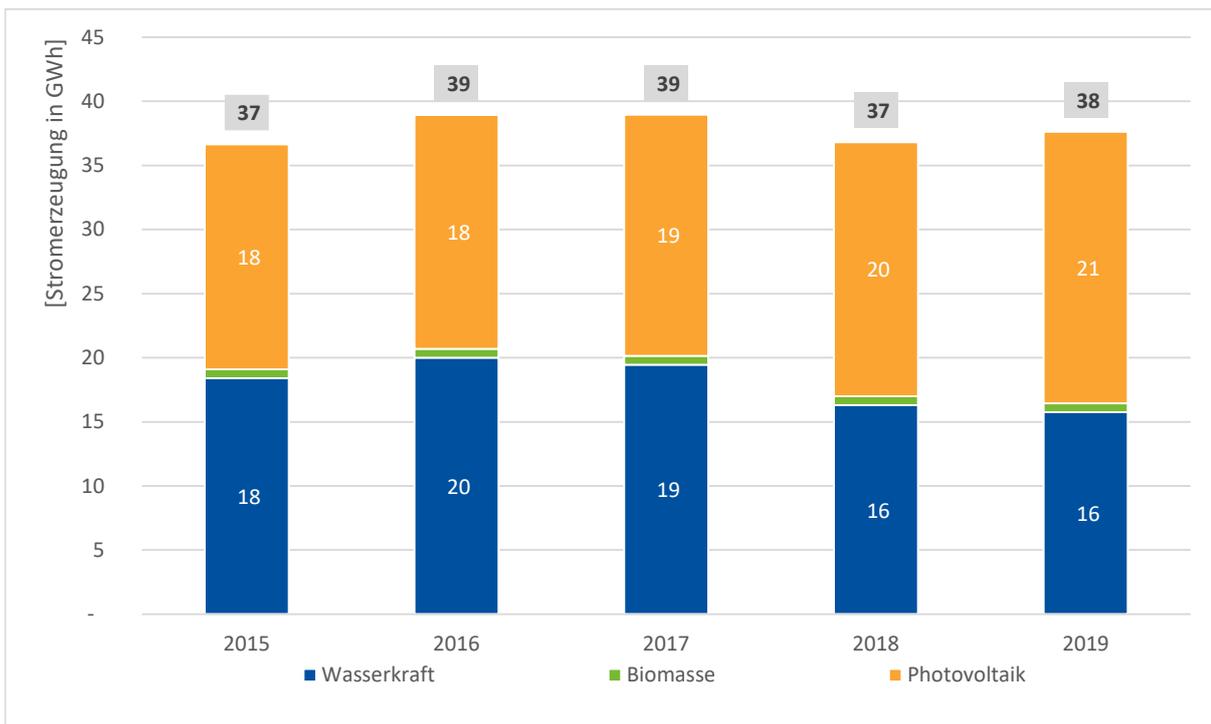


Abbildung 25 Netzeinspeisung Strom nach erneuerbaren Energieträgern⁶ 2015 bis 2019
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Anrechnung der lokalen Stromproduktion

Nach Bilanzierungsstandard BSKO basiert der Emissionsfaktor von Strom auf der Zusammensetzung des Bundesstrommixes (vgl. Abschnitt 3.1). Die lokalen Bemühungen der erneuerbaren Energiebereitstellung können aber nachrichtlich abgebildet werden. Nach BSKO liegen für das Jahr 2019 die gesamten Emissionen bei 1,001 Mio. t CO_{2äq} (vgl. Abschnitt 3.2), unter Berücksichtigung der lokalen Stromproduktion Würzburgs bei 1,012 Mio. t CO_{2äq}. Aufgrund des (mittlerweile) besseren Emissionsfaktors des Bundesstrommix gegenüber der lokalen Stromproduktion ergibt sich für das Jahr 2019 erstmalig eine Erhöhung gegenüber dem bundesdeutschen Strommix von **11.078 t CO_{2äq}**. Die Jahre zuvor konnte im Vergleich eine Minderung ermittelt werden (vgl. Tabelle 10).

⁵ Ohne Berücksichtigung des Anteils erneuerbarer Energien (biogener Abfall) aus MHKW

⁶ Ohne Berücksichtigung des Anteils erneuerbarer Energien (biogener Abfall) aus MHKW

Tabelle 10 Vergleich absolute Emissionen Stadt Würzburg von 2015 bis 2019

Quelle: Berechnung nach Klimaschutzplaner

	Einheit	2015	2016	2017	2018	2019
Bundesmix (BISKO)	1.000 t CO _{2äq}	1.111	1.096	1.069	1.026	1.001
Lokaler Mix	1.000 t CO _{2äq}	1.105	1.073	1.061	1.023	1.012
Differenz	1.000 CO _{2äq}	-6	-23	-7	-3	+ 11

Fernwärme

Im Jahr 2019 wurden insgesamt **338 GWh Fernwärme** eingespeist (Abbildung 26). Fast die komplette Fernwärmeproduktion (bis auf die Heizwerke Elferweg und Sanderau) erfolgt durch KWK und basiert zu 65 % auf Erdgas (HKW Friedensbrücke) und zu 35% auf Abfall (MHKW Gattinger Straße).

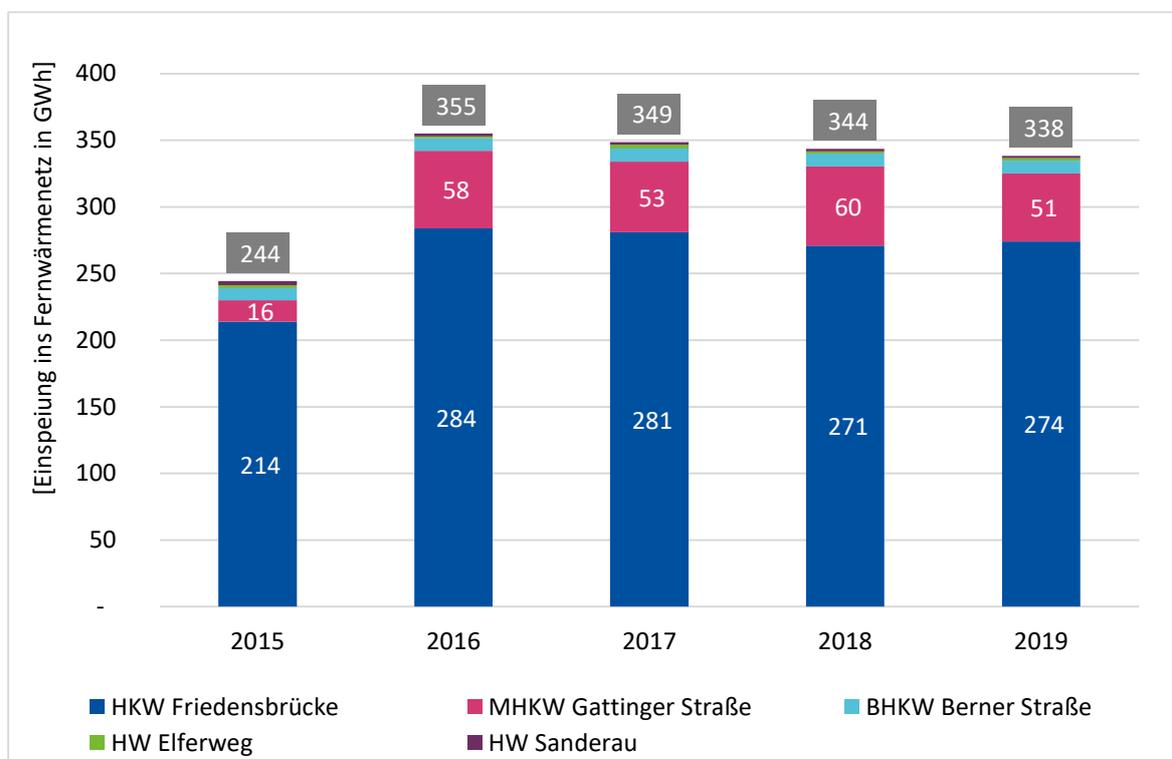


Abbildung 26 Netzeinspeisung Fernwärme nach Anlagen

Quelle: Darstellung IE Leipzig

Methodische Hinweise zur Änderung der Treibhausgasbilanzierung:

Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes wurde eine Bilanz für den Zeitraum von 1990 bis 2019 vorgelegt. Die Darstellung der Ergebnisse konzentriert sich im Abschnitt 3.2 auf den kurzfristigen Zeitraum 2015 – 2019. Im Rahmen der Szenarien (vgl. Kapitel 4) werden die Ergebnisse auch für das Jahr 1990 dargestellt. Die nun vorliegende Bilanz wurde erstmalig nach dem sog. BSKO-Standard erstellt.

Die Einführung des BSKO-Standards bringt einige methodische Veränderungen mit sich:

- Strikter Bezug auf das Territorium der jeweils betrachteten Kommune.
- Berechnung der THG-Emissionen aus der Stromnutzung des nationalen Strommixes.
- Der Emissionsfaktor des nationalen Strommixes wird zentral im Klimaschutzplaner zur Verfügung gestellt und enthält auch die Vorketten der Stromerzeugung.
- Es gibt eine einheitliche Berechnungsmethodik zur Ermittlung des Emissionsfaktors für die lokal erzeugte Fernwärme.
- Bei der Aufteilung der THG-Emissionen von Heizkraftwerken auf die Koppelprodukte Strom und Fernwärme wird das Exergieprinzip angewendet. Dieser Berechnungsansatz wurde innerhalb der BSKO-Methodik gewählt, da hierfür lediglich Input-/Outputdaten der Kraftwerke erforderlich sind. Letztlich wird mit diesen Daten der lokale Emissionsfaktor für die Fernwärme in der Stadt Würzburg berechnet.
- Mit Hilfe des Klimaschutz-Planers können auch die Heizenergieverbräuche witterungsbereinigt dargestellt werden. Für den Vergleich der THG-Bilanzen zwischen verschiedenen Städten werden jedoch nicht-witterungskorrigierte Ergebnisse herangezogen.

Hinweis: Im Kapitel 3 Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Würzburg werden die nicht witterungsbereinigten (nicht wbr) Ergebnisse dargestellt. Die Berechnung und Darstellung der Szenarien (vgl. Kapitel 4) basieren auf witterungskorrigierten (wbr) Werten.

- Bei der BSKO-konformen THG-Bilanz handelt es sich um eine sogenannte „endenergiebasierte Territorialbilanz“. Es werden alle im betrachteten Territorium anfallenden Energieverbräuche auf der Ebene der Endenergie (Energie, die z. B. am Hauszähler gemessen wird) berücksichtigt und den verschiedenen Verbrauchssektoren zugeordnet. Über spezifische Emissionsfaktoren werden dann die THG-Emissionen berechnet.
- Im Vergleich zum Endenergieverbrauch werden bei der Betrachtung der Treibhausgase (THG) CO₂-Äquivalente bilanziert, d. h. es werden nicht nur CO₂, sondern auch CH₄ (Methan) und N₂O (Distickstoffmonoxid/Lachgas), berücksichtigt.
- Für den Verkehr sieht die BSKO-Systematik analog zu den stationären Sektoren ein endenergiebasiertes Territorialprinzip vor, d.h. die Bilanzierung umfasst die Emissionen des motorisierten Verkehrs innerhalb der Gemeindegrenzen.
- Der Flugverkehr wird aufgrund der strikteren Anwendung des Territorialprinzips im BSKO-Standard nun nicht mehr in der THG-Bilanz für die Stadt Würzburg berücksichtigt.

- Energieverbräuche aus dem Schienennah- und -fernverkehr innerhalb der Stadtgrenze werden nun in der THG-Bilanz berücksichtigt.
- Für eine kommunenspezifische Anpassung der Emissionsberechnungen werden die Fahrleistungen im Straßenverkehr nach Straßenkategorien (innerorts, außerorts, Autobahn) differenziert.
- Emissionsfaktoren werden im Klimaschutzplaner für den Verkehr differenziert nach Verkehrsmitteln und Energieträgern sowie (im Straßenverkehr) nach Straßenkategorien berücksichtigt.
- Im Klimaschutzplaner werden deutschlandweit verfügbare Verkehrsdaten für alle motorisierten Verkehrsmittel mit Ausnahme des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs für die jeweilige Gemeinde (somit auch für Stadt Würzburg) gemeindefein aufbereitet und werden direkt als Defaultwerte zur Bilanzierung nach BSKO bereitgestellt.
- Trotz Verfügbarkeit der gemeindefeinen BSKO-Defaultwerte wird grundsätzlich empfohlen, dass Gemeinden die Verwendung eigener, regelmäßig aktualisierter Verkehrsdaten unter Einbezug lokaler Datengrundlagen (z.B. Verkehrsmodelle) anstreben, um die Datengüte der Bilanz mit eigenen Daten zu verbessern. Die Stadt Würzburg plant, die bereits vorliegenden Verkehrsmodelle dahingehend zu erweitern, sodass dann lokalspezifische Daten kontinuierlich erhoben und eingepflegt werden können.
- Für den Bereich des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs werden die lokalen Daten aus Würzburg verwendet. Diese Informationen zum Verkehrsangebot (Platz-km) und zur erbrachten Verkehrsleistung (Personen-km) wurden bei den lokalen Verkehrsunternehmen abgefragt (z.B. der Energieverbrauch für Fahrstrom der Straßenbahn, aber auch der Kraftstoffverbrauch für die Linienbusse).

4 Potenziale und Szenarien für die Stadt Würzburg

4.1 Methodik und Vorgehensweise

Mit Hilfe von Szenarien wird die Wirkung von verschiedenen Rahmenbedingungen und Annahmen auf die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen abgeschätzt. Basierend auf dem Bilanzjahr 2019 der Energie- und THG-Bilanz für die Stadt Würzburg (vgl. Kapitel 3) werden zwei Szenarien erstellt. Die Gestaltung der Annahmen basiert in wesentlichen Teilen auf den Studien der Denkfabrik Agora Energiewende, die im Jahr 2021 eine Klimaschutz-Sofortprogramm formuliert haben, mit dem die Bundesrepublik Deutschland den neuen Anforderungen des novellierten Bundes-Klimaschutzgesetzes gerecht werden kann [Agora 2021a, Agora 2021b, Agora 2021c]

Im **Szenario Trend 2045** (TREND 2045) werden Entwicklungen von Endenergieverbrauch und Emissionen abgebildet, wie sie sich ohne die Umsetzung besonderer Klimaschutzanstrengungen vor Ort ergäben. Die weitere Entwicklung von Energieverbrauch und Energieerzeugung wurde so abgebildet, wie sie sich aus den gegenwärtigen und absehbaren Rahmenbedingungen in der Stadt Würzburg abzeichnet. Berücksichtigt wurden u. a. strukturelle Einflussfaktoren, wie die Veränderung von Demographie, Gebäudestruktur und Wohnflächen. Lagen keine Anhaltspunkte für lokale Entwicklungen oder Prognosen vor, wurden bundesweite Annahmen aus Langfrist- und Klimaszenarien herangezogen und den Verhältnissen in Würzburg angepasst.

Im **Szenario Klimaneutralität 2045** (KN 2045) wird aufgezeigt, welche Anstrengungen erforderlich sind und welche Annahmen getroffen werden müssen, um auf dem Territorium der Stadt bis zum Jahr 2045 Klimaneutralität erreichen zu können. Im KN 2045 wurden dieselben strukturellen Rahmendaten wie im TREND 2045 angenommen. Das **Szenario KN 2045** berücksichtigt weiterhin ambitionierte Anstrengungen beim Ausbau der erneuerbaren Energien, Effizienz sowie weiterer Effekte entsprechend dem Maßnahmenpaket der Stadt Würzburg, welches in einem intensiven Beteiligungsprozess erarbeitet wurde (vgl. Kapitel 2 und Kapitel 5). Somit wurde das KN 2045 zur Beantwortung der Frage erarbeitet, welche Rahmenbedingungen und Maßnahmenintensität notwendig sind, damit die Stadt Würzburg die Klimaneutralität bis spätestens 2045 erreichen kann.

Tabelle 11 Zielsetzungen in den Szenarien
Quelle: Darstellung IE Leipzig

TREND 2045	KN 2045
Fortschreibung absehbarer Entwicklungen <ul style="list-style-type: none">→ „Business as usual“ Entwicklungspfad→ Ohne gesonderte Klimaschutzbemühungen→ Ca. 2-4 Grad Erwärmung	Vom Ziel hergedacht <ul style="list-style-type: none">→ Orientierung am Entwicklungspfad des novellierten Bundes-Klimaschutzgesetzes 2021, KSG konform→ Klimaneutralität bis spätestens 2045

<ul style="list-style-type: none"> → Berücksichtigung aktueller struktureller Einflussfaktoren (z.B. Rahmendaten: Bevölkerung, Gebäudestruktur, Wohnflächen) → Übernahme und ggf. Anpassung prognostizierter bundesweiter Entwicklungen (z.B. Entwicklung des Energieverbrauchs im Bereich Wirtschaft) 	<ul style="list-style-type: none"> → „unter 2 Grad“ Pfad → Berücksichtigung aktueller struktureller Einflussfaktoren wie Trend 2045 → Maßnahmenset aus Beteiligungsprozess, d.h. Berücksichtigung lokaler Aktivitäten der Stadt Würzburg; → Voraussetzung: Umfassende Ausrichtung bundesweiter/ europäischer Rahmenbedingungen auf Klimaschutz
--	--

Folgende Vorgehensweise wurde bei der Erstellung der Szenarien gewählt:

- Ausgangspunkt der Berechnungen sind die Ergebnisse der Energie- und THG Bilanz 2019.
- Darauf aufbauend werden zwei Szenarien (Trend und Klimaneutralität) mit dem Zielhorizont 2045 gerechnet
- Es erfolgt eine Berücksichtigung lokaler sozioökonomischer Rahmendaten (Entwicklung der Bevölkerung, Wohnflächen und Erwerbstätigkeit)
Die grundlegenden, sektorübergreifenden Annahme werden im Abschnitt 4.2 Rahmendaten dargestellt.
- Integration und Quantifizierung der (bilanzierbaren) Maßnahmen aus dem Maßnahmenset der Stadt Würzburg.
Die sektor- bzw. handlungsfeldspezifischen Annahmen und Maßnahmen werden im Abschnitt 4.3 erläutert.
- Einordnung der Szenarien in politische Zielsetzungen (KSG-Absenkungspfad & Rest-Budget)
- Die Szenarien orientieren sich am Bilanzierungsrahmen des BSKO-Standards (endenergiebasiertes Territorialprinzip, Bundesstrommix etc.)

Exkurs Klimaneutralität

In der Klimapolitik und im Alltag werden die Begriffe „CO₂-Neutralität“, „Klimaneutralität“ und „Netto-Null“ (engl.: net-zero emissions) oft identisch verwendet, obwohl hier durchaus unterschiedliche Wirkungsebenen betrachtet werden. Das Ziel des Pariser Klimaabkommens ist, „...ein Gleichgewicht zwischen anthropogenen Emissionen hinsichtlich der Quellen und dem Abbau durch Senken von Treibhausgasen in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts...“ zu erreichen [Artikel 4, Absatz 1] und meint damit

Treibhausgasneutralität. Eine Klimaneutralität ist sehr viel weiter gefasst und umfasst das Fehlen von menschlichen Nettoeffekten auf das Klimasystem, die nicht nur von Treibhausgasen abstammen. Eine reine CO₂-Neutralität dagegen zielt auf die untergeordnete Wirkungsebenen des Leitindikators der CO₂-Emissionen. Festzuhalten ist: wer „klimaneutral“ sagt, meint in der Regel „treibhausgasneutral“ (Abbildung 27).

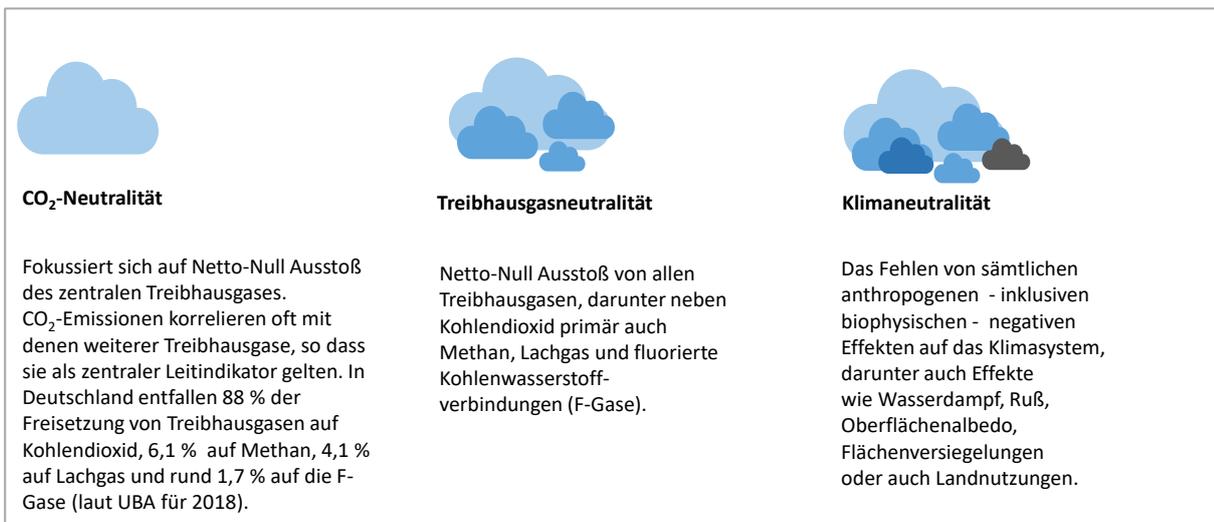


Abbildung 27 Begriffsbestimmungen

Quelle: IE Leipzig, basierend auf [Umweltbundesamt 2020]

4.2 Rahmendaten

Zu den sozioökonomischen Rahmendaten zählen Bevölkerung, Wohnbestand und Wirtschaft. Ihre Entwicklungstendenzen haben einen relevanten Einfluss auf den künftigen Energieverbrauch bzw. die Entwicklung der THG-Emissionen. Als Grundlage zur Erstellung der Szenarien wurden zunächst Annahmen zur sozioökonomischen Entwicklung der Stadt Würzburg (Bevölkerung, Wohnen und Wirtschaft) getroffen. Die Annahmen werden für alle Szenarien als sogenannte Rahmendaten gleich angewendet.

Bevölkerung

In den letzten fünf Jahren ist die Anzahl der Einwohner mit Hauptwohnsitz in der Stadt Würzburg um 3 % gestiegen. Für den Zeitraum bis 2035 wird ein weiterer leichter Bevölkerungsanstieg von 4,5 % erwartet (Abbildung 28). Die Stadt Würzburg erstellt ihre kleinräumigen Bevölkerungsvorausberechnungen für die Gesamtstadt und die Würzburger Stadtbezirke mit dem Programm SIKURS für einen Zeitraum von 15 Jahren. Die letzte Vorausberechnung war für den Zeitraum von 2020 bis 2035. Der Prognosezeitraum von 15 Jahren deckt sich hierbei mit dem Erfahrungswissen anderer Kommunen, darüber hinaus gehende Prognosehorizonte sind schwer quantifizierbar und abbildbar. Die nächste Bevölkerungsvorausberechnung ist für den Herbst/Winter 2022 geplant, um die demografischen Auswirkungen der Corona-Pandemie aus den Jahren 2020, 2021 und 2022 mit in die Vorausberechnung einfließen lassen zu können. Diese nächste Bevölkerungsvorausberechnung ist dann voraussichtlich im Frühjahr 2023 verfügbar. Aufgrund fehlender Daten wurden somit für den Zeitraum 2036 bis 2045 die Werte aus dem Jahr 2035 konstant fortgeschrieben.

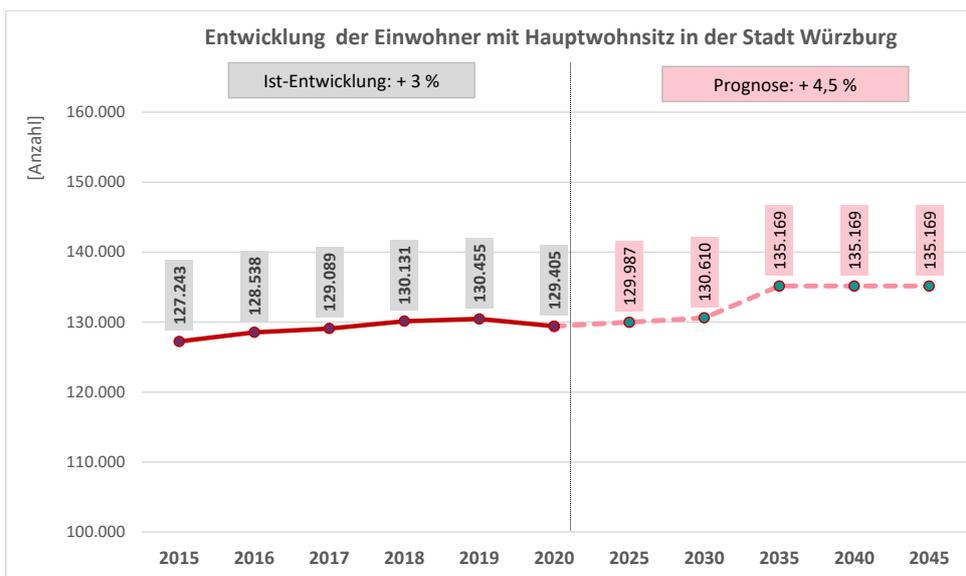


Abbildung 28 Entwicklung und Prognose der Einwohner mit Hauptwohnsitz in der Stadt Würzburg

Quelle: Zeitraum 2015 bis 2020: [Stadt Würzburg 2021 – Fachabteilung Statistik: Demographische Analysen Gesamtstadt] & Zeitraum 2021 bis 2035: [Stadt Würzburg 2021: – Fachabteilung Statistik: Kleinräumige

Bevölkerungsvorausberechnungen], ab dem Jahr 2036 werden Daten aus 2035 übernommen, da keine kleinräumige Bevölkerungsvorhersage vorliegt

Wohnen

Zur Abbildung der Wohnstruktur in der Stadt Würzburg werden die Anzahl der Wohneinheiten und der Wohnflächen herangezogen. Die Daten wurden der Landesdatenbank GENESIS-Online des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung entnommen. Es wurde jeweils die Fortschreibung des Wohngebäude- und Wohnungsbestandes betrachtet, die aus der jeweils letzten allgemeinen Gebäude- und Wohnungszählung in Kombination mit den Ergebnissen der Bautätigkeitsstatistik (Baufertigstellungen und Bauabgänge) von den statistischen Ämtern der Länder zum 31.12. eines Jahres festgestellt worden ist.

Die Anzahl der Wohneinheiten stieg in Würzburg von 2015 bis 2020 um 2.774 auf 76.434, dies entspricht einem Zuwachs um 4,3 % (Abbildung 29). Die Wohnfläche vergrößerte sich in diesem Zeitraum um 3,7 % auf 5,77 Mio. m² im Jahr 2020 (Abbildung 30).

Der Anstieg der Wohneinheiten liegt neben der positiven Bevölkerungsentwicklung auch darin begründet, dass die Anzahl der Personen je Wohneinheit kontinuierlich sinkt. Heute steht einem Bewohner in der Stadt Würzburg eine Wohnfläche von durchschnittlich 44,9 m² zur Verfügung, im Jahr 2015 waren es ca. 43,9 m².

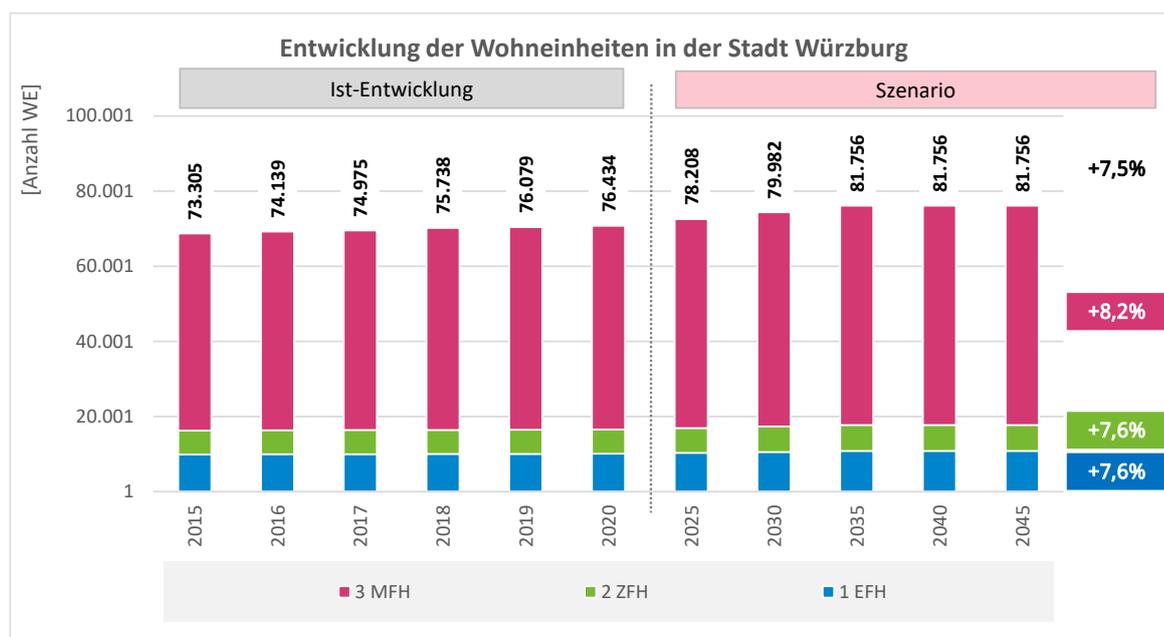


Abbildung 29 Entwicklung und Prognose der Wohneinheiten in der Stadt Würzburg

Quelle: Zeitraum 2015 bis 2020: [Landesdatenbank GENESIS-Online des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung] Fortschreibung des Wohngebäude- und Wohnungsbestandes, Zeitraum 2021 bis 2035: [Stadt Würzburg 2021a]; ab dem Jahr 2036 werden die Daten aus 2035 übernommen, da keine Prognose vorliegt

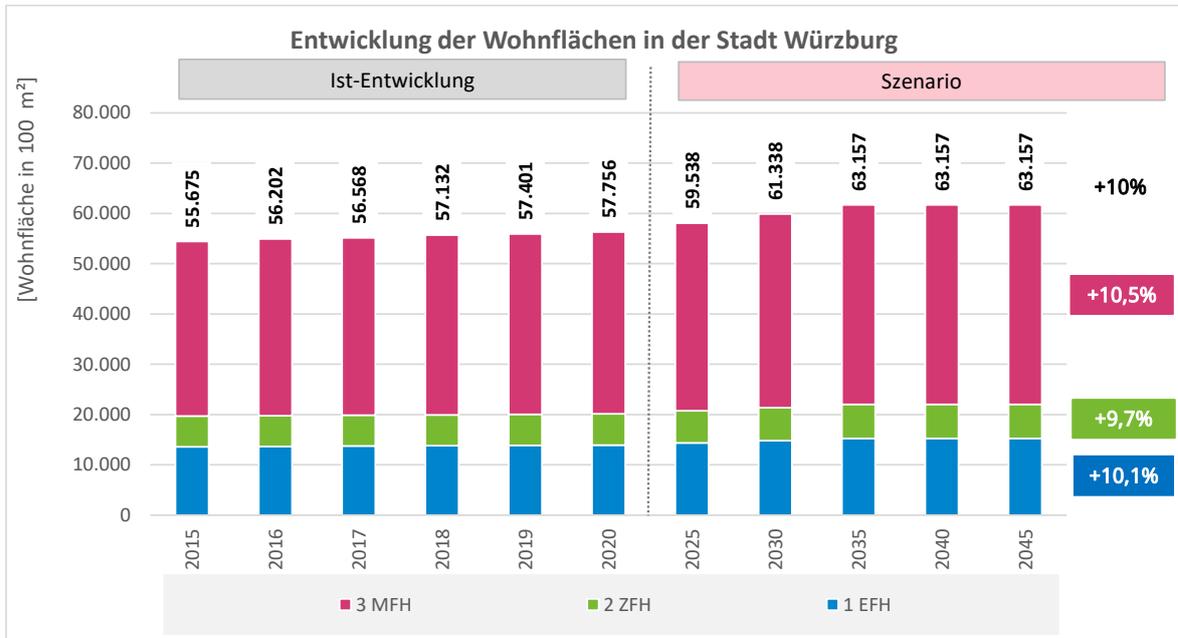


Abbildung 30 Entwicklung und Prognose der Wohnflächen in der Stadt Würzburg

Quelle: Zeitraum 2015 bis 2020: [Landesdatenbank GENESIS-Online des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung] Fortschreibung des Wohngebäude- und Wohnungsbestandes, Zeitraum 2021 bis 2035 Berechnung IE Leipzig auf Basis [Stadt Würzburg 2021a], ab dem Jahr 2036 werden die Daten aus dem 2035 übernommen, da keine Prognose vorliegt

Ausgehend von dem im Handlungskonzept Wohnen der Stadt Würzburg [Stadt Würzburg 2021a] prognostizierten Zuwachs im Wohnungsangebot bis zum Jahr 2035 (+1.250 WE in Ein- und Zweifamilienhäusern sowie 4.427 WE in Mehrfamilienhäusern) wird in den Szenarien bis zum Jahr 2035 insgesamt mit einer Zunahme der Wohnfläche auf 6,31 Mio. m² (+10 %) und der Wohneinheiten auf 81.756 (+7 %) gerechnet (Abbildung 29). Für den Zeitraum von 2035 bis 2045 wurde aufgrund von fehlenden Daten analog zur Bevölkerungsentwicklung der Wohnbestand konstant fortgeschrieben.

Wirtschaft

Die Zahlen zur Erwerbstätigkeit der Stadt Würzburg wurden über die GENESIS-Online Datenbank des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung zum Stichtag 30.06. erhoben. Die Entwicklung der Erwerbstätigen der Stadt Würzburg ist in Abbildung 31 dargestellt. Einige Wirtschaftszweige weisen eine hohe Dynamik auf. So sind die Erwerbstätigen im verarbeitenden Gewerbe zwischen 2015 und 2019 um ca. 11 % zurückgegangen, während Erziehung und Gesundheit ein stetiges Wachstum von +13 % aufweisen. Insgesamt ist die Erwerbstätigkeit zwischen 2015 und 2019 um ca. 5,0 % gestiegen. Unter Berücksichtigung der Entwicklungen von Einwohnerzahl, Altersstruktur der Bevölkerung und der oben

beschriebenen Arbeitsmarktentwicklung wird bis zum Jahr 2045 von einem weiteren (wenn auch etwas gebremsten) Anstieg der Erwerbstätigenzahl um 7 % auf etwa 138.405 ausgegangen. Hierbei wird berücksichtigt, dass der ansteigende Trend im Bereich Erziehung und Gesundheit anhält. Weitere Zuwächse werden für den Bereich Handel, Verkehr und Lagerei erwartet. Die stark sinkende Tendenz im Verarbeiten Gewerbe wurde auch weiterhin berücksichtigt.

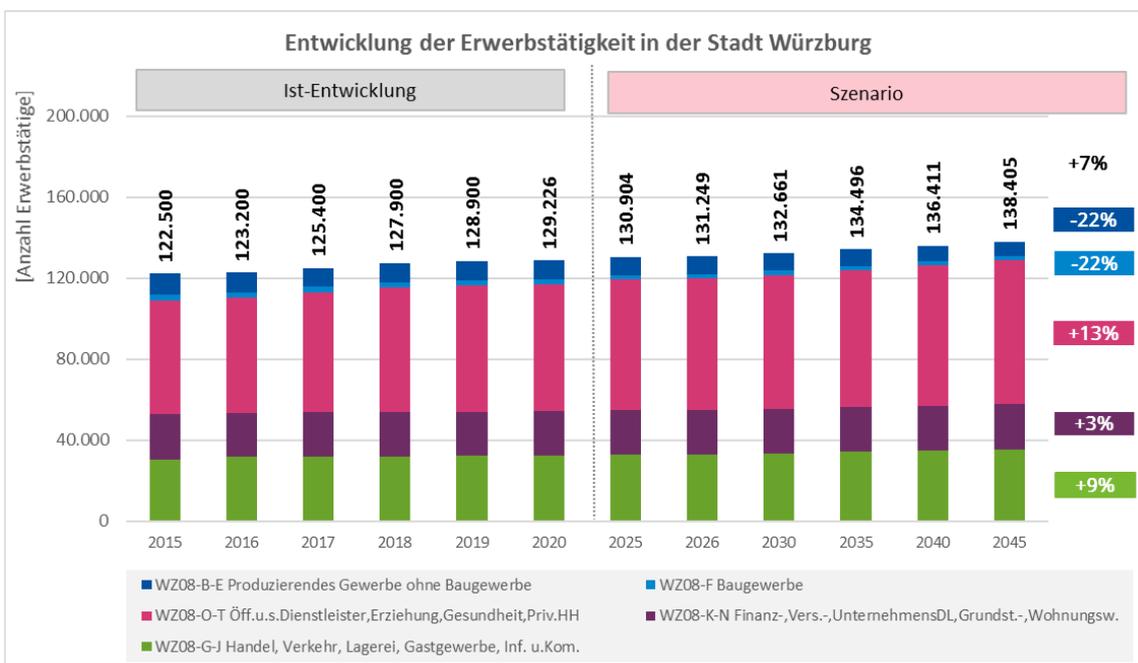


Abbildung 31 Entwicklung und Prognose der Erwerbstätigkeit in der Stadt Würzburg

Quelle: Zeitraum 2015 bis 2020: [Landesdatenbank GENESIS-Online des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung], Zeitraum 2021 bis 2045: [Prognose IE Leipzig]

4.3 Lokale Maßnahmen und notwendige Rahmenbedingungen

Im Folgenden werden die lokalen Maßnahmen (vgl. Kapitel 5 Maßnahmenset für die Stadt Würzburg) und die zur Umsetzung notwendigen Rahmenbedingungen (überwiegend auf Bundesebene) dargestellt. Im Mittelpunkt stehen dabei die Maßnahmen für die jeweiligen Sektoren, deren Effekte bzgl. Energieeinsparung und Treibhausgasreduzierung quantifizierbar sind.

Die hier aufgeführten und bewerteten Maßnahmen sind das Ergebnis eines Prozesses, bei dem eine Vielzahl von Akteuren aus der Stadt Würzburg einbezogen waren (vgl. Kapitel 2 Partizipation und Information). Aus dem umfangreichen Maßnahmenset wurden konkrete Maßnahmen mit möglichen Anknüpfungspunkten identifiziert, die dann mittels Szenarioanalyse bewertet und zur Umsetzung empfohlen werden.

Die aufgezeigten Potenziale zur Einsparung von Energie und Emissionen sollen realistische Orientierungswerte für das KN 2045 darstellen, aus denen sich die entsprechenden Zwischenziele bzw. konkrete Absenkungspfade der jeweiligen Sektoren für das KN 2045 der Stadt Würzburg ableiten lassen.

Der Anspruch des Szenarios KN 2045 besteht darin, realisierbare Maßnahmen zu identifizieren und dient damit als Basis für weitere Entscheidungen und Weichenstellungen innerhalb der Stadt Würzburg. Gleichwohl sind technologische als auch rechtliche Veränderungen der Rahmenbedingungen im Betrachtungszeitraum bis 2045 möglich und auch erforderlich. Diese können zu anderen Schwerpunktsetzungen und Anpassungen von Maßnahmen führen, beispielhaft sei hier der Einsatz von Wasserstoff erwähnt. Somit ist es immer wieder erforderlich, die Annahmen des Szenario KN 2045 kritisch zu hinterfragen und ggf. an aktuelle politische Rahmensetzungen anzupassen. Aber nicht nur die (veränderbaren) gesetzlichen und auch wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erfordern eine kontinuierliche Reflexion und Überprüfung der getroffenen Annahmen. Ganz entscheidend für den Umsetzungsprozess ist, immer wieder die Frage zu stellen, wie groß die gesellschaftliche Akzeptanz für die jeweiligen Maßnahmen in der Stadt Würzburg ist.

Um die Emissionen weiter zu senken, ist es wichtig, die Effizienz der Strom- und Wärmeerzeugung weiter zu erhöhen und den Anteil der erneuerbaren Energien zu steigern. Gleichzeitig ist es notwendig, den Energieverbrauch durch eine effizientere Strom-, Wärme- und Kraftstoffnutzung und die Vermeidung von Verlusten zu mindern.

Hierfür werden die Verbrauchsbereiche nach Energieeinsparpotenzialen durchleuchtet und Maßnahmen im Rahmen der Szenarienerstellung quantifiziert. Weiterhin wurden Wirkungsabschätzungen bei der Energieerzeugung und -verteilung vorgenommen. Im Ergebnis ergibt sich ein Emissionsminderungspotenzial, welches ausgehend vom aktuellen Bilanzjahr (2019) bis 2045 im Szenario KN 2045 erreicht werden kann.

Wohnen / Haushalte

Für die Berechnungen des Minderungspotenzials im Bereich Haushalte wurden in erster Linie die zwei Maßnahmen M 3.1 und M 3.2 zu Grunde gelegt (Tabelle 12). Maßnahme 3.3 „Mehr Klimaanpassung in Siedlungsstrukturen (Klimaresilienz)“ wirkt sich nicht unmittelbar auf die THG-Bilanz aus, sondern schafft mittelbar die Voraussetzungen für Siedlungsstrukturen und Gebäude, die sich an die Folgen des Klimawandels bzw. dessen Auswirken besser anpassen.

Tabelle 12 Berücksichtigte Annahmen zu den Maßnahmen in den Szenarien im HF Wohnen
Quelle: Darstellung IE Leipzig

TREND 2045	KN 2045
Maßnahme 3.1: Der Zukunft des Wohnens den Weg bereiten (Neubau)	
→ Verschärfung der energetischen Anforderungen für den Neubau, aber noch keine konsequente Ausrichtung an der Klimaneutralität	→ Ambitionierte Verschärfung der energetischen Anforderungen an den Neubau, konsequente Ausrichtung an der Klimaneutralität: ab 2024 Effizienzhaus 40 → ab 2040 Nullenergiehaus → ab 2045 Plus-Energie-Haus
Maßnahme 3.2: Maßnahme 2: Klimaneutralen Gebäudebestand angehen (Bestand)	
→ Keine Erhöhung der Sanierungsrate	→ Erhöhung der Sanierungsrate: bis 2030: 1,6% ab 2030: 1,75%
→ Verschärfung der energetischen Anforderungen für Sanierungen im Bestand, aber noch keine konsequente Ausrichtung an der Klimaneutralität der Sanierungstiefe bzw. der Standards	→ Ambitionierte Verschärfung der energetischen Anforderungen für Sanierungen im Bestand, konsequente Ausrichtung an der Klimaneutralität: ab 2024 Effizienzhaus 70 → ab 2030 Effizienzhaus 55
→ Kontinuierliche Umstellung der Heizsysteme	→ Konsequente und beschleunigte Umstellung der Heizsysteme: - ab 2024 Verbot des Einbaus von Heizungen mit fossilen Brennstoffen - Nutzungsdauer fossiler Wärmeerzeuger auf maximal 20 Jahre beschränkt - Erdgas und Heizöl bis 2045 komplett aus

	dem Wärmemix verdrängt - Massiver Ausbau von Wärmepumpen und Wärmenetzen
Maßnahme 3.3: Mehr Klimaanpassung in Siedlungsstrukturen (Klimaresilienz)	
<i>Anmerkung: Wurde nicht in den Szenarien quantifiziert, denn die Maßnahme wirkt sich nicht unmittelbar auf die THG-Bilanz aus, sondern schafft mittelbar die Voraussetzungen für Siedlungsstrukturen und Gebäude, die sich an die Folgen des Klimawandels bzw. dessen Auswirken besser anpassen.</i>	

Neben der energetischen Gebäudesanierung ist die Umstellung der Heizsysteme die entscheidende Stell- schraube. Heizsysteme auf Basis von Biomasse wie z.B. Holzpellets oder Holzhackschnitzel werden weiter leicht zunehmen, in urbanen Räumen wie der Stadt Würzburg werden sie aber auch perspektivisch keine dominierende Rolle einnehmen können. Klimaneutralität im Gebäudebestand kann nur erreicht werden, wenn die fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas komplett verdrängt werden. Dies stellt eine enorme Her- ausforderung dar. Welche Systeme die Heizung mit Erdgas oder Heizöl ersetzen können, hängt von den konkreten lokalen Rahmenbedingungen ab. Grundsätzlich stehen verschiedene, teilweise auch miteinander kombinierbare, Lösungen zur Verfügung (Tabelle 13).

Im Bereich der Innenstadt wird angenommen, dass der Anschluss ans Fernwärmenetz ausgebaut und im dezentralen Bereich – wo eine entsprechende Wärmedichte und auch ausreichender Wärmebedarf besteht - überwiegend neue, klimaneutrale Nahwärmenetze aufgebaut werden. Abseits der Bereiche, in denen Wär- menetze sinnvoll möglich sind, muss eine objektbezogene Einzelversorgung erfolgen. In Einzelfällen könnte auch die Nutzung synthetischer, emissionsarmer Gase eine (untergeordnete) Rolle spielen – dies hängt aber stark von der nationalen und internationalen Verfügbarkeit ab. Die Option wurde aufgrund der hohen Un- sicherheit nicht in die vorliegenden Szenarien aufgenommen. Eine ausführliche Darstellung hierzu erfolgt im Kapitel Energieerzeugung und -versorgung.

Tabelle 13 Verteilung der Heizsysteme in den Szenarien
Quelle: Darstellung IE Leipzig

	2019	Trend 2045	KN 2045
Anteil der Primärsysteme im Wohnbestand (Wohneinheiten)			
Biomasse	5%	6%	9%
Erdgas (inkl. Flüssiggas)	75%	66%	-
Heizöl	8%	4%	-

Fernwärme	9%	13%	31%
Wärmepumpen	2%	6%	32%
Erneuerbare Nahwärme	-	4%	29%
Solarthermie (Sekundärsystem)	1%	5%	13%

Unter Berücksichtigung einer leichten Bevölkerungszunahme (+ 4,5%) und einer stetigen Zunahme der Wohnfläche (+ ca. 10%) (vgl. Kapitel 4.2 Sozioökonomische Entwicklung) sinkt im Trend 2045 der Energieverbrauch der Haushalte von 2019 bis 2045 um insgesamt 9%. Im KN 2045 kann die Minderung gegenüber dem Trendszenario nochmals verstärkt werden. Bis 2045 wird eine Reduktion um 24% gegenüber 2019 erreicht. Wesentliche Treiber sind die erhöhte Gebäudesanierung und die Verschärfung der energetischen Gebäudestandards für Neubau und Bestand (Abbildung 32).

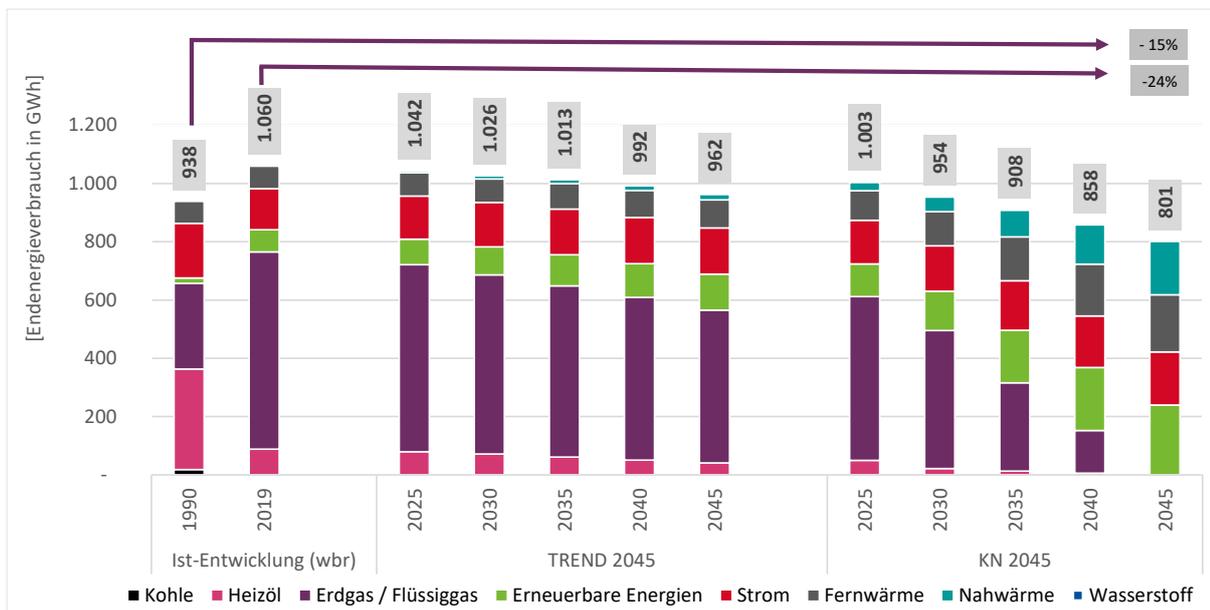


Abbildung 32 Entwicklung Endenergieverbrauch Haushalte in den Szenarien

Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

Während im Trend 2045 der Energieträger Erdgas dominiert, erfolgt im KN 2045 eine deutliche Verschiebung der Anteile mit einer Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien (Umweltwärme, Biomasse, Solarthermie) auf 30%. Auch Fernwärme und Nahwärme steigern ihre Anteile deutlich auf 25% bzw. 23%. Die Bereitstellung der Nah- und Fernwärme erfolgt in diesem Falle ebenfalls auf Basis erneuerbarer Energien (vgl. Kapitel Energieerzeugung und -versorgung).

Für Geschosswohnungsbauten im Einzugsbereich der Fernwärme oder Ausbaugebieten ist der Wärmenetzanschluss die beste Lösung. Bei Mehrfamilienhäusern ohne Anschlussmöglichkeit muss genauer untersucht werden, welche Wärmeversorgungsvarianten in Frage kommen. Wärmepumpen reichen oft nicht, es ist eine Spitzenlastergänzung erforderlich. Für den notwendigen Systemwechsel bei den Heizungen ist auch der Weiterbildungsbedarf bei allen Beteiligten, z. B. dem Handwerk, zu berücksichtigen.

Bei der Einzelversorgung von Ein- und Zweifamilienhäusern kann die Stadt Würzburg derzeit auf das Beratungsinstrument setzen. Verpflichtende Vorgaben, wie z. B. Einbauverbote für Kessel mit fossilen Brennstoffen dürfen Kommunen nicht erlassen.

Es gibt derzeit aber auch Hemmnisse, die besonders aus Sicht der Wohnungswirtschaft eine Erhöhung der Sanierungsraten vor dem Hintergrund steigender Bau- und Immobilienpreise sowie des Fachkräftemangels als kaum realistisch erscheinen lassen. In Bestandsgebäuden ist eine Sanierung hin zu Null-Energiehäusern in vielen Fällen theoretisch möglich, doch gibt es oft Restriktionen und Hemmnisse, an denen eine Umsetzung scheitert (z. B. Denkmalschutz, fehlender Platz für innovative Techniken, statische Probleme, unzumutbare Umbaumaßnahmen im Bestand; Brandschutz etc.).

Für die Reduktion der THG-Emissionen ist neben der Minderung des Energieverbrauchs der Wechsel der Energieträger ganz entscheidend. Im Ergebnis kann mit den aufgezeigten Maßnahmen im KN 2045 eine Minderung von -96% bzw. -94% erreicht werden (Abbildung 33). Voraussetzung hierfür ist neben dem Umsetzen von Effizienzmaßnahmen die komplette Umstellung der Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Energien. Die THG-Minderungen sind nur erreichbar, wenn bis 2045 insbesondere die Bereitstellung der Nah- und Fernwärme komplett auf Basis erneuerbarer Energien erfolgt.

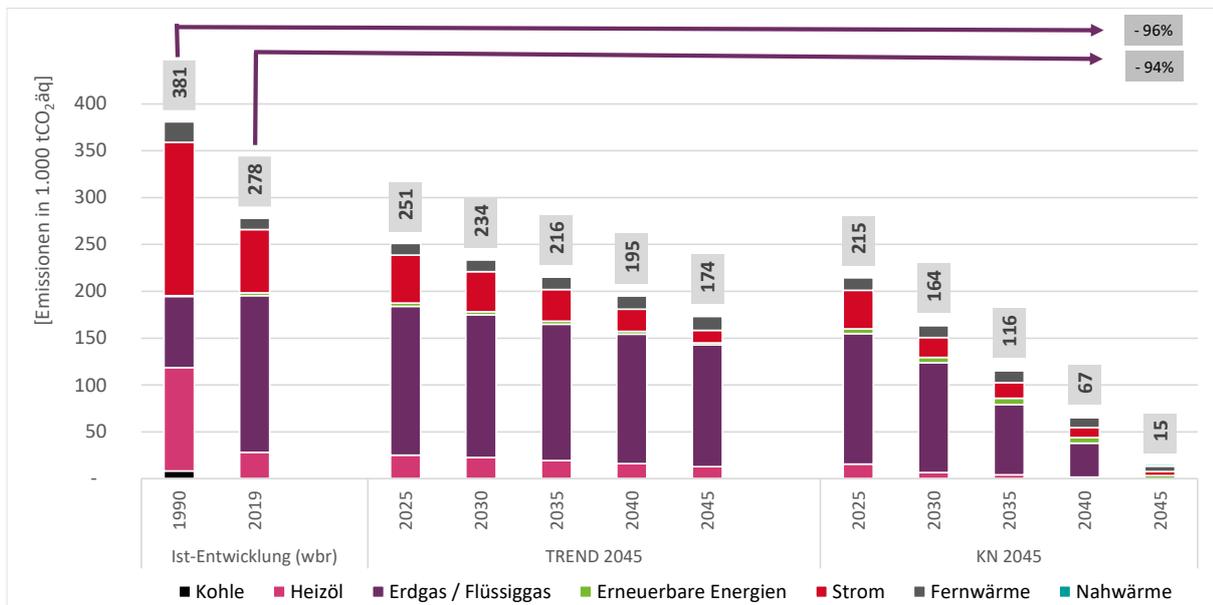


Abbildung 33 Entwicklung Emissionen Haushalte in den Szenarien

Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

Notwendige Rahmensetzungen durch den Bund (für KN 2045):

Grundsätzlich ist derzeit weiterhin festzustellen, dass die Investitionskosten (besonders im Bereich der Gebäudesanierung) immer noch ein Hemmnis sind und die finanzielle Förderung von energetischen Sanierungsmaßnahmen eine entscheidende Stellschraube bleibt. Die Förderkulisse auf Bundesebene (u. a. BEG, Steuererleichterungen) ist gut, aber die Beantragung und Genehmigung der Fördermittel ist oft sehr aufwendig. Ein weiteres zentrales Element zur Erreichung höherer Gebäudeeffizienz ist die (steigende) CO₂-Bepreisung fossiler Energieträger. Das bisherige Gebäudeenergiegesetz (GEG) muss weiterentwickelt und der Vollzug der Vorgaben konsequenter ausgestaltet werden. Bisher gilt ab dem Jahr 2026 ein Verbot zum Einbau von Ölheizungen. Eine Beschränkung fossiler Wärmeerzeuger auf maximal 20 Jahre ist noch nicht erfolgt. Zur Erreichung der Klimaziele müssen zudem möglichst bald auch ordnungsrechtliche Vorgaben getroffen werden, die auf eine Verdrängung von Erdgas aus dem Wärmemix abzielen. Grundsätzlich können diese massiven Veränderungen nur in einem Zusammenspiel zwischen gesetzlichen Vorgaben und unterstützenden Angeboten wie Beratung und finanzieller Förderung beschleunigt werden. Es gilt somit die planerischen und finanziellen Voraussetzungen auch seitens des Bundes zu schaffen. Die größte Herausforderung besteht jedoch darin, die Wärmewende sozial verträglich zu gestalten.

Wirtschaft / Industrie und GHD

Zum Sektor Wirtschaft zählen das verarbeitende Gewerbe (Industrie) und der Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Für die Berechnungen des Minderungspotenzials der Wirtschaft wurden hauptsächlich die Maßnahmen M 4.1 und M 4.2 zu Grunde gelegt (Tabelle 14).

Maßnahme 4.3 „Vor- und nachgelagerte Emissionen vor Ort in den Blick nehmen“ wirkt sich nur teilweise unmittelbar auf die THG-Bilanz aus und schafft auch mittelbar die Voraussetzungen für ein klimaneutrales Wirtschaften. Die Rolle der Unternehmen fokussiert sich darauf, im lokalen Kontext Transformationsprozesse zu gestalten und Kooperationen aufzubauen. Über die Klimabilanzierung hinaus müssen sich die strategischen und unternehmensinternen Zielsetzungen daran ausrichten, den ökologischen Fußabdruck stets zu reduzieren. Die Darstellung bzw. Bilanzierung der Effekte einer klimaneutralen dienstlichen Mobilität wird im Sektor Mobilität quantifiziert und entsprechend berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.3.3 Mobilität/ Verkehr).

Die Auswirkung der Maßnahme 4.4 „Forschung, Wissenschaft und unternehmerische Innovationen zusammenbringen“, kann nicht unmittelbar in den Szenarien quantifiziert werden, vielmehr sorgt sie für die Schaffung der notwendigen lokalen Rahmenbedingungen, um dem klimaneutralen Wirtschaften den Weg zu bereiten. Die Stadt Würzburg kann Netzwerke und Aktivitäten zur Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft unterstützen und aktiv daran mitwirken. Eine auf Stoffkreisläufe ausgerichtete Wirtschaft ist vor allem auf lokaler bzw. regionaler Ebene interessant und unterstützt damit auch die regionale Wertschöpfung. Durch eine Informations- und Dialogplattform sollten gerade auch KMU hinsichtlich der Bilanzierung und einem Verständnis der erforderlichen Schritte sensibilisiert werden.

Tabelle 14 Berücksichtigte Annahmen zu den Maßnahmen in den Szenarien im HF Wirtschaft
Quelle: Darstellung IE Leipzig

TREND 2045	KN 2045
Maßnahme 4.1: Energieeffizienz in der Wirtschaft stärken	
→ Kontinuierliche Umsetzung von energieeffizienten Nichtwohngebäude und technischen Anwendungen	→ Ambitionierte und schnelle Umsetzung von energieeffizienten Nichtwohngebäude und technischen Anwendungen
Maßnahme 4.2: Eigenerzeugung und Direktlieferung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien stärken	
→ Kaum Nutzung von Abwärme → Kontinuierlicher Ausbau von Photovoltaik im Gewerbe → Vereinzelter Einsatz von innovativen Anlagen	→ Verstärkte Nutzung von Abwärme z.B. auch durch die Einbindung in Nahwärmenetze → Konsequenter Ausbau von Photovoltaik im Gewerbe



	<ul style="list-style-type: none"> → Konsequenter Einsatz von innovativen Anlagen → Umstellung der Versorgungstechnik und Substitution fossiler Energieträger
<p>Maßnahme 4.3: Vor- und nachgelagerte Emissionen vor Ort in den Blick nehmen</p> <p><i>Anmerkung: Die Maßnahme wirkt sich nur teilweise unmittelbar auf die THG-Bilanz aus. Sie schafft auch mittelbar die Voraussetzungen für ein klimaneutrales Wirtschaften. Die Rolle der Unternehmen fokussiert sich darauf, im lokalen Kontext Transformationsprozesse zu gestalten und Kooperationen aufzubauen. Über die Klimabilanzierung hinaus müssen sich die strategischen und unternehmensinternen Zielsetzungen daran ausrichten, den ökologischen Fußabdruck stets zu reduzieren. Die Darstellung bzw. Bilanzierung der Effekte einer klimaneutralen dienstlichen Mobilität wird im Sektor Mobilität quantifiziert und entsprechend berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.3.3 Mobilität/ Verkehr)</i></p>	
<p>Maßnahme 4.4: Forschung, Wissenschaft und unternehmerische Innovationen zusammenbringen</p> <p><i>Anmerkung: Die Maßnahme kann nicht unmittelbar in den Szenarien quantifiziert werden, vielmehr sorgt sie für die Schaffung der notwendigen lokalen Rahmenbedingungen, um dem klimaneutralen Wirtschaften den Weg zu bereiten</i></p>	

Die Fortschreibung der Erwerbstätigenzahlen erfolgte entsprechend der Bevölkerungsentwicklung. Demzufolge steigt die Zahl der Erwerbstätigen zwischen 2019 und 2045 um 7 % an. Der Anteil der Erwerbstätigen in den jeweiligen Wirtschaftszweigen wurde anhand des Trends der letzten Jahre fortgeschrieben.

Die Entwicklung von Endenergieverbrauch und Energieträgerverteilung wurde anhand bundesdeutscher Projektionen [Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2020] [Prognos, Fraunhofer ISI, GWS, iinas 2020] und der Ausgangssituation in Würzburg angepasst. Im Bereich GHD entwickelt sich der Energieverbrauch in den Anwendungsbereichen unterschiedlich. Der Energieverbrauch für Raumwärme verringert sich, ebenfalls rückläufig ist der Verbrauch der Beleuchtung. In einigen Anwendungsbereichen steigt der Energieverbrauch an, wie bei der Klimatisierung und dem Stromverbrauch für Bürogeräte und Prozesskälte.

Die Bedeutung der fossilen Energieträger nimmt ab. Diese Entwicklung hängt im Bereich GHD eng zusammen mit dem Rückgang des Raumwärmeverbrauchs und einer Veränderung der Beheizungsstruktur. Aber auch in der Industrie erfolgt die weitere Umstellung hin zu treibhausgasneutrale(re)n Energieträgern. Der Anteil von Erdgas geht zurück, gleichzeitig steigt der erneuerbare Stromverbrauch an.

Durch das wirtschaftliche Wachstum und die vergleichsweise geringeren Effizienzgewinne kommt es bis zum Jahr 2045 im Trend kaum zu einer Reduzierung des Endenergieverbrauchs (EEV). Im KN 2045 kann aufgrund ambitionierter Effizienzsteigerungen gegenüber 2019 eine Minderung des EEV um jeweils 24% (Industrie & GHD) erreicht werden (Abbildung 34 und Abbildung 35). In der Industrie prägen weiterhin Produktionsprozesse den Energieverbrauch, den größten Anteil hat die Prozesswärme. Im Bereich GHD entfällt die Hälfte des EEV auf die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser.

Das fortgesetzte Wirtschaftswachstum, die zunehmende Elektrifizierung industrieller Prozesse und der Einsatz von Wärmepumpen im Sektor GHD führen insgesamt zu einem steigenden Strombedarf. Bei den Brennstoffen verlieren Gas und Heizöl an Bedeutung und werden im KN 2045 sukzessive ersetzt. Dominanter Energieträger im Jahr 2045 in der Industrie ist Strom (Anteil 71 %), bei GHD die Fernwärme (Anteil 48%).

Die enormen Effizienzsteigerungen und die weitere Substitution fossiler Energieträger führen im KN 2045 (Abbildung 36 & Abbildung 37) gegenüber 2019 zu einer Reduzierung der THG-Emissionen um 93 % (GHD) bzw. 95 % (Industrie).

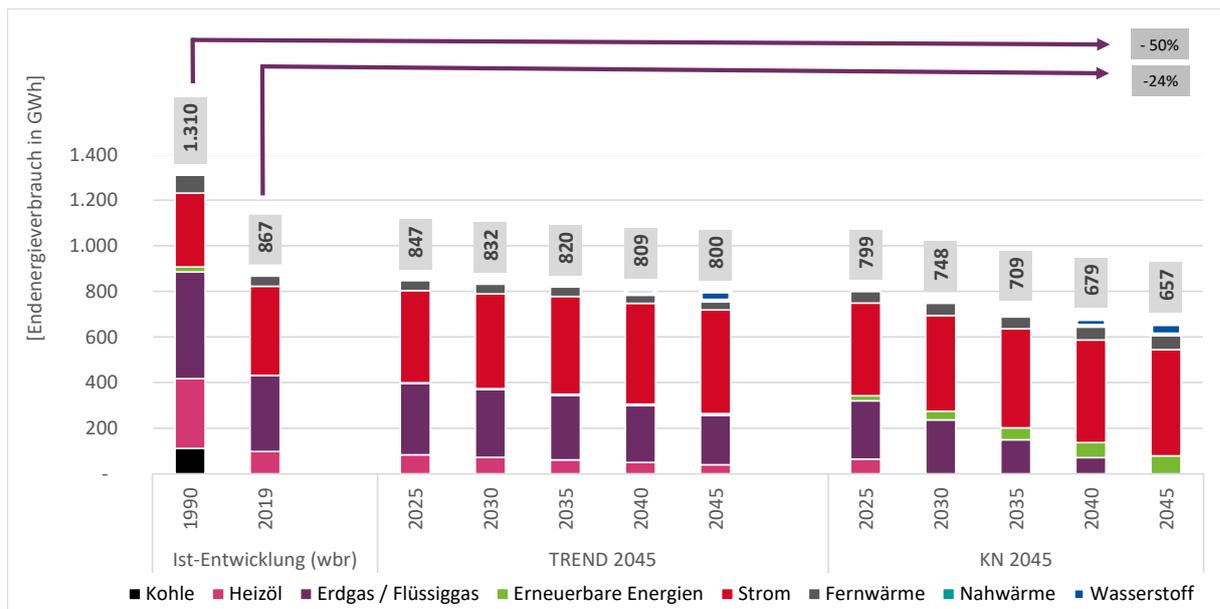


Abbildung 34 Entwicklung Endenergieverbrauch Industrie in den Szenarien
 Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

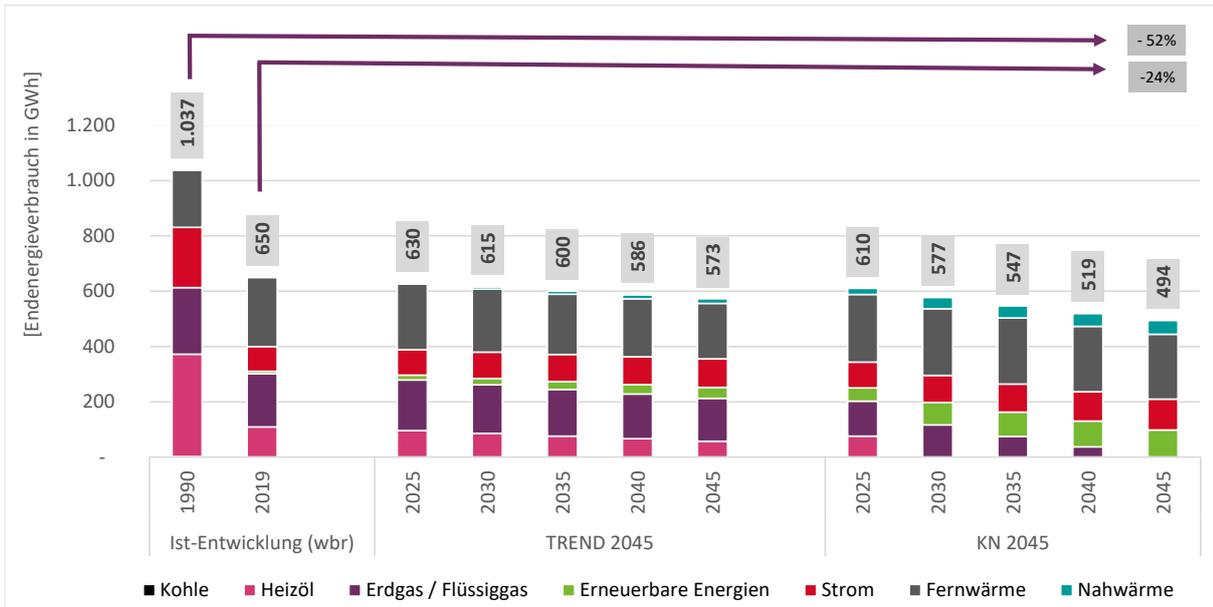


Abbildung 35 Entwicklung Endenergieverbrauch GHD in den Szenarien

Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

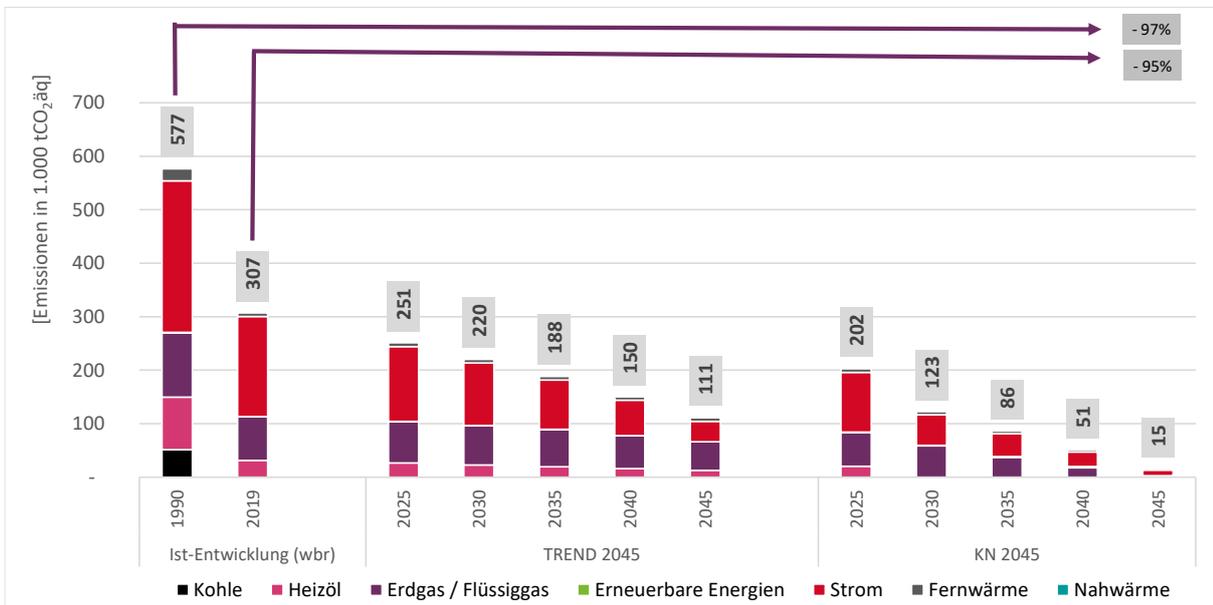


Abbildung 36 Entwicklung Emissionen Industrie in den Szenarien

Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

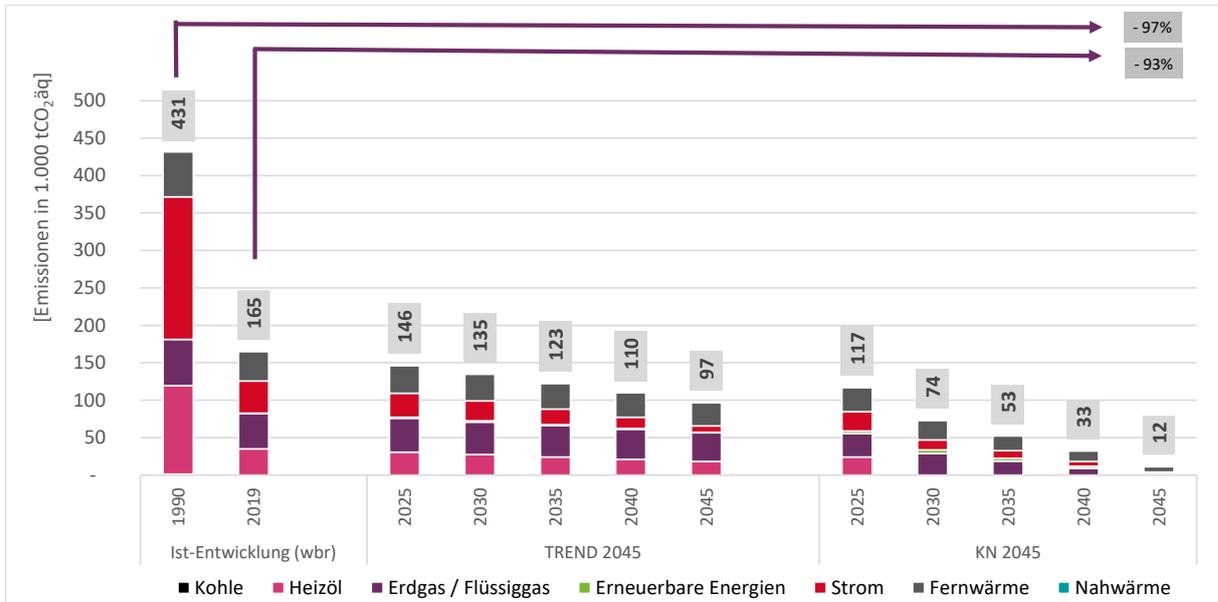


Abbildung 37 Entwicklung Emissionen GHD in den Szenarien

Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

Die Stadt Würzburg kann Netzwerke und Aktivitäten zur Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft unterstützen und aktiv daran mitwirken. Eine auf Stoffkreisläufe ausgerichtete Wirtschaft ist vor allem auf lokaler bzw. regionaler Ebene interessant und unterstützt damit auch die regionale Wertschöpfung. Durch eine Informations- und Dialogplattform sollten gerade auch KMU hinsichtlich der Bilanzierung und einem Verständnis der erforderlichen Schritte sensibilisiert werden. Die Rolle der Unternehmen sollte sich darauf fokussieren, im lokalen Kontext Transformationsprozesse zu gestalten und Kooperationen aufzubauen. Über die Klimabilanzierung hinaus müssen sich die strategischen und unternehmensinternen Zielsetzungen daran ausrichten, den ökologischen Fußabdruck stets zu reduzieren.

Notwendige Rahmensetzungen durch den Bund (für KN 2045):

Eine Vielzahl von Unternehmen in der Stadt Würzburg hat sich bereits auf den Weg hin zu einer klimafreundlicheren Wirtschaftsweise gemacht. Diese Anstrengungen sind auch von öffentlicher Seite immer wieder anerkennend sichtbar zu machen. Hinsichtlich der Herausforderung, eine treibhausgasneutrale Wirtschaft aufzubauen, ist es aber noch ein weiter Weg. Dazu bedarf es fördernder Voraussetzungen und einer unterstützenden Rahmensetzung sowohl auf kommunaler Ebene, aber auch auf Landes-, Bundes- oder EU-Ebene. Für eine ökonomisch tragfähige Umstellung von Produktionsprozessen spielt die Rahmensetzung von EU und Bund eine entscheidende Rolle. Hierbei sind vor allem CO₂-Bepreisung, Carbon Contracts for Difference (CfD), CO₂-Grenzausgleiche (Carbon Border Price Adjustment) und andere Formen des Schutzes vor Carbon Leakage zu nennen.

Klimaneutralität bedeutet die Nutzung von 100 % erneuerbaren Strom bei deutlich erhöhtem Strombedarf, der insbesondere auf die Sektorenkopplung zurückzuführen ist. Zudem wird für die nationale Wasserstoffherstellung zusätzlich Stromkapazität benötigt. Um diesen Ausbau zu realisieren, müssen geplante jährliche Ausschreibungsmengen im EEG und dem Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See erhöht werden. Daneben bedarf es beschleunigter Planungs- und Genehmigungsverfahren der Erzeugungsanlagen und einer ausreichenden Flächenbereitstellung durch die regionalen Planungsträger.

Bereits heute ist Energieeffizienz ein wichtiger Bestandteil der Forschung & Entwicklung und Grundvoraussetzung für wirtschaftliches Handeln. Zukünftig werden sowohl die weitere Steigerung der Energieeffizienz von konventionellen Anlagen als auch die Forschung an energieeffizienten Schlüsseltechnologien einen wichtigen Hebel zur Senkung des Primärenergieverbrauchs darstellen. Für bereits existierende Querschnittstechnologien, wie hocheffiziente Pumpen, Druckluftsysteme, Antriebe, Klimatisierungs- und Kühlsysteme, Beleuchtungssysteme sowie Informations- und Kommunikationstechnologien sollten bestehende Förderprogramme beibehalten und kontinuierlich weiterentwickelt werden. Zusätzlich sind Sonderabschreibungen für Investitionen in hocheffiziente Querschnittstechnologien geeignet, um dieses Effizienzpotenzial zu heben. Zudem können Klimaschutzverträge Planungssicherheit geben und Mehrkosten für den Aufbau und Betrieb CO₂-armer Schlüsseltechnologien absichern. Diese sind wichtig, um frühzeitig Investitionen in eine stärkere Kreislaufführung und höhere Anteile sekundärer Rohstoffe zu realisieren und den Aufbau von grünen Leitmärkten für klimafreundliche Grundstoffe zu ermöglichen.

Verkehr

Die Herausforderungen für den Klimaschutz im Sektor Verkehr sind hoch. Wesentliche Treiber für die Emissionen sind die anhaltend hohen Anteile des motorisierten Individualverkehrs und des Straßengüterverkehrs. Dadurch sowie durch wachsende Fahrzeuggrößen (höheres Gewicht, stärkere Motorisierung) wurden die erzielten Effizienzgewinne bei den Fahrzeugantrieben in der Vergangenheit schnell wieder überkompensiert. Um den Verkehr in Würzburg möglichst klimaneutral zu gestalten, ist im KN 2045 eine Kombination verschiedener Strategieansätze notwendig: (1) eine Verringerung des Verkehrsaufwands, (2) die Verlagerung auf möglichst energieeffiziente und klimafreundliche Verkehrsmittel (Fuß- und Radverkehr, Öffentlicher Verkehr und Sharing-Mobilität), (3) der Umstieg auf Elektromobilität und andere alternative Antriebe in Kombination mit erneuerbarem Strom sowie (4) Verbesserungen der spezifischen Effizienz von Fahrzeugen.

In Tabelle 15 sind die wesentlichen Annahmen für beide Szenarien dargestellt. Für die Berechnungen der Emissionen des Verkehrs wurden in erster Linie die fünf in Maßnahmenblättern definierten Maßnahmen zu Grunde gelegt. Manche dieser Maßnahmen wirken sich nicht unmittelbar auf die THG-Bilanz aus, sondern schaffen mittelbar die Voraussetzungen für eine umweltverträglichere und klimafreundlichere Mobilität. Daher kann nicht jedes aufgeführte Detail der Maßnahme unmittelbar in das Szenarien-Modell übernommen werden. Andererseits wurden einige allgemeine Annahmen in den Szenarien getroffen, die sich

nicht direkt aus den Maßnahmenblättern ableiten lassen, sondern Struktureffekte darstellen (z. B. die typischen Wegelängen) oder überregionalen Entwicklungen folgen, etwa zur Energieeffizienz der Fahrzeuge oder zur Binnenschifffahrt auf dem Main. Diese sind unter der Rubrik „weitere Annahmen“ in Tabelle 15 dokumentiert.

Tabelle 15 Berücksichtigte Annahmen zu den Maßnahmen in den Szenarien im HF Mobilität
Quelle: Darstellung IE Leipzig

TREND 2045	KN 2045
Maßnahme 5.1: ÖPNV stärken	
<ul style="list-style-type: none"> → Umsetzung Busnetz + ab 2022 und Taktverdichtungen, dadurch jährlich 530.000 Buskilometer mehr, im MIV 3,15 Mio. Pkw-km weniger, 0,5 Mio. Fuß- und Radkilometer weniger → Inbetriebnahme Straßenbahn Grombühl 2027, dadurch jährlich 105.000 km Straßenbahnmehrleistung, 6.000 weniger Bus-Kilometer, 1,6 Mio. weniger Pkw-km, 0,25 Mio. weniger Personenkilometer (Pkm) zu Fuß und mit dem Fahrrad → ÖPNV erreicht 2045 im Modal Split 14 % der Wege und 20 % der Verkehrsleistung 	<ul style="list-style-type: none"> → Wie im Trend-Szenario, aber zusätzlich 429.000 km Straßenbahnmehrleistung jährlich durch Realisierung der Hubland-Linie ab 2028, im MIV 10,4 Mio. Pkw-km weniger, 1,6 Mio. Pkm weniger im Fuß- und Radverkehr → Verdichtung des Verkehrsangebots, 50.000 zusätzliche Tram-Kilometer und 100.000 Bus-km jährlich ab 2030, um mehr Umsteiger vom Pkw aufnehmen zu können. → ÖPNV erreicht 2045 im Modal Split 24 % der Wege und 40 % der Verkehrsleistung
Maßnahme 5.2. Rad- und Fußverkehr stärken	
<ul style="list-style-type: none"> → Verbesserungen werden allmählich (wie im Bundestrend) wirksam, zugleich verbessert sich auch die Wettbewerbsposition von ÖPNV und Pkw, daher keine wesentliche Verschiebung des Modal Split. → Radverkehr erreicht 2045 im Modal Split 17 % der Wege und 8,3 % der Verkehrsleistung (nach 13,5 % der Wege und 5,1 % der Verkehrsleistung 2019) u. a. aufgrund vermehrter Nutzung von E-Bikes. → Fußverkehr bleibt dauerhaft im Modal Split bei 25 % der Wege und 5 % der Verkehrsleistung, 	<ul style="list-style-type: none"> → Verbesserungen für den Rad- und Fußverkehr werden parallel zu Einschränkungen für dem MIV wirksam und verändern den Modal Split wie folgt: → Radverkehr erreicht 2030 im Modal Split 22 % der Wege und 11 % der Verkehrsleistung, 2045 dann 27 % der Wege und 16 % der Verkehrsleistung → Fußverkehr erreicht 2030 im Modal Split 28 % der Wege und 6 % der Verkehrsleistung, 2045 dann 29 % der Wege und 7 % der Verkehrsleistung



Maßnahme 5.3: MIV reduzieren	
<ul style="list-style-type: none">→ Die aktuelle Verteilung der Verkehrsflächen und der Bestand an Parkplätzen werden auf heutigem Niveau gehalten und schrittweise modernisiert.→ Pkw-Nutzer steigen in Ortsteilen mit deutlich verbessertem ÖPNV-Angebot teilweise zum ÖPNV um.→ Für Pkw-Nutzer bestehen keine grundsätzlichen Anlässe zur Abkehr vom Pkw.→ MIV erreicht 2045 im Modal Split 44 % der Wege (nach 48,5% 2019) und 67 % der Verkehrsleistung (nach 72 % 2019).→ Pro-Kopf-Verkehrsleistung über alle Verkehrsmittel stabil (6,0 km wie 2019)→ MIV-Anteil sinkt von 48,5 % bis 2045 auf 44 % der der Wege und von 72 % auf 67 % der Verkehrsleistung durch Wechsel zu einer multimodaleren Generation von Verkehrsteilnehmern und leicht verbesserte Attraktivität von E-Bikes und Straßenbahn	<ul style="list-style-type: none">→ Die Straßenraumaufteilung für ruhenden und fließenden Verkehr wird überprüft.→ Quartiersgaragen werden gebaut, wo Anwohner Stellplätze mieten können (Wegfall von Parksuchverkehr, zugleich Anreiz zum Verzicht auf Pkw durch Preis und längeren Fußweg zum Pkw)→ Vermindertes Parkraumangebot im öffentlichen Raum und intelligentes Parkraummanagement→ Push- und Pull-Maßnahmen (Parkraumbewirtschaftung, Straßenraumeinschränkungen, niedrigere Geschwindigkeiten einerseits, Verbesserungen im Umweltverbund andererseits) führen zu veränderten Verhaltensmustern bei vielen Verkehrsteilnehmern.→ Pkw-Nutzer steigen an attraktiven Linien auf ÖPNV, noch stärker aber auf Rad (einschl. E-Bike) um.→ MIV-Anteil sinkt bis 2030 auf 30 % der Wege und 51 % der Verkehrsleistung, bis 2045 dann auf 20 % der Wege und 36 % der Verkehrsleistung→ Pro-Kopf-Verkehrsleistung über alle Verkehrsmittel sinkt auf 5,4 km je Arbeitstag
Maßnahme 5.4: E-Mobilität flächendeckend fördern	
<ul style="list-style-type: none">→ Anteil der Pkw mit Elektroantrieb steigt von 0,87 % (01.01.2021) bis 2030 auf 16 % und bis 2045 auf 67 %→ Elektro-Anteil der leichten Nutzfahrzeuge steigt bis 2030 auf 10 % und bis 2045 auf 42 %→ Elektro-Anteil der Lkw und Sattelzüge steigt bis 2030 auf 1 % und bis 2045 auf 2,5 %	<ul style="list-style-type: none">→ E-Räder ersetzen Teil des Pkw-Verkehrs, Lastenräder ersetzen z. T. leichte NFZ, dadurch 5% weniger LNFZ-Fahrleistung→ Anteil der Pkw mit Elektroantrieb steigt bis 2030 auf 33 % und bis 2045 auf 100 %→ Elektro-Anteil der leichten Nutzfahrzeuge steigt bis 2030 auf 24 % und bis 2045 auf 100 %

<ul style="list-style-type: none"> → Auf elektrische Busse (Linien- und Reisebusse) entfallen 2030 17 % und 2045 70 % der Fahrleistung (Fahrzeug-km) → Der spezifische Strombedarf der E-Pkw sinkt von 2020 bis 2045 um ca. 10 % 	<ul style="list-style-type: none"> → Elektro-Anteil der Lkw und Sattelzüge steigt bis 2030 auf 17 % und bis 2045 auf 100 % → Auf elektrische Busse entfallen 2030 50 % und 2045 100 % der Fahrleistung (Fahrzeug-km) einschl. Transit → Der spezifische Strombedarf der E-Pkw sinkt von 2020 bis 2045 um ca. 20 % → Ab 2045 werden keine Mineralölprodukte mehr verkauft. Die frühzeitige Ankündigung der Schließung aller Zapfsäulen führt schon vor 2030 zur beschleunigten Abkehr von Verbrennungsmotoren.
Maßnahme 5.5: Saubere Logistik vorantreiben	
<ul style="list-style-type: none"> → Logistikunternehmen verhalten sich unverändert → Annahmen zur Elektrifizierung der LNFZ siehe M 5.4 → Logistikunternehmen kooperieren nicht verstärkt mit Wettbewerbern → Die Fahrleistung von Lkw und leichten Nutzfahrzeugen folgt langjährigen Trends und steigt von 2019 bis 2045 um ca. 16 % an. → Die Effizienz der Motoren im Straßengüterverkehr steigt im selben Zeitraum um rund 12 % an. 	<ul style="list-style-type: none"> → Lastenräder ersetzen z. T. leichte NFZ, dadurch 5% weniger LNFZ-Fahrleistung bis 2045 siehe M 5.4 → Annahmen zur Elektrifizierung der LNFZ siehe M 5.4 → Funktionierende „Mitfahrbörsen“ für Waren senken Lkw-Fahrleistungen bis 2045 um 5% → Die Fahrleistung von Lkw und leichten Nutzfahrzeugen geht von 2019 bis 2045 als Folge aller Wirkungen der Maßnahme sowie bundesweit veränderter Rahmenbedingungen um 15 % zurück. → Die Effizienz der Motoren im Straßengüterverkehr steigt im selben Zeitraum um rund 20 % an.
Weitere Annahmen:	
<ul style="list-style-type: none"> → Die Einwohner legen 2045 werktäglich ebenso viele und ebenso lange Wege wie 2019 zurück. → Anteil des MIV an der Verkehrsleistung (Pkm) sinkt von 71,8 % (2019) bis 2030 auf 70,1 % und bis 2045 auf 66,8 % 	<ul style="list-style-type: none"> → Die Einwohner legen 2045 aufgrund von Heimarbeit und anderen Digitalisierungseffekten werktäglich 3,2 Wege mit einer Gesamtlänge von 16,3 km zurück. → Der MIV-Anteil an der Verkehrsleistung sinkt bis 2030 auf 60,2% und bis 2045 auf 36 %



<ul style="list-style-type: none">→ Pkw-Bestand wächst von 65.001 (01.01.2021) bis 2045 auf 69.444 Fahrzeuge→ Die Energieeffizienz aller Fahrzeuge im Straßen -und Schienenverkehr folgt dem technischen Fortschritt→ Die Binnenschifffahrt benutzt bis 2045 fossilen Diesel→ Die Anteile von Strom- und Dieseltraktion im Schienenverkehr bleiben unverändert.	<ul style="list-style-type: none">→ Der Pkw-Bestand geht wegen sinkendem Bedarf und durch Car-Sharing bis 2045 auf 31.566 Fahrzeuge zurück.→ Der technische Fortschritt und europäische Vorgaben verbessern die Energieeffizienz aller Fahrzeuge deutlich stärker.→ Die Binnenschifffahrt stellt zwischen 2030 und 2040 alle Schiffe auf Biodiesel um.→ Auf nicht elektrifizierte Bahnstrecken fahren Nahverkehrszüge und Schienengüterverkehr bis 2045 nur noch mit Biodiesel
--	---

Da der Modal Split für die weitere Verkehrsentwicklung eine zentrale Größe darstellt, wird dessen Entwicklung in den beiden Szenarien in Tabelle 16 noch einmal gesondert zusammengefasst. Die Zahl für MIV umfasst dabei jeweils sowohl die selbst fahrenden als auch die mitfahrenden Personen in Pkw und auf motorisierten Zweirädern. Diese sind bei [WVI 2021] getrennt ausgewiesen und wurden auch getrennt berechnet, hier aus Platzgründen jedoch gemeinsam dargestellt.

Tabelle 16 Entwicklung des Modal Split nach Szenarien
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Modal Split der Wegezähl – Anteile in Prozent				Modal Split der Verkehrsleistung (mit Kilometerbezug) – Anteile in Prozent			
Angaben für Verursacherprinzip, d. h. für die Einwohner der Stadt Würzburg, analog zu [WVI 2021]							
ÖPV	MIV	Rad	Fuß	ÖPV	MIV	Rad	Fuß
Ausgangslage 2019 nach [WVI 2021]							
13,2 %	48,5 %	13,5 %	24,8 %	18,6 %	71,8 %	5,1 %	4,5 %
Kennwerte 2045 im Szenario „Trend 2045“							
14 %	44 %	17 %	25 %	19,9 %	66,8 %	8,3 %	5,0 %
Kennwerte 2030 im Szenario „KN 2045“							
20 %	30 %	22 %	28 %	31,9 %	50,8 %	11,1 %	6,3 %
Kennwerte 2045 im Szenario „KN 2045“							
24 %	20 %	27 %	29 %	40,5 %	36,0 %	16,2 %	7,3 %

Bis zum Jahr 2045 wird im KN 2045 eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um 77% gegenüber 2019 erreicht. Wesentliche Treiber sind gleichermaßen die Rückgänge der MIV-Fahrleistungen und die Begrenzung des Lkw-Verkehrsanstiegs sowie der im Vergleich zur Trendentwicklung geringere spezifische Kraftstoffverbrauch durch Effizienzsteigerungen und kleinere Fahrzeuge (Abbildung 38). Die THG-Emissionen sinken im gleichen Zeitraum stärker als der Endenergieverbrauch, was auf die steigenden Anteile erneuerbarer Kraftstoffe und die steigenden Anteile erneuerbarer Energieträger in der Stromerzeugung zurückzuführen ist. Unter Zugrundelegung der dargestellten Annahmen können die THG-Emissionen des Verkehrs bis zum Jahr 2045 im KN 2045 um 98 % gegenüber 2019 reduziert werden (Abbildung 39).

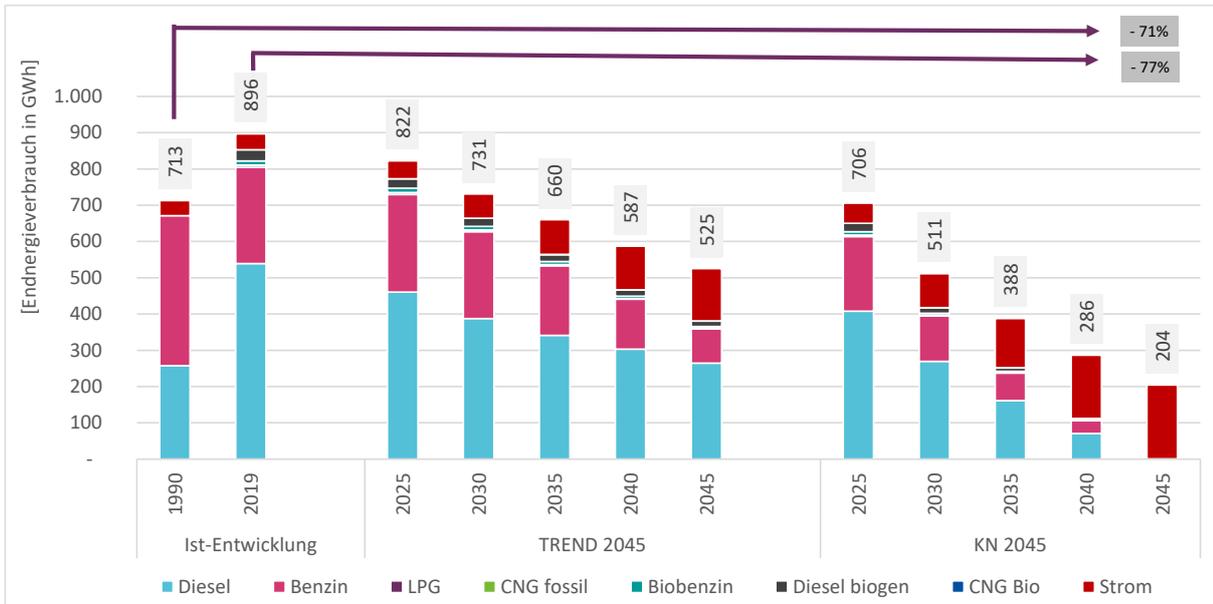


Abbildung 38 Entwicklung Endenergieverbrauch Verkehr in den Szenarien

Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

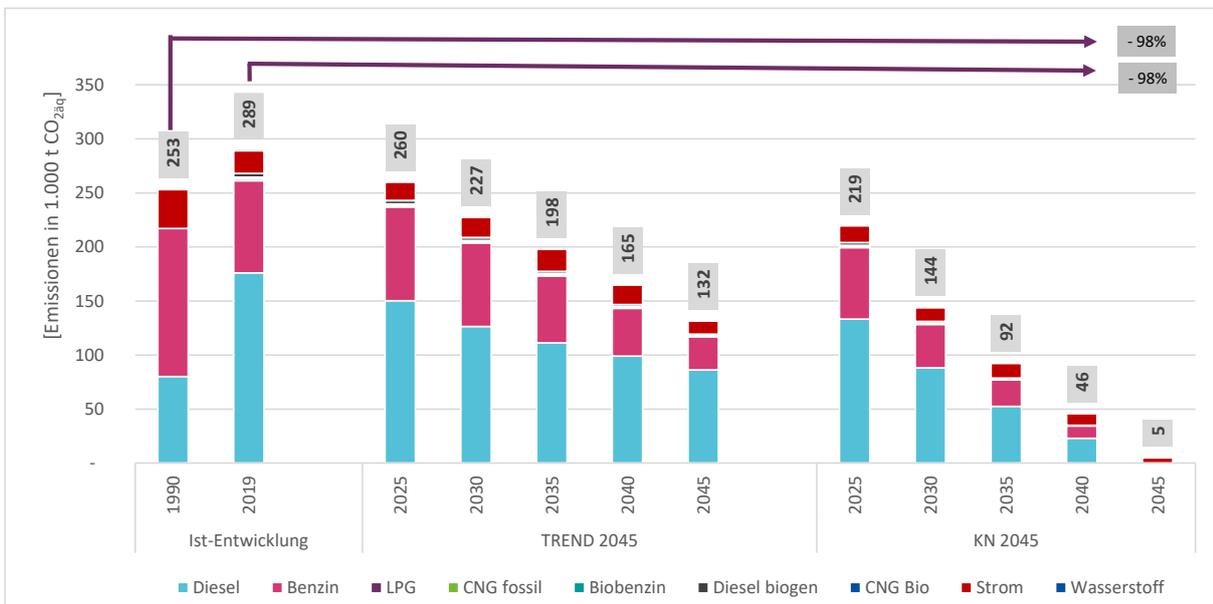


Abbildung 39 Entwicklung Emissionen Verkehr in den Szenarien

Quelle: Darstellung und Berechnung IE Leipzig

Notwendige Rahmensetzungen durch den Bund (für KN 2045):

Die ausgesprochen ambitionierten Anforderungen des Klimaschutzszenarios im Verkehr belegen deutlich die enormen Anstrengungen, die bis 2045 sowohl auf lokaler als auch auf Landes- und Bundesebene erforderlich sind.

Wesentliches Ziel ist die Reduzierung der Fahrleistung im MIV und die Verlagerung auf den Umweltverbund aus Rad- und Fußverkehr, öffentlichem Verkehr und Sharing-Mobilität. Die Umsetzung kann nur durch eine Attraktivierung des Umweltverbunds und eine Reduzierung der Privilegierung des Auto- und Lkw-Verkehrs gelingen. Dazu bedarf es fördernder Voraussetzungen auf den verschiedenen Handlungsebenen (Stadt, Land, Bund, EU). Für eine Verkehrswende sind neben den kommunalen Handlungsmöglichkeiten flankierende Rahmensetzungen auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene notwendig. Die städtischen Maßnahmen werden dadurch unterstützt oder sogar erst ermöglicht, falls sie nach aktueller Rechtslage nicht umsetzbar wären. Um den ÖPNV noch attraktiver und moderner zu machen, müssen den Kommunen deutlich mehr Bundesmittel aus dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) sowohl für Investitionen in den Neu- und Ausbau als auch für den Betrieb zur Verfügung stehen. Um mehr Platz und Rechte für den Umweltverbund zu schaffen, ist eine Reform des Straßenverkehrsrechtes (StVG, StVO⁷ und der landesrechtlichen Vorgaben⁸) notwendig. Damit erhalten die Kommunen die Möglichkeit, sowohl den fließenden als auch den ruhenden Kfz-Verkehr zu lenken und gegebenenfalls einzuschränken (u. a. Vereinfachung der Reduzierung und Bepreisung von Parkraum, Einrichtung von Infrastrukturen für den nichtmotorisierten Verkehr). Zur Reduzierung der Privilegierung des Autoverkehrs können auf übergeordneter Ebene u. a. folgende Handlungsansätze beitragen:

- Einführung einer allgemeinen streckenbezogenen Pkw-Maut und die Ermöglichung einer City-Maut in Städten
- Erhöhung und progressive Ausgestaltung der Kfz-Steuer
- eine emissions- und effizienzbasierte Reform der Dienstwagenregelung
- Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Autobahnen
- Reform der Pkw-Energiekennzeichnung und Effizienzstandards als Anreiz für kleinere Fahrzeuge

Die Stadt Würzburg kann Einfluss auf die Fahrleistungen im Personenverkehr nehmen, indem sie eine dichte Quartiers- und Stadtentwicklung fördert. Im Sinne eines Flächenmoratoriums ist es sinnvoll, keine neuen Bauflächen in Randgebieten auszuweisen und stattdessen auf dieutzungsgemischte Verdichtung bestehender Quartiere zu setzen. Um kurze Wege zu ermöglichen, sollten nahräumlich verfügbare Infrastrukturen für Alltagsbedarfe wie Nahkaufäden gezielt gefördert werden. Ein weiterer Beitrag von

⁷ *Straßenverkehrsgesetz und Straßenverkehrs-Ordnung*

⁸ *So ist die Höchstgrenze für Parkgebühren in § 10 der ZustV geregelt; für die Neuregelung der Kosten für Bewohnerparkausweise fehlen in Bayern derzeit noch weitere Umsetzungen auf Grundlage der Novelle des StVG (neue Gebührenordnung oder Ermächtigung für Kommunen). Schließlich spielen im Hinblick auf die Nutzung des öffentlichen Raums die landesrechtlichen Vorgaben zum Straßen- und Wegerecht eine zentrale Rolle (z.B. Sondernutzung).*



städtischer Seite kann zudem darin bestehen, kommunale Dienstleistungen und Sprechstunden digital anzubieten, um so Wege einzusparen. Durch die Einführung eines betrieblichen Mobilitätsmanagements in der eigenen Verwaltung kann die Stadt ihre Vorbildrolle wahrnehmen und bspw. Home-Office und mobiles Arbeiten sowie virtuelle Veranstaltungen fördern.

Vorbild sollte die Stadt auch bei der Fahrzeugbeschaffung sein, indem bei der Stadtverwaltung und in den kommunalen Betrieben die Beschaffung konsequent auf alternativ angetriebene Fahrzeuge ausgerichtet wird. Zur Förderung der Elektrofahrzeuge sollte die öffentliche Ladeinfrastruktur weiter ausgebaut werden. Da die meisten Ladevorgänge an privaten Ladepunkten zuhause oder auf der Arbeit stattfinden, könnte die Stadt die Einrichtung der privaten Ladeinfrastruktur, insbesondere auch in Betrieben, in privaten Parkhäusern und beim Einzelhandel unterstützen.

Abschließend sei nochmal darauf verwiesen, dass ohne die Transformation der Stadtgesellschaft die Klimaschutzziele im Verkehr nicht erreichbar sind; eine reine „Antriebswende“ ist nicht ausreichend. Die Einsparungen beinhalten Suffizienzbemühungen, wie der Verzicht auf die Pkw-Nutzung, die Bereitschaft, auf andere Verkehrsmittel umzusteigen und den Verzicht auf Konsumgüter. Ohne die entsprechende Bereitschaft in der Bevölkerung, eigene Verhaltensweisen zu hinterfragen, ist eine Umsetzung nicht möglich. Entsprechend liegt es an der Stadt, einerseits das passende Umfeld (attraktiver Umweltverbund) zu schaffen und andererseits durch Beratungs- und Informationsangebote Einfluss auf das Verhalten der Bewohnerinnen und Bewohner zu nehmen (bspw. umfassende Beratung zu den Vorteilen von Elektrofahrzeugen und von kleinen, verbrauchssparsamen Fahrzeugen).

Energieerzeugung und -versorgung

Für das Handlungsfeld Energieerzeugung steht zunächst das Maßnahmenblatt 2.1 „Weichen stellen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung“ im Mittelpunkt der Betrachtung. Dieses Maßnahmenblatt umfasst mehrere Bestandteile, die aufzeigen, wie die Wärmeversorgung bis 2045 klimaneutral werden kann. Teil 1 befasst sich mit der Fernwärmeversorgung. Die Entwicklung des spezifischen Emissionsfaktors für die Fernwärme in Würzburg hat unmittelbaren Einfluss auf die Erreichung der Klimaziele und kann entsprechend in den Szenarien bilanziert werden. Die Annahmen zu der Entwicklung des Emissionsfaktors für die Fernwärme ist in Abbildung 40 darstellt.

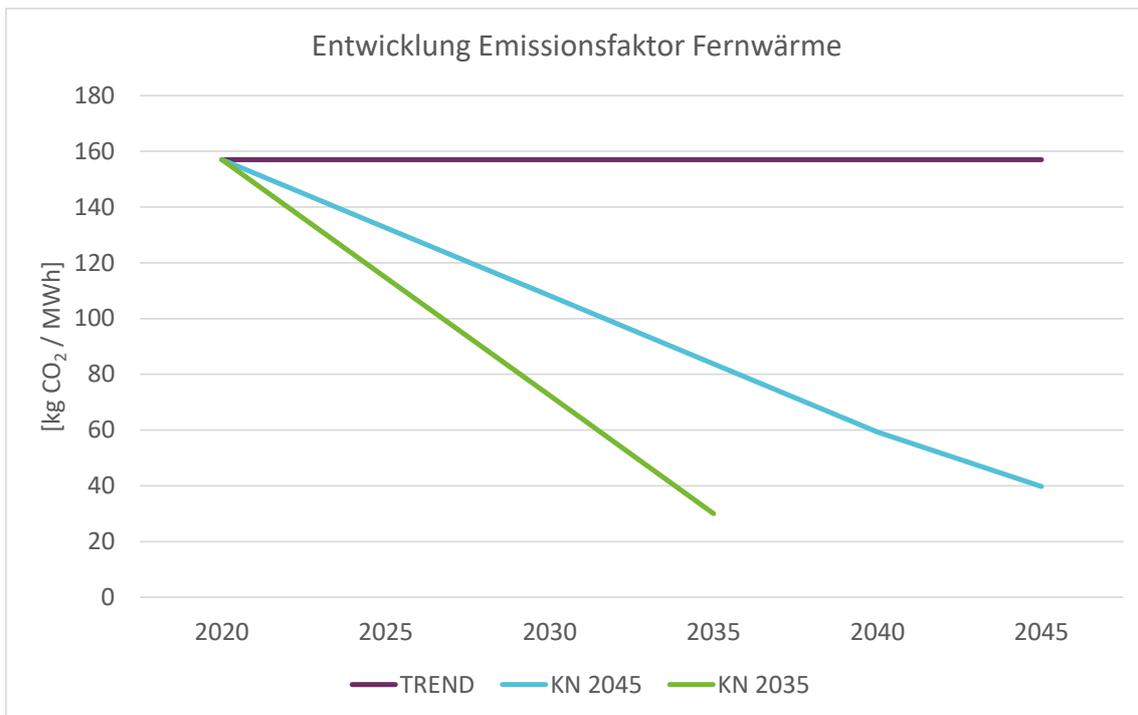


Abbildung 40: Annahmen zur Entwicklung des Emissionsfaktors der Fernwärme
Quelle: IE Leipzig 2021

In Teil 2 wird ausführlich dargestellt, welche wichtige Rolle die Nahwärme bzw. Nahwärmenetze auf Basis erneuerbarer Energien für eine klimaneutrale Wärmeversorgung in der Stadt Würzburg haben. Schließlich werden im dritten Teil des Maßnahmenblattes Optionen für die Einzelversorgung auf Basis erneuerbarer Energien vorgestellt. Hierbei wird aufgezeigt, wie Wärmeversorgungslösungen ohne Heizöl oder Erdgas aussehen können, und welche Möglichkeiten es neben dem Anschluss an ein Fern- oder Nahwärmenetz gibt.

Die Maßnahmen 2.2 und 2.3 beschreiben die Optionen für den erforderlichen Ausbau erneuerbarer Energien. Maßnahme 2.2 "Solare Stromerzeugung rapide ausbauen" fokussiert dabei auf den Ausbau der Photovoltaik. Diese stellt für das Stadtgebiet absehbar die wichtigste Erzeugungsform von erneuerbarer Energie

dar. Die Maßnahme 2.3 „Ausbau und Integration erneuerbarer Energien“ befasst sich schließlich mit dem Ausbau weiterer erneuerbarer Energien in der Stadt Würzburg, aber auch mit überregionalen Aktivitäten und Kooperationen zur Förderung dieses Ausbaus.

Nach der Systematik des BSKO-Standards wird für die Ermittlung der Treibhausgasemissionen aus dem Stromverbrauch der Bundesstrommix zugrunde gelegt (s.o.). Deshalb hat der Ausbau von Kapazitäten zur Erzeugung von erneuerbaren Energien in Würzburg keine unmittelbaren Auswirkungen auf die städtische Treibhausgasbilanz nach dem BSKO-Standard. Der durch die Maßnahmen 2.2 und 2.3 abgebildete Ausbau der erneuerbaren Energien ist daher ein wichtiges Handlungsfeld, wirkt sich aber nicht unmittelbar auf die grundlegende Bilanz nach dem BSKO-Standard aus.

Tabelle 17 fasst die im Handlungsfeld 2 verwendeten Annahmen für die Bildung der beiden Szenarien zusammen.

Tabelle 17 Berücksichtigte Annahmen zu den Maßnahmen in den Szenarien im HF Energieversorgung
Quelle: Darstellung IE Leipzig

TREND 2045	KN 2045
Maßnahme 2.1: Weichen stellen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung	
<p>→ Keine klimaneutrale Fernwärme bis 2045</p>	<p>→ Klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2045 mit folgenden Bestandteilen:</p> <p>(1) Zentrale Wärmeversorgung: Dekarbonisierung der Fernwärme bis 2045:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optimierung MHKW - Stufenweiser Einsatz erneuerbarer Energien im HKW - Berücksichtigung weiterer Erzeugungsoptionen (Großwärmepumpen, Power-to-Heat, Abwärme, Biomassekraftwerk, etc.). <p>→ Verdichtung und Ausbau Fernwärmenetz</p> <p>(2) Dezentrale Wärmeversorgung: Ausbau klimaneutraler Nahwärme auf Basis erneuerbarer Energien</p> <p>→ (3) Einzel- bzw. Objektwärmeversorgung: Ausbau auf Basis erneuerbarer Energien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verstärkter Einsatz von Wärmepumpen,

	Solarthermie, Biomasse (vgl. Annahmen HF Wohnen) für die Einzel-bzw. Objektversorgung
Maßnahme 2.2 Solare Stromerzeugung rapide ausbauen	
→ Kontinuierlicher Ausbau von PV auf Dachflächen und an Gebäudefassaden	→ Ambitionierter Ausbau von PV auf Dachflächen und an Gebäudefassaden
→ Weiterhin nur vereinzelt PV auf Parkflächen und an Lärmschutzwänden	→ Verstärkter Ausbau von PV auf Parkflächen und an Lärmschutzwänden
→ Kein weiterer Ausbau von PV auf vorbelasteten Freiflächen und kein PV auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (Agri-PV)	→ Ggf. vereinzelter Ausbau von PV auf vorbelasteten Freiflächen, aber Realisierung von Agri-PV auf landwirtschaftlich genutzten Flächen
Maßnahme 2.3: Ausbau und Integration (weiterer) erneuerbaren Energien	
<p>Aufbau und Ausbau von Strom- und Wärmespeicher <i>Hinweis: Maßnahme wird nicht in den Szenarien quantifiziert, ist aber ein entscheidender Baustein bei der Transformation des Energiesystems.</i></p>	
<p>Aufbau der Windenergie in Stadt- und Umland-Kooperationen <i>Hinweis: Maßnahme wird nicht in den Szenarien quantifiziert, da in den Szenarien das Territorialprinzip angewendet wird</i> - Kein weiterer Ausbau von Wasserkraft und Windkraft auf der Gemarkung der Stadt Würzburg</p>	
<p>Power to X-Anlagen in Stadt-Umland Kooperation <i>Hinweis: Maßnahme wird nicht in den Szenarien quantifiziert, da in den Szenarien das Territorialprinzip angewendet wird.</i></p>	
Weitere Annahmen:	
→ Bundesstrommix nicht bis 2045 klimaneutral	→ Bundesstrommix bis 2045 klimaneutral
→ Keine gesonderte Wasserstoffstrategie	<p>→ Nur als grüner Wasserstoff</p> <p>→ Der größte Einsatzbereich für Wasserstoff entfällt auf die Kraftwerke (KWK) und somit in der Strom- und Wärmeerzeugung, Im Bereich der Objektbeheizung (Haushalte und GHD) wird Wasserstoff aus Kostengründen weiterhin nicht eingesetzt.</p> <p>→ In der Industrie dient Wasserstoff vorwiegend zur Direktreduktion von Eisenerz für eine CO₂-freie Stahlherstellung, als Rohstoff in der</p>



	<p>Grundstoffchemie und zur Erzeugung von Prozessdampf. In der Industrie in Würzburg wird er nur in geringem Umfang eingesetzt.</p> <p>→ Im Sektor Verkehr wird kein Einsatz von Wasserstoff berücksichtigt</p>
<p>Anmerkung: Synthetische Gase (also die Nutzung von aus regenerativen Energien hergestellten Gasen, deren Verteilung über ein angepasstes lokales Gasnetz und deren Nutzung auf Ebene der Einzelanwesen z.B. durch Brennstoffzellen-BHKW erfolgt) spielen im derzeitigen Maßnahmenset und somit auch in den Szenarien abseits des Einsatzes in den Großanlagen (insb. HKW ggf. auch weitere größere BHKW) keine Rolle. Die Aussagen zum zukünftig verfügbaren Potenzial synthetischer Gase sind aktuell in den nationalen Leitstudien sehr uneinheitlich. Die lokale Strategie muss daher in Abhängigkeit der Entwicklung der Rahmenbedingungen angepasst werden.</p>	

Entwicklung einer Wärmestrategie

Im vorhergehenden Abschnitt wurde aufgezeigt, welche Emissionsminderungen durch eine Änderung der Wärmeversorgung im Stadtgebiet bis wann erreicht werden müssen. Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten im Hinblick auf Rahmenbedingungen und Kosten kann derzeit noch keine final durchgerechnete Umsetzungsstrategie vorgelegt werden.

Die Umsetzungsstrategie muss folgende Elemente enthalten:

- 1) Dekarbonisierung der (bestehenden) Fernwärme
- 2) Ausbau und Verdichtung des bestehenden Fernwärmenetzes
- 3) Aufbau von klimaneutralen Nahwärmenetzen
- 4) Klimaneutrale Objektversorgung abseits der Wärmenetze

Auf diese Elemente wird im Folgenden und im Maßnahmensteckbrief (2.1) eingegangen. Wichtige Eckpunkte zur Ausgestaltung können bereits angegeben werden. In der Zukunft gilt es, diese Elemente so auszugestalten, aufeinander abzustimmen und vor allem so umzusetzen, dass die erforderlichen Emissionsminderungen auch tatsächlich eintreten. Der derzeit in Erstellung begriffene Energieleitplan stellt ein wichtiges Instrument zur weiteren Ausgestaltung dar.

1) Dekarbonisierung der (bestehenden) Fernwärme

Tabelle 18 enthält die zentralen Zielsetzungen für die Fernwärme im Szenario KN 2045. Nimmt man den erforderlichen Ausbau der Fernwärme und die Effizienzgewinne durch Sanierungen zusammen, so ist im Szenario KN2045 für das Jahr 2045 von einem Fernwärmebedarf von rund 510 GWh auszugehen, dies

entspricht einer Zunahme bzw. Ausbau von 31%. Der Anteil der Fernwärme an der Wärmeversorgung steigt von derzeit ca. 20% auf 43% im Jahr 2045.

Tabelle 18 Zielsetzungen Fernwärme im KN 2045

Jahr	Ausbau in [GWh]	Anteil an der Wärmeversorgung in [%]
2019	-	20%
2030	+ 49	27%
2040	+ 106	37%
2045	+ 119	43%

Die klimaneutrale Erzeugung dieser Fernwärmemenge ist eine unabdingbare Voraussetzung zur Erreichung der Klimaneutralität.

Das entsprechende Maßnahmenblatt enthält dazu Vorschläge für mögliche Elemente:

- Betrieb der KWK-Anlagen mit emissionsarmen Gasen
- Einsatz von Power-to-Heat (Heizstäbe mit Speicher)
- ergänzende Großwärmepumpen
- Nutzung weiterer Abwärme
- Saisonale Speicherung (zur Optimierung der Ausbeute)
- Optimierung des Betriebs des MHKW

Kernelement der aktuellen strategischen Vorüberlegungen der WVV für die zentrale Fernwärme ist die Beibehaltung des aktuellen Fernwärmenetzes (mit im Wesentlichen unverändertem Temperaturniveau) und die teilweise Weiternutzung des bestehenden Anlagenparks mit geändertem Brennstoffeinsatz sowie die Ergänzung weiterer Elemente (wie ein zusätzliches Biomassekraftwerk, Großwärmepumpen und die Nutzung von Abwärme). Tabelle 13 enthält eine mögliche Zusammensetzung der Primärenergieanteile im Jahr 2045; ergänzend berücksichtigt werden muss, dass durch die saisonale Verteilung des Bedarfs eine Speicherung oder ggf. zusätzliche Erzeugungskapazitäten erforderlich werden können.

Tabelle 19 Mögliche Primärenergieanteile⁹ für die Fernwärme im Szenario KN 2045
Quelle: [WVV 2021]

Primärenergie	Anteile	Wärmemenge
---------------	---------	------------

⁹ Die Anteile berücksichtigen technische Möglichkeiten und beinhalten keine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Ebenso wurde nicht berücksichtigt welcher Fernwärmepreis daraus.

Biogas	40 %	204 GWh
Biomasse	10 %	51 GWh ¹⁰
Wasserstoff	40 %	204 GWh
Umweltwärme	7 %	35 GWh ¹¹
Strom	3 %	15 GWh ¹²

Diese Zusammensetzung würde – wenn einige Rahmenbedingungen beachtet sind – das Ziel der Klimaneutralität erreichen, stellt aber derzeit nur eine erste mögliche Option dar. Eine konsistente Strategie muss in den nächsten Jahren erarbeitet werden.

Wichtige Fragen sind:

- Verfügbarkeit und Herkunft des Wasserstoffs
- Klimawirkung des Einsatzes von Biogas und Aufbau einer Versorgungskette für dessen (dauerhaften) Bezug
- Möglichkeit für die Errichtung eines zusätzlichen Biomassekraftwerkes und Aufbau einer Versorgungskette
- Ausweitung der Nutzung von Umweltwärme (Großwärmepumpen)
- Kapazität für den Einsatz von Power-to-Heat
- Kapazität für den Einsatz von weiterer Abwärme
- Optionen für eine saisonale Speicherung
- Abschätzung der Auswirkungen auf den Fernwärmepreis und auf den wirtschaftlichen Betrieb

Das Müllheizkraftwerk Würzburg (MHKW) wird Schritt für Schritt im Betrieb optimiert und möglichst klimafreundlich ausgelegt. Dazu zählen die Entwicklung der weiteren Erhöhung der Wärmeabgabe zur

¹⁰ Bau eines eigenen Biomassekraftwerkes: Biomasse kann als Energieträger zunehmend zur Energieversorgung beitragen. Dabei wird Biomasse durch vielfältige Technologien und Verfahren zur Energieerzeugung nutzbar gemacht. Aus biogenen Abfällen können Ersatzbrennstoffe zur Substitution fossiler Energieträger gewonnen und der energetischen Verwertung in einem Heizkraftwerk unter Kraft-Wärme-Kopplung zugeführt werden. Die Herstellung von Brennstoffen biologischen oder organischen Ursprungs wird im Kompostwerk Würzburg praktiziert. Dafür werden heizwertreiche Fraktionen des anfallenden Biomülls genutzt. Der Abfall wird zum Produkt "Ersatzbrennstoff". Nach einer vorgeschalteten Trocknung der Bioabfälle werden diese fraktioniert. Der Feinanteil wird zu Qualitätskompost verarbeitet. Die Grob- und Mittelfraktion wird weiter getrocknet. Der daraus und aus Baum- und Strauchschnitt gewonnene Biomassebrennstoff kann zur CO₂-neutralen Energieerzeugung in Heizkraftwerken in und außerhalb der Stadt Würzburg eingesetzt werden. Durch einen angepassten Verfahrensablauf im Kompostwerk sowie eine Erhöhung der Kapazität für die Biomasetrocknung kann der Output ausgebaut werden.

¹¹ Mainwasser

¹² Wärmepumpenstrom

klimafreundlichen Fernwärmeversorgung, die Erzeugung und Verwendung von Wasserstoff am Standort sowie die Prüfung und Verfolgung weiterer innovativer technischer Optionen mit der Zielsetzung der Vermeidung bzw. der Reduzierung von THG-Emissionen. Konkret wird derzeit die lokale Erzeugung von Wasserstoff und damit die Substitution von Heizöl (voraussichtlich ab 2030) vorangetrieben und Fördermittel für das Pilotprojekt beantragt. Es sind aber auch weitere technische Optionen denkbar, wie z.B. die Kombination von Wasserstofferzeugung und der Abtrennung von CO₂, etwa zur Methanolproduktion. Diese Optionen sind derzeit aber noch strittig und befinden sich in der Forschung und Entwicklung. Für die Realisierung sind zunächst auf Bundesebene die Rahmenbedingungen und gesetzlichen Grundlagen zu schaffen. Die thermische Abfallbehandlung hat grundsätzlich die Kernaufgabe, die Beseitigung unvermeidbarer und stofflich nicht verwertbarer Abfälle zu gewährleisten und hierbei zur Strom- und Wärmeversorgung beizutragen. Sie bleibt aber auch nach Umsetzung der hier beschriebenen Maßnahmen eine relevante CO₂-Quelle. Eine Möglichkeit, die Treibhausgasemissionen in diesem Bereich weiter zu senken, ist die umfassende Abtrennung von CO₂ und dessen Bindung in Produkten oder dessen Einlagerung (CCS). Derzeit sind aber bezüglich technischer Umsetzung, rechtlicher Regelung, wirtschaftlichen Darstellung sowie der abschließenden Risikobeurteilung noch viele Fragen offen.

Box: Wasserstoff und andere emissionsarme Gase

Welche Rolle emissionsarme Gase im klimaneutralen Energiesystem der Zukunft spielen, ist eine Frage, die auch auf nationaler Ebene noch nicht abschließend beantwortet ist. Emissionsarme Gase erzeugen bei ihrer Anwendung entweder keine Treibhausgasemissionen (wie im Regelfall beim Einsatz von Wasserstoff) oder die bei der Anwendung entstehende Treibhausgasmenge wurde vorher bei der Produktion aus der Atmosphäre entnommen (z.B. bei Biogas oder synthetischem Methan).

Wichtig ist auch die Feststellung: Emissionsarme Gase sind Energieträger und keine primäre Energiequelle, d.h. sie müssen vorher erzeugt werden. Diese Erzeugung (meist aus Strom) ist oftmals sehr energieintensiv (d.h. es geht Energie verloren). Für die Wärmeerzeugung ist daher die direkte Stromnutzung (ggf. Kombiniert mit der Nutzung von Umweltwärme) energetisch fast immer vorzuziehen (für Biogas gilt eine etwas andere Betrachtung): Der große Vorteil bei emissionsarmen Gasen ist die Möglichkeit der Speicherung und des Transports.

Biogas:

Die energetische Nutzung von Biogas steht in Zusammenhang mit verschiedenen Problemstellungen, welche auf die eingesetzten Substrate zurückgeführt werden. Im Jahr 2018 stammten 48% des Biogases aus tierischen Exkrementen, 47% aus dem Anbau von Energiepflanzen und 5% aus pflanzlichen Reststoffen bzw. biogenem Abfall [FNR 2021]. Der Umfang der Tierhaltung in Deutschland steht selbst in Konflikt mit den Klimazielen [Agora 2021a]. Der Flächenbedarf des Energiepflanzenanbaus wirkt sich

negativ auf die übrige Landwirtschaft aus. Er steht in Konflikt mit der Nahrungsmittelproduktion und kann weitere negative Effekte auf Klima und Umwelt auslösen [Umweltbundesamt 2012]. Die Nutzung von Biomasse für die Energieversorgung verfügt im Vergleich zu Wind- und Sonnenenergie über die niedrigste Flächeneffizienz der Energieausbeute. Dies umfasst auch eventuelle Folgeprodukte der Energieträger, wie Methan oder Wasserstoff [Umweltbundesamt 2021a]. Ein großer Vorteil von Biogas ist die einfache Speicherung und die damit einhergehende Flexibilität bei der Strom- und Wärmeerzeugung.

In Deutschland blieb das Niveau der Energiebereitstellung aus Biomasse bzw. Biogas in den letzten Jahren etwa konstant. Daneben erhöhte sich die installierte Leistung der Biomasseanlagen seit 2015 um knapp ein Viertel [Umweltbundesamt 2021b]. Bioenergie nimmt am Strommarkt zunehmend eine Rolle als Flexibilitätsoption ein. Als speicherbarer Energieträger kann sie Schwankungen in der Verfügbarkeit von Wind und Sonne gezielt ausgleichen, ohne dass sich insgesamt ihre Bereitstellungsmenge über das Jahr ändert.

Die Deutsche Energie-Agentur prognostiziert in ihrer Leitstudie Klimaneutralität einen leichten Anstieg der Endenergiebereitstellung aus Biomasse von 117 TWh (2018) auf 144 TWh (2035) [DENA 2021a]. Im Szenario Klimaneutralität 2045 prognostiziert Agora Energiewende in Zukunft einen etwa gleichbleibenden Einsatz von Biomasse in der Fernwärmeerzeugung von 10-11 TWh jährlich [Agora 2021a].

Die WVV wollen im Jahr 2035 40 % ihrer Wärme aus Biogas bereitstellen. Das nachhaltige Rohstoffpotential der Umgebung wurde bereits im Klimaschutzkonzept 2012 eingeschätzt [Stadt Würzburg 2012]. Es reicht nicht aus, um entsprechende Energiemengen bereitzustellen. Für die WVV besteht aber die Option extern produziertes Biomethan zuzukaufen. Biomethan wird durch Aufbereitung aus Biogas gewonnen und in das Erdgasnetz eingespeist.

Der Anteil an Biomethan wird über entsprechende Zertifizierung nachgewiesen. Als Zertifikat mit hohem Standard wird das Grünes Gas-Label hervorgehoben. Die Anforderungen des Labels konzentrieren sich auf nachhaltige Erzeugungsstandards. Dies betrifft sowohl den Anbau von Energiepflanzen, als auch die Herkunft des Wirtschaftsdüngers [GGL 2021]. Der TÜV-Süd bzw. TÜV-Nord zertifiziert ebenfalls die Energiebereitstellung aus bestimmten Mengen an Biomethan. Die Anforderungen gehen hierbei kaum über grundlegende gesetzliche Vorgaben hinaus [ÖKO-Institut 2018].

Neben dem direkten Bezug von Biomethan kann Erdgas über den Nachweis von Kompensationsmaßnahmen als sogenanntes Kompensationsgas klimafreundlicher zertifiziert werden. Dieses Vorgehen sieht sich Kritikpunkten ausgesetzt, welche die Zuverlässigkeit und klimaschützende Wirksamkeit solcher Zertifikate anzweifeln. Eine Kompensation dieser Art verhindert in Fällen die Umsetzung tatsächlicher Maßnahmen zur Förderung erneuerbaren Energien, wie die Investition in alternative Wärmequellen [ÖKO-Institut 2018]. Von einer Aufbesserung der rechnerischen Klimabilanz durch den Ankauf von Kompensationszertifikaten wird deutlich abgeraten.

Bioenergie ist nicht in ausreichendem Umfang für eine flächendeckende, erneuerbare Energieversorgung verfügbar. Es wird davon ausgegangen, dass es aufgrund einer steigenden, sektorübergreifenden Nachfrage zu erheblichen Preissteigerungen kommen wird [BMWi 2021]. Dennoch handelt es sich bei Biometan um einen erneuerbaren Energieträger, der einen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann, sofern er nachhaltig und ökologisch verträglich erzeugt wird. Für den Bezug von Biometan sollte auf hochwertige Umweltstandards geachtet werden, damit durch den Zukauf von Biometan tatsächlich ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet wird.

Wasserstoff:

Wasserstoff ist wichtiges Element für die Erreichung der Klimaneutralität, jedoch ist das nationale Erzeugungspotenzial mäßig. Der Import erfordert entsprechende Infrastrukturen in Deutschland, aber auch in der Stadt Würzburg.

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten Wasserstoff herzustellen. Der langfristig einzig nachhaltige Wasserstoff ist der sog. grüne Wasserstoff, der CO₂-frei aus erneuerbaren Stromquellen erzeugt wird. Das Erzeugungspotenzial in Deutschland hängt stark vom Ausbau der erneuerbaren Energien ab. Es ist aber in jedem Fall begrenzt. Möglich (und in fast allen Szenarien auch enthalten) ist der Import aus Regionen mit hohen Wind- und Solarressourcen.

Reiner Wasserstoff kann nicht in der bestehenden Erdgasinfrastruktur transportiert und gespeichert werden. Es ist aber möglich bestehende Erdgasnetze und (Kavernen-)Speicher entsprechend umzurüsten (vgl. z.B. <https://fmb-gas.de/wasserstoffnetz/h2-startnetz-2030/>). Eine Nutzung in bestehenden Erdgasheizungen ist nicht möglich.

Synthetisches Methan:

Methan ist der wesentliche Bestandteil von Erdgas (und von Biogas). Methan kann aber auch z.B. aus Wasserstoff hergestellt werden. Dieses synthetische Methan kann unmittelbar über die bestehende Erdgasinfrastruktur gespeichert und verteilt werden. Eine Nutzung in bestehenden Erdgasheizungen ist möglich. Allerdings ist der Energieaufwand zur Erzeugung – verglichen mit der Nutzung von reinem Wasserstoff – nochmal deutlich höher. Zudem bleibt die Problematik des Methanschlupfs (Methan ist selbst ein starkes Klimagas; entweicht es unverbrannt aus der Infrastruktur, so wirkt es erwärmend).

Einsatzgebiete von emissionsarmen Gasen:

Unumstritten ist der Einsatz von grünem Wasserstoff für Produktionsprozesse, die schon heute Wasserstoff (derzeit v.a. aus Erdgasreformern) benötigen, sowie für Direktanwendungen (z.B. Eisenerz-Direktreduktion) und für die Erzeugung von Prozesswärme mit einem hohen Temperaturniveau. Diese

Anwendungen spielen in Würzburg kaum eine Rolle. Eine kleine Menge an Wasserstoffeinsatz in der Industrie wurde aber angenommen.

Ein weiteres interessantes Einsatzgebiet ist die Strom- und Wärmeerzeugung in großen Anlagen über die Kraft-Wärme-Kopplung. Hierdurch können klimaneutrale Wärme und Strom insbesondere dann erzeugt werden, wenn die direkte Produktion über Sonne und Wind nicht ausreicht (u.a. auch saisonale Speicherung von Energie). Für den Betrieb des Heizkraftwerkes wird daher auch in Würzburg die Nutzung von Wasserstoff als eine Option betrachtet. Diese Nutzung ist derzeit auch Bestandteil der meisten Studien.

Sehr uneinheitlich sind die nationalen Leitstudien im Hinblick auf dem Einsatz von emissionsarmen Gasen unmittelbar in der Versorgung von Einzelobjekten (also der direkten Nutzung in einer Gebäudeheizung). Im vorliegenden Klimaschutzkonzept wurde davon ausgegangen, dass diese Nutzung keine (nennenswerte) Rolle spielen wird (d.h. im klimaneutralen Energiesystem müssen die Gebäude entweder an ein Wärmenetz angeschlossen sein oder die Wärme elektrisch (über Wärmepumpen) erzeugen). Diesbezüglich muss die lokale Strategie daher ggf. in Abhängigkeit der Entwicklung der Rahmenbedingungen nochmals angepasst werden.

2) Ausbau und Verdichtung des bestehenden Fernwärmenetzes

Der Ausbau des Fernwärmenetzes ist – zusammen mit der klimaneutralen Erzeugung der Fernwärme – eine Strategie zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung.

Folgende Annahmen wurden im KN 2045 dabei berücksichtigt:

- Massive Verdichtung des Heißwassernetz im Stadtteil Zellerau mit einer möglichen Kapazitätserweiterung von 26 MW. Anpassungen sind abhängig vom zentralen Erzeugungskonzept HKW. Für die Einbindung von dezentralen Erzeugern wäre der teilweise Umbau des Netzes für niedrigere Vorlauftemperaturen notwendig [MFN 2021].
- Fortführung der Umstellung von Dampf auf Heißwasser im Altstadtbereich: Im Zuge der Dampfnetzumstellung werden kontinuierlich Fernwärmekunden angeschlossen. Aktuell erfolgt eine Netzerweiterung am Friedrich Bergius Ring im Gewerbegebiet Ost. Nach der Dampfnetzumstellung weitere freie Netzkapazitäten (+ 41 MW) gehoben werden, ggf. Erweiterungspotenzial Richtung Frauenland. [MFN 2021]
- Das Dampfnetz mit angrenzenden Warmwassernetzen bleibt im Wesentlichen unverändert Die Netzwicklung des Dampfnetzes (Bereich Gattinger Straße, Mönchberg und Industriegebiet Ost) wird aktuell nicht berücksichtigt und ist maßgeblich vom Betrieb und Erzeugungskapazitäten von HKW/ MHKW abhängig. Grundsätzlich sind weitere Verdichtungen denkbar, wenn die technischen Voraussetzungen hierfür geschaffen werden [MFN 2021].

- Weiterhin wurde berücksichtigt, dass bei Hebung verschiedener Effizienz- bzw. Einsparpotenziale (vgl. Annahmen KN 2045 Wohnen/ Haushalte sowie Wirtschaft/ Industrie & GHD) eine weitere Steigerung der Anschlussdichte in den benannten Gebieten möglich ist.

Die Verdichtung und der Ausbau der Fernwärmeversorgung haben auch Einfluss auf die Netzinfrastruktur, wodurch dann auch ein Rückbau bzw. der Ersatz der Erdgasversorgung erforderlich wird.

Die insgesamt daraus resultierenden Netzstrukturen sind stark von den Betriebsweisen und Kapazitäten der großen Erzeugungseinheiten HKW und MHKW abhängig. Die dargestellten Ansätze für das Fernwärmenetz müssen in Kombination mit den Erzeugungsanlagen und deren Planungen bzw. künftigen Konzepten konsolidiert werden. Dies betrifft insbesondere auch die Reservestellung möglicher dezentraler Wärmeerzeuger für bestimmte Grenztemperaturen.

Die Darstellung der konkreten räumlichen Dimension erfolgt im Rahmen der Energieleitplanung der Stadt Würzburg. Schon jetzt zeichnet sich ab, dass die Umstellung von Dampf auf Heißwasser gegenüber den aktuellen Planungen beschleunigt werden muss. Es würde sich anbieten, die Maßnahmen zur Umstellung mit der Umsetzung von Verdichtungsoptionen zu kombinieren.

Im zentralen Verteilungsnetz der Fernwärme (Heißwasser) kann das Temperaturniveau nicht reduziert werden, da ansonsten die notwendigen Leistungen nicht übertragen werden könnten. Es wäre aber möglich und sinnvoll einzelne Quartiere mit niedrigeren Vorlauftemperaturen zu erschließen, um mehr erneuerbare Energieträger einbinden zu können. Für solche Quartiere müssen allerdings klare Rahmenbedingungen vorgegeben werden, um die Planungen für Gebäudesanierungen mit der FW-Erschließung (u.a. DNU) konsequent und verbindlich abstimmen zu können [MFN 2021].

3) Aufbau von klimaneutralen Nahwärmenetzen

Tabelle 20 enthält die zentralen Zielsetzungen für die Nahwärme im Szenario KN 2045. Unter Berücksichtigung des erforderlichen Ausbaus der Nahwärme ist im Szenario KN2045 für das Jahr 2045 von einem Nahwärmebedarf von rund 537 GWh auszugehen. Der Anteil der Nahwärme an der Wärmeversorgung steigt von derzeit ca. 0,1% auf 20% im Jahr 2045.

Tabelle 20 Zielsetzungen Nahwärme im KN 2045
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Jahr	Ausbau in [GWh]	Anteil an der Wärmeversorgung in [%]
2019	-	0,1%
2030	+ 93	6%

2040	+ 185	14%
2045	+ 237	20%

Ziel ist die Bereitstellung der Nahwärme durch effiziente Technologien überwiegend auf Basis erneuerbarer Energien. Hierfür sind weitere Nahwärmenetze in der Stadt Würzburg zu realisieren. Der Ausbau von Nahwärmenetzen mit einer klimaneutralen Erzeugung (auf Grundlage des Energieleitplans) wird in Zukunft ein wichtiges Handlungsfeld von Stadtverwaltung und WVV sein.

Ein Beispiel für ein solches Netz beschreibt das beschlossene Energiekonzept für die Lengfelder Baugebiete. Entsprechende Überlegungen bzw. Vorplanungen gibt es u.a. für die südliche Sanderau (Flusswasserwärmepumpe kombiniert mit einem BHKW mit türkischem Wasserstoff), die Lindleinsmühle (ggf. kleineres Nahwärmenetz), Heidingsfeld (Skizze aus dem energetischen Quartierskonzept, die bisher nicht umgesetzt werden konnte) oder die Zellerau (Nutzung der Abwärme des Klärwerkes). Auch über neue Quartierskonzepte (z.B. für Grombühl und Teile des Heuchelhofs) können entsprechende Möglichkeiten evaluiert werden.

Die Umstellung der Wärmeversorgung in einem Quartier von Gasverbrennung in Einzelgebäuden auf zentrale Versorgung über ein Wärmenetz stellt in der Praxis eine ganz erhebliche Herausforderung dar, weil hierzu Netz- und Anlagenbetreiber sowie die Einzeleigentümerinnen und -eigentümer zusammenwirken und auch die Gebäudesanierung (i.e. Energiebedarf und Temperaturniveau) darauf abgestimmt werden muss. Zudem sind erhebliche Investitionen in die Netzinfrastruktur (mit entsprechend aufwändigen Tiefbaumaßnahmen) erforderlich.

Zur Realisierung eines solchen ambitionierten Ausbaus kommen verschiedene Bausteine zum Tragen:

- Einsatz innovativer Technologien auf Basis erneuerbarer Energie wie Solarthermie, Flusstermie und Einbindung von verschiedenen Abwärmequellen z.B. Industriebetriebe, Gewerbebetriebe, ggf. Kläranlage, Abwärme aus Frischwasser
- Ausbau der Nahwärmenetze überwiegend auf Basis von Low-Ex-Netzen
- Berücksichtigung des Quartiersansatzes

Der räumliche Schwerpunkt zum Ausbau der Nahwärmenetze wird im Übergang von der Innenstadt zum Außenbereich und in Randgebieten gesehen. Die Darstellung der konkreten räumlichen Dimension erfolgt im Rahmen der Energieleitplanung der Stadt Würzburg.

Box: LowEx-Netz

Ein Low-Exergie-Netz (kurz LowEx-Netz) ist ein Niedrigtemperaturnetz, das – je nach Bedarf – durch eine Anpassung der Netztemperaturen Wärme oder Kälte bereitstellt. Die Temperaturen des LowEx-Netzes übersteigen dabei im Winter nicht 40°C und fallen im Sommer nicht unter 20°C. Dies wird realisiert durch ein Zweileitersystem, das im Sommerbetrieb mit 20°C im Vorlauf und im Winterbetrieb mit 40°C betrieben wird. Durch die niedrigen Temperaturen werden nachhaltige Energiequellen wie Solarthermie, Geothermie und Abwasserwärme einsetzbar, die bei konventionellen Wärmenetzen wegen ihres eher geringen Temperaturniveaus nicht optimal genutzt werden können. Der Einsatz von erneuerbaren Energien im LowEx-Netz kann durch die angeschlossenen Verbraucher selbst ergänzt werden – beispielsweise durch Einspeisung von Abwärme, die in Industrie und Gewerbe anfällt. Die Einspeiser erhalten hierfür eine Vergütung und können auf eigene Anlagentechnik zur Abführung der Wärme verzichten. Mit fortschreitendem Netzausbau tritt die zentrale Erzeugungstechnik immer weiter in den Hintergrund. Das LowEx-Netz kann sich auf diese Weise zu einem Marktplatz für Wärme und Kälte entwickeln. Ein dezentrales Verbundsystem löst die klassische zentrale Energieerzeugung ab.

Anmerkungen: Ein Beispiel hierfür ist das „Berlin TXL – The Urban Tech Republic“ – Projekt. Weiterführende Informationen hierzu unter: <https://www.berlintxl.de>

4) Klimaneutrale Objektversorgung abseits der Wärmenetze

Tabelle 21 enthält die zentralen Zielsetzungen für die klimaneutrale Objektversorgung im Szenario KN 2045. Unter Berücksichtigung der Verdrängung von Heizöl und Erdgas und dem Ausbau der erneuerbaren Energien, ist im Szenario KN2045 für das Jahr 2045 von einem Wärmebedarf von rund 425 GWh auszugehen. Der Anteil der Objektversorgung sinkt von derzeit ca. 80% auf 36% im Jahr 2045.

Tabelle 21 Zielsetzungen Objektversorgung im KN 2045
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Jahr	Heizöl	Erdgas	Erneuerbare ¹³	Summe	Heizöl	Erdgas	Erneuerbare	Summe
	Ausbau / Reduktion gg. 2019 in [GWh]				Anteil an der Wärmeversorgung in [%]			
2019	-	-	-	-	15%	61%	4%	80%
2030	- 275	- 395	+ 171	- 499	1%	50%	16%	68%

¹³Einsatz von Umweltwärme, Solarthermie, Biomasse für die Einzelobjektversorgung

2040	- 290	- 966	+ 295	-961	0%	19%	29%	49%
2045	- 296	- 1.222	+ 338	-1.179	0%	0%	36%	36%

Abseits der Wärmenetze kann eine klimaneutrale Wärmeversorgung im Wesentlichen über die Nutzung von Wärmepumpen – die auch für Bestandsgebäude eine mittlerweile gut funktionierende Option darstellt – und ggf. die Nutzung von emissionsarmen Gasen gelingen. Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes wird derzeit davon ausgegangen, dass abseits der Wärmenetze sukzessive eine Versorgung über Wärmepumpen (ggf. kombiniert mit einer Nutzung von Photovoltaik, Solarthermie und Speicher) erfolgt. Diese Transformation hin zu einer klimaneutralen Objektversorgung muss durch entsprechende rechtliche Vorgaben begleitet werden. Die Studie *Klimaneutrales Deutschland 2045* geht davon aus, dass nach 2025 nur noch in wenigen Ausnahmefällen neue Heizungen auf Basis von Heizöl oder Erdgas in Betrieb genommen werden (dürfen). Auch über Beratung und Förderung kann der erforderliche Umstieg unterstützt werden.

Die Umstellung der Heizsysteme wird auch im Kapitel 4.3. Wohnen/ Haushalte diskutiert und die Annahmen im Szenario KN 2045 hierzu dargestellt.

Grundsätzlich ist von entscheidender Bedeutung, wie sich diesbezüglich die gesetzlichen Vorgaben auf Bundesebene konkretisieren, d.h. ab wann z.B. ein Verbot zum Einbau aller fossiler Heizsysteme erfolgt bzw. ob auch Vorgaben für den Bestand weiterverschärft werden.

Zusammenfassung Wärmeversorgung bzw. Anforderungen an die Klimaneutralität

Zusammenfassend können für den Bereich der Wärmeversorgung folgende zentrale Ziele für das KN 2045 abgeleitet werden (Abbildung 40 & Tabelle 22):

- Reduktion des Wärmeverbrauch um 41% bis zum Jahr 2045 gegenüber 2019
- Komplette Verdrängung von Heizöl und Erdgas: dies geht mit einer Reduktion der unmittelbaren Objektversorgung einher, erneuerbare Energien können einen Anteil übernehmen, ein Großteil wird an Wärmenetze angeschlossen.
- Fernwärme und Nahwärme werden stark ausgebaut, ihre Anteile müssen auf 43% bzw. 20 % bis zum Jahr 2045 steigen (beide auf Basis erneuerbarer Energien)

Tabelle 22 Zielsetzungen für die Wärmeversorgung im KN 2045
Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Anteile an der Wärmeversorgung in [%]			
Jahr	Fernwärme	Nahwärme	Objektversorgung

2019	20%	0,1%	80,4%
2030	27%	6%	68%
2040	37%	14%	49%
2045	42%	20%	36%

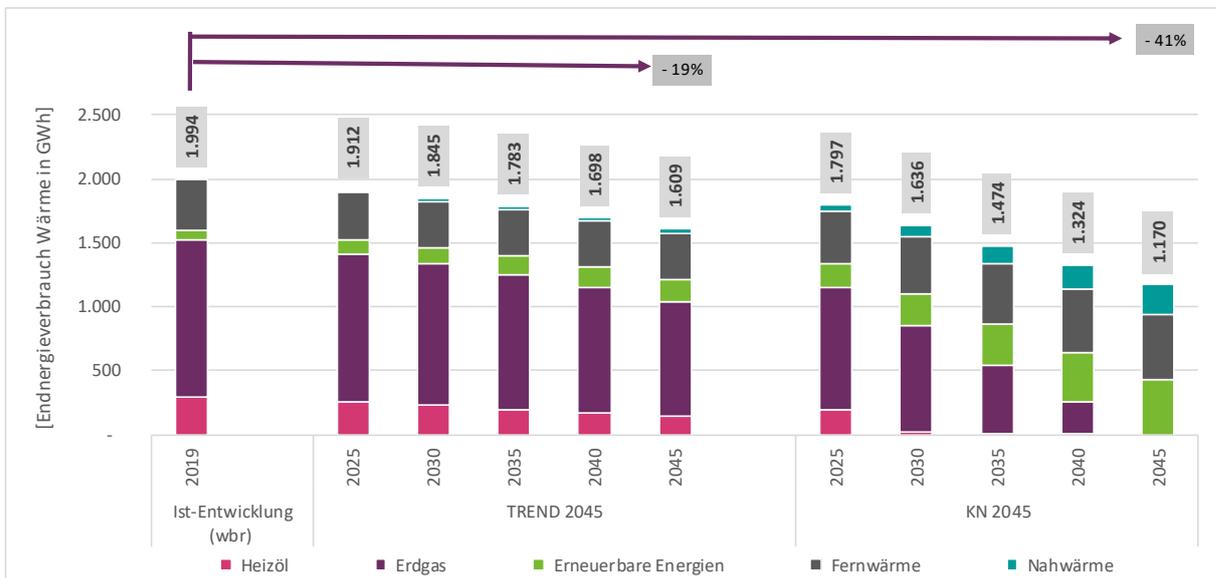


Abbildung 41 Entwicklung der Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045
 Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Ausbau der Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien

Der folgende Abschnitt zeigt auf, wie die Stadt Würzburg die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien vor Ort weiter ausbauen kann. Die Umsetzungsstrategie konzentriert sich hierbei schwerpunktmäßig auf den Ausbau der Photovoltaik (Maßnahmen 2.2 und 2.3 der Handlungsfeldes Energie). Es folgen weitere Ausführungen zur Windenergie sowie zu Biogas und Biomasse. Auf diese Elemente wird im Folgenden und im Maßnahmensteckbrief eingegangen. Wichtige Eckpunkte zur Ausgestaltung können bereits angegeben werden. In der Zukunft gilt es diese Elemente so auszugestalten, aufeinander abzustimmen und vor allem umzusetzen. Analog der Darstellungen im Klimaschutzkonzept 2012 wird weiterhin kein zusätzliches Potenzial zur Steigerung der Stromproduktion aus Wasserkraft gesehen und deshalb auch nicht nochmal im Maßnahmenset thematisiert.

Photovoltaik

Das weitaus größte Ausbaupotenzial zur Nutzung von Photovoltaik bieten Dächer von Wohngebäuden. Zusätzlich gibt es Möglichkeiten zur Installation von PV-Anlagen auf Freiflächen (u. a. Konversions- und Deponieflächen) und landwirtschaftlich genutzten Flächen (sog. Agri-PV-Anlagen). Weiterhin können PV-Module bauwerksintegriert (bspw. an Gebäudefassaden und Lärmschutzeinrichtungen) sowie auf Parkplatzüberdachungen installiert werden.

Das Vorgehen zur Ermittlung der Potenziale zur Stromerzeugung aus solarer Strahlungsenergie durch PV-Module auf den genannten Flächen wird im Folgenden erläutert. Die ermittelten Jahreserträge sind hierbei als ein Maximalpotenzial zu verstehen. Es muss im Einzelfall u.a. die Auslastung der Netzanschlusspunkte geprüft werden, sodass eine vollständige Potenzialausschöpfung mittelfristig nicht erreicht werden kann.

Dachflächen

Das PV-Potenzial der Gebäudedächer im Stadtgebiet wurde auf Grundlage des Solardachkatasters der Stadt Würzburg erstellt. Die GIS-Datenauswertung wurde von der Energieagentur Nordbayern durchgeführt und für das IKK übernommen. Für die Potenzialanalyse wurden folgende Dächer mit einer Fläche von mindestens 50 m² berücksichtigt:

- 8.896 Flachdächer
- 8.699 Geneigte Dächer in Süd-Ausrichtung
- 5.452 Geneigte Dächer in Süd-Ost-Ausrichtung
- 5.662 Geneigte Dächer in Süd-West-Ausrichtung

Die Gesamtfläche der genannten 28.709 Dächer beträgt 4.544.328 m². Es wird von einer nutzbaren PV-Fläche von 50 % auf Flachdächern sowie 60 % bei geneigten Dächern ausgegangen. Somit ergibt sich eine nutzbare Dachfläche für die Installation von PV-Dachanlagen von 2.492.344 m². Bei Annahme einer benötigten Fläche von 7 m² zur Installation von einem kWp und einem spezifischen Jahresertrag von 950 kWh/ kWp

(Südausrichtung) bzw. 750 kWh/ kWp (Süd-Ost- und Süd-West-Ausrichtung), kann eine maximal installierbare Leistung von etwa 356 MWp und ein Jahresertrag von rund 316 GWh erzielt werden.

Bisher sind in Würzburg Dachanlagen mit einer Leistung von rund 22 MWp installiert, was bei Annahme von jährlich 910 Jahresvollbenutzungsstunden einer Potenzialausschöpfung von etwa 6 % entspricht.

Bezogen auf die Gebäude im Eigentum der Stadt Würzburg hat der Stadtrat daher im Juni 2020 beschlossen (Vorlage 02/6800-1015/2019), dass bei Neubau von Gebäuden und der Sanierung von Dachflächen im Eigentum der Stadt Würzburg zukünftig grundsätzlich auf dem Dach eine Anlage zur Nutzung der Sonnenenergie (Photovoltaik oder Solarthermie) zu errichten ist und dabei eine Kombination mit Dachbegrünungen (bei flachen oder flachgeneigten Dächern) angestrebt wird. Zudem soll die Nutzung der Photovoltaik durch die städtischen Beteiligungen ausgeweitet werden. Im Maßnahmenblatt wird u.a. aufgezeigt, dass für private Dachflächen u.a. durch gezielte Beratung, die Schaffung von attraktiven Angeboten und durch Förderprogramme der Ausbau von PV-Anlagen weiter aktiviert und flankiert werden kann.

Bei Neubauten stellt die solare Baupflicht einen weiteren möglichen Ansatzpunkt dar. Die Einführung einer solaren Baupflicht für Neubauten, bei denen vertragliche Beziehungen mit der Stadt Würzburg bestehen, erfolgte im Frühjahr 2021. Die Ausweitung der solaren Baupflicht wurde im Rahmen des durchgeführten Beteiligungsprozesses kontrovers diskutiert. Hier ist seitens der Stadtverwaltung ein weiterer Moderations- und Abwägungsprozess erforderlich.

Bundesweit existiert noch keine Solarpflicht für Neubauten. In der 19. Wahlperiode des Deutschen Bundestages wurde der Entwurf eines Solaranlagenausbaubeschleunigungsgesetz (SolarBeschlG) diskutiert; der Entwurf sah eine PV-Pflicht für Neubauten vor, die nach dem 01.06.2022 genehmigt werden, sowie für Bestandsgebäude, bei denen nach diesem Datum eine Dachsanierung durchgeführt wird. Diese Pflicht sollte auch durch Verpachtung an Dritte übertragen werden können, z.B. mittels eines Solar-Katasters (Deutscher Bundestag, Drucksache 19/32044, §1). In bestimmten Fällen sollten Ausnahmen für dieses Pflicht gelten. Durch Ablauf der Wahlperiode konnte der Entwurf allerdings nicht mehr abschließend beraten werden. In [Umweltbundesamt 2020a] wird aufgezeigt, wie eine solche PV-Pflicht aussehen und umgesetzt werden könnte. Die Überprüfung der Einhaltung im Neubau könnte - bei entsprechender Rechtssetzung - durch die Bauaufsichtsbehörden erfolgen. Für den Bestand ist diese Frage noch nicht geklärt, da z.B. Dachsanierungen im Regelfall verfahrensfrei sind. Die Verwaltung eines bundesweiten Verpachtungskatasters könnte bei der Bundesnetzagentur liegen. Im Hinblick auf die Solarpflicht enthält der Vertrag der Parteien zur Bildung einer Bundesregierung in der 20. Wahlperiode die Aussage: "Bei gewerblichen Neubauten soll dies verpflichtend, bei privaten Neubauten soll es die Regel werden.". Konkrete Umsetzungspläne liegen derzeit noch nicht vor. Auch in Bayern gibt es noch keine Solarpflicht, weder für Neubauten noch für Bestandsgebäude. Die Staatsregierung hat aber die Einführung einer solaren Baupflicht zunächst bei gewerblichen Neubauten ab 2022 über eine Neuregelung in der Bayerischen Bauordnung angekündigt. Hierbei ist auch eine

finanzielle Unterstützung durch spezielle Förderprogramme vorgesehen. Details zur vorgesehenen Ausgestaltung liegen noch nicht vor.

Andere Bundesländer haben derweil eine PV-Pflicht für Neubauten und teilweise auch für Bestandsgebäude eingeführt. Für Bestandsgebäude gilt die Pflicht nur bei einer Dachsanierung. Im Falle von Bremen steht nach dem Beschluss der Bürgerschaft noch kein klares Startdatum fest, der Beschluss besagt: „bei allen zukünftigen Neubauten und in einem zweiten Schritt auch im Bestand (so denn die Dachfläche vollständig erneuert wird)“ sofern es möglich ist, PV-Anlagen zu installieren (Bremische Bürgerschaft, Drucksache 20/424, 04.06.2020). In Berlin und Hamburg tritt die Pflicht 2023 in Kraft, wobei die Pflicht für Bestandsgebäude in Hamburg erst 2025 einsetzt. In Hamburg muss bei Bestandsgebäuden eine „vollständige Erneuerung der Dachhaut“ durchgeführt werden (Hamburgisches Klimaschutzgesetz §16 abs. 3), damit die PV-Pflicht greift und im Berliner Solargesetz im „Falle von wesentlichen Umbauten des Daches“. Im Berliner Solargesetz finden sich auch Vorschriften für die Größe der zu installierenden PV-Anlagen. Neubauten müssen 30% ihrer Bruttodachflächen mit PV-Anlagen bedecken und Bestandsgebäude 30% ihrer Nettogrundfläche oder maximal 2 kWp bei zwei Wohnungen, 3 kWp bis fünf Wohnungen und 6 kWp bis zehn Wohnungen (Solargesetz Berlin vom 5. Juli 2021, §4). Auch Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein haben eine PV-Pflicht eingeführt. Diese gilt aber nur für den Neubau von Nichtwohngebäude und gewerblichen Neubau. Nur Schleswig-Holstein hat auch eine Pflicht bei Dachsanierung von Nichtwohngebäuden eingeführt (Energiewende- und Klimaschutzgesetz §11). Niedersachsen steht kurz vor der Verabschiedung; dort soll die Pflicht in der Niedersächsischen Bauordnung verankert werden. Sie soll für den Neubau von Gewerbebauten ab einer Dachfläche von 75 m² gelten und eine Nutzung von mindestens 50% der Fläche fordern. Für den Neubau von Wohngebäuden soll eine Vorsorgepflicht gelten, d.h. die Bauplanung muss so erfolgen, dass eine Nachrüstung von PV-Anlagen gewährleistet ist.

Bauwerksintegrierte Photovoltaik

Neben den Gebäudedächern bieten auch die Fassaden große Potenziale für die Energiebereitstellung aus solarer Strahlung. Die Potenziale der Gebäudefassaden wurden auf Basis der Ergebnisse einer vom Fraunhofer ISE durchgeführten gebäudescharfen Analyse für die Stadt Dresden errechnet. Laut der genannten Analyse wurde für die Stadt Dresden ein Verhältnis vom Ertrag der PV-Module an Fassaden zum Ertrag der Dachanlagen von 0,69 errechnet [ISE 2020]. Aus diesem Verhältnis ergibt sich ein maximales Fassadenpotenzial in Würzburg, von jährlich rund 218 GWh. Bisher kommen die Fassadenanlagen vorrangig an Hochhäusern und Gewerbebauten zum Einsatz. Im Bereich des privaten Wohnungsbaus kommt dieser Anlagentechnologie bisher noch eine eher untergeordnete Rolle zu. Daher wird im Rahmen der Szenarien für TREND 2045 eine Ausschöpfungsrate des Maximalpotenzials von 20 % (44 GWh) und im KN 2045 von 30 % (66 GWh) des Maximalpotenzials angenommen.

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit von bauwerkintegrierter Photovoltaik ist die Installation von PV-Modulen an Lärmschutzwänden entlang von Autobahnen und Schienenwegen.

Eine GIS-Analyse der vom Bayerischen Landesamt für Umwelt gelieferten Geodaten zu Lärmschutzeinrichtungen in Würzburg ergab eine Gesamtlänge von rund 17 km von Lärmschutzwänden entlang von Straßen und Schienenwegen. Einige Abschnitte könnten hier zur senkrechten Installation von PV-Modulen genutzt werden. Hierfür gibt es einige gute Beispiele und Pilotprojekte aus Bayern. In Nordbayern ist seit ca. 2 Jahren ein, vom Bund finanziertes, Pilotprojekt aktiv. An der A3 bei Aschaffenburg wurde eine 890 m lange und 3 m hohe Lärmschutzwand mit integrierten Photovoltaik Modulen errichtet. Die Wand weist gegenüber einer herkömmlichen Lärmschutzwand bis jetzt keine Nachteile auf (Pressemitteilung „Die Autobahn Nordbayern. Lärmschutzwand mit Photovoltaik: Pilotprojekt an der A 3 ist ein Erfolg. 18.03.2021). Auch die deutsche Bahn hat schon erste Projekte in Bayern umgesetzt. An der ICE-Strecke von Nürnberg nach Regensburg wurde eine PV-Lärmschutzwand mit einer Leistung von 1,2 MW installiert. Ein weiteres Beispiel existiert in der bayrischen Gemeinde Neuötting und wurde 2017 sogar mit dem Preis als „Bürgerenergieprojekt des Jahres“ ausgezeichnet. Die 234 Meter lange und fünf Meter hohe Schallschutzwand mit integrierten PV-Modulen schützt effektiv vor Lärm und bildete eine optisch ansprechendere Alternative als eine günstiger Schallschutzwand aus Beton.

Freiflächen

PV-Freiflächenanlagen, welche von der Einspeisevergütung nach EEG profitieren wollen, müssen innerhalb der im EEG festgeschriebenen Flächenkulisse installiert werden. Mit der am 1. Januar 2021 in Kraft getretenen, aktuellen Gesetzesnovelle ergeben sich Änderungen in der Flächenkulisse für PV-Freiflächenanlagen. Die Einspeisevergütung erhalten im Wesentlichen PV-Freiflächen-Anlagen, welche auf

- versiegelten Flächen
- Konversionsflächen aus wirtschaftlicher, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung
- Flächen längs von Autobahnen- und Schienenwegen in einer Entfernung von bis zu 200 Metern, gemessen vom äußeren Rand der Fahrbahn,
- Gewerbe- oder Industriegebieten
- Acker- und Grünland in benachteiligten Gebieten

errichtet werden. PV-Anlagen, welche außerhalb der EEG-Flächenkulisse errichtet werden, erhalten keine garantierte Einspeisevergütung, können aber durch die Direktvermarktung häufig dennoch wirtschaftlich betrieben werden.

Die Potenzialanalyse wurde für ausgewählte relevante Freiflächen durchgeführt und konzentrierte sich auf landwirtschaftlich genutzte Flächen (Agri-PV) und Parkplätze. Potenziale für PV-Anlagen auf Konversionsflächen sind in der Stadt Würzburg nicht vorhanden. Potenzialflächen längs von Autobahnen- und Schienenwegen wurden nicht betrachtet, jedoch das Potenzial an Lärmschutzwänden entlang von Straßen und Schienenwegen.

Potenzielle PV-Freiflächenanlagen in Gewerbe- oder Industriegebieten wurden nicht berücksichtigt. Derzeit werden in einer übergeordneten Analyse des regionalen Planungsverbandes auch weitere Flächenkategorien untersucht. Hierbei sind jedoch Flächennutzungskonflikte zu beachten und Prioritäten zu setzen. Im Zuge der Neuaufstellung des Flächennutzungsplans und der Erstellung des Energieleitplans wird durch die Stadtverwaltung eine genaue Analyse der Freiflächenpotenziale durchgeführt. Die hier angegebenen Optionen vermitteln eine Vorstellung von der erwarteten Größenordnung des Potenzials.

Landwirtschaftlich genutzte Flächen (Agri-PV)

Unter dem Aspekt von Landnutzungskonflikten wird die Installation von PV-Freiflächenanlagen oft kritisch beurteilt. Einen möglichen Lösungsweg stellt die sog. Agri-Photovoltaik (APV) dar. Unter dem Begriff der Agri-Photovoltaik werden die unterschiedlichen Möglichkeiten der Doppelnutzung von landwirtschaftlichen Flächen zur gleichzeitigen Nahrungsmittel- und Stromproduktion durch PV-Anlagen zusammengefasst. Hierbei ergeben sich folgende Vorteile der Doppelnutzung:

- Entgegenwirkung der Nutzflächenverknappung
- Neue Einkommensquelle für Landwirte durch zusätzlichen Stromertrag
- Erhöhte Resilienz des landwirtschaftlichen Betriebs gegenüber klimatischen Veränderungen
- Schutz vor zu hoher Sonneneinstrahlung, Hitze, Trockenheit und Hagel
- Überdurchschnittliche Ernteerträge in heißen Sommern mit zusätzlichem Stromertrag
- Im Leitfaden für Agri-PV vom Oktober 2020 des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE wird das technische Potenzial für Agri-PV in Deutschland auf 1.700 GWp geschätzt [ISE 2020a].
- Die Potenziale zur Nutzung von Agri-PV im Stadtgebiet wurden durch eine GIS-basierte Auswertung der Flächen von nicht bewässertem Ackerland, Weinbauflächen, Obst- und Beerenobstbeständen und Wiesen und Weiden auf Basis der Datengrundlage CORINE Land Cover 5 ha vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKD) ermittelt.

Es wurde nach genutzter Fläche in zwei Agri-PV-Technologien eingeteilt:

- Auf Weinbauflächen und Flächen mit Obst- und Beerenobstbeständen (ohne Schutzgebiete) wurden überdachende Anlagen mit einer Jahresvollbenutzungstundenzahl von 910 h und einem Flächenbedarf von 0,6 MWp/ ha [ISE 2021] angenommen.
- Auf nicht bewässertem Ackerland, Wiesen und Weiden (ohne Schutzgebiete) wurden senkrecht installierte bifaziale PV-Anlagen mit einer Jahresvollbenutzungstundenzahl von 1000 h und einem Flächenbedarf von 0,3 MWp/ ha [ISE 2021] angenommen.

Bei Nutzung von 2 % der oben genannten landwirtschaftlich genutzten Flächen zur gleichzeitigen Stromproduktion aus solarer Strahlung durch Agri-PV-Anlagen können jährlich etwa 14.580 MWh Strom erzeugt werden.

Parkplätze

Auch großflächige Pkw-Stellplätze im Würzburger Stadtgebiet könnten zur PV-Stromerzeugung genutzt werden. Hierzu wurden GIS-basiert große Parkplatzflächen (unabhängig von der Eigentümerstruktur) identifiziert, die sich grundsätzlich für eine solche Nutzung eignen könnten. In Abstimmung mit der Stadtverwaltung wurden dabei Flächen, die von vornherein klar ungeeignet sind (Denkmalschutz, Überschwemmungsgebiet) ausgeklammert.

Bei Annahme eines Flächenbedarfs von 0,6 MWp/ ha und einer Jahresvollbenutzungszahl von 910 h errechnet sich für die identifizierten Potenzialflächen ein maximales Stromerzeugungspotenzial von jährlich etwa 15.782 MWh.

Eine PV-Pflicht für neu errichtete Parkplätze existiert bereits in Baden-Württemberg, Schleswig-Holstein, Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen. Die Pflicht tritt je nach Bundesland ab 35 Stellplätzen bis 100 Stellplätzen in Kraft.

In Bayern gibt es für Parkplätze noch keine PV-Pflicht, jedoch positive Beispiele für die freiwillige Umsetzung. So hat der Automobilzulieferer ZF in Schweinfurt einen der größten Photovoltaik-Carports in Deutschland gebaut. Dabei wurden die 890 Werks-Parkplätze mit einer Fläche von 14.000 Quadratmetern mit PV-Anlagen ausgerüstet und 80 Ladesäulen für E-Autos errichtet. Die gesamte Anlage soll eine Leistung von 2,5 MW haben und das Werk zukünftig mit Strom versorgen. Eine grundsätzliche Flächenkonkurrenz besteht allerdings zur Überbauung solcher Flächen (allerdings wäre auch dann eine PV-Nutzung auf den neuen Dachflächen möglich).

Zusammenfassung Photovoltaik

Unter den oben beschriebenen Annahmen ergeben sich die genannten Maximalpotenziale zur Stromproduktion durch PV-Anlagen nach Flächenkategorie. Da die Potenzialausschöpfung im Einzelfall von Einflussfaktoren, wie der Auslastung der Netzanschlusspunkte abhängig ist, werden für die Szenarien Ausschöpfungsgrade kleiner 100 % angenommen. So wird für das Szenario Trend 2045 eine Ausschöpfung der Potenzialfläche auf Dächern und Parkplätzen von 30 % zu Grunde gelegt. Im Szenario KN 2045 werden 50 % Ausnutzung der Potenzialfläche angenommen. Für PV-Anlagen an Gebäudefassaden wird eine Potenzialflächenausschöpfung von 20 % (Trend 2045) bzw. 30 % (KN 2045) angesetzt. Weiterhin werden bis zum Jahr 2045 1 % (Trend 2045) bzw. 2 % (KN 2045) der landwirtschaftlich genutzten Flächen zusammen mit Agri-PV-Anlagen bewirtschaftet. Die Stromproduktion von „klassischen“ Freiflächenanlagen wird in beiden Szenarien bis zum Jahr 2045 mit jährlich rund 2 GWh als konstant angesetzt.

Die Entwicklung der Stromproduktion aus PV-Anlagen in den beiden Szenarien nach Flächenkategorien zeigt Abbildung 42. Im TREND 2045 können durch PV-Strom 17 % und im KN 2045 25 % des Strombedarfs gedeckt werden.

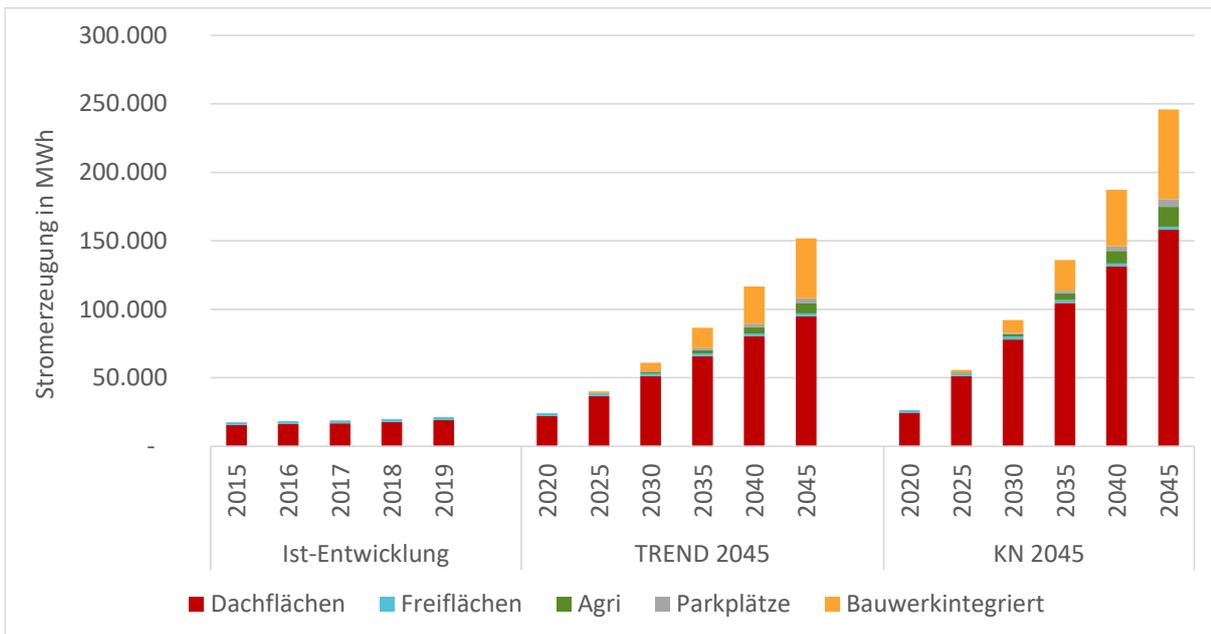


Abbildung 42 Entwicklung der Stromerzeugung aus Photovoltaikanlagen bis zum Jahr 2045

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Tabelle 23 Entwicklung der installierten Leistung Photovoltaikanlagen bis zum Jahr 2045

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

	Jahr	Entwicklung Photovoltaik in [MWe]					Gesamt
		Dach	Freiflächen	Agri	Bauwerkintegriert	Parkplätze	
Ist-Entwicklung	2019	20,3	2,1				22,4
TREND 2045	2025	40,2	2,1	0,2	2,0	0,2	44,7
	2030	56,3	2,1	1,0	10,2	0,9	70,5
	2035	72,3	2,1	2,5	24,8	2,1	103,8
	2040	88,3	2,1	4,7	45,6	4,0	144,7
	2045	106,8	2,1	7,5	72,8	6,3	195,5
KN 2045	2025	56,3	2,1	0,4	3,0	0,3	62,1
	2030	85,7	2,1	2,1	15,4	1,3	106,5
	2035	115,1	2,1	5,1	37,2	3,1	162,6
	2040	144,5	2,1	9,3	68,4	5,8	230,1
	2045	178,0	2,1	14,9	109,2	9,2	313,4

Windenergie

Die Realisierung von Windenergie ist aufgrund hoher Bebauungsdichte, notwendigen Abständen und geringem Flächenpotenzial in städtischen Räumen schwierig. Weiterhin sind die geltenden Vorschriften bzw. die daraus resultierenden Restriktionen stark limitierende Faktoren. Auf der Gemarkung der Stadt Würzburg sind derzeit keine Windenergieanlagen installiert. Während hingegen der Landkreis Würzburg mit insgesamt 71 Windkraftanlagen Spitzenreiter unter den Bayerischen Landkreisen ist. In der Region Würzburg sind derzeit 129 Anlagen in Betrieb.

Im Klimaschutzkonzept der Stadt Würzburg aus dem Jahr 2012 [Stadt Würzburg 2012] wurde in einem sog. Real-Szenario die Installation von 10 Windenergieanlagen¹⁴ berücksichtigt. Diese Potenzialeinschätzung beruhte auf Flächenanalysen anhand von Daten aus dem Bayerischen Windatlas und vom Deutschen Wetterdienst (DWD). Demnach gibt es mehrere Standorte in Würzburg, die über mittlere Windgeschwindigkeiten von 5,0-5,9 m/s in 140 Metern Höhe verfügen. Auf diese erste Analyse sollten genauere Überprüfungen der Machbarkeit durch Fachfirmen erfolgen, die dabei ökonomische und ökologische Prüfungen durchführen.

Am 21. November 2014 ist das Gesetz zur Änderung der Bayerischen Bauordnung (BayBO) in Kraft getreten. Damit hat der bayerische Gesetzgeber von der Befugnis der Länderöffnungsklausel in § 249 Abs. 3 Baugesetzbuch (BauGB) Gebrauch gemacht. Kernstück der Neuregelung ist die sogenannte 10 H-Regelung (Art. 82 BayBO). Durch die 10 H-Regelung kommt vor allem der kommunalen Bauleitplanung eine besondere Rolle für den Ausbau der Windkraft in Bayern zu. Der sog. Windenergie-Erlass liefert Orientierungshilfen und Hinweise zur Sicherstellung eines einheitlichen Vollzugs, der Erleichterung der immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren sowie der Steuerung der vorgeschalteten Planungen. Die Regionalplanung und somit die Regionalen Planungsverbände erhalten hier eine entscheidende Aufgabe: Sie können im Rahmen eines planerischen Gesamtkonzeptes für die Region Vorrang-, Vorbehalts- und ggf. Ausschlussgebiete für die Errichtung von Windkraftanlagen festlegen und dadurch vorausschauend Raumnutzungskonflikte lösen. So können in Regionalplänen Vorrang-, Vorbehaltsgebiete und Ausschlussgebiete Windkraft ausgewiesen werden. Verbindlich sind solche Ziele der Raumordnung in den Regionen Würzburg und Main-Rhön [Regierung Unterfranken 2021]. Gemäß des Regionalplans der Region Würzburg vom 13.12.2016 wurden 22 Flächen als Vorranggebiete und 26 Flächen als Vorbehaltsgebiete eingestuft. Bisher sind von den Vorranggebieten rund 30% ungenutzt und von den Vorbehaltsgebieten sogar 50%. Von der genannten Anzahl finden sich acht der Vorranggebiete und 12 der Vorbehaltsgebiete teilweise oder komplett im Landkreis Würzburg. Mit 2016 beschlossenen Regionalplan der Region Würzburg wurde aber auch die Möglichkeit von innerstädtischer Windkraft ausgeschlossen, da das Stadtgebiet Würzburg vollständig im Ausschlussgebiet liegt. Im Fortschrittsbericht „Klimaschutz und Klimaanpassung“ der Stadt Würzburg

¹⁴ Die im Real-Szenario angenommenen WKA haben eine Leistung von jeweils 2,3 MW und sollten ungefähr 50.000 MWh/a Strom produzieren und damit 27.000 t CO₂ einsparen [Stadt Würzburg 2012]

wird auch nochmal betont, dass eine Errichtung (raumbedeutsamer) Windkraftanlagen (sowohl als Außenbereichsvorhaben, als auch auf Grundlage eines eventuellen Bebauungsplanes) aus planungsrechtlichen Gründen derzeit ausscheidet [Stadt Würzburg 2016].

Strittig und somit derzeit auch schwer quantifizierbar ist das Potenzial von (innerstädtischen) **Kleinwindkraftanlagen**. Das zentrale Anwendungskonzept von Kleinwindkraftanlagen ist die Eigenversorgung mit Energie und die Aufstellung der Anlage direkt neben dem Verbraucher. In Deutschland sind Kleinwindanlagen oft kleiner als 30 m und haben eine Leistung unter 50 kW. Bisher werden Kleinwindturbinen für die Stromversorgung von landwirtschaftlichen Betrieben, Batterielader auf Segelschiffen oder für Mobilfunkmasten eingesetzt [AEE 2021].

In den vergangenen Jahren hat sich der Kleinwindsektor in Deutschland stetig entwickelt, aber auf einem geringeren Niveau. Insgesamt befinden sich Kleinwindanlagen in Deutschland, Österreich und der Schweiz in einem frühen Stadium der Marktentwicklung [AEE 2021].

Für Kleinwindanlagen gibt es mittlerweile Einspeisetarife, allerdings betragen sie im Jahr 2021 nur etwa 6 Cent pro Kilowattstunde (kWh). Die Wirtschaftlichkeit von Kleinwindenergieanlagen basiert somit nicht auf der Einspeisung und Vergütung des Stroms, sondern auf dem Eigenverbrauch [AEE 2021].

Für den erfolgreichen Betrieb einer Kleinwindenergieanlage ist eine windstarke Lage essenziell. Aufgrund der geringen Aufstellungshöhe der Rotoren hat das Relief und die Oberflächenbeschaffenheit der umliegenden Landschaft eine besonders große Auswirkung auf die Windverhältnisse [AEE 2021].

Schließlich ist die Genehmigung des Windrads und die Akzeptanz durch Nachbarn eine Voraussetzung, die im Vorfeld geprüft werden muss. Wesentliche Grundlage für die Genehmigung ist die Bauordnung des Bundeslandes. Alle in Bayern gültigen Bestimmungen sind in der Bayerischen Bauordnung (BayBO) festgelegt. Zudem ist bei allen genehmigungsrechtlichen Varianten die Wahrung öffentlicher Belange zu berücksichtigen. In Bayern können Windanlagen bis zu einer Gesamthöhe von 10 m verfahrensfrei errichtet werden (Art. 57 Abs. 1 Nr. 3b BayBO) (9). Bei Installationen an Gebäuden ist hierbei die Höhe über der baulichen Anlage maßgeblich, wobei eine verfahrensfreie Errichtung nicht möglich ist, wenn die bauliche Anlage nur zum Zweck der Installation einer Kleinwindanlage errichtet wurde [C.A.R.M.E.N. e.V 2015].

Biomasse/ Biogas

Biomasse kann als Energieträger zunehmend zur Energieversorgung beitragen. Dabei wird Biomasse durch vielfältige Technologien und Verfahren zur Energieerzeugung nutzbar gemacht. Aus biogenen Abfällen können Ersatzbrennstoffe zur Substitution fossiler Energieträger gewonnen und der energetischen Verwertung in einem Heizkraftwerk unter Kraft-Wärme-Kopplung zugeführt werden. Der Bau eines solchen Biomassekraftwerks wird derzeit als ein möglicher Baustein in der Dekarbonisierung der (bestehenden) Fernwärme angesehen. Die Herstellung von Brennstoffen biologischen oder organischen Ursprungs wird unter anderem im Kompostwerk Würzburg praktiziert. Dafür werden heizwertreiche Fraktionen des anfallenden Biomülls genutzt. Der Abfall wird zum Produkt "Ersatzbrennstoff". Nach einer vorgeschalteten Trocknung der Bioabfälle werden diese fraktioniert. Der Feinanteil wird zu Qualitätskompost verarbeitet. Die Grob- und Mittelfraktion wird weiter getrocknet. Der daraus und aus Baum- und Strauchschnitt gewonnene Biomassebrennstoff kann zur CO₂-neutralen Energieerzeugung in Heizkraftwerken in und außerhalb der Stadt Würzburg eingesetzt werden.

Weiterhin wird in den Szenarien berücksichtigt, dass Biomasse auch in Einzelfeuerungsanlagen (Pelletkaminöfen, Pelletkessel, Scheitholzvergaser und Kombikessel) in der klimaneutralen Objektversorgung abseits der Wärmenetze zum Einsatz kommt. Aufgrund des begrenzten lokalen Potenzials wird von einem geringen Zubau ausgegangen. Haushalte heizen überwiegend mit Waldholz. In Industrie und Gewerbe kann vorwiegend Restholz und Altholz – oft aus Kaskadennutzung – eingesetzt werden [FNR 2020]. Weitere, bislang ungenutzte Restholzpotenziale können in begrenztem Umfang für eine ressourcenschonende, nachhaltige energetische Holznutzung erschlossen werden. Jedoch sind dies keine rein lokalen Potenziale, die der Stadt Würzburg direkt zuzuordnen sind.

Die Frage der regionalen Verfügbarkeit stellt sich auch bei **Biogas**. In der Stadt Würzburg sind die Biogaspotenziale begrenzt, die Potenzialanalyse aus dem Klimaschutzkonzept 2012 hat aufgezeigt, dass Biogas nur im begrenzten Umfang zur Verfügung steht. Entsprechend wird ein weiterer Ausbau der Stromerzeugung aus Biogas in der Stadt Würzburg in den Szenarien nicht berücksichtigt.

Die WVV plante seit 2009 die Errichtung von Vergärungsanlagen am Stadtrand, die das erzeugte Biogas direkt ins Gasnetz der Stadt einspeisen sollten. Anfang 2013 wurde nach eingehender Prüfung auf die Weiterverfolgung dieser Pläne verzichtet, da sich aufgrund der geänderten Förderkulissen keine tragfähigen Erzeugerstrukturen finden ließen.

Alternativ prüfte die WVV auch im Kompostwerk Würzburg die Voraussetzungen für die Vergärung von Abfällen zu schaffen und so die Verwertung von Bioabfällen um die Erzeugung von Biogas zu ergänzen. Ende 2013 wurde von diesen Plänen vorerst Abstand genommen. Die wesentlichen Gründe waren, die zu geringe Menge an verfügbaren Bioabfällen, die deutlich geringere Qualität des dann resultierenden Komposts (höherer Anteil an Störstoffen), so dass keine qualitativ hochwertigen Erden (als Ersatz für Mineraldünger und

Torf) erzeugt werden können, und die Tatsache, dass mit der aktuellen Förderstruktur kein wirtschaftlicher Betrieb mehr möglich war [Stadt Würzburg 2016].

Grundsätzlich ist der Einsatz von importiertem Biogas als eine von mehreren Optionen zur Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung denkbar, in der „Box: Wasserstoff und andere emissionsarme Gase“ wurden die möglichen Rahmenbedingungen für importiertes Biogas dargestellt.

Zusammenfassung Stromerzeugung

Aus methodischen Gründen wird die lokale Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Quellen im Bericht getrennt von der Betrachtung zur Wärme behandelt. Generell ist davon auszugehen, dass der Strombedarf bis 2045 in Würzburg um rund 60 % zunehmen wird (von derzeit gut 678 GWh pro Jahr auf rund 979 GWh). Eine vollständige Deckung dieses Strombedarfs durch eine Produktion erneuerbarer Energien im Stadtgebiet wird nach den Analysen nicht möglich sein. Entsprechend der Darstellung in Abbildung 42 steigt der Anteil der lokalen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Strombedarf von derzeit 6 % auf 27 % im Szenario KN 2045, d.h. Würzburg wird dauerhaft auf Stromimporte angewiesen sein.

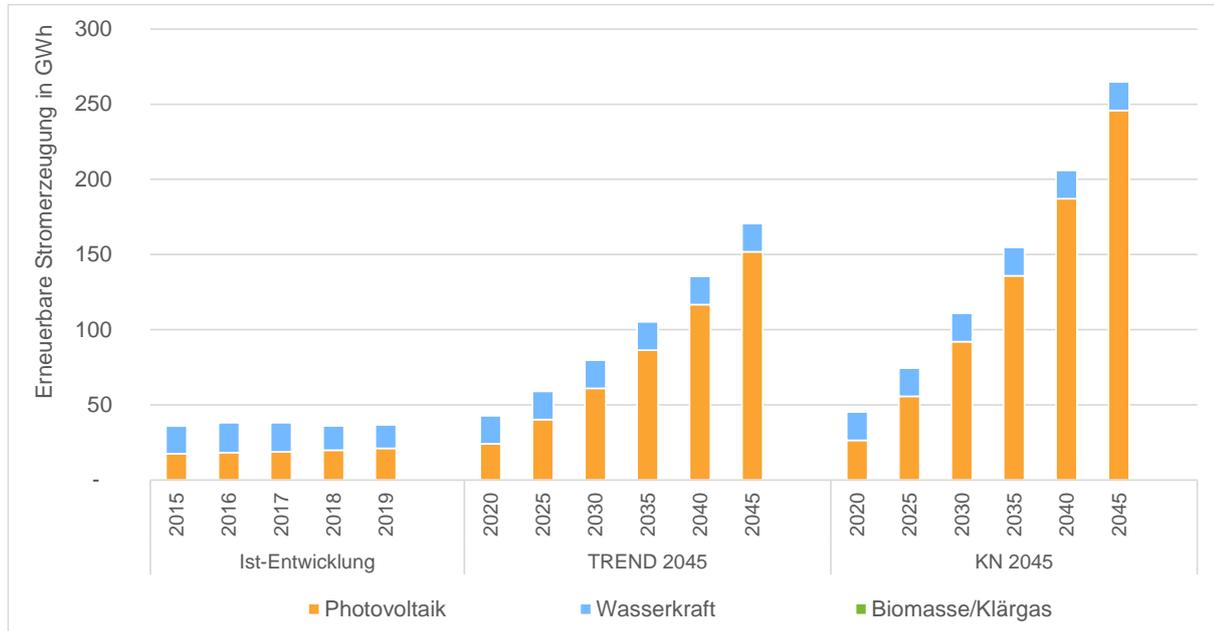


Abbildung 43 Entwicklung der lokalen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2045

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Anmerkung: Stromerzeugung aus KWK-Prozessen auf Basis erneuerbarer Energien (vgl. Kapitel Wärmeerzeugung) wurde in der Darstellung nicht berücksichtigt

Die bedeutendste Rolle für das Stadtgebiet wird die Photovoltaik spielen. Bei einer weitgehenden Nutzung aller Dachflächen, einiger Fassaden, größerer Parkplatzflächen und von etwa 2 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche für Freiflächen- oder Agri-PV-Anlagen könnten bis 2045 im KN 2045 ca. 246 GWh realisiert

werden. Damit ließe sich bilanziell etwa 25 % des prognostizierten Strombedarfs decken (wobei für die Speicherung noch Lösungen zu finden sind). Zur Erreichung müssten in Zukunft allerdings 8,8 GWh im Mittel pro Jahr zugebaut werden. Wasserkraft, Windenergie und die Erzeugung von Biogas im Stadtgebiet werden wohl auch zukünftig nur eine geringe Rolle für die Stromproduktion im Stadtgebiet spielen.

Auswirkungen auf die Netzinfrastruktur

Die dargestellten Maßnahmen und Annahmen in den jeweiligen Szenarien haben enorme Auswirkungen auf die Netzinfrastruktur.

Speziell im Szenario KN 2045 würde z.B. die **Erdgasversorgung** in den Zielkorridoren vollständig entfallen. Für bestimmte Versorgungsaufgaben könnte in diesem Szenario das bestehende Erdgasnetz für den Transport von Wasserstoff oder synthetischen Gasen verwendet werden. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Stromerzeugung in Verbindung mit KWK und Industrieanwendungen mit hohen Wärmebedarfen. Konkreten Auswirkungen, die sich für die Netzinfrastruktur bei einer Nutzung mit Wasserstoff oder synthetische Gasen ergeben, sind prinzipiell sehr unterschiedlich, da sie im Wesentlichen von den Eigenschaften der Gase abhängen. Zudem ergeben sich entsprechend dem Szenario KN 2045 eher punktuelle Anwendungen, die örtlich individuelle Anforderungen an das Leitungssystem stellen. Dies lässt nur allgemeingültige und konzeptionelle Einschätzungen für eine Gasinfrastruktur zu. Für die Nutzung von Wasserstoff muss das Netz in verschiedenen Funktionseinheiten überprüft und angepasst werden. Die Nutzung von synthetischen Gasen (z.B. Methan) die dem Erdgas ähnlich sind, ist eine Nutzung der bestehenden Infrastruktur unkompliziert. Da im Szenario KN2045 die Gasmengen deutlich zurückgehen, wird die Transportkapazität der vorhandenen Netzstrukturen meist ausreichen und nur punktuelle Erweiterungen bzw. Verstärkungen erforderlich sein. Dies gilt prinzipiell auch für den Einsatz von Wasserstoff, der allerdings systembedingte Anpassungen erforderlich macht [MFN 2021].

Die Realisierung der aufgezeigten Maßnahmen hat weitreichende Auswirkungen auf die **Strominfrastruktur**. Insbesondere aus dem Einsatz von:

- Elektrisch beheizten Wärmespeichern in Verbindung mit der Wärmeversorgung (Sektorenkopplung mit negativer Regelenergie)
- Großwärmepumpen in Nahwärmeversorgungsquartieren (vgl. Ausführungen Dezentrale Wärmeversorgung)
- Wärmepumpen in großem Umfang im Bereich kleinerer Wohngebäude im Stadtrandbereich (vgl. Ausführungen Einzel- bzw. Objektwärmeversorgung)

Die konkreten Auswirkungen auf die Stromnetzinfrastruktur lassen sich im Rahmen des vorliegenden Klimaschutzkonzeptes nur sehr grob abschätzen, da sich die Entwicklung der Netzstrukturen an den örtlichen Leistungsbedarfen (Lastsenken) ausrichten muss. Diese lassen sich auf dem vorliegenden konzeptionellen

Rahmen nicht bestimmen. Grundsätzlich lässt dabei das KN 2045 einen deutlich höheren Strombedarf für die Wärmeerzeugung erwarten, als in den bisherigen Zielnetz betrachtungen angenommen wurde.

Auf Grundlage vorhandener Zielnetzplanungen der MFN, die bereits Entwicklungen der Energie- und Verkehrswende berücksichtigen, wurden aber erste Einschätzungen mit Bezug zum Szenario KN 2045 abgeleitet [MFN 2021]:

- Netzverstärkungen und -erweiterungen im 110-kV-Netz von mindestens 30 – 40 km
- Zusätzlicher Bedarf von mindestens 3 Umspannwerken
- Netzverstärkungen und -erweiterungen im 20-kV-Netz von mindestens 60 – 80 km
- Erheblicher Zubau und Verstärkung von Transformatorstationen
- Netzverstärkungen im 0,4-kV-Netz von mehreren hundert Kilometern
- Hinzu kommt eine weitreichende Digitalisierung der dann hochkomplexen Verteilnetzinfrastuktur, um die fluktuierenden Netzzustände zu erfassen, zu simulieren und sicher steuern zu können
- Insbesondere für die oberirdischen Anlagen (Transformatorstationen und Umspannwerke) werden entsprechende Standorte benötigt

Detaillierte Darstellungen können ggf. auf Grundlage der Energieleitplanung Würzburg ermittelt werden, welche derzeit in Bearbeitung ist.

4.4 Ergebnisse

In den Szenarien wurden Annahmen dazu getroffen, welche Veränderungen in den einzelnen Sektoren notwendig und möglich wären, um das Ziel einer Treibhausgasneutralität in Würzburg zu erreichen. Szenarien können die genauen Reduktionspfade nicht vorhersagen und sie treffen keine Aussagen zu Wahrscheinlichkeiten. Dennoch lässt sich auf Basis der Annahmen – insbesondere im Hinblick auf die erwarteten Rahmenbedingungen und die Umsetzung der aufgezeigten Maßnahmen -und unter Nutzung vorhandener Berechnungen die ungefähre Entwicklung der Emissionen bis 2045 abschätzen.

Endenergieverbrauch

In beiden Szenarien findet eine deutliche Reduzierung des Endenergieverbrauchs statt (Abbildung 44). Im KN 2045 wird gegenüber 1990 eine Minderung um 45 % erreicht. Dafür müssen in den nächsten Jahren in allen Verbrauchssektoren sehr hohe Effizienzsteigerungen angestrebt werden. Besonders deutlich wird dies im Verkehrsbereich. Hier wird die Reduzierung der Fahrleistung durch die Änderung im Mobilitätsverhalten und die Umstellung auf E-Mobilität eine entscheidende Rolle spielen (-74% EEV-Einsparung). Im Sektor Haushalte werden Einsparungen von -24% (gegenüber 2019) und -15% (gegenüber 1990) erzielt, wobei zu beachten ist, dass im Zeitraum von 1990 bis 2019 der EEV der Haushalte gestiegen ist. Im Bereich Wirtschaft (Industrie und GHD) können Einsparungen von jeweils 24% gegenüber 2019 und sogar von – 50 % bzw. 52 % gegenüber 1990 erzielt werden.

Die Struktur der Energieträgerverteilung wird sich deutlich verändern. Während im Jahr 2019 Erdgas mit 35 % und Mineralölprodukte mit 31% deutlich dominieren, wird im KN 2045 im Jahr 2045 Strom mit 45 % zum wichtigsten Energieträger (Abbildung 45). Aber auch Fernwärme und Nahwärme steigern ihre Anteile deutlich auf insgesamt 34 %. Strom, Fernwärme und Nahwärme sind sogenannte sekundäre Energieträger. Sie entstehen durch Umwandlungsprozess aus Primärenergie. Im KN 2045 wird unterstellt, dass bis zum Jahr 2045 diese drei Energieträger auf Basis erneuerbarer Energien erzeugt werden. Erneuerbare Energien können aber auch „direkt“ z.B. in der Wärmeversorgung von Gebäude in Form von Solarthermie, Umweltwärme oder auch Biomasse eingesetzt werden. Deren Anteil steigt im KN 2045 bis auf 19 %.

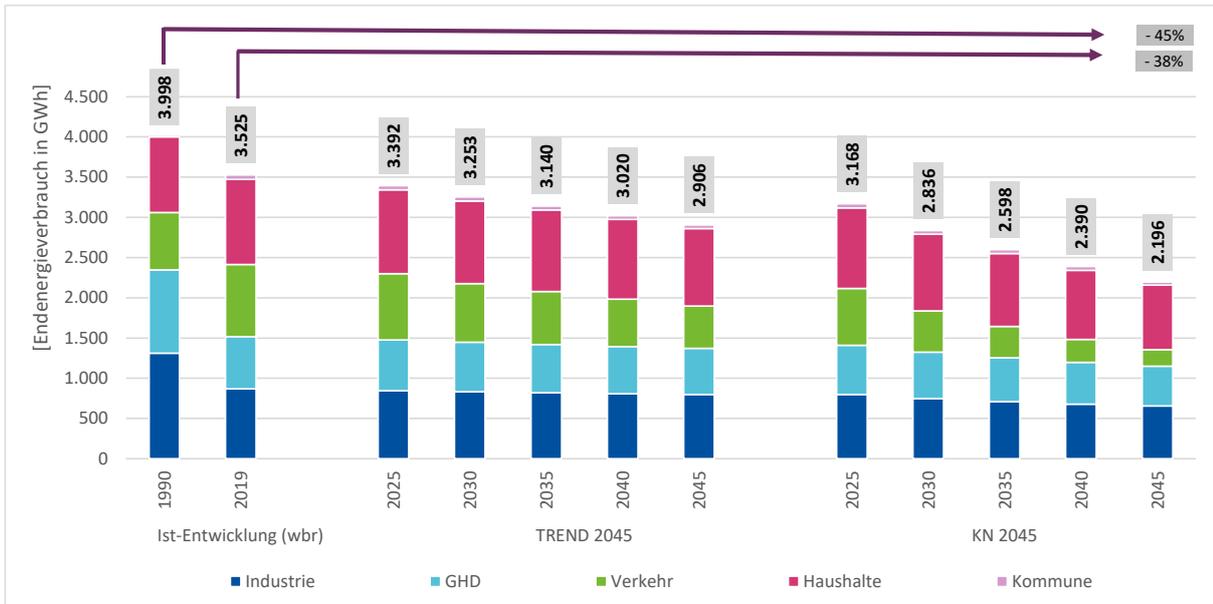


Abbildung 44 Entwicklung Endenergieverbrauch nach Sektoren in den Szenarien

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

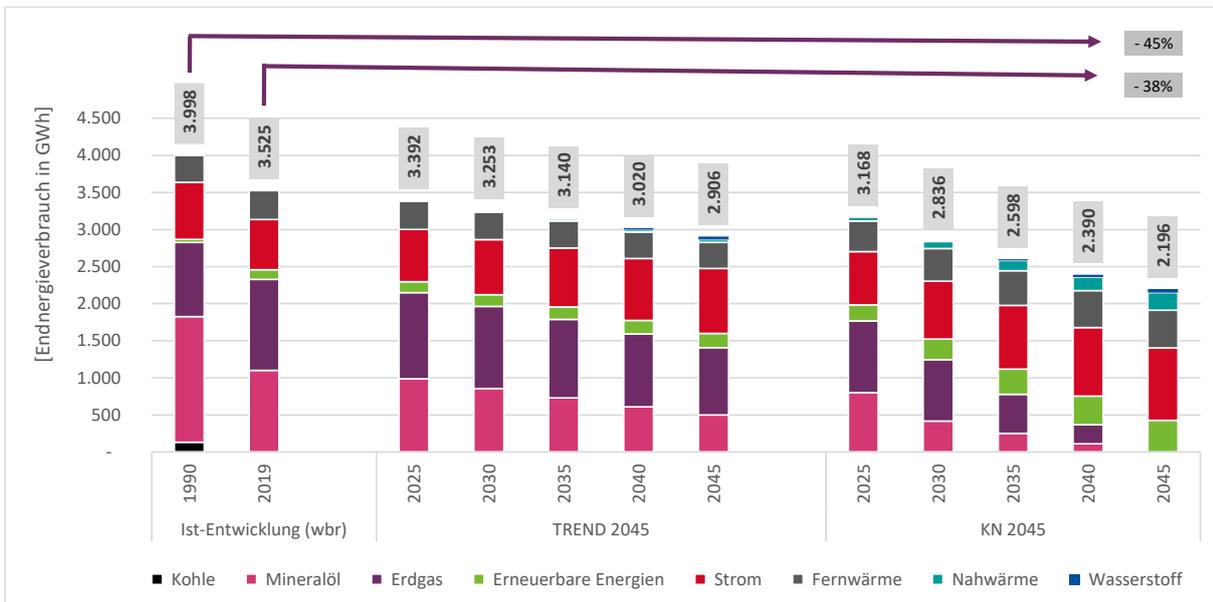


Abbildung 45 Entwicklung Endenergieverbrauch nach Energieträgern in den Szenarien

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

THG-Emissionen

Noch ambitionierter sind die Zielsetzungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. Neben der Reduzierung des Energieverbrauchs ist die kontinuierliche Substitution der fossilen Energieträger von entscheidender Bedeutung. Im KN 2045 können die THG-Emissionen im Vergleich zu 1990 bis 2045 um 97 % reduziert werden (Abbildung 45). Treiber für diese Entwicklung sind der Ausbau der erneuerbaren Energien und die Umstellung der Energieträger. Lokale Treibhausgasneutralität wird jedoch bis 2045 in Würzburg nur erreichbar sein, wenn auch der Bund seine Klimaschutzziele und energiepolitischen Rahmenbedingungen konsequent hierauf ausrichtet.

Die verbleibenden Emissionen von ca. 47.000 Tonnen CO₂ pro Jahr verteilen sich auf alle Sektoren, sie ergeben sich u.a. aus Emissionen aus den Vorketten (siehe Bilanzierungsmethodik). Diese (geringen) Restemissionen müssen letztlich kompensiert bzw. ausgeglichen werden (vgl. Handlungsfeld Kompensation).

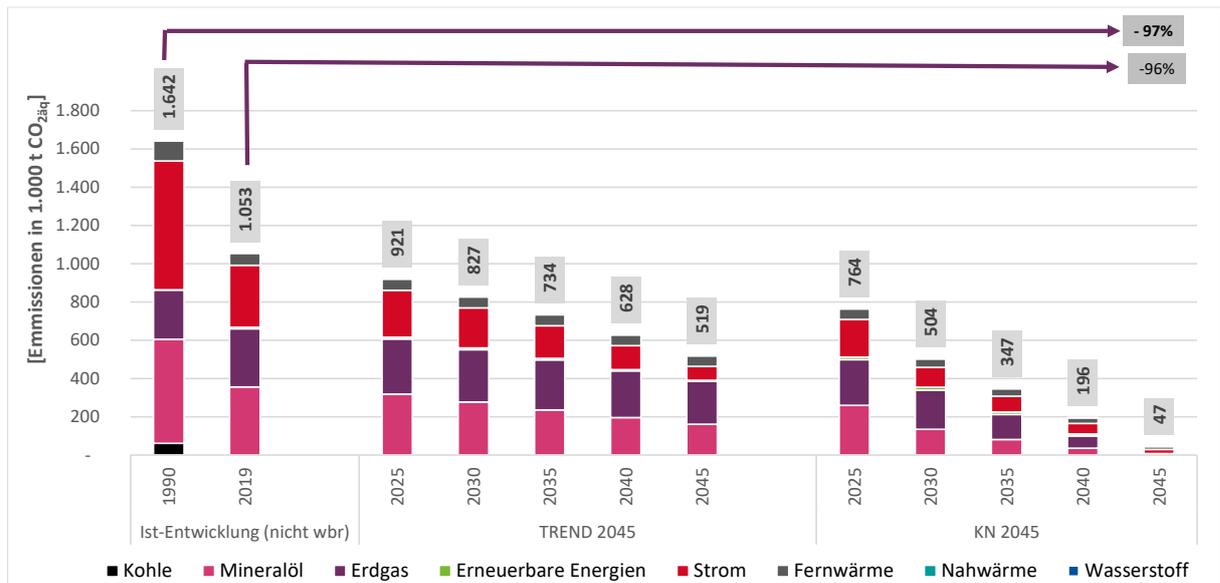


Abbildung 46 Entwicklung Emissionen nach Energieträgern in den Szenarien
 Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

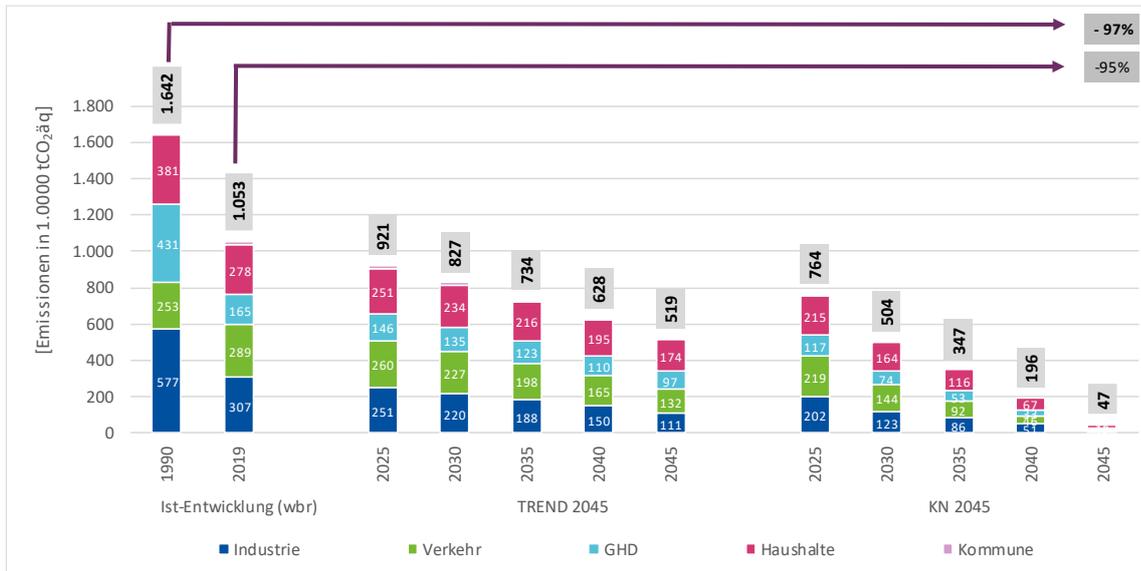


Abbildung 47 Entwicklung Emissionen nach Sektoren in den Szenarien

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig

Im Verkehrssektor sind bisher die niedrigsten Minderungen erreicht, hier ist der Minderungspfad für das KN 2045 besonders ambitioniert. Der zweitstärkste Minderungspfad wurde für den Sektor Haushalte ermittelt. Die Sektoren Industrie und GHD haben einen gewissen „Vorsprung“, aber auch hier stellt die tatsächliche Erreichung der Minderungspfade eine erhebliche Herausforderung dar (Tabelle 24).

Tabelle 24 Prozentuale Minderungsziele im KN 2045 nach Sektoren

Quelle: Berechnung und Darstellung IE Leipzig, Anmerkung: KSG = Bundesklimaschutzgesetz

	Industrie	Verkehr	GHD	Haushalte	Gesamt	KSG
Minderungsziel je Sektor in 1.000 tCO₂äq von 1990 bis 2045						
	567	248	433	370	1.619	-
Absenkungspfad in % je Sektor						
2025	-52%	-13%	-74%	-44%	-54%	-48%
2030	-79%	-43%	-83%	-57%	-70%	-65%
2035	-85%	-64%	-88%	-70%	-79%	-77%
2040	-91%	-82%	-93%	-83%	-88%	-88%
2045	-97%	-98%	-97%	-96%	-97%	-97%

In Abstimmung mit der Stadtverwaltung muss das Klimaschutzszenario zur Umsetzung des Klimaversprechens als Mindestanforderung die Vorgaben zur Minderung der Gesamtemissionen aus dem **Bundesklimaschutzgesetz (KSG)** in jedem Jahr ab 2020 einhalten, da das KSG den derzeit gesellschaftlich vereinbarten nationalen Pfad zur Klimaneutralität beschreibt. Als Reaktion auf den Beschluss des Bundesverfassungsgerichts, wonach das Klimaschutzgesetz von 2019 in Teilen mit den Grundrechten unvereinbar ist, hat der Bundestag am 24. Juni 2021 ein neues Klimaschutzgesetz beschlossen. Dessen wesentlichen Eckpunkte sind:

- als neues Zwischenziel wird für das Jahr 2030 eine Treibhausgasreduzierung gegenüber dem Jahr 1990 von mindestens 65 (statt wie bisher 55) % vorgegeben
- für das Jahr 2040 gilt ein Minderungsziel von mindestens 88 % (bisher kein Minderungsziel)
- bis zum Jahr 2045 soll Deutschland Treibhausgasneutralität erreichen (bisher 2050).

Die über das neue Klimaschutzgesetz manifestierten deutschen Klimaziele sehen somit eine Erreichung der Klimaneutralität spätestens bis 2045 vor, erlauben aber in der Summe Gesamtemissionen, die das für Deutschland ermittelte nationale Restbudget zur Einhaltung des 1,5° C-Zieles überschreiten¹⁵.

Der am 24.11.2021 vorgelegte Vertrag zur Bildung einer Regierungskoalition im Bund sieht zunächst keine Verschärfung dieser Ziele vor, sondern konzentriert sich auf Vorschläge zu deren Einhaltung. Ein beschleunigter Ausstieg aus der Kohleverstromung, eine Stärkung der Bahn-Infrastruktur und des ÖPNV, eine Reform des Straßenverkehrsrechts sowie eine Beschleunigung der Elektrifizierung des Verkehrs (15 Mio. E-Autos bis 2030) und keine Neuzulassung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor ab 2035 im Rahmen der europäischen Vorgaben sind angekündigt. Ein Sofortprogramm und ein deutlicher Ausbau der erneuerbaren Energien (bei der Stromerzeugung um einen Faktor 4 bis 2030)¹⁶ sind vorgesehen. Der Aufbau der Wasserstoffwirtschaft soll forciert, sowie Gasnetze für Wasserstoff umgebaut werden. Erdgas wird als wichtige Übergangstechnologie in der Stromerzeugung angesehen. Zudem sollen die Gebäudestandards für den Neubau weiterentwickelt, neue Vorgaben für die Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien in Neubau und Bestand etabliert und ein Gebäuderessourcenpass eingeführt werden. Im Rahmen des „Fit-for-55“-Pakets strebt die EU die Novellierung und Neufassung unterschiedlicher Verordnungen und Richtlinien an, mit dem Ziel bis 2030 den THG-Ausstoß bis 2030 um 55 % im Vergleich zu 1990 zu reduzieren. Hierbei ist u.a. eine Sanierungspflicht für alte Gebäude und eine sukzessive Verdrängung des Verbrennungsmotors aus dem Antriebsmix im Verkehrsbereich vorgesehen. Auch diese Entwicklungen sind für die Erreichung der nationalen (und kommunalen) Ziele von entscheidender Bedeutung.

¹⁵ Die nach dem KSG zulässigen Gesamtemissionen betragen etwa 9 Gt CO₂; das vom SRU für eine 50 %-Wahrscheinlichkeit, das 1,5°C-Ziel zu erreichen, abgeleitete Budget beträgt gut 4 Gt CO₂; für eine 68%-Wahrscheinlichkeit, das 1,75°C-Ziel zu erreichen, beträgt es knapp 7 Gt CO₂.

¹⁶ Bis 2030 sollen 80 % des Stroms aus erneuerbaren Quellen stammen.

Das Szenario KN 2045 für die Stadt Würzburg hält die Vorgaben des neuen Bundesklimaschutzgesetzes in jedem Jahr ein bzw. übertrifft die Anforderungen stellenweise; die Maßnahmenvorschläge sind mit dem skizzierten Sofortprogramm der Bundesregierung konsistent.

In Bayern hat das Kabinett am 15.11.2021 den Entwurf für ein neu gefasstes **Landesklimaschutzgesetz** beschlossen¹⁷. Demnach soll der Freistaat bis 2040 klimaneutral werden; bis zum Jahr 2030 sollen außerdem 65 % (bisher: 55) der Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu 1990 eingespart werden.

Klimaneutralität bis 2040

Das Szenario KN 2045 für die Stadt Würzburg stellt mit Hilfe quantifizierbarer Maßnahmen zunächst eine Minderung der THG-Emissionen um 88% bis 2040 dar, bis zum Jahr 2030 erfolgt eine Reduktion um 69%. Entsprechend dem Landesklimaschutzgesetz Bayern strebt auch die Stadt Würzburg die Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 an. Für die verbleibende Deckungslücke zur Erreichung des Ziels und für den Umgang mit unvermeidbaren Restemissionen sollen dem Stadtrat spätestens bis zum Jahr 2024 konkrete Vorschläge zur Beschlussfassung vorgelegt werden (Abbildung 48).

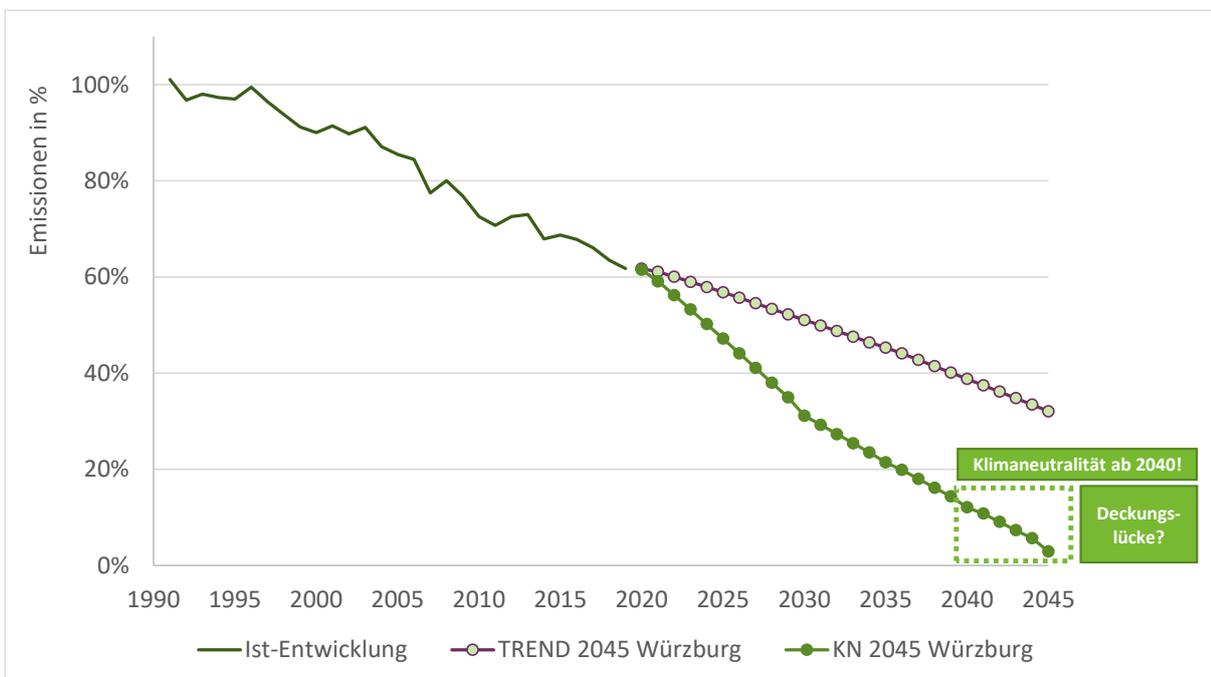


Abbildung 48 Klimaneutralität der Stadt Würzburg ab 2040

Quelle: Darstellung IE Leipzig

Im Rahmen der Szenarien wurden Maßnahmen/ Optionen diskutiert und abgewogen, deren Quantifizierung aus unterschiedlichen Gründen noch nicht erfolgte. Neben der direkten Umsetzung von Maßnahmen (Energieeinsparung, Ausbau der Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien), die sich unmittelbar auf die städtische Bilanz nach dem BSKO-Standard auswirken, gibt es die folgenden, ergänzenden Möglichkeiten zur Minderung von Treibhausgasemissionen:

- Ausbau der lokalen oder regionalen Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

Nach der Systematik des BSKO-Standards wird für die Ermittlung der Treibhausgasemissionen aus dem Stromverbrauch der Bundesstrommix zugrunde gelegt. Der Bundesstrommix bildet ab, wie klimafreundlich Strom in Deutschland im Durchschnitt produziert wird (bundesweiter Durchschnittswert). Deshalb hat der Ausbau von Kapazitäten zur Erzeugung von erneuerbaren Energien in Würzburg keine unmittelbare Auswirkung auf die städtische Treibhausgasbilanz nach dem BSKO-Standard.

Dennoch ist der Ausbau der erneuerbaren Energien ein wichtiges Handlungsfeld auch für den kommunalen Klimaschutz (die unter anderem zur Erreichung der Landes- und Bundesziele beizutragen). Eine Form dieses Ausbaus sind Erneuerbare-Energie-Regionen.

- Ausbau der lokalen Kohlenstoffsenken

Der BSKO-Standard klammert die Bodennutzung aus. Grundsätzlich kann die Bodennutzung sowohl zur Freisetzung von Treibhausgasen - z.B. durch die Trockenlegung von Mooren oder die Rodung eines Waldes – als auch zur Entnahme von Treibhausgasen aus der Atmosphäre („Kohlenstoffsenken“) führen. Beispiele für solche Kohlenstoffsenken sind Aufforstungen, eine Kohlenstoffanreicherung in der Landwirtschaft oder die Wiedervernässung von Mooren oder Auen. Die Schwierigkeit besteht derzeit in der Quantifizierung bilanzierbarer (kommunale) Effekte, denn grundsätzlich kann nur die Änderung des Speichervolumens berücksichtigt werden, damit ein THG-Minderungseffekt auch bilanzierbar ist. Generell ist die Erfassung der Bestandsänderung schwierig, Inventuren werden in langfristigen Zeiträumen durchgeführt, jährliche Aussagen sind nicht zielführend, Veränderungen sind eher über einen Zeitraum von 5 bis 10 Jahren substantiell ableitbar. Somit können Effekte nur „rückwärts“ betrachtet und auch quantifiziert werden.

- Finanzierung von Ausgleichs- oder Kompensationsmaßnahmen

Schließlich können auch außerhalb des Stadtgebietes Maßnahmen zur Einsparung von Treibhausgasemissionen in ganz unterschiedlichen Formen umgesetzt und finanziert werden (z.B. die Renaturierung eines Moores in einer anderen Region Bayerns oder der Bau einer Photovoltaikanlage in einer Partnerstadt) oder aber die Herstellung von synthetischen Gasen (z.B. Methanisierung) an externen Standorten (dort wo der

Stromüberschuss von Photovoltaik und Windenergie ist). Der Vorteil besteht darin, dass Kooperationen mit den umliegenden Landkreisen¹⁸ unterstützt und vorangetrieben werden.

Rolle in der stadtweiten Bilanz

Die Berücksichtigung aller drei Optionen ist im BSKO-Standard nicht vorgesehen. Bei der Ausarbeitung der Szenarien wurde somit grundsätzlich auf die Einbeziehung dieser Optionen verzichtet, insbesondere weil Klimaneutralität weltweit erreicht werden muss (Gefahr der Problemverschiebung) und weil ansonsten der bestehende Handlungsdruck auch zur lokalen Vermeidung von Treibhausgasemissionen nicht sichtbar wird. Dennoch gibt es zwei Anwendungsfälle, für welche die Berücksichtigung dieser ergänzenden Optionen vorgeschlagen wird:

(1) Kompensation von unvermeidbaren Restemissionen in der Gesamtbilanz

Nach heutigem Kenntnisstand wird es auch langfristig nicht gelingen, alle Treibhausgasemissionen vollständig zu reduzieren (z.B. in den Bereichen Abfallwirtschaft, Industrie und Landwirtschaft). D.h. auch bei Umsetzung aller Maßnahmen werden noch Restemissionen (in der Größenordnung von etwa 5% der Emissionen des Jahres 1990) verbleiben. Diese müssen ausgeglichen werden. Hierfür bietet sich vor allem eine dauerhafte Optimierung der lokalen Kohlenstoffsenken (z.B. naturnahe Waldbewirtschaftung, Kohlenstoffanreicherung in der Landwirtschaft, Auen, regionale Moore) an. Ein Konzept dazu muss erarbeitet werden. Wichtig ist eine genaue Erfassung der Senken und möglicher Quellen (z.B. durch Zerstörung von kohlenstoffreichen Böden).

(2) Schließung der Deckungslücke

Wie im Konzept dargestellt, wird auch die Umsetzung des sehr ambitionierten Szenarios dazu führen, dass das CO₂-Budget (für 1,75°C, 68% Wahrscheinlichkeit) um rund 2 Millionen Tonnen überschritten wird (überschlägige Berechnung; vgl. nächster Abschnitt). Dies liegt vor allem in der Tatsache begründet, dass die Umsetzung größerer Maßnahmen (wie die Umstellung des Heizkraftwerkes oder der Ausbau der Fernwärme) Zeit benötigen. Maßnahmen werden vollständig und schnellstmöglich umgesetzt, ihre Wirkung kommt aber „zu spät“. In dieser Konstellation kann durch Kooperation und temporäre Kompensation „Zeit gekauft“ werden.

Hierfür bieten sich regionale Kooperationen (z.B. Energieregion, regionaler Klimafonds), ein stärkerer Ausbau der erneuerbaren Energien und zeitlich begrenzte Kompensationen an (z.B. durch die gemeinsame

¹⁸ Beispiel 100% EE-Region aus Freiburg: Klimaneutrale Kommune - www.freiburg.de - Umwelt und Natur/Energie und Klimaschutz/Klimaschutzpolitik).

Umsetzung von Maßnahmen mit Partnerstädten aus dem globalen Süden). Ein Konzept zur konkreten Berücksichtigung muss noch ausgearbeitet werden.

CO₂-Budget / Restbudget

Der Klimawandel wird wesentlich durch die menschenverursachten Treibhausgasemissionen angetrieben, die zu immer weiter steigenden Konzentrationen dieser Gase in der Atmosphäre führen. Will man den Klimawandel daher auf das international im Pariser Klimaschutzabkommen vereinbarte, gerade noch beherrschbare Ausmaß begrenzen, darf global insgesamt nur noch eine bestimmte Menge an Treibhausgasen (ohne eine gegenüberstehende Senke) ausgestoßen werden. Diese Obergrenze wird als CO₂-Budget oder Restbudget bezeichnet. Das globale Restbudget lässt sich wissenschaftlich gut bestimmen (in Abhängigkeit eines Temperaturniveaus und einer Eintrittswahrscheinlichkeit).

Der Ansatz einer „Budgetierung“ wird derzeit noch nicht in der BSKO-Methode berücksichtigt und stellt einen relativ neuen Ansatz vor, der von Klimaaktivisten sowie zunehmend auch von führenden Experten propagiert wird. Zu nennen ist hier in erster Linie der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) der Bundesregierung sowie z.B. Fridays for Future.

Der SRU hat in seinem Umweltgutachten 2020 das „CO₂-Budget als zentrale Messgröße für Klimaschutz“ empfohlen. Ausgangspunkt für das vom SRU abgeleitete und vorgestellte Budget sind die vom Weltklimarat IPCC berechneten Emissionsentwicklungen („Emissionpathways“), die mit vorgegebenen maximalen Erhöhungen der globalen Durchschnittstemperatur (und einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit) noch konsistent sind. Zuletzt wurden diese Emissionsentwicklungen durch den IPCC im ersten Teil des Sechsten Sachstandsbericht (AR6) vom August 2021 aktualisiert und präzisiert.

Gemäß der Methode des SRU wurde das Budget für Deutschland basierend auf den aktuelleren Zahlen vom IPCC/AR6 nach einem reinen Proporz (Einwohnerzahlen) für die Stadt Würzburg abgeleitet. Für das Weltklima ist ohne Belang, wo auf der Erde diese Emissionen ausgestoßen werden. Daher ist die Aufteilung des Restbudgets auf einzelne Länder oder Regionen naturwissenschaftlich nicht möglich. Ein akzeptierter Ansatz ist es, das Budget anhand der aktuellen Einwohnerzahl auf die Länder und Regionen zu verteilen (der Anteil eines Landes an der Weltbevölkerung entspricht somit dem Anteil am noch verfügbaren Budget)¹⁹.

Das Budget des IPCC wird nach Einhaltung der Erwärmung auf ein bestimmtes Niveau sowie nach bestimmten Wahrscheinlichkeiten ermittelt. Das heißt, soll die Erderwärmung mit einer 2/3-Wahrscheinlichkeit auf 1,5° C bzw. 1,75° C begrenzt werden, so stehen ab 2020 für jede Würzburgerin und jeden Würzburger (wie für jeden anderen Menschen auf der Erde) noch rund 30 bis 80 Tonnen CO₂-Emissionen zur Verfügung. Aktuell werden in Würzburg etwa 7,7 Tonnen CO₂ pro Kopf und Jahr emittiert. Bei unveränderter Emission

¹⁹ Details dazu finden sich u.a. im Kapitel 2 des Umweltberichts 2020 des Sachverständigenrates für Umweltfragen; im 6. Sachstandsbericht des Weltklimarates wurden überarbeitete CO₂-Budgets vorgelegt, die sich aber quantitativ für Würzburg nicht wesentlich auswirken. Anzumerken ist zudem, dass es auch fachliche Kritik am Budgetansatz gibt; diese fokussiert insbesondere auf dem Verlauf der IPCC-Szenarien, die diesen Budgets zugrunde liegen (hier werden z.T. in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts erhebliche negative Emissionen zugrunde gelegt – „Überschießen“) und auf den Umgang mit Unsicherheiten.

wären diese Budgets ausgehend vom Jahr 2020 daher in rund 4 bis maximal 11 Jahren aufgebraucht. Legt man diesen Ansatz zugrunde, so ergeben sich für die Stadt Würzburg folgende Restbudgets (Tabelle 25):

Tabelle 25 CO₂-Restbudget Global, Deutschland und Stadt Würzburg ab dem Jahr 2020
Quelle: [SRU 2020], Darstellung IE Leipzig

Gebiet	Bevölkerung	max Erwärmung	Wahrscheinlichkeit Zielerreichung	Restbudget	Restbudget ab
				ingesamt	2020 pro Kopf
				[Gt CO ₂ eq]	[t CO ₂ eq/ EW]
Global		1,75 °	50%	1.040	
		1,75 °	67%	800	
		1,50 °	50%	580	
		1,50 °	67%	420	
				[t CO ₂ eq]	[t CO ₂ eq/ EW]
Deutschland	83.190.556	1,75 °	50%	9.292.000.000	111,7
		1,75 °	67%	6.700.000.000	80,5
		1,50 °	50%	4.200.000.000	50,5
		1,50 °	67%	2.522.000.000	30,3
				[t CO ₂ eq]	[t CO ₂ eq/ EW]
Stadt Würzburg	129.405	1,75 °	50%	14.453.939	111,7
		1,75 °	67%	10.422.018	80,5
		1,50 °	50%	6.533.206	50,5
		1,50 °	67%	3.923.034	30,3

Alle genannten Budgets sind formal mit den Zielen des Pariser Klimaabkommens kompatibel²⁰, sie beinhalten aber unterschiedliche Grade der Sicherheit (Höhe der Eintrittswahrscheinlichkeit) und der Zielsetzung im Detail (einhaltenbares Niveau der wahrscheinlichen Temperaturerhöhung).

In der folgenden Darstellung (Abbildung 49) erfolgt der Fokus auf das Einhalten des Pariser Ziels, und zwar auf das Einhalten der 1,5 sowie das Einhalten von 1,75 Grad Celsius mit jeweils einer Wahrscheinlichkeit von 50 % und 67 %.

²⁰ Der Artikel 2 enthält folgende Aussage: der Anstieg der durchschnittlichen Erdtemperatur [wird] deutlich unter 2 °C über dem vorindustriellen Niveau gehalten [...] und [es werden] Anstrengungen unternommen [...], um den Temperaturanstieg auf 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, da erkannt wurde, dass dies die Risiken und Auswirkungen der Klimaänderungen erheblich verringern würde.

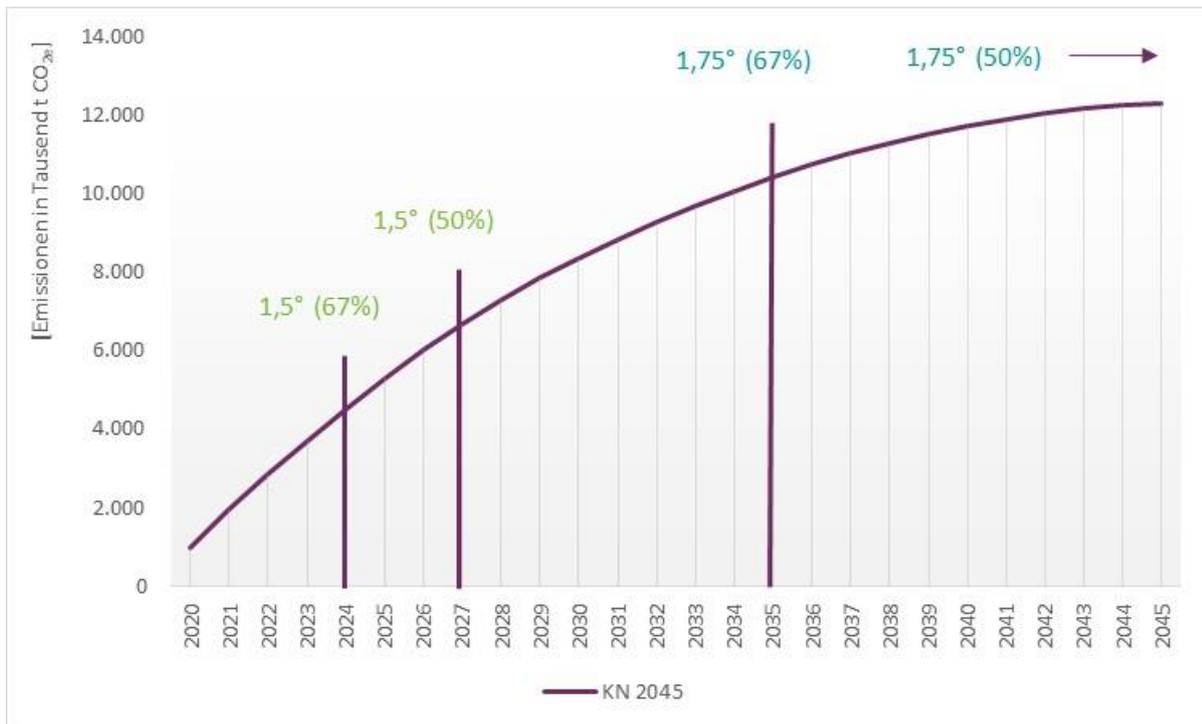


Abbildung 49 Kumulierte THG-Emissionen der Stadt Würzburg im Szenario KN 2045 und Einordnung in verschiedene THG-Budgets

Quelle: Darstellung IE Leipzig

Die entwickelten Maßnahmen werden bei vollständiger Umsetzung ab 2020 zu Gesamtemissionen von noch gut 12 Millionen t CO₂ (92 t CO₂ pro Kopf) führen. Ergänzend werden Maßnahmen zur Schließung der bestehenden „Deckungslücke“ ausgearbeitet (einschließlich Kompensation), die zu einer zusätzlichen Minderung um mindestens 2 Millionen t CO₂ führen können.

Zusammengenommen ist nach dieser Betrachtung die Umsetzung des vorliegenden integrierten Klimaschutzkonzeptes daher mit einer 2/3-Wahrscheinlichkeit, die Erwärmung auf unter 1,75° C zu begrenzen, kompatibel. Die Einhaltung eines aus dem 1,5°-C-Ziel abgeleiteten Budgets ist für die Stadt Würzburg hingegen aus eigener Kraft nicht möglich. Wie im Bericht aufgezeigt, kann die Einhaltung eines 1,5°-C-Budgets in einem großen Kraftakt nur dann gelingen, wenn sich die externen Rahmenbedingungen sehr schnell, sehr deutlich ändern oder massive Reduktionen außerhalb des Stadtgebietes erzielt werden (Kompensationen).

Grundsätzlich nutzen aktuell immer mehr Kommunen in Deutschland den „Budget“-Ansatz, entweder zur Festlegung von Zielen oder als ergänzendes Instrument, um die kommunalen Ziele mit den globalen Temperaturzielen abzugleichen bzw. den Handlungsbedarf zu unterstreichen. Es ist allerdings zu betonen, dass es derzeit noch keine abschließende Definition für ein CO₂-Budget auf kommunaler Ebene gibt und noch wichtige methodische Fragen offen sind (z.B. sollte jede Person in Deutschland das gleiche Budget

zugewiesen bekommen? Muss man differenzieren? Welche Wahrscheinlichkeit und welches Temperaturniveau sollte angestrebt werden? Wie wird mit negativen Emissionen umgegangen? Welche Unsicherheiten sind mit dem Ansatz verbunden?). Schließlich ist die nach der BSKO-Methode erstellte kommunale CO₂-Bilanz (derzeit) nicht auf einen unmittelbaren Vergleich mit einem Pro-Kopf-Budget ausgerichtet (Territorialprinzip, nicht alle Quellgruppen umfasst, etc.). Aktuell gibt es u.a. auf Ebene des Deutschen Städtetages Bestrebungen, ein konsistentes Verfahren zur Bestimmung und Einsatz lokaler CO₂-Budgets zu entwickeln. Diese Entwicklungen gilt es weiter zu verfolgen, um daraus einen gut kommunizierbaren ergänzenden Indikator ableiten zu können.

Aus diesen Gründen wurde im Klimaschutzkonzept für die Stadt Würzburg derzeit darauf verzichtet, aus dem Budgetansatz Ziele abzuleiten. Die Budgetbetrachtung ermöglicht aber trotz der aktuell noch bestehenden Unsicherheiten eine hilfreiche ergänzende Betrachtung im Hinblick auf den Zusammenhang mit den globalen Zielen

Exkurs: Szenario KN 2035

Engagierte Würzburger Schülerrinnen und Schüler starteten Ende 2020 mit einem „KlimaStadtplan Würzburg“ eine Initiative für einen Klimaentscheid, um mehr Klimaschutz-Aktivitäten lokal umzusetzen, damit die Stadt bereits bis 2030 die Klimaneutralität erreicht. Der „KlimaStadtplan Würzburg“ wurde mit Unterstützung des Dachverbands GermanZero erarbeitet, der in zahlreichen Kommunen Deutschlands ähnliche Bürgerinitiativen initiierte. Ziel war, die lokalen Klimaziele nochmal deutlich zu verschärfen und sich dabei an dem Erreichen einer Klimaneutralität bereits bis 2030/35 zu orientieren. Abgestellt werden soll auf eine strikte Einhaltung des 1,5-Grad-Ziels.

Im „KlimaStadtplan Würzburg“ werden Handlungsempfehlungen anhand der Stellschrauben Energieeinsparung, Energieeffizienz und 100% erneuerbare Energien aufgezeigt: Im Fokus stehen Strom, Gebäude, Verkehr, Wirtschaft und aktiver CO₂-Entzug durch Kohlenstoffbindung. Die Berechnungen beruhen auf dem „KlimaStadtplan-Generator“ von GermanZero, der eine überschlägige Einschätzung aufgrund von regionalen Statistikdaten vornimmt. Dieser ersetzt nicht die konkrete lokale Planung, sondern will nur Anstoß geben, um die Detailplanung für engagierten Klimaschutz zu befördern.

Da die Klimaentscheid-Initiative etwa zur gleichen Zeit wie die Erarbeitung des integrierten Klimaschutzkonzepts startete, verständigte sich die Stadt Würzburg im Frühjahr 2021 mit den Initiatoren des Klimaentscheids auf eine Zusammenarbeit. Ihre Vertreter*innen beteiligten sich an den Fach-Workshops zur Erarbeitung und konnten hier die Maßnahmenvorschläge aus dem „KlimaStadtplan Würzburg“ in das iKK einbringen. Zudem wurde die Initiative als neues Mitglied im Würzburger Klimabeirat aufgenommen.

Die Darlegung eines Entwicklungspfades, der mit dem 1,5-°C-Ziel kompatibel ist, wurde in den vorliegenden Konzeptionen aufgenommen. Dieser Pfad wird als Szenario Klimaneutralität 2035 (KN 2035) bezeichnet. Die Herangehensweise für der Darlegung unterscheidet sich von den Szenarien Trend und KN 2045. Grundlage für das KN 2035 ist das Einhalten eines für die Stadt Würzburg kalkulierten THG-Budgets, bei dem das 1,5° Grad-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 bzw. 67% eingehalten werden kann.

Im Vergleich zu den Klimaschutzmaßnahmen des Szenarios KN 2045 kann diese Zielsetzung nur mit noch erheblich weiter verschärften Rahmenbedingungen auf Bundes- und Landesebene erreicht werden und zeigt einen wesentlichen steileren Absenkpfad auf (Abbildung 50). Da die Umsetzung dieses Pfades sehr stark von den Rahmenbedingungen abhängig ist, kann derzeit nur cursorisch aufgezeigt, werden, welche Maßnahmen mit welchem zeitlichen Umsetzungshorizont hierfür erforderlich sind. Die Einflussmöglichkeiten auf kommunaler Ebene reichen bei weitem nicht aus, um die relevanten Stellschrauben zum Einsatz erneuerbarer Energien im Strom- Wärme- und Verkehrssektor in diesem kurzen Zeitraum auf breiter Ebene umzusetzen. Damit wird deutlich, dass die Einhaltung des 1,5-Grad-Ziels mit kommunalem Klimaschutz allein nicht erreichbar ist. Bund und Land sind hier gefordert, die Rahmenbedingungen noch weit konsequenter und schneller auf Klimaneutralität auszurichten.

Die aktuellen Ziele der Bundesregierung werden von unabhängigen Analysen als nicht mit einem 1,5 Grad-Ziel kompatibel gesehen, jedoch als „nahezu ausreichend“, um einen unter 2-Grad-Pfad einzuhalten. Damit hat sich Deutschland in der Bewertung mit dem novellierten Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) zwar in der Bewertung von „höchst unzureichend“ verbessert, dennoch wird immer noch großer Handlungsbedarf gesehen. Um einen vollständig Paris-kompatiblen Pfad zu beschreiten, müsste Deutschland die Emissionen bis 2030 um 69 % im Vergleich zu 1990 reduzieren, nicht um 65 % wie durch das KSG angestrebt. [Climate Action Tracker, 2021a]

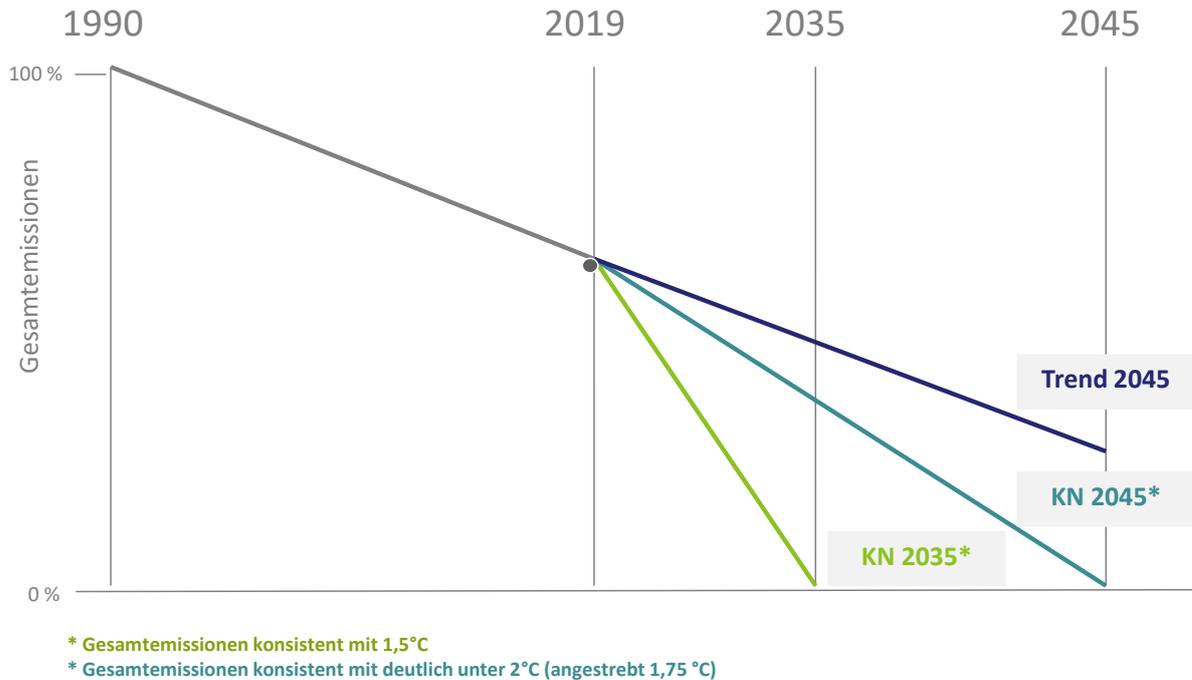


Abbildung 50: Schematische Darstellung der THG-Absenckpfade der drei Szenarien

Quelle: IE Leipzig 2021

Eine Klimaschutzneutralität für die Stadt Würzburg bis zum Jahr 2035 ist neben dem Umsetzen ambitionierter lokaler Maßnahmen nur mit folgenden übergeordneten Rahmenbedingungen erreichbar:

- Bundesstrommix müsste bis 2030/2035 emissionsfrei sein, dies bedeutet konkret das Erreichen des Kohleausstiegs bis 2030 sowie den Ausstieg von Erdgas bis 2035 sowie ein wesentlich ambitionierterer Ausbau von erneuerbarem Strom insbesondere bei Wind und Photovoltaik
- Grüner, CO₂-freier Wasserstoff steht bereits ab 2030 ausreichend zur Verfügung
- Ab 2030 gibt es ein Verbot von Heizöl und Erdgas in der Wärmeversorgung bei allen Gebäuden im Bestand und nicht nur im Neubau da die Wärmeversorgung bis 2035 komplett auf Basis erneuerbarer Energien und dekarbonisiert erfolgen muss
- Erhöhung der Sanierungsquoten auf 4 bis 5 % pro Jahr bei sofortiger Ausrichtung der Gebäudestandards auf Klimaneutralität (KfW 40 oder besser)
- Auch in den Sektoren GHD und Industrie müssten die Effizienzanstrengungen nochmal deutlich erhöht werden
- Die Fernwärmeversorgung in Würzburg wird bis 2030 vollständig dekarbonisiert
- Ein Verbot von fossilen Verbrennungsmotoren wird sowohl für Neuzulassungen als auch für den Bestand durchgesetzt

-
-
- Der Verkehr wird bereits bis 2030 / 2035 vollständig elektrifiziert, dies umfasst den motorisierten Individualverkehr ebenso wie den ÖPNV und den Güterverkehr

Im Fazit muss festgehalten werden, dass sich die Einhaltung eines mit dem 1,5-Grad-Ziel kompatiblen Budgets auf lokaler Ebene derzeit als zunehmend als nicht erreichbar darstellt. Alle politischen Klimaschutzziele auf globaler Ebene gemäß Klimarahmenkonvention, die höchst ambitioniert sind, münden in einer projizierten globalen Erwärmung von derzeit im Mittel noch über 2,4 Grad. Generell hinken diese den national beschlossenen Gesetzgebungen hinterher. Wenn Zielsetzungen zu Grunde gelegt werden, die auf nationale Ebene auch bereits beschlossen wurden, wird eine Erwärmung von im Mittel 2,7 Grad erwartet. [Climate Action Tracker 2021b]. Hier bedarf es also noch weiteren Anstrengungen auf allen Ebenen.

5 Maßnahmenset für die Stadt Würzburg

5.1 Genese und Aufbau

Das nun vorliegende Maßnahmenset für die Stadt Würzburg wurde während des gesamten Erstellungsprozesses (vgl. Kapitel Partizipation und Information) im Wesentlichen durch vier zentrale Gruppierungen erarbeitet:

- Verwaltung und Politik
- Stakeholder (Institutionen, organisierte Zivilgesellschaft, Einzelpersonen aus der Stadtgesellschaft)
- Bürgerinnen und Bürger
- Fachbüros

Das Zusammenwirken ist schematisch in Abbildung 50 dargestellt.

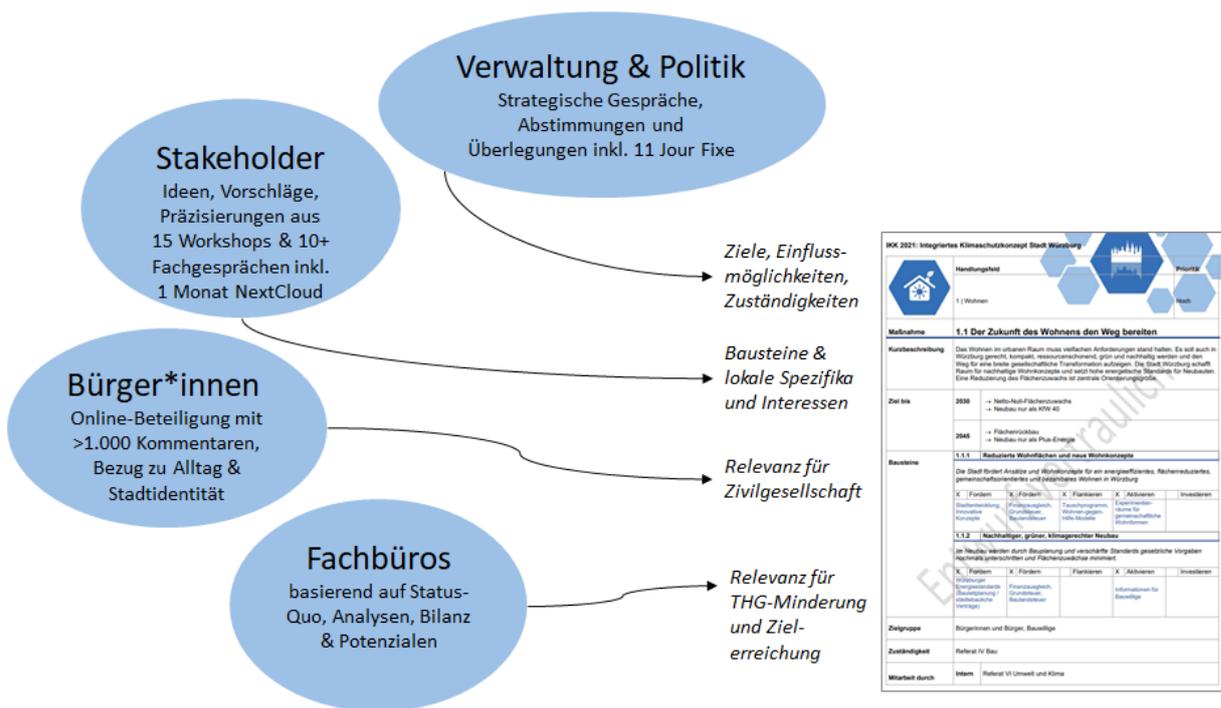


Abbildung 51 Genese des Maßnahmensets für die Stadt Würzburg
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Die Struktur des gesamten Klimaschutzkonzepts umfasst Handlungsfelder, die sich vorrangig an Verbrauchssektoren orientieren (die ersten sechs Handlungsfelder Stadtverwaltung, Energieversorgung, Wohnen, Wirtschaft, Mobilität, Konsum und Abfall) sowie darüber hinaus strategische Querschnittsthemen berücksichtigten (die drei Handlungsfelder Kompensation, Klimapartnerschaften, Senken sowie Bildung und Kultur sowie Kommunikation, Beteiligung, Soziales).

Eine Maßnahme umfasst dabei eine strategische Zielsetzung („Was wollen wir erreichen?“) und (meist mehrere) Bausteine, die konkretisieren, was dafür erforderlich ist. Darüber hinaus wurden die konkreten Vorschläge zum weiteren Vorgehen für jeden Baustein den unterschiedlichen Handlungsbereichen aus der Tool-Box zugeordnet (siehe Abbildung 51).

Handlungsfeld	5	Botschaft / Maßnahme	9	Baustein	Tool-Box					
					Fordern	Fördern	Flankieren	Aktivieren	Investieren	
1. Wohnen 	1	Der Zukunft des Wohnens den Weg bereiten (Neubau)	1.1.1	Reduzierte Wohnflächen und neue Wohnkonzepte	X	X	X	X	/	
				1.1.2	Nachhaltiger, grüner, klimagerechter Neubau	X	X	/	X	/
	2	Klimaneutralen Gebäudebestand angehen (Sanierung)	1.2	1.2.1	Energieeffiziente/klimagerechte Quartiere	X	X	/	X	X
				1.2.2	Sanierung in privaten Gebäuden	X	/	/	X	/
				1.2.3	Sanierung bei Wohnungsbaugesellschaften	X	/	X	/	X
				1.2.4	Modernisierung der Heizungen/Gebäudeausrüstung	/	/	/	X	X
				1.2.5	Fachkräfte stärken (Handwerk/Berater/Planende)	/	/	X	X	/
	3	Mehr Klimaanpassung in Siedlungsstrukturen (Klimaresilienz)	1.3	1.3.1	Klimaangepasste Gebäude	X	X	/	X	X
				1.3.2	Klimaangepasste Orte	X	X	/	X	/

Abbildung 52 Untergliederung der Handlungsfelder nach Maßnahmen, Bausteinen und Tools am Beispiel HF Wohnen
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Das Instrumentarium (Toolbox siehe Abbildung 52) gliedert sich dabei nach den Bereichen

- Fordern/Konkretisieren für ordnungsrechtliche und konzeptionelle Instrumente,
- Fördern für fiskalische und finanzielle Instrumente,
- Flankieren für organisatorische Instrumente,
- Aktivieren für kommunikative Instrumente sowie
- Investieren für investive Instrumente.

Ansatz	Hinweis	Instrument / Werkzeug
Fordern / Konkretisieren	Regulatorische, ordnungsrechtliche Instrumente	Planungsrechtliche Vorgaben (Raumplanung, Bauleitplanung, Flächennutzung, Bebauungsplan)
		Regulationen und ordnungsrechtliche Vorgaben
		Dienstanweisungen
		Genehmigungskonzepte
		Verträge
	n.n.	
	Politische, konzeptionelle, strategische und datenerfassende Instrumente	Stadtratsbeschlüsse
		Fachliche Planungen/Konzepte
		Studien (Potenziale, Machbarkeit, Prüfung)
		Kataster, Datenbanken, Register
n.n.		
Fördern	Fiskalische, finanzielle Instrumente	Personalressourcen
		Budget/Etat
		Förderprogramm/Fonds
		Gebühren
		Wettbewerbe/Preise
n.n.		
Flankieren	Organisatorische Instrumente	Organisatorisches/Management
		Netzwerk/Forum
		Kapazitätsaufbau/Schulungen
		Gremium
		Beteiligung an Bündnissen/Initiativen
n.n.		
Aktivieren	Kommunikative Instrumente	Kampagne
		Aktionen/Projekte
		Veranstaltung
		Kommunikation/Öffentlichkeitsarbeit
		Beratungsangebot
		Informationsmaterial und Publikationen
n.n.		
Investieren	Investive Instrumente	Investition in Technik und Anlagen
		Investition in langlebige Infrastruktur/Gebäude
		Investition in Gebrauchsgüter
		Investition in Dienstleistungen
		Geschäftsmodelle/Beteiligungen
n.n.		

Abbildung 53 Toolbox

Quelle: IE Leipzig 2021

5.2 Überblick Handlungsfelder und Maßnahmen



Ifd.	Handlungsfeld	Maßnahmen	Bausteine
1	Stadtverwaltung	4	17
2	Energieversorgung	4	12
3	Wohnen	3	8
4	Wirtschaft	4	12
5	Mobilität	5	17
6	Konsum und Abfall	2	6
7	Kompensation, Klimapartnerschaften, Senken	3	7
8	Bildung und Kultur	3	8
9	Kommunikation, Beteiligung, Soziales	2	7
		30	94

Abbildung 54 Überblick Maßnahmenset

5.3 Handlungsfeld Stadtverwaltung

Relevanz und Hintergrund

Städten kommt in der Bewältigung der Klimakrise eine besondere Rolle zu. Rund 4 % der Landflächen der EU werden von Städten in Anspruch genommen, in denen rund dreiviertel aller EU-Bürger wohnen. Diese Anzahl wird bis zum Jahr 2050 auf 85 % wachsen. Global gesehen verbrauchen Städte 60 % der Energie und sind für mehr als 70 % aller Treibhausgas-Emissionen verantwortlich. Städte in Europa sind nicht nur wachsend, sie stehen auch an der vordersten Front der Dekarbonisierung und der dafür notwendigen politisch-gesellschaftlichen Transformation. Je nachdem, inwieweit es Städten gelingt, ambitionierte Ziele und Umsetzungsschritte in Bezug auf Klimaschutz und Transformation miteinander zu vereinbaren, können sie sich als „Pioniere des Wandels“ positionieren [Europäische Union 2021].

Das Handlungsfeld Stadtverwaltung ist in mehrfacher Hinsicht von übergeordneter Relevanz: durch eine klimaneutrale Verwaltung trägt die öffentliche Hand einerseits im eigenen Bereich zum Klimaschutz bei und kommt so ihrer Vorbildfunktion nach; andererseits werden durch die Etablierung einer klimaneutralen Verwaltung die organisatorischen Strukturen geschaffen, die erforderlich sind, um die durch das Klimaschutzkonzept erarbeiteten Maßnahmen auch über die Stadtverwaltung hinaus anzuschieben und umzusetzen („Verstetigung“; Abbildung 55).

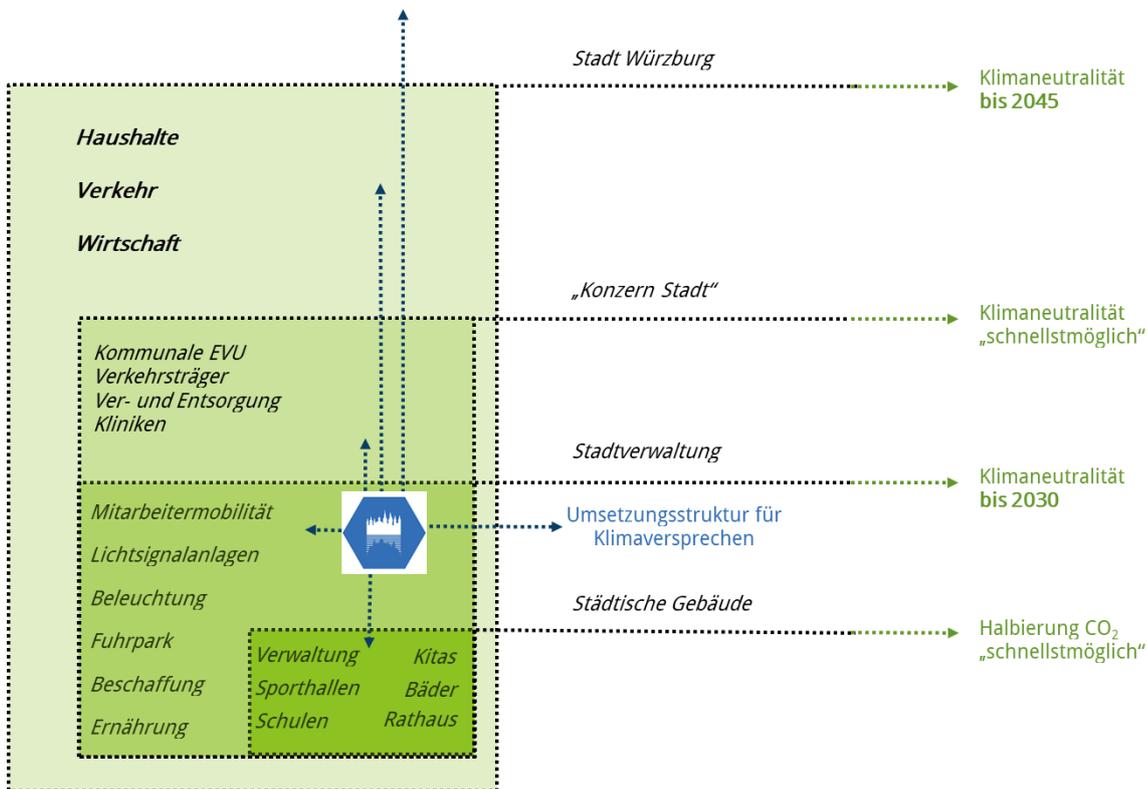


Abbildung 55: Klimaversprechen: Betrachtungsebene, Ziele und Umsetzungsstruktur

Quelle: IE Leipzig

Für die THG-Relevanz und das Minderungspotenzial muss strikt nach den Betrachtungsebenen Stadtverwaltung und Gesamtstadt unterschieden werden. Die Stadtverwaltung (Kommune) ist gemäß aktueller BSKO-Bilanz von 2019 für rund 2 % der THG-Emissionen insgesamt verantwortlich. Dieser Prozentsatz sollte jedoch in seiner Relevanz nicht unterschätzt werden. Die Stadtverwaltung ist einer der größten Arbeitgeber vor Ort. Sie hat weitreichenden Einfluss, Vorbildfunktion und Gestaltungsspielraum.

Die Stadtverwaltung mit den zugehörigen Strukturen hat darüber hinaus eine wesentliche Funktion bei der Koordinierung, Initiierung und Unterstützung der Klimaschutzmaßnahmen auf gesamtstädtischer Ebene.

Für die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen einer Organisation – wie der Stadtverwaltung – hat sich international das Greenhouse Gas Protocol durchgesetzt [Umweltbundesamt 2020]. Hierbei werden auch die indirekten Treibhausgasemissionen aus vor- und nachgelagerten Aktivitäten („Scope 3“; z.B. die durch beschaffte Güter und deren Herstellung, Transport und Entsorgung entstehenden Emissionen) berücksichtigt. In vielen Verwaltungen machen diese sogenannten Scope-3-Emissionen den größten Anteil an den Gesamtemissionen aus. Für die Stadtverwaltung Würzburg liegt eine solche Bilanz bisher nicht vor. Grundsätzlich kann jedoch jetzt schon heute abgeschätzt werden, dass die eigenen Liegenschaften (ca. 200

Gebäude) sowie deren Wärmeverbrauch einen großen Anteil des THG-Fußabdrucks der Stadtverwaltung ausmachen werden. Hier hat ein kohärentes Energiemanagement besondere Relevanz. Die Verstetigung und Ausweitung des Klimaschutzmanagements wird nicht nur der Vorbildfunktion der Kommune gerecht, sondern stellt insgesamt einen Modernisierungsschub für die Verwaltung dar. Hier sind verschiedene Bereiche im Sinne einer strategischen Organisationsentwicklung voranzubringen, darunter der Ausbau der regulatorischen-ordnungsrechtlichen (Planwerke, Anweisungen, Genehmigungen), der normativen (vorbildliche Ziele und Visionen) sowie kognitiven Kompetenzen (Wissen und Können der zuständigen Akteure). Idealerweise werden hier insbesondere Aktivitäten des Klimaschutzes mit denen der Klimaanpassungen zusammengeführt. [Göpfert 2020]

Die Schaffung von Personalkapazitäten kann zudem ein zusätzlicher Hebel für verbesserte finanzielle Ausstattung sein. Ein gut aufgestelltes Klimaschutzmanagement kann wesentlich dazu beitragen, die vielfältigen existierenden Förderangebote für Kommunen für investive Projekte und Modellvorhaben auf EU-, Bundes- und Landesebene optimal zu nutzen und zusätzliche Mittel erfolgreich zu akquirieren.

Strategische Zielsetzung

Die herausfordernde Querschnittsaufgabe Klimaschutz erhält im kommunalen Handeln der Verwaltung zentralen Gestaltungsspielraum mit oberster Priorität. Ziele werden festgelegt, Strategien zur Zielerreichung ausgehandelt, ausreichende Finanzierung, Personalkapazitäten und moderne Strukturen bereitgestellt und geschaffen. Die Verwaltung setzt auf Überwachung der Erfolge, transparente Kommunikation und eine kontinuierliche Weiterentwicklung. Das Einhalten des Würzburger Klimaversprechens dient als Leitplanke und umfasst neben der Betrachtungsebene der eigenen Zuständigkeiten auch die optimale Begleitung der durch das iKK beschlossenen Maßnahmen für alle weiteren Handlungsfelder.

In Beschaffungs- und Vergabeprozessen, in Arbeitsalltag und Arbeitsstrukturen, im Dialog mit den Bürgerinnen und Bürgern wird die Querschnittsaufgabe des Klimaschutzes in der Verwaltung etabliert, verstärkt und ausgebaut. Synergien mit weiteren wichtigen Fortschrittsthemen, insbesondere die der Digitalisierung, werden herausgearbeitet und genutzt.

Als zentrale Umsetzungsinstanz zur Optimierung der kommunalen Energieverbräuche wird ein schlagkräftiges kommunales Energiemanagement (KEM) weiter aufgebaut. Dazu gehören verbesserte, agile, referatsübergreifende und interdisziplinäre Verwaltungsstrukturen und eine Stärkung der Personalressourcen. Ein KEM baut auf klaren und vereinfachten Organisationsformen auf. Derzeit wird eine zentrale Erfassung der Verbräuche im FB Hochbau aufgebaut. Weiterhin sollte ein KEM-Team implementiert werden (Stärke perspektivisch idealerweise ca. 5 Personen).

	Bestand	Neubau
Gebäudehülle	<ul style="list-style-type: none"> • möglichst KfW40 Standard - wahlweise Passivhauskomponenten - möglichst max. Wärmebrückenzuschlag nach GEG von 0,03 W/(m²*K) - Einhaltung Mindestanforderungen U-Wert 	<ul style="list-style-type: none"> • KfW 40 Standard - wahlweise Passivhauskomponenten - max. Wärmebrückenzuschlag nach GEG von 0,03 W/(m²*K) - max. Heizlast von 25 W/m²
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Umrüstung auf Erneuerbare - bei Kesseltausch Einsatz von Erneuerbaren - Vorrüsten sowie anteilige Verwendung - Investitionsentscheidung auf Grundlage einer CO₂-Schattenpreises 	<ul style="list-style-type: none"> • Dekarbonisiert - Keine fossilen Energieträger - Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung
Energieerzeugung	<ul style="list-style-type: none"> • Solarpflicht - Maximierung der PV-Belegung Dach - Ausnahmen möglich - zzgl. Fassaden 	<ul style="list-style-type: none"> • Solarpflicht - Maximierung der PV-Belegung Dach - zzgl. Fassaden
Nachhaltige Baustoffe und Bauweisen	<ul style="list-style-type: none"> • möglichst nachhaltig - Vorrang für nachhaltige Baustoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • nur nachhaltig - Einsatz Recycling-Beton - Vorrang Holz / Holzhybrid-Bauweisen - Nachhaltiges Dämmmaterial - Bauteilkatalog

Abbildung 56: Entwurf des Würzburger Energiestandards Stand November 2021

Quelle: Fachgespräche mit FB HB Energiemanagement

Wichtiges Werkzeug zur Erreichung eines klimaneutralen kommunalen Gebäudebestandes ist ein Standard, der intern verbindlich die energetischen bzw. klimarelevanten Vorgaben zusammenfasst, welche im Neubau und bei der Sanierung eingehalten werden müssen. Ein solcher Standard, der deutlich über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgehen und die Erreichung der Klimaziele in den Mittelpunkt stellen muss, vereinfacht die Planungsprozesse erheblich und kann zudem auch bei Vorgaben gegenüber Dritten (z.B. Kaufverträge) einen wichtigen Leitfaden darstellen. Die Stadtverwaltung bereitet derzeit einen solchen Standard ("Würzburger Energiestandard, WES"; vgl. Abbildung. 56) vor.

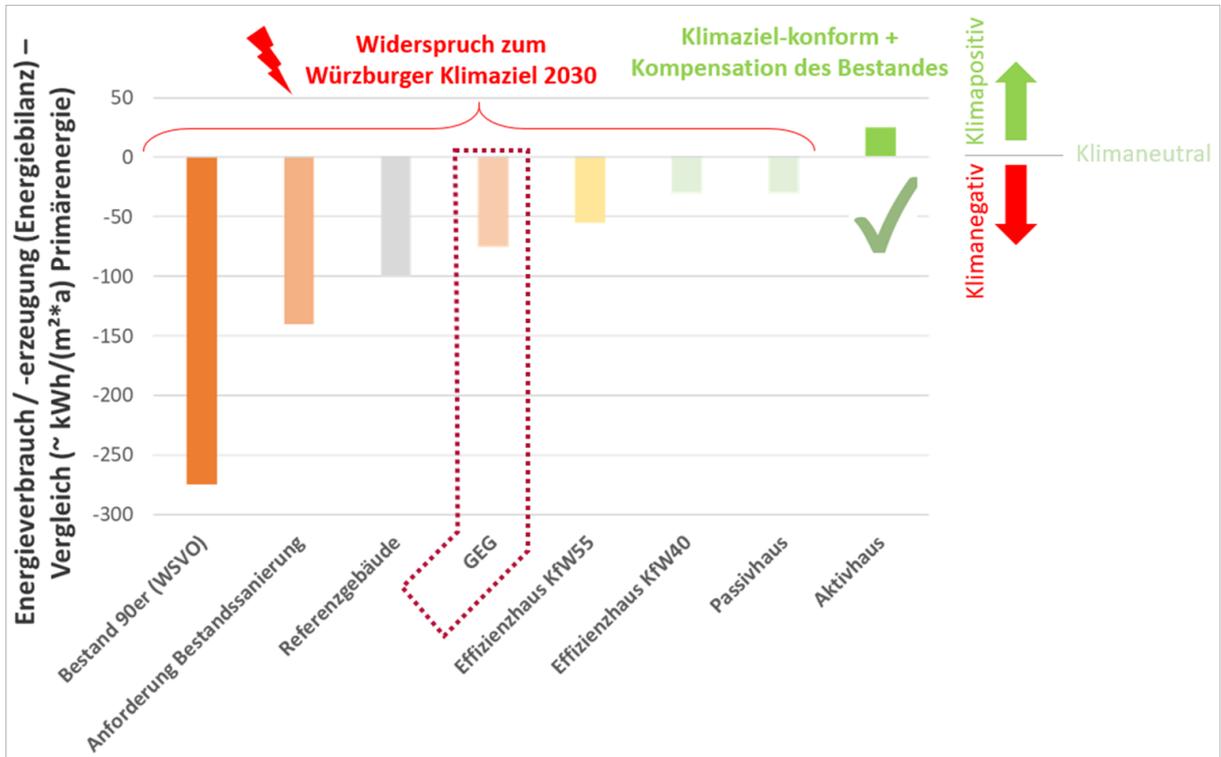


Abbildung 57 Zielsetzungen der verschiedene Energiestandards

Quelle: Fachgespräche FB HB Energiemanagement

Der WES umfasst die Handlungsansätze der Eigenerzeugung von regenerativer Energie, der technischen Gebäudeoptimierung, der baulichen Gebäudeoptimierung sowie den Einsatz von nachhaltigen Baustoffen und Materialien.

Aus der Kombination des WES (der die Sanierungstiefe vorgibt) und einer umfassenden, energetischen Analyse des kommunalen Gebäudebestandes lässt sich dann eine Modernisierungsstrategie (“Sanierungsfahrplan”) ableiten, mit der möglichst schnell, möglichst große Verbesserungen erzielt werden können (“worst first“-Ansatz). Über eine solche Strategie können Zeit- und Finanzierungspläne erarbeitet und die Umsetzung nachverfolgt werden. Wichtig sind zudem ausreichende Umsetzungskapazitäten in den gebäudeverwaltenden Dienststellen.

Die Energiebeschaffung für die kommunalen Liegenschaften wird Zug um Zug nach THG-Minderungskriterien optimiert. Dabei konzentriert sich die Stadt auf die drei wichtigsten Verbrauchsmedien: Erdgas, Strom und Fernwärme und setzt hier ein Stufenkonzept zur nachhaltigen Ausgestaltung um. Die Stufen umfassen Optimierung und Energieträgerumstellung in Kooperation mit der WVV sowie vertragliche Optimierungen (z.B. Biogas).

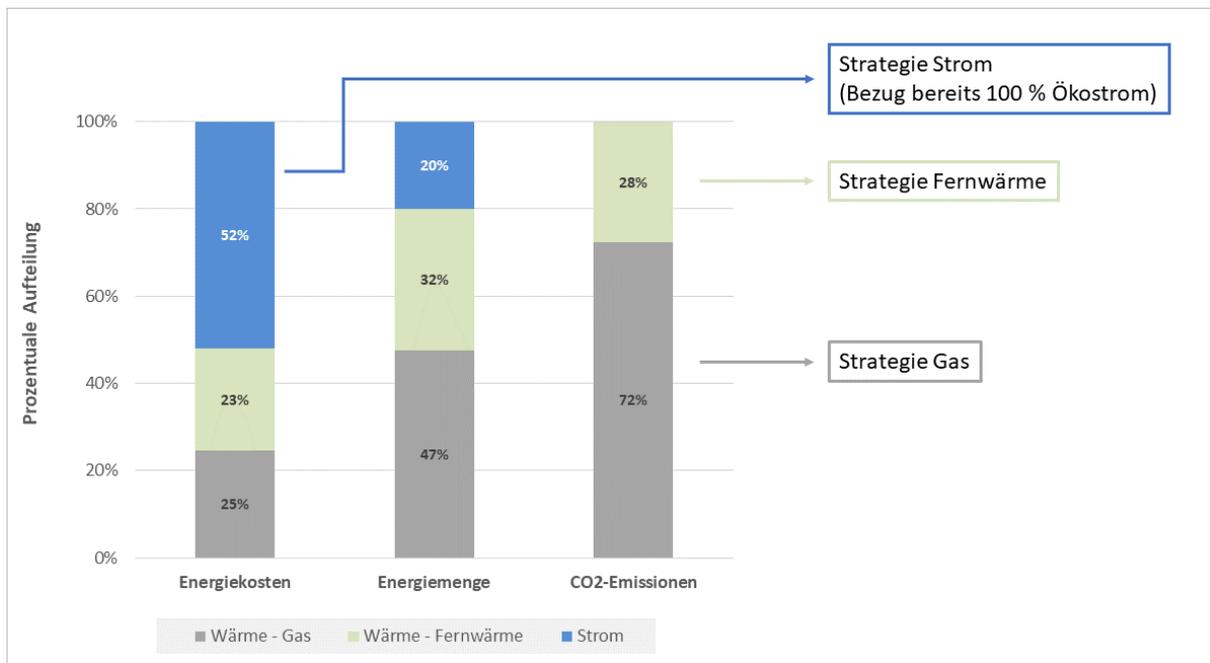


Abbildung 58 Liegenschaften der Stadt Würzburg: Aufteilung Energiekosten, Energiemenge und Emissionen

Quelle: Berechnungen des FB HB Energiemanagement auf Grundlage der Energieverbräuche der städtischen Liegenschaften (Abrechnung WWV 2020) und spezifischer CO₂-Emissionen

Der Ausbau von Photovoltaik-Dachanlagen auf kommunalen Gebäuden wird maximiert. Zudem sollen auch innovativere Techniken (z.B. Fassaden-PV) umgesetzt werden. In Zukunft wird bei jedem Neubau und jeder Dachsanierung eine PV-Anlage vorgesehen, es sei denn, es ist technisch oder rechtlich unmöglich.

Der kommunale Mobilitätssektor soll ebenfalls bis 2030 weitgehend klimaneutral werden, darunter fällt ein weitgehend elektrifizierter Fuhrpark (PKW sowie Leichte Nutzfahrzeuge) sowie klimaneutrale Dienstgänge und Dienstreisen. Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter werden darin unterstützt, möglichst klimafreundlich zur Arbeit zu kommen.

Es ist allerdings bereits heute absehbar, dass eine vollständige Klimaneutralität der städtischen Verwaltung bis 2030 allein durch die Umsetzung von Maßnahmen nicht gelingen kann; daher müssen für eine Übergangszeit Treibhausgasemissionen auch durch Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden.

Bestandteile

Das Handlungsfeld Stadtverwaltung umfasst vier Maßnahmen mit 17 Bausteinen. Von übergeordneter Wichtigkeit ist die erste Maßnahme „Klimaschutz als zentrale Verwaltungsaufgabe stärken“, die die organisatorischen Voraussetzungen auch für Umsetzung des iKK insgesamt schafft. Ein wichtiger Baustein ist die Etablierung einer nachhaltigen Beschaffung und Vergabe. Generell kann abgeschätzt werden, dass der

eigene Gebäudebestand den größten Anteil an den THG-Emissionen der gesamten Stadtverwaltung hat; eine gewichtige Rolle spielt dabei der Wärmeverbrauch. Die Maßnahme „Treibhausgasneutralität des städtischen Gebäudebestandes“ vereint hier die wichtigsten Elemente, darunter Festlegung des Würzburger Energiestandards sowie eine Stärkung des Energiemanagements. Die dritte Maßnahme „Stromverbrauch reduzieren und erneuerbare Stromerzeugung ausbauen“ richtet den Fokus auf die beiden Strategien *Reduktion des Verbrauchs* sowie *Dekarbonisierung* im Strombereich. Die vierte Maßnahme „Klimaneutrale Mobilität der Stadtverwaltung erzielen“ betrachtet die Emissionen aus dem Bereich der Mobilität“.

Tabelle 26 Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Stadtverwaltung
Quelle: IE Leipzig

 Handlungsfeld Stadtverwaltung	
1.1. Klimaschutz als zentrale Verwaltungsaufgabe stärken	1.1.1 In der Organisation der Stadtverwaltung optimieren
	1.1.2 In Beschaffung und Vergabeprozessen berücksichtigen
	1.1.3 In Arbeitsalltag und Arbeitsstrukturen verankern
	1.1.4 Im Dialog mit Bürgerinnen und Bürgern
	1.1.5 Synergien zu Digitalisierung nutzen
1.2 Treibhausgasneutralität des städtischen Gebäudebestands erreichen	1.2.1 Agiles und referatsübergreifendes kommunales Energiemanagements und Controlling
	1.2.2 Würzburger Energiestandard als Leitlinie und Erhöhung der Sanierungsrate („worst first“)
	1.2.3 Energieeffizienter und ökologischer Neubau sowie Standort- und Zuwachsstrategie
	1.2.4 Stufenweise Optimierung der Wärmebeschaffung
1.3 Stromverbrauch reduzieren und erneuerbare Stromerzeugung ausbauen	1.3.1 Photovoltaik-Dachanlagen auf kommunalen Gebäuden
	1.3.2 Ökostrom mit Zusatzeffekten
	1.3.3 Energieeffiziente Straßenbeleuchtung & Lichtsignalanlagen
	1.3.4 Nutzverhalten und gering-investive Optimierungen
1.4 Klimaneutrale Mobilität der Stadtverwaltung erzielen	1.4.1 Elektrifizierter Fuhrpark
	1.4.2 Klimafreundliche Mobilität der Mitarbeiter*innen
	1.4.3 Treibhausgasneutrale Dienstfahrten und Dienstreisen
	1.4.4 Klimafreundlicher Verkehr von Besucher*innen

Empfehlungen

- Die Zuständigkeiten für die klimaneutrale Stadtverwaltung sollten mit dem Blick auf eine übergreifende THG-Reduzierung konturiert und eine Optimierung von Prozess- und Ablaufketten bewirkt werden. Dabei sollte eine grundlegende Entscheidung zwischen einer zentralen oder dezentralen Organisationsstruktur getroffen werden, die je nach Bereich unterschiedliche Vor- und Nachteile mit sich bringt.
- Startbilanz als Ausgangspunkt für eine klimaneutrale Verwaltung erarbeiten
- Priorität auf Liegenschaften legen sowie "worst first" Strategie konsequent verfolgen
- Enge Kooperation mit WVV zur klimaneutralen Energiebereitstellung
- Vor- und nachgelagerte Emissionen im Blick behalten (z.B. Mitarbeitermobilität & Ernährung)
- Freiwillige Kompensation (z.B. über Zukauf von Zertifikaten) planen

Wichtige nächste Schritte

- Erstellung einer THG-Bilanz für die Stadtverwaltung- Organisationsbilanz nach GHG Protocol
- Stärke nutzen: querschnittsorientierte Zusammenarbeit weiter stärken
- Beschlussfassung des Würzburger Energiestandards
- Fahrplan für die Schaffung klimaneutraler Liegenschaften ("worst first" Prinzip, Umsetzungs- und Investitionsplan, Schaffung von Kapazitäten, Umstellung der Wärmeversorgung auf EE oder Fernwärme)
- Stärkung des Energiemanagements und Ausbau des Controllings
- Kommunales Mobilitätsmanagement weiter schärfen (JobRad, Ladeinfrastruktur, Diensträder, Fuhrpark, Stellplätze für Räder)
- Nachhaltige, klimaneutrale Beschaffung breit umsetzen (Fokus auf vor- und nachgelagerte Emissionen)
- Verstärkt regionale und biologisch erzeugte Lebensmittel einsetzen (Kooperation mit Öko-Mo-dellregion Landkreis Würzburg)
- Klimaneutralität der Beteiligungen voranbringen

5.4 Handlungsfeld Energieversorgung

Relevanz und THG-Minderungspotenzial

Zu den wichtigsten Handlungsfeldern des kommunalen Klimaschutzes zählt die Energieversorgung. Es umfasst schwerpunktmäßig die Bereitstellung von Strom und Wärme. Das Handlungsfeld weist aber auch viele Querbezüge besonders zu den Handlungsfeldern Gebäude, Wirtschaft, Stadtverwaltung aber auch zur Mobilität (E-Mobilität) auf. Ohne eine klimaneutrale Strom- und Wärmeversorgung in der Stadt Würzburg können auch die eben erwähnten Handlungsfelder keine Klimaneutralität erreichen, den ihr Energieverbrauch basiert überwiegend auf den Energieträgern Strom, Fernwärme und Erdgas. Das Energiesystem der Stadt Würzburg basiert derzeit wesentlich auf der zum Teil hocheffizienten Verbrennung von etwa 200 Mio. m³ Erdgas pro Jahr zur Strom- und Wärmeversorgung (Großanlagen und private Verbraucher). Wichtig ist zudem die Feststellung, dass etwa zwei Drittel des Energiebedarfs in Form von Wärme (insbesondere zur Heizung, zum Teil auch Prozesswärme) anfallen.

Den Verbrauchern in der Stadt Würzburg muss es gelingen, den Erdgasverbrauch durch erneuerbare Energien zu substituieren und hierfür Schritt für Schritt z.B. in der Wärmeversorgung auf klimaneutrale Fernwärme oder andere emissionsarme Energieträger (Nahwärme, Wärmepumpen etc.) umzusteigen.

Im Mittelpunkt der Maßnahmenumsetzung steht somit die lokale Strom- und Wärmebereitstellung in der Stadt Würzburg und die Erschließung lokaler klimafreundlicher Erzeugungspotenziale mit unterschiedlichen Maßnahmenansätzen. Durch unterschiedliche Maßnahmen in der Vergangenheit konnte die Effizienz des lokalen Energieversorgungssystems in der Stadt Würzburg deutlich gesteigert werden. Die wesentliche Aufgabe für die Zukunft lässt sich nun mit folgender Frage zusammenfassen: Wie kann die Umstellung der Wärmeversorgung der Stadt Würzburg auf regenerative Quellen gelingen?

Strategische Zielsetzungen

Die Stadt Würzburg orientiert sich strategisch an den übergeordneten Zielen der Bundesregierung und möchte die strategische-planerische Ausrichtung nachhaltigen und klimafreundlichen Energieversorgung konkret stärken.

Das Maßnahmenset für das Handlungsfeld Energieversorgung zielt auf die vollständige Dekarbonisierung der lokalen Strom- und Wärmeversorgung ab. Dieses Ziel kann mit der sukzessiven Umsetzung folgender Maßnahmen (die – insbesondere auch im Zusammenhang mit der Entwicklung der Rahmenbedingungen – dynamisch angepasst werden müssen) erreicht werden:

- ➔ Das zentrale Fernwärmenetz soll als solches (Umstellung auf Heißwasser; voraussichtlich Beibehaltung des Temperaturniveaus) erhalten und wo möglich nachverdichtet werden.

-
- ➔ Die Erzeugung der Wärme soll weiterhin durch die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung (HKW, MHKW) erfolgen. Zudem sollen weitere Wärmequellen (z.B. Heizkessel als Form des Power-to-Heat, Großwärmepumpen) erschlossen werden. Die zentralen Erzeugungsanlagen müssen weiter optimiert (z.B. Ersatz des Heizöleinsatzes im MHKW) und mittelfristig auf eine klimaneutrale Erzeugung umgestellt werden (z.B. Einsatz von Wasserstoff, Abtrennung von CO₂, ggf. Einsatz von Biogas).
 - ➔ Zudem sollen Möglichkeiten der saisonalen Speicherung von Wärme untersucht werden; damit ließe sich die ganzjährig über die KWK anfallende Wärme noch effizienter nutzen.
 - ➔ An den Rändern des aktuellen Fernwärmenetzes und als eigenständige „Inseln“ sollen Nahwärmenetze (mit einem tieferen Temperaturniveau) entstehen, die sich unmittelbar aus Abwärme oder Umweltwärme speisen. Ein Beispiel für ein solches Netz beschreibt das beschlossene Energiekonzept für die Lengfelder Baugebiete.
 - ➔ In Summe sollen diese Maßnahmen bis 2045 dazu führen, dass ein möglichst hoher Anteil der Wärme über klimaneutral erzeugte Nah- und Fernwärme bezogen werden. Der verbleibende Anteil muss dann auf Ebene der Grundstücke über Wärmepumpen aus Umweltwärme und Strom erzeugt werden. Erdgas und Heizöl müssen bis dahin vollständig aus dem Wärmemix verdrängt sein.
 - ➔ Generell ist davon auszugehen, dass der Strombedarf bis 2045 in Würzburg um rund 30 % zunehmen wird (von derzeit gut 677 GWh pro Jahr auf rund 979 GWh). Eine vollständige Deckung dieses Strombedarfs durch eine Produktion im Stadtgebiet wird nach den Analysen nicht möglich sein. D.h. Würzburg wird dauerhaft auf Stromimporte angewiesen sein. Möglich wäre voraussichtlich eine Erneuerbare-Energie-Region gemeinsam mit umliegenden Gebietskörperschaften, die bilanziell eine vollständige Deckung des Strombedarfs erreichen könnte. Die bedeutendste Rolle für das Stadtgebiet wird die Photovoltaik spielen.

Bestandteile

Die Maßnahmen fokussieren sich auf die klimaneutrale Wärmeversorgung und den Ausbau der Stromerzeugung im Bereich Photovoltaik. Die klimaneutrale Erzeugung der bestehenden Fernwärme ist ein wichtiger Hebel zur Erreichung der Klimaneutralität. Die entsprechenden Maßnahmenblätter enthält dazu Vorschläge für mögliche Elemente (Betrieb der KWK-Anlagen mit emissionsarmen Gasen, Einsatz von Power-to-Heat, CO₂-Abtrennung, Saisonale Speicherung, Optimierung des Betriebs des MHKW, etc.).

Die PV-Potenziale können vielfältig gehoben werden, hier gilt es neben dem Ausbau von PV auf Dächern auch an Fassaden, auf Parkplätzen, entlang von Autobahnen und auf landwirtschaftlichen genutzten Flächen, (Agri-PV) die Solarstromerzeugung ambitioniert auszubauen.

Der Freistaat Bayern möchte entsprechend dem neuen Klimaschutzgesetz die Bürgerbeteiligung bei PV-Projekten intensiver unterstützen und auch ein neues Solar-Kataster einführen. Dies sind Aktivitäten, welche die Stadt Würzburg bereits seit Jahren implementiert hat, diese gilt es nun zu intensivieren und mit den Aktivitäten des Freistaates zu koordinieren. Jedoch sind die lokalen Potenziale zum Ausbau der erneuerbaren Energien räumlich begrenzt, weshalb die Stadt Würzburg auch überregional den Ausbau in unterschiedlichen Kooperationen unterstützen möchte. Überregionale Projekte und Kooperationen haben viele Synergieeffekte, sie stärken das Bewusstsein, dass Klimaschutz eine gemeinschaftliche Aufgabe ist, sie bündeln Aktivitäten und lassen die Akteure gemeinsam es Know-how aufbauen. Es ist wichtig, dass Energiesystem nicht als lokales Inselnetz zu sehen, sondern die Wechselbeziehungen z.B. beim Ausbau der erneuerbaren Energien, der Weiterentwicklung der Stromnetze, der Integration von Flexibilisierungsoptionen (Stichwort Speicher und Sektorenkopplung) in den Blick zu nehmen (vgl. Maßnahme 2.3 Ausbau und Integration erneuerbarer Energien).

Tabelle 27 Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Energieversorgung
Quelle: IE Leipzig, 2021

 Handlungsfeld Energieversorgung		
2.1 Weichen stellen für klimaneutrale Wärmeversorgung	2.1.1	Zentrale Wärmeversorgung: Klimaneutrale Fernwärme
	2.1.2	Optimierung MHKW
	2.1.3	Dezentrale Wärmeversorgung: Klimaneutrale Nahwärme (Kalte Nahwärmenetze)
	2.1.4	Einzelversorgung auf Basis erneuerbarer Energien (z.B. Ausbau Wärmepumpen)
2.2. Solare Stromerzeugung rapide ausbauen	2.2.1	Ausbau PV auf Dachflächen und an Gebäudefassaden
	2.2.2	Ausbau PV auf Parkflächen und an Lärmschutzwänden
	2.2.3	Ausbau PV auf vorbelasteten Freiflächen und landwirtschaftlich genutzten Flächen (Agri-PV)
2.3 Ausbau und Integration erneuerbarer Energien	2.3.1	Aufbau zentraler und dezentraler Wärmespeicher
	2.3.2	Ausbau dezentraler Stromspeicher (z.B. bei PV-Anlagen – Batteriespeicher)
	2.3.3	Power to X-Anlagen in Stadt-Umland Kooperation
	2.3.4	Ausbau der Windenergie in Stadt-Umland-Kooperation
2.4 Deine, meine, unsere Bürgerenergie	2.4.1	Bürgerenergieprojekte zur Steigerung der Akzeptanz für die Energiewende

Empfehlungen

- Umsetzung einer kommunalen Wärmestrategie, umfasst die Dekarbonisierung der Fernwärme und den Ausbau von Nahwärmenetzen und somit die schrittweise Verdrängung von Heizöl und Erdgas
- Identifizierung von weiteren potenziellen Quartieren, die sich für Nahwärmenetze eignen sowie Erstellung von Machbarkeitsstudien und Quartierskonzepten
- Ausbau von Photovoltaik, nicht nur Fokus auf Dachflächen setzen, sondern auch Photovoltaik im Bereich Fassaden, Parkplätzen, Lärmschutzwänden vorantreiben
- Moderations- und Abwägungsprozess zur Erweiterung der solaren Baupflicht unter Berücksichtigung der aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen
- Weitere und intensivere Unterstützung von Bürgerenergieprojekten zur Erhöhung der Akzeptanz für die Energiewende
Schaffung von weiteren Beteiligungsformen, nicht nur für PV-Dachanlagen, sondern z.B. auch bei Nahwärmeprojekten oder in Form von Energiegenossenschaften für Energiesparcontracting. Als „Starthilfe“ kann ein Kleinprojektfond dienen, der Bürgerprojekte anfänglich finanziell unterstützt.
- Anpassung der Netzinfrastrukturen mit besonderem Fokus auf das Fernwärmenetz und das Stromnetz
- Integration der Wasserstoffnutzung in das lokale Energiesystem

Wichtige nächste Schritte

- Kommunale Wärmeplanung: Ausrichtung der im Rahmen der Neuaufstellung des Flächennutzungsplans in Erarbeitung begriffenen Energieleitplan (umfasst die kommunale Wärmeplanung), auf die im Klimaschutzkonzept enthaltenen Ziele und Maßnahmen auszurichten und nach Fertigstellung zur Beschlussfassung vorzulegen und gemeinsam mit der WVV umzusetzen.
- Klimaneutrale Fernwärme: Verwaltung und WVV treiben die Dekarbonisierung und den Ausbau der Fernwärme sowie von Nahwärmenetzen voran. Eine entsprechende Vereinbarung über die Weiterentwicklung der Wärmenetze (einschließlich der Erzeugung) wird angestrebt.
- Erneuerbare Energien: Die Verwaltung entwickelt gemeinsam mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege Leitlinien für die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen in städtebaulich und denkmalpflegerisch sensiblen Lagen (insbesondere Ensembleschutz) und wendet sie anschließend bei der Beurteilung.
- Ausweitung von Kampagnen zur Unterstützung von Hauseigentümerinnen und Eigentümern sowie von Gewerbetreibende bei der Installation einer Solaranlage. Hierbei sind kostenlose oder vergünstigte, unabhängige Erstberatungen anzubieten.

- Nochmalige Prüfung, ob eine datenschutzrechtskonforme Veröffentlichung des vorhandenen Solarkatasters möglich ist.
- Erstellung einer räumlichen Analyse für die konkreten Flächenpotenziale für Agri-PV und weitere Freiflächen-PV-Anlagen im Rahmen der Neuaufstellung des Flächennutzungsplans und des Energieleitplans sowie Entwicklung einer daraus abgeleiteten Umsetzungsstrategie.

5.5 Handlungsfeld Wohnen

Relevanz und THG-Minderungspotenzial

Das Handlungsfeld Wohnen fokussiert sich auf die Senkungen von THG-Emissionen der (Wohn-)Gebäude. In der aktuellen Bilanz entfallen allein auf den Sektor Haushalte 25% der THG-Emissionen. Die Gebäudestruktur in Würzburg ist sehr heterogen. Insgesamt gibt es in Würzburg ca. 20.000 Wohngebäude, davon sind fast 50% Einfamilienhäuser. Mehrfamilienhäuser haben einen Anteil von 33%, deren Anteil an der Wohnfläche liegt bei 63% (Abbildung 59). Die Herausforderung in diesem Handlungsfeld besteht u.a. darin, diese enorme Anzahl von Akteuren, konkret die Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer, für Klimaschutzmaßnahmen zu sensibilisieren und aktivieren, um gemeinsam einen klimaneutralen Gebäudebestand in der Stadt Würzburg zu erreichen.

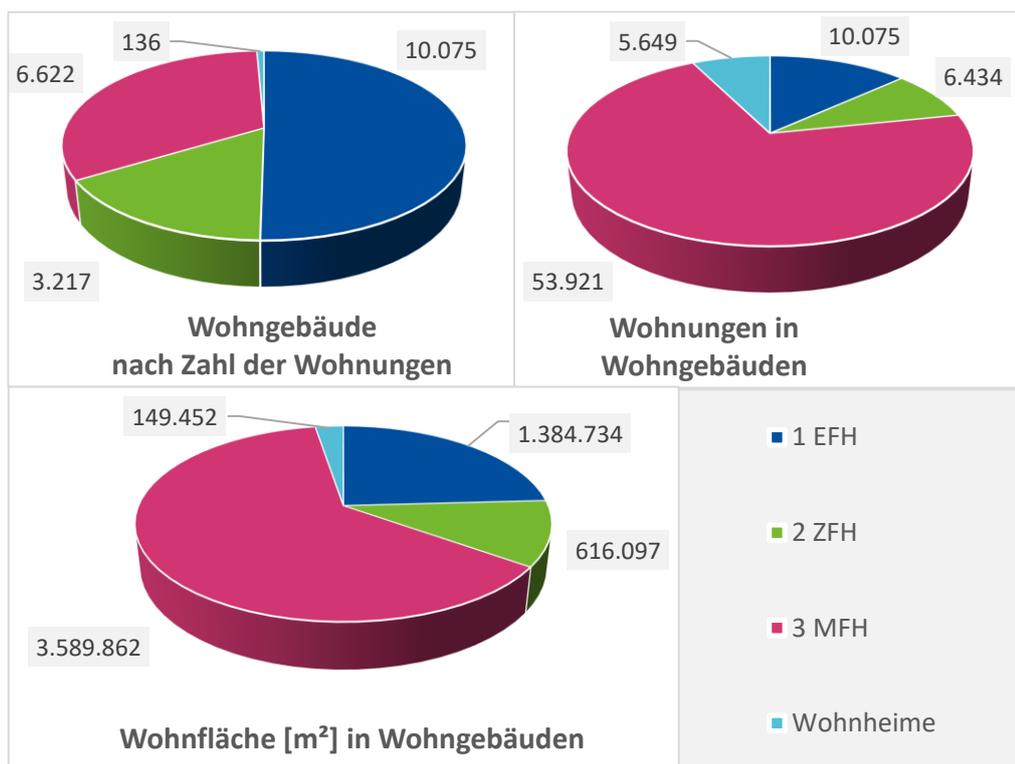


Abbildung 59 Bestand an Wohngebäuden und Wohnungen in der Stadt Würzburg im Jahr 2019

Quelle: Darstellung IE Leipzig & Daten: [Bayerisches Landesamt für Statistik 2021]: Fortschreibung des Wohngebäude- und Wohnungsbestandes

Hierfür ist es wichtig, gemeinsam Wege zu finden, um in Zukunft alle Gebäude ohne Heizöl und Erdgas zu beheizen und dennoch die Kosten sozial verträglich zu halten (vgl. hierzu auch Handlungsfeld Energieversorgung). Als weitere wichtige Herausforderung gilt es mit den Eigentümerinnen und Eigentümern die energetische Ertüchtigung des Gebäudebestandes voranzutreiben. THG-Minderungspotenzial besteht

somit in der Reduktion des Energieverbrauchs und in der Substitution der fossilen Energieträger wie Erdgas und Heizöl.

Der Gebäudesektor bzw. der Bausektor ist besonders ressourcenintensiv. So produziert der Bausektor über die Hälfte des deutschen Abfallaufkommens, weshalb ist eine ganzheitliche Betrachtung des Gebäude-Lebenszyklus erforderlich ist. Die sogenannte graue Energie beschreibt den Energiebedarf, der z. B. zur Herstellung oder zum Recycling der Baustoffe eingesetzt werden muss und somit den nicht-erneuerbaren Primärenergiebedarf eines Gebäudes über die gesamte Lebensdauer. In den kommunalen Energie- und THG-Bilanzen wird entsprechend dem BSKO-Standard graue Energie bisher nicht berücksichtigt bzw. abgebildet. Im Rahmen des durchgeführten Beteiligungsprozesses zur Erstellung des Klimaschutzkonzeptes wurde von den Akteuren betont, wie wichtig es ist, sich mit kreislauffähigen Gebäuden als Baustein zur Klimaneutralität auseinandersetzen und entsprechende Maßnahmen hierfür zu entwickeln.

Auch im Maßnahmenprogramm der Bayerischen Klimaschutzoffensive bildet die umfassende Ressourcenschonung im Baubereich über das Aktionsfeld *Klimabauen und Klimaarchitektur* einen Schwerpunkt: Bayern liegt bei der Holzbauquote bereits heute über dem Durchschnitt der Bundesrepublik und Klima-Architektur wie Urban Farming und Urban Gardening, also mehr Pflanzen an Fassaden und Dächern, soll zukünftig die städtischen Hitzeinseln kühlen und Wasser speichern. Zwischen der Etablierung eines klimaneutralen Gebäudebestandes und der Entwicklung einer klimaangepassten Stadt bestehen also eine Reihe von Querverbindungen. Im vorliegenden Maßnahmenset für die Stadt Würzburg wurden daher auch verschiedene Maßnahmen zur Klimaanpassung der Siedlungsstrukturen aufgenommen.

Strategische Zielsetzungen

Grundsätzlich können für das Handlungsfeld zwei zentrale strategische Zielsetzungen formuliert werden: (1) Nachhaltige Stadt- und Siedlungsentwicklung und (2) Klimaneutraler Gebäudebestand. Die Einflussmöglichkeiten des kommunalen Handelns sind hier sehr unterschiedlich. Ferner ist zu beachten, dass es viele Überschneidungen mit den anderen Handlungsfeldern gibt.

Die nachhaltige Stadt- und Siedlungsentwicklung liegt im direkten kommunalen Einfluss- und Verantwortungsbereich. Die Stadt Würzburg hat hierfür u.a. den Masterplan FREIRAUM | Konzeptstudie zu Grün- und Freiräumen in der Innenstadt und Sanderau erarbeitet. Er soll als Handlungsleitfaden und Entscheidungshilfe für die zukünftige Freiraumentwicklung, für künftige städtische Baumaßnahmen sowie Maßnahmen der Verkehrswende dienen und Standards für die Entwicklung von Freiräumen setzen. Im Maßnahmenset zum Klimaschutzkonzept werden viele Aspekte davon in der Maßnahme 3.1 „Der Zukunft des Wohnens den Weg bereiten (Neubau)“ und in der Maßnahme 3.3 „Mehr Klimaanpassung in Siedlungsstrukturen (Klimaresilienz)“ aufgegriffen und weiterentwickelt.

Zur Erreichung der Zielsetzung klimaneutraler Gebäudebestand sind neben Energieträgerumstellungen auch beschleunigte und kontinuierliche Effizienzfortschritte notwendig.

Die energetische Gebäudesanierung sowie die konsequente Ausrichtung der Gebäudeenergiestandards an der Klimaneutralität sind hier die zentralen Säulen. Die Stellschrauben hierfür werden auf übergeordneter Ebene außerhalb des Einflussbereichs der Stadt Würzburg entwickelt oder festgelegt (z.B. Rechtsrahmen GEG). Entwicklungspfade hin zur Klimaneutralität zeigen auf, dass mittelfristig der Energieträger Strom eine dominantere Rolle spielen wird (Ausbau von Wärmepumpen), aber auch Fernwärme und Nahwärme, beide auf Basis erneuerbarer Energien, müssen deutlich gestärkt werden, um eine vollständige Abkehr von fossilen Energieträgern (Heizöl und Erdgas) zu erreichen.

In diesem Handlungsfeld ist schließlich darauf hinzuweisen, dass die Umsetzung der aktuellen gesetzlichen Vorgaben – insbesondere das Gebäudeenergiegesetz – auch kontrolliert werden müssen. Hierzu stehen in der Verwaltung aktuell nur sehr begrenzte Kapazitäten zur Verfügung.

Bestandteile

Das Maßnahmenpaket für das Handlungsfeld Wohnen (Tabelle 28) umfasst drei Maßnahmen, deren Themenvielfalt sehr komplex ist und viele Querverbindungen zu weiterführenden Aspekten wie Bildung, Klimaanpassung, Siedlungsentwicklung oder Wohnformen aufweist.

Tabelle 28 Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Wohnen
Quelle: IE Leipzig 2021

 Handlungsfeld Wohnen		
3.1 Der Zukunft des Wohnens den Weg bereiten (Neubau)	3.1.1	Smarte Wohnkonzepte und klimaneutraler Neubau im Rahmen einer nachhaltigen Siedlungspolitik umsetzen
3.2 Klimaneutralen Gebäudebestand angehen (Sanierung)	3.2.1	Energieeffiziente/klimagerechte Quartiere
	3.2.2	Nachhaltige und hochwertige Sanierung bei Wohneigentümer*innen
	3.2.3	Nachhaltige und hochwertige Sanierung bei Wohnungsbaugesellschaften/genossenschaften
	3.2.4	Modernisierung der Heizungen/Gebäudeausrüstung
	3.2.5	Fachkräfte stärken (Handwerk/Beratende/Planende)
3.3 Mehr Klimaanpassung in Siedlungsstrukturen (Klimaresilienz)	3.3.1	Klimaangepasste Gebäude
	3.3.2	Klimaangepasste Orte und Infrastruktur

Die Maßnahme 3.1 befasst sich schwerpunktmäßig mit dem Neubau. Im Mittelpunkt stehen dabei neue Wohnformen und Siedlungsstrukturen von Quartieren, die den bereits aufgezeigten Zielsetzungen entsprechen. Konkrete Bausteine sind die Förderung neuer Wohnformen durch Konzepte, Wettbewerbe,

Ausschreibungen & Vorgaben bei Vermarktung städtischer Liegenschaften (Kaufverträge) oder verschiedene Aktionen/ Plattformen zur effizienten Wohnraumnutzung z.B. in Form von gemeinschaftliches und/ oder generationenübergreifenden Wohnen.

Das Thema kreislauffähige Gebäude als Baustein für Klimaneutralität ist sowohl im Neubau als auch im Bestand (Maßnahme 3.2) integriert. Wichtige Elemente sind die lebenszyklusbezogene Ökobilanzierung als fester Bestandteil aller Planungs- und Bauprozesse und das recyclinggerechte Bauen²¹.

Ein weiterer Bestandteil von Maßnahme 3.2 ist die Sanierung von Gebäuden. Zwischenzeitlich gibt es sehr attraktive Fördermittel (BEG). Über eine Beratungsoffensive sollen Eigentümerinnen und Eigentümer umfassend informiert und zur Durchführung von Sanierungen zusätzlich motiviert werden. Häufig kann das abgestimmte Vorgehen zur energetischen Sanierung des Gebäudebestandes in einem Quartier zusätzliche Synergien heben (z.B. Etablierung eines Nahwärmenetzes, gemeinsame Konvoisanierung, etc.). Daher sollen weitere energetische Quartierskonzepte erstellt und umgesetzt werden.

Kommunal getragene Klima- und Energieagenturen können eine wichtige Unterstützung auf dem Weg zur Klimaneutralität sein, indem sie sowohl die Kommunen wie auch die Bürgerinnen und Bürger kompetent und neutral beraten und Projekte durchführen. Der Freistaat Bayern plant die Errichtung und den Betrieb solcher Agenturen in Zukunft umfassend zu fördern (vgl. Art. 8 des Entwurfs für ein neues Bayerisches Klimaschutzgesetz). Vor diesem Hintergrund soll gemeinsam mit möglichen Partnern die Möglichkeit evaluiert werden, eine solche Agentur in der Region Würzburg zu etablieren.

Empfehlungen

- Erarbeitung von konkreten Umsetzungsstrategien zur Erreichung der Klimaziele im Gebäudesektor. Hierbei werden der Quartiersansatz (also konzertierte Aktionen auf Ebene kleinerer räumlicher Einheiten) sowie die Weiterentwicklung des Ordnungs- und Förderrechts eine zentrale Rolle spielen.
- Realisierung von mehr Klimaanpassungsmaßnahmen in Siedlungsstrukturen
- Konsequente Ausrichtung auf einen klimaneutralen Gebäudebestand (Kreislauffähige Gebäude u.a. durch den Einsatz von ökologischen Baustoffen, Verschärfung der energetischen Gebäudestandards und Umstellung der Wärmeversorgungssysteme, Erhöhung der Sanierungsrate)

²¹ Derzeit wird vom ZAE ein Forschungsprojekt zum Thema Holz als Baumaterial und Speicher durchgeführt

Wichtige nächste Schritte

- Ein wichtiges Element ist die räumlich ausdifferenzierte Wärmeplanung bzw. -strategie, wie sie derzeit über den Energieleitplan erarbeitet wird. Indem aufgezeigt wird, in welchen Bereichen sich welche Form der klimaneutralen Wärmeversorgung aus fachlichen Gründen anbietet (Nah- oder Fernwärme, Wärmepumpe, ggf. gasförmige Brennstoffe), wird ein abgestimmtes Vorgehen auf Ebene der Quartiere ermöglicht.
- Stärkung des energetischen Quartiersansatzes und Ausbau der Sanierungsberatung: Ab 2022 ist eine Beratungs- und Informationsoffensive durchzuführen mit dem Ziel, private Haus- und Wohnungseigentümerinnen und -eigentümer auch in Wohnungseigentümergeinschaften (WEG) beim Einstieg in die energetische Optimierung möglichst umfassend zu unterstützen. Die Umsetzung einer Sanierungskampagne (z.B. Energiekarawane, spezielle WEG-Beratung etc.) oder der Ausbau der Beratungsleistungen des EKZ (z.B. auch in Kooperation mit dem Landkreis) sind weitere wichtige Ziele.
- Energetische Quartierssanierung (Quartierskonzepte und Quartiersmanagement) vorantreiben: Hierzu sollen weitere Quartiere, in denen die Erstellung von Quartierskonzepten zur Erreichung der Klimaziele beitragen kann, identifiziert und das Sanierungsmanagement gestärkt werden.
- Die Einrichtung einer kommunalen oder regionalen Energieagentur auf Grundlage der neu durch den Freistaat Bayern in Aussicht gestellten (institutionellen) Förderkulisse soll gemeinsam mit möglichen Partnern geprüft werden.
- Aufbau strategischer Partnerschaften und Netzwerke, z.B. Kooperation und Einbindung der Wissenschaft über Forschungsprojekte (Modellvorhaben auf Quartiersebene).

5.6 Handlungsfeld Wirtschaft

Relevanz und THG-Minderungspotenzial

Das Handlungsfeld Wirtschaft fokussiert sich auf die Senkungen von THG-Emissionen der Arbeitswelt und umfasst damit sehr vielfältige Bereiche, die statistisch zumeist in „Industrie“ sowie „Gewerbe, Dienstleistung und Handel“ (GHD) unterschieden werden. In der aktuellen Bilanz entfallen allein auf Industrie und GHD 45 % der THG-Emissionen. Die Bedeutung des Sektors „Wirtschaft“ ist somit eindeutig. Auch private und öffentliche Einrichtungen aus Forschung, Wissenschaft, Daseinsvorsorge und Bildung können diesem Handlungsfeld geordnet werden, ebenso wie der relevante Bereich z.B. der Nicht-Wohngebäude. In der Standortkommunikation wird dieser Bereich daher auch als „Wirtschafts- und Wissenschaftsraum“ im Mittelpunkt Europas²² gesehen, der einen Schwerpunkt übergeordneter regionaler Strategien, wie z.B. der Region Würzburg, Unterfranken oder der Regiopole Mainfranken darstellt.

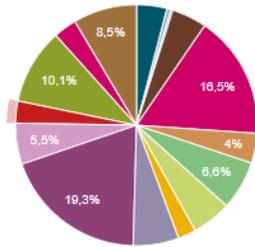
Ein gewachsener Bestand aus kreativen Dienstleistungsunternehmen sowie hochspezialisierten, mittelständischen Industrie- und Handwerksbetrieben bildet die Säule der Würzburger Wirtschaftswelt. Der Region Unterfranken wird eine hohe Standortqualität für die Industrie mit dem Profil einer „dynamisch-wachsende High-Tech-Region“ zugeschrieben, die trotz der Coronakrise Zuwächse verzeichnen konnte [STMWI 2021].

Die Stadt Würzburg stellt das wirtschaftliche Herz der Region Mainfranken dar mit 6.376 ansässigen Unternehmen, von denen 81 % Kleinstunternehmen mit einer Beschäftigtenzahl unter 10, 14 % Klein- und Mittelständische Unternehmen mit einer Beschäftigtenzahl unter 50, 4 % eine Beschäftigtenzahl unter 250 haben sowie 54 Unternehmen (1 %) eine Beschäftigtenzahl über 250 verzeichnen [Bayerisches Landesamt für Statistik 2021].

Der Prognos Zukunftsatlas, der Zukunftschancen- und Risiken für alle 401 Kreise und kreisfreien Städte in Deutschland anhand ausgewählter makro- und sozioökonomischer Faktoren bewertet und rankt, sieht die Stadt Würzburg als eine mit „sehr hohen Chancen“ und platziert sie auf Position 24 von 401. Insbesondere im Bereich „Arbeitsmarkt“ hat es die Stadt unter die Top 10 Standorte geschafft (Position 9 von 401).

²² Seit dem Austritt von Großbritannien aus der EU im Februar 2020 hat sich der geografische Mittelpunkt der Europäischen Union nach Gadheim vor den Toren der Stadt Würzburg verlegt.

Stadt Würzburg



Farbe	Wirtschaftszweige	Unternehmen	Anteile
1	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (B)	0	0,0 %
2	Verarbeitendes Gewerbe (C)	259	4,1 %
3	Energieversorgung (D)	34	0,5 %
4	Wasserversorgung, Entsorgung, Beseitigung von Umweltverschmutzung (E)	16	0,3 %
5	Baugewerbe (F)	299	4,7 %
6	Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kfz (G)	1.055	16,5 %
7	Verkehr und Lagerei (H)	255	4,0 %
8	Gastgewerbe (I)	419	6,6 %
9	Information und Kommunikation (J)	337	5,3 %
10	Finanz-, Versicherungsdienstleistungen (K)	154	2,4 %
11	Grundstücks- und Wohnungswesen (L)	388	6,1 %
12	Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen (M)	1.232	19,3 %
13	Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen (N)	351	5,5 %
14	Erziehung und Unterricht (P)	189	3,0 %
15	Gesundheits- und Sozialwesen (Q)	647	10,1 %
16	Kunst, Unterhaltung und Erholung (R)	198	3,1 %
17	Sonstige Dienstleistungen (S)	543	8,5 %

Abbildung 61 Wirtschaftszweige der Stadt Würzburg

Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik, IHK Würzburg-Schweinfurt, Tabellenstand 2019

Die großen Arbeitgeber der Stadt orientieren sich zunehmend an Nachhaltigkeits- und Klimaschutzzielen und setzen teilweise entsprechende Umweltmanagementsysteme um. An vorderster Stelle ist die Würzburger Versorgungs- und Verkehrs GmbH (WVV) mit ihren rund 1.500 Beschäftigten zu nennen, die als kommunales Unternehmen bei der Versorgung der Bevölkerung mit Strom, Gas, Trinkwasser sowie als Träger des öffentlichen Nahverkehrs und in der Abfallwirtschaft als zentraler Akteur in die Erarbeitung und auch Ausgestaltung des Klimaschutzkonzept eingebunden war. Elementare Stellschrauben auf Weg hin zur Klimaneutralität werden von der WVV ausgestaltet und umgesetzt (siehe Kapitel Energieversorgung und Mobilität). Das Universitätsklinikum als größter Arbeitgeber hat 2017 ein zertifiziertes Energiemanagementsystem eingeführt und orientiert sich im Leitbild an einem effizienten Einsatz von Energie und dem bewussten Umgang mit Ressourcen. Die Schonung der Lebensgrundlagen ist ebenfalls ein Element des Leitbildes der Julius-Maximilians-Universität, welche Arbeits- und Lernstätte von 30.000 Menschen ist. Nachhaltigkeit wird zunehmend in Studiengängen und Lehrplänen berücksichtigt, wie z.B. im neuen und deutschlandweit einmaligen Bachelorstudiengang „Informatik und Nachhaltigkeit“. Brose Fahrzeugteile GmbH&Co.KG mit rund 2.000 Beschäftigten hat sich zum Ziel gesetzt jedes Jahr den Energieverbrauch gegenüber 2017 um 3 % zu senken. Unternehmen wie Koenig & Bauer AG Würzburg mit rund 1.500 Beschäftigten und Flyeralarm mit rund 800 Beschäftigten engagieren sich für Nachhaltigkeit bei Maschinen und Druckerzeugnissen. Neben dem Eigenbetrieb „Die Stadtreiniger“ der Stadt Würzburg besitzt auch das Heizkraftwerk an der Friedensbrücke, das Müllheizkraftwerk, sowie die Trinkwasserversorgung Würzburg GmbH eine Zertifizierung nach europäischen Umweltmanagementsystem EMAS (Eco-Management and Audit Scheme). Neben diesen

Unternehmen in kommunaler Trägerschaft sind weitere 10 kleinerer Organisationen und Unternehmen in Würzburg nach EMAS zertifiziert.

Strategische Zielsetzungen

Die strategischen Zielsetzungen müssen die Komplexität und Akteursvielfalt des Handlungsfeldes „Wirtschaft“ berücksichtigen. So sind hier internationale agierende Konzerne, kleinere produzierende Betriebe, kommunale Tochtergesellschaften ebenso eingebunden wie z.B. kleine Dienstleistungsunternehmen oder Gewerbetreibende und Handwerksbetriebe. Zwangsläufig ist auch die Einflussmöglichkeit des kommunalen Handelns hier sehr unterschiedlich. Viele Stellschrauben ein klimafreundliches Wirtschaften werden auf übergeordneter Ebene außerhalb des Einflussbereichs der Stadt Würzburg entwickelt oder festgelegt (z.B. Rechtsrahmen, Steuern, Förderprogramme).

Entwicklungspfade für den Bereich der Industrie hin zur Klimaneutralität bis 2045 zeigen auf, dass mittelfristig als Energieträger Strom dominieren muss und eine vollständige Abkehr von fossilen Energieträgern bis spätestens 2040 zu erfolgen hat. Neben der Energieträgerumstellungen sind beschleunigte und kontinuierliche Effizienzfortschritte notwendig. Ein Markthochlaufen für die Erzeugung von grünem Wasserstoff muss erfolgen, der dort eingesetzt wird, wo eine Umstellung auf den direkten Einsatz von Strom nicht möglich ist. Feste Biomasse, Abfälle und dekarbonisierte Fernwärme sind weitere Energieträger eines klimaneutralen Systems und müssen idealerweise lokal bereitgestellt werden. Weitere technische Strategien involvieren in verschiedenen Abstufungen die Abscheidung und Speicherung von CO₂, über die ggf. auch lokal entschieden werden muss [Agora 2021].

Ein grundsätzlicher strategischer Ansatz der Stadt Würzburg ist, im Handlungsfeld Wirtschaft ein partnerschaftliches Vorgehen zwischen den regionalen Akteuren und dem „Konzern Stadt“, bei dem jede Partei in enger Abstimmung und Austausch mit der anderen ambitionierte Schritte in eigener Verantwortung umsetzt. Dort wo es möglich und notwendig ist, fungiert die Stadtverwaltung als Mittlerin, Sichtbarmacherin und Promoterin und schafft insgesamt mehr Verbindlichkeit für Klimaschutz.

Bestandteile

Das Maßnahmenset des Handlungsfelds Wirtschaft fokussiert sich auf flankierende und aktivierende Instrumente, um die Senkung des Energieverbrauchs und eine Steigerung der Energieeffizienz zu unterstützen: in Gebäuden, bei technischen Anwendungen, im lokalen Gewerbegebiet. Die Stärkung der Sichtbarkeit von Erfolgen und Bemühungen ist der Stadt hier ein wichtiges Anliegen. Die Bereiche werden in der Maßnahme 4.1 „Energieeffizienz in der Wirtschaft“ gebündelt.

Ferner sollen auch Akteure im Bereich Wirtschaft dabei unterstützt werden, die Eigenerzeugung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien voranzubringen. Dies erfolgt in Maßnahme 4.2. Ergänzt werden soll

dies durch Ansätze zur Reduzierung von Emissionen aus vor- und nachgelagerten Prozessen in Maßnahme 4.3. Der Schulterschluss mit Forschung und Wissenschaft ist Element der Maßnahme 4.4, darunter auch die Stärkung junger, nachhaltiger Unternehmen vor Ort sowie die Begleitung die unternehmerischen Innovationen, um den Ambitionen eines „Wirtschafts- und Wissenschaftsraums“ Würzburg gerecht werden.

Tabelle 29 Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Wirtschaft
Quelle: IE Leipzig 2021

 Handlungsfeld Wirtschaft	
4.1. Energieeffizienz in der Wirtschaft stärken	4.1.1 Energieeffiziente Nichtwohngebäude
	4.1.2 Energieeffizienz in technischen Anwendungen
	4.1.3 Grüne Gewerbegebiete
	4.1.4 Sichtbarkeit
4.2 Eigenerzeugung und Direktlieferung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien stärken	4.2.1 Nutzung von Abwärme
	4.2.2 Photovoltaik in Gewerbe
	4.2.3 Innovative Energieerzeugungsanlagen
4.3 Vor- und nachgelagerte Emissionen vor Ort in den Blick nehmen	4.3.1 Stärkung von regionalen Stoffkreisläufen
	4.3.2 Klimafreundliche dienstliche Mobilität und Mobilität von Mitarbeitenden
4.4 Forschung, Wissenschaft und unternehmerische Innovation zusammenbringen	4.4.1 Grüne Start-Ups
	4.4.2 Wissens- und Innovationstransfer
	4.4.3 Regionalvermarktung

Empfehlungen

- Die Ausgestaltung einer großen Transformation hin zu einem nachhaltigen und klimaneutralen Wirtschaftssystem kann nur in Teilbereichen durch eine Kommune beeinflusst werden. Dennoch ist die Stärke der Kommune der direkte Kontakt und Austausch mit den Unternehmen und Akteuren vor Ort. Dieser sollte an erster Stelle bei der Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes stehen.
- Die Schaffung von notwendigen Rahmenbedingungen für klimaneutrales Wirtschaften, die im Einflussbereich der Kommune vor Ort sind, sollten Priorität haben. Dazu zählt in erster Instanz die Dekarbonisierung der Energieversorgung.
- Vielfach wurde in der Akteursbeteiligung unterstrichen, dass die Verbindlichkeit zu mehr Klimaschutz bei regionalen Unternehmen eingefordert werden sollte. Die Stadtverwaltung kann sich

hier wichtige zivilgesellschaftliche Gruppierungen an die Seite holen und im Dialog mit dem Unternehmen herausarbeiten, wie diese Verbindlichkeit hergestellt werden kann.

Wichtige nächste Schritte

- Kapazitätsaufbau bei Beratungs-einrichtungen/Wirtschaftsförderung
- WVV-Beteiligungsmodelle für Unternehmen
- Unterstützung beim Ausbau der Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien
- Pilotprojekte zu Verbundnetzen
- Entwicklung des Klimaschutzbarometer Würzburger Unternehmen an zentralem Ort
- Entwicklung von Ansätzen zur Kooperation mit der Ökomodellregion

5.7 Handlungsfeld Mobilität

Relevanz und THG-Minderungspotenzial

Das Handlungsfeld Mobilität umfasst die Fortbewegung mit allen Verkehrsmitteln und den Fußverkehr. Dabei werden Rad-, Fuß- und öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) zum Umweltverbund gezählt, dessen Anteil an den zurückgelegten Wegen im Sinne einer nachhaltigen Mobilität steigen soll. Dies gilt auch für dienstliche Mobilität und Mitarbeitermobilität in der öffentlichen Verwaltung, woraus sich eine Verbindung zum Handlungsfeld Stadtverwaltung ergibt. Auch zum Bereich Gebäude bestehen über die Integration von Ladeinfrastruktur und die Parkplatzanforderungen Querverbindungen zum Mobilitätssektor.

Während die Großemittenten Energiewirtschaft und Industrie bundesweit betrachtet seit 1990 deutliche Emissionsminderungen verzeichnen, stagniert der Verkehrssektor nach einem leichten Rückgang Mitte der 2000er Jahre auf dem Niveau von 1990 [BMU 2021]. Damit ist der Verkehr deutschlandweit allein für ein Fünftel der deutschen THG-Emissionen verantwortlich [VCD und Heinrich-Böll-Stiftung, 2019]. Die Verkehrsleistung in Deutschland steigt weiterhin und wird dominiert vom motorisierten Individualverkehr (MIV), über den 74 % der Wegekilometer zurückgelegt werden. In der Stadt Würzburg beträgt dieser Anteil 72 % [WVI 2021].

Um die Klimaziele zu erreichen, ist eine Transformation des Verkehrswesens notwendig. Angestrebt wird eine Reduktion des MIV bei gleichzeitiger Stärkung alternativer Verkehrsmittel. Stichworte sind hier Elektrifizierung, Multimodalität und Wachstum des Umweltverbundes. Die entwickelten Maßnahmen im Handlungsfeld Mobilität tragen dieser Notwendigkeit Rechnung.

Verkehrsnachfrage	Verkehr der Bewohner [Fahrten und Wege/Tag]						
	Stadt Würzburg		Lk Würzburg		Modellraum		
Verkehrsmittel		%		%		%	
zu Fuß		133.600	24,8%	83.000	14,0%	216.600	19,2%
Rad		72.900	13,5%	38.900	6,6%	111.800	9,9%
ÖV		71.400	13,2%	41.900	7,1%	113.300	10,0%
Pkw		210.500	39,0%	326.200	55,1%	536.700	47,4%
Pkw-Mitfahrer		51.200	9,5%	101.500	17,2%	152.700	13,5%
Summe		539.600	100,0%	591.400	100,0%	1.131.100	100,0%

Abbildung 62: Anteil der Verkehrsmittel nach Wegen (Modal Split) in Stadt und Landkreis, Analysefall Stand 2021
Quelle: [WVI 2021]

Wie auch auf Bundesebene wuchs jedoch der Pkw Bestand in Würzburg in den letzten Jahren (Abbildung 61), was sich in leicht zunehmenden THG-Emissionen des Verkehrssektors seit 2015 in den vergangenen Jahren gezeigt hat. Die Relevanz von THG-Minderungen im Verkehrssektor für Klimaschutz (und Gesundheit) wird hier deutlich. Die Ausrichtung der Planung auf die Verkehrsmittel des Umweltverbunds

gegenüber dem MIV birgt erhebliche Minderungspotenziale, die durch eine Verkehrswende hin zu emissionsarmer Mobilität erschlossen werden können.

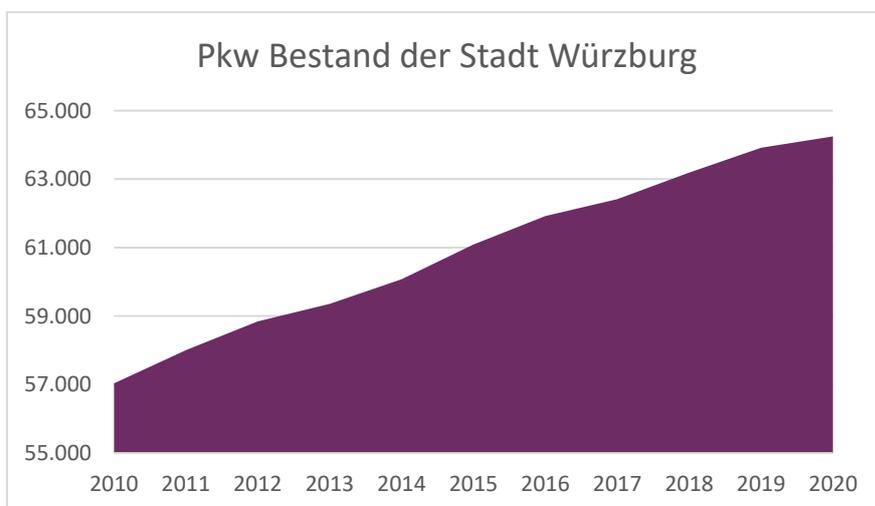


Abbildung 63 Pkw Bestand der Stadt Würzburg 2010 bis 2020

Quelle: Kraftfahrtbundesamt 2021

Im Jahr 2018 wurden im Rahmen des Systems repräsentativer Verkehrserhebungen (SrV) vergleichbare Erhebungen in 135 Städten und Gemeinden durchgeführt und für 88 davon in einem Tabellenanhang veröffentlicht [Gerike et al. 2020]. Einen Auszug daraus mit Städten vergleichbarer Größenordnung zeigt Tabelle 30.

Tabelle 30 Modal Split der Wege in ausgewählten deutschen Großstädten mit 100.000 bis 200.000 Einwohnern

Quelle: [Gerike et al. 2020]

Stadt	Verkehrsmittelanteil der zurückgelegten Wege bei SrV 2018 in Prozent			
	zu Fuß	Fahrrad	MIV	Öffentl. Verkehr
Darmstadt	25,4 %	22,0 %	34,7 %	17,9 %
Heidelberg	29,0 %	28,5 %	29,3 %	13,1 %
Jena	35,3 %	15,1 %	34,3 %	15,3 %
Ludwigshafen am Rhein	24,7 %	14,9 %	48,5 %	11,9 %
Regensburg	23,8 %	24,3 %	40,6 %	11,3 %

Jena nimmt in diesem Vergleich in Bezug auf den Fußverkehr eine bundesweite Spitzenstellung ein, Heidelberg hat bundesweit nach Berlin den zweitniedrigsten Anteil des MIV unter den untersuchten 88 Städten [Gerike et al. 2020]. Insgesamt wird deutlich, dass in einigen vergleichbaren Städten der Anteil der Wege, der auf den Umweltverbund entfällt, deutlich höher als in Würzburg ist. Unter den dargestellten Städten hat lediglich Ludwigshafen am Rhein einen so hohen MIV-Anteil. Somit hat Würzburg mit einem MIV-Anteil von 48,5 % noch einen erkennbaren Aufholbedarf im Vergleich zu den dargestellten Städten. Insbesondere der Fahrradanteil liegt in Würzburg mit 13,5 % noch vergleichsweise niedrig. Andererseits liegt der Anteil des MIV in Würzburg deutlich unter dem bundesdeutschen Durchschnitt oder den Werten im Landkreis Würzburg. Mehr als jeder zweite Weg wird zu Fuß, mit dem Fahrrad oder im ÖPNV zurückgelegt.

Noch deutlich Kfz-dominiert sind längere Strecken sowie die Stadt-Umland-Verkehre. Durch die drei Bundes- und fünf Staatsstraßen, die radial ins Stadtzentrum führen sowie die Nähe zu den Bundesautobahnen 3 und 7 bestehen sehr günstige Bedingungen für den Pkw-Verkehr.

Nah- und Fernverkehrsinfrastruktur werden der Bedeutung der Stadt als wirtschaftlichem und kulturellem Zentrum der Region Mainfranken gerecht. Der Ausbau der Bahnstrecke Würzburg-Nürnberg mit Anschluss an den Deutschlandtakt und einer Verkürzung der Reisezeit nach Nürnberg auf 29 Minuten sowie die Etablierung eines sog. 00/30-Knotens in Würzburg ist in Planung [Deutschlandtakt 2021].

Strategische Zielsetzungen

Die Stadt Würzburg orientiert sich strategisch an den übergeordneten Zielen der Bundesregierung und möchte die strategische-planerische Ausrichtung nachhaltiger Mobilität konkret stärken. Die Stadt Würzburg strebt langfristig an, den Modal Split Anteil des Umweltverbundes von derzeit rund 52% [WVI 2021] bis 2030 auf 70 % [Würzburg 2030, Leitbilder und Ziele] und bis 2045 auf 80 % zu erhöhen. Der 2018 beschlossene Green-City Plan legt Maßnahmen vor, die in den Bereichen Urbane Logistik, Digitalisierung, Elektrifizierung, Vernetzung des ÖPNV und Fuß-/Radverkehrs-/Parkraummanagement Ziele der Luftreinhaltung erreichen und darüber hinaus nachhaltige Mobilität fördern sollen. Dazu gehören zum Beispiel das Setzen von Anreizen zur Pkw-Abschaffung bei gleichzeitiger Aufwertung des ÖPNV sowie der Rad- und Fußverkehrswege. Der Ausbau des Straßenbahnnetzes und die Beschleunigung der Busse im fließenden Verkehr sind hier wichtige Bausteine. Eine besondere Förderung des Straßenbahnverkehrs begründet sich durch ihre Effektivität: Die Bahnen erlauben eine höhere Beförderungsleistung als Busse, und der Antrieb kann schon jetzt klimaneutral über Strom aus erneuerbaren Energien erfolgen. Zudem verfügt die Stadt über einen hohen Anteil eigener Gleiskörper [Fachgespräche WSB]. Doch auch im Busverkehr soll die Beschaffung von Dieselfahrzeugen voraussichtlich 2023 beendet werden. Derzeit läuft ein Gutachten zur vollständigen Elektrifizierung der Busflotte. Die Stadt Würzburg ist damit auf dem Weg, die Vorgaben des seit August 2021 geltenden Gesetzes „über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge“²³ zu erfüllen.

²³ <https://www.gesetze-im-internet.de/saubfahrzeugbeschg/SaubFahrzeugBeschG.pdf>

Der Nahverkehrsplan Unterfranken (2017) behandelt den Großraum Würzburg mit den umliegenden Landkreisen Würzburg, Main-Spessart und Kitzingen. Er sieht einheitliche Standards für den ÖPNV in der Region vor, sodass ein attraktives Nutzererlebnis gegeben wird. Aktuell soll der Nahverkehrsplan fortgeschrieben werden [Stadt Würzburg 2018a].

Bau und Förderung von Ladesäulen und die Anschaffung von E-Bussen sollen im Bereich Elektrifizierung die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen reduzieren. Der Aufbau eines umweltsensitiven Verkehrsmanagementsystems in der Innenstadt konnte bereits umgesetzt werden. Langfristig zielt dieses System auf eine Verkehrsverlagerung zugunsten des Umweltverbundes sowie die Möglichkeit ab, verschiedene Verkehrsmittel zu nutzen (Multimodalität).

Die Reduzierung des motorisierten Logistikverkehrs im Innenstadtbereich soll über sogenannte City- und Micro-Hubs erfolgen, die auch im Smart City Konzept (2019) aufgeführt werden [Stadt Würzburg 2018]. Elektrische Fahrzeuge und Lastenräder würden die Verteilung der Güter auf der „letzten Etappe“ in der City übernehmen.

Die Radverkehrsplanung sieht ein dichtes, geschlossenes Radroutennetz für Würzburg vor, welches das Fahrradfahren nicht nur im Alltags- und Berufsverkehr, sondern durch seine Anschlüsse an das überregionale Radwander- und Freizeitwegenetz, auch in Erholungsphasen attraktiv machen soll [Radverkehrskonzept 2016]. Dieses Konzept befindet sich aktuell in der Fortschreibung.

Eine weitere strategische Zielsetzung besteht in der Verminderung der Verkehrsleistung im Personen- und im Güterverkehr.

Dies kann im Personenverkehr durch weniger Wege (z. B. Heimarbeitsplätze) oder durch kürzere Wege (Dezentralisierung von Handel, Verwaltung und Schulstandorten in allen Stadtteilen zur Verkürzung der mittlere Wegelänge aller zurückgelegten Wege) geschehen. Auch die gezielte Kombination von Wegeketten kann zu kürzeren Wegen führen. Bis 2045 soll die Zahl der zurückgelegten Kilometer je Einwohner um 25 % sinken. Für kürzere Wege bestehen deutlich bessere Chancen, sie zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückzulegen. Durch die begrenzten Möglichkeiten des ÖPNV-Ausbaus (Steigerung von Nutzung und Angebot um ca. 70 % mit hohem investiven Aufwand sind bereits berücksichtigt) kann der angestrebte hohe Anteil des Umweltverbunds nur erreicht werden, wenn 2045 ein doppelt so hoher Anteil aller Wege mit dem Fahrrad (oder E-Bike) gefahren und zugleich mehr Wege zu Fuß zurückgelegt werden. Auch dies gelingt leichter, wenn die Zahl der Wege sinkt.

Im Güterverkehr soll die Anzahl der von Lkw und leichten Nutzfahrzeugen gefahrenen Kilometer bis 2045 um 15 % gesenkt werden. Dies ist nicht allein organisatorisch unter Annahme unveränderter Warenströme möglich, sondern erfordert das Mitwirken aller Einwohner*innen, um das Volumen der beförderten Waren zu vermindern.

Dies ist möglich

- durch längere Nutzung von Gebrauchsgegenständen und deren Reparatur statt Neukauf,
- durch Beschaffung von Waren in fußläufig erreichbaren Geschäften anstelle einer Bestellung im Internet (auch unter Inkaufnahme einer geringeren Auswahl),
- durch die Auswahl regionaler Produkte durch Endkunden und regionaler Lieferanten durch Unternehmen (Ziel: regionale Wirtschaftskreisläufe) sowie
- durch die Verkleinerung von Verpackungsvolumina der einzelnen Sendungen, bei denen zu groß verpackte Waren derzeit besonders im Lieferverkehr dazu führen, dass Fahrzeuge durch spezifisch sehr leichte Pakete vom Volumen her ausgelastet sind, obwohl die zulässige Masse deutlich höher wäre; sowie durch
- Geduld der Endkunden bei der Zustellung, da Fahrten eingespart werden können, wenn sich die Bestellungen mehrerer Tage in einem Stadtteil bei der Auslieferung bündeln lassen, sofern kein Bedarf für Expresszustellung besteht.

Zugleich dient dieses veränderte Verhalten auch der Abfallvermeidung und kann langfristig die Zahl der von Müllfahrzeugen zurückgelegten Kilometer vermindern. Unterstützt wird diese Entwicklung durch höhere Energiepreise und einen Arbeitsmarkt, auf dem weniger Fahrpersonal für Lkw verfügbar ist, so dass die Transportkosten weniger leicht als bisher vernachlässigt werden können, wenn es um Lieferketten geht. Auf kommunaler Seite besteht hier die Aufgabe der Bewusstseinsbildung der Bevölkerung und der ansässigen Unternehmen, z. B. durch Wettbewerbe oder die Auszeichnung besonders effizienter Stoffströme in Unternehmen (kleinste Verpackung für vergleichbare Waren).

Bestandteile

Die im Rahmen dieser Neuaufstellung entwickelten Maßnahmen beziehen sich in hohem Maße auf die Vorgaben, die u.a. durch den Green City Plan schon gesetzt wurden und entwickeln diese weiter. Das Maßnahme 5.1 „ÖPNV stärken“ beinhaltet neben Infrastrukturmaßnahmen den Ausbau des Buslinienverkehrs und verbesserte Zugangsmöglichkeiten zum öffentlichen Nahverkehr. Ziel ist es, attraktive Alternativen zur Fahrt mit dem eigenen Pkw zu schaffen. Dieser Prämisse folgt auch die Maßnahme 5.2 „Rad- und Fußverkehr stärken“. Die Vermeidung von Kfz-Verkehr kann durch eine einladende Infrastruktur sowie eine „Stadt der kurzen Wege“ gelingen. Eine integrierte Standortentwicklung macht die Bedürfnisse lokaler Akteur*innen nicht nur im Bereich Mobilität deutlich; auch ein befriedigendes Nahversorgungsangebot im Quartier trägt zur Förderung des Fuß- und Radverkehrs bei.

Tabelle 31 Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Mobilität
Quelle: Darstellung IE Leipzig

 Handlungsfeld Mobilität	
5.1 ÖPNV stärken	5.1.1 Ausbau der Straßenbahn
	5.1.2 Ausbau der P+R/B+R-Anlagen
	5.1.3 Beschleunigung und Linienentwicklung im Busverkehr
	5.1.4 Zugangsverbesserungen
5.2 Rad- und Fußverkehr stärken	5.2.1 Ausbau der Radinfrastruktur
	5.2.2 Aufwertung des Fußverkehrsnetzes
	5.2.3 Integrierte Standortentwicklung
5.3 MIV reduzieren	5.3.1 Flächeninanspruchnahme einschränken
	5.3.2 Pkw Bestand reduzieren
	5.3.3 Integrierte Standortentwicklung
	5.3.4 Fortsetzung: Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement
5.4 E-Mobilität flächendeckend fördern	5.4.1 E-Busse
	5.4.2 E-Pkw
	5.4.3 E-Fahrräder / E-Lastenräder
	5.4.4 E-Motorräder / Zweiräder sowie andere „Zwischenformen“
	5.4.5 Infrastruktur
5.5 Saubere Logistik vorantreiben	5.5.1 Emissionsarme „letzte Meile“
	5.5.2 Elektrifizierung von Lieferflotten
	5.5.3 Nutzung vorhandener Fahrzeugkapazitäten

Direktmaßnahmen zur Reduktion von Kfz-Verkehr bündelt die Maßnahme 5.3 „MIV reduzieren“. Konkret soll der Pkw-Bestand verringert und die Inanspruchnahme von öffentlichem Raum durch Autos eingeschränkt werden. Die Fortsetzung des erfolgreich installierten Umweltorientierten Verkehrs- und Mobilitätsmanagements kann nicht nur die Luftqualität kurzfristig lokal verbessern, sondern auch für langfristige Verhaltensänderungen sorgen [Stadt Würzburg 2018a], 2018b]. Durch die Umverteilung von Verkehrsraum soll auch die Verfügbarkeit von Parkplätzen in zentraler Lage vermindert werden. Ohne solche Maßnahmen besteht aufgrund eingefahrener Verkehrsgewohnheiten für viele bisherige Nutzer von Pkw auch bei optimalem Ausbau aller Alternativen kein Anlass zum Wechsel des Verkehrsmittels. Die angestrebte Veränderung des Modal Split setzt folglich eine Kombination aus „Push“- und „Pull“-Maßnahmen voraus. Akteursbeteiligung an Prozessen der Integrierten Standortentwicklung kann auch in diesem Bereich helfen, Akzeptanz für alternative Mobilitätsformen zu schaffen und bedürfnisgerecht zu planen.

Die Maßnahme 5.4 „E-Mobilität flächendeckend fördern“ verfolgt das Ziel, elektrische Antriebe für nicht ersetzbare Kraftfahrzeuge zu unterstützen. Der fortschreitende Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland und ihr hoher Anteil am deutschen Strommix machen den emissionsarmen Betrieb von E-Fahrzeugen möglich. E-Pkw können außerdem Bedürfnisse nach individueller Mobilität befriedigen, was kollektive Mobilitätsformen, wie der ÖPNV oder Poolingangebote, nicht leisten können. Ein wichtiger und prominenter Baustein ist der Ausbau von Ladeinfrastruktur, ob öffentlich, privat, freistehend oder gebäudeintegriert. Die Förderung von E-Lastenrädern ist in Würzburg schon erfolgreich angelaufen.

Städtische Gewerbe sind abhängig von teils täglichen Warenlieferungen. Hier setzt die Maßnahme 5.5 „Saubere Logistik vorantreiben“ an. Um Emissionen im Bereich urbane Logistik zu senken, setzt das gleichnamige Maßnahmenpaket auf eine Bündelung und Verlagerung des Warenstroms auf umweltfreundliche Verkehrsmittel. Sogenannte „City Hubs“ könnten Zustellungen bündeln, die dann per Lastenrad ihre „letzte Meile“ emissionsfrei zurücklegen. Auch ein Ausschöpfen bereits vorhandener Kapazitäten für die Warenbeförderung ist denkbar. Modellprojekte dieser Art, bei denen Straßenbahnen Transporte übernehmen, gab es beispielsweise in Zürich und Dresden.

Empfehlungen

- Foren für Bürger*innen und Interessensgruppen schaffen, um Akzeptanz zu erhöhen und Konflikte zu beheben.
- Synergien zwischen Mobilität und den Themen Gesundheit, Raumnutzung, sozialen Fragen, Freizeitgestaltung und Digitalisierung strategisch nutzen und ausbauen.
- Vorreiterprojekte für die Stärkung des Rad- und Fußverkehrs entwickeln
- Bündelung der Zuständigkeiten für die Förderung des Fußverkehrs und des Radverkehrs bei jeweils einer zusätzlichen Stelle in der Stadtverwaltung
- Öffentlichkeitsarbeit (Wettbewerbe, Bewusstseinsbildung) mit Blick auf den Einfluss der Konsumentinnen und Konsumenten auf den Güterverkehr betreiben

Wichtige nächste Schritte

- Fortschreibung des Verkehrsentwicklungsplans
- Ausbau der Ladeinfrastruktur
- Beschleunigung des Verfahrens zum Straßenbahn-Ausbau
- Weiterentwicklung des Busliniennetzes

- Umgestaltung der innerstädtischen Verkehrsräume, um mehr Flächen für den Rad- und Fußverkehr zulasten von Pkw-Parkplätzen zu schaffen

5.8 Handlungsfeld Konsum und Abfall

Relevanz und THG-Minderungspotenzial

Klimaschutz in den Bereichen Konsum und Abfall wurden in der Vergangenheit meist nur am Rande in kommunalen Klimaschutzstrategien der „ersten Generation“ berücksichtigt [Umweltbundesamt 2019]. So gab es auch im Klimaschutzkonzept der Stadt Würzburg von 2012 nur eine geringe Zahl von Ansätzen dazu. Gründe dafür sind nachvollziehbar und liegen meist in der Methodik der Bilanz begründet, die als zentraler Ausgangspunkt zur Planung von Klimaschutzmaßnahmen dient. Der deutschlandweit etablierte Bilanzierungsansatz BSKO einer endenergiebasierten Territorialbilanz blendet vor- und nachgelagerte Emissionen von Gütern und Ernährung so gut wie vollständig aus²⁴, da die Emissionen in der Regel außerhalb des Stadtgebietes anfallen und ihrer Erfassung aufwändig bis kaum möglich ist.

Mit zunehmender Erfahrung bei Umsetzung und Weiterentwicklung von Klimaschutzkonzepten sowie der Steigerung der Ambitionen hinsichtlich Einsparzielen und Zieljahren gewinnt das Handlungsfeld der vorgelagerten (Konsum) und nachgelagerten Emissionen (Abfall) zunehmend an Bedeutung und weist große Schnittmengen zu den Bereichen Wohnen, Energieversorgung, Mobilität auf, da sich nachhaltige Lebensstile und Konsummuster nicht nur auf die Nutzung von Gütern und die Ernährung beschränken.

Das Konzept eines „CO₂- Fußabdrucks“ – wie beispielsweise der weit genutzte CO₂-Rechner des Umweltbundesamtes – ordnet nahezu alle in einer Gesellschaft anfallenden Emissionen Bedürfnisfeldern zu. Nimmt man die Bedürfnisse z.B. für Energiebezug, öffentliche Infrastruktur und Mobilität in einem personenbezogenen CO₂-Fußabdruck heraus, verbleiben in Deutschland derzeit dennoch fast 45 % der Emissionen für den Bereich Ernährung und sonstiger Konsum, der Emissionen aus vielfältigen Produkten und Dienstleistungen u.a. Bekleidung, Möbel, Haushaltsgegenstände, Bildung, Gesundheit, Kultur und Freizeit umfasst.

Nimmt man hier ein klimafreundliches Verhalten an, wie etwa eine fleischreduzierte, vorwiegend regionale, saisonale und ökologische Ernährung und einen sparsamen, an Langlebigkeit und vorwiegend gebrauchten Gegenständen ausgerichteten Konsum, reduziert sich der Fußabdruck ohne weitere Berücksichtigung von Mobilität, Wohnen und Energiebezug um 7 bis 10% (Abbildung 63).

²⁴ Im BSKO Standard werden vor- und nachgelagerte Emissionen von Energiebereitstellung und der Erzeugung von Heiz- und Kraftstoffen berücksichtigt.

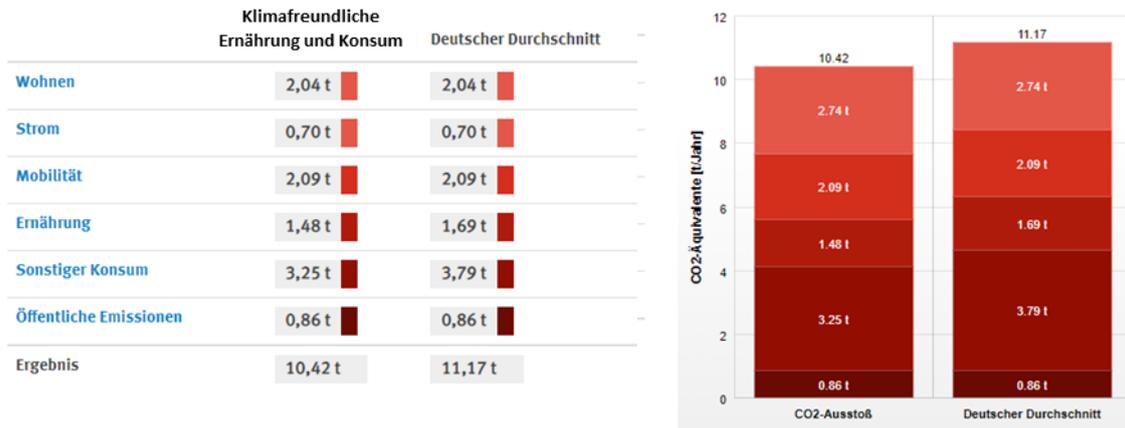


Abbildung 64: THG-Emissionen pro Kopf in Deutschland nach Konsumbereichen im Durchschnitt (rechts) und mit Auswahl von nur klimafreundlicher Ernährung und Konsum (links) 2017 in Tonnen CO_{2äq}

Quelle: Umweltbundesamt UBA -CO₂-Rechner * Emissionen aus Verwaltung, Organisation des Sozialwesens, Infrastruktur, Bildung, Wasserversorgung und Abfallentsorgung

Das Abfallaufkommen ist daher ein wichtiger Gradmesser für einen insgesamt nachhaltigen und klimafreundlichen Konsum (insbesondere im Hinblick auf vorgelagerte Emissionen). Hinzu kommen die bei der Abfallbeseitigung entstehenden Emissionen. Generell macht der Sektor „Abfall- und Kreislaufwirtschaft“ dabei mittlerweile nur noch 1,2 % der bundesweiten THG-Emissionen in Deutschland aus und hat seit 1990 beeindruckende Absenkungen zu verzeichnen. In diesem Zeitraum hat sich zum einen das Aufkommen von Restmüll halbiert und die Emissionen sind hier um 77 % gesunken. [BMU, 2021]. Der Grund für die erreichte Absenkung der Emissionen liegt primär im gesetzlich vorgegebenen Ausstieg aus der Deponierung seit 2005 sowie in der verstärkten klimafreundlicheren Nutzung (thermische Verwertung und/oder Recycling) der Abfälle. Zug um Zug werden zudem weitergehende Minderungsstrategien für Methan („Deponiegas“) umgesetzt.

Wirft man einen Blick auf die (bundesweiten) Abfallstatistiken, so ergeben sich für das vorliegende Handlungsfeld vier wichtige Erkenntnisse:

- In den letzten Jahren hat sich das Abfallaufkommen insgesamt kaum geändert. Es besteht also noch ein erheblicher Handlungsbedarf im Hinblick auf die Reduzierung des Abfallanfalls insgesamt (sowie nachhaltiger, vorgelagerter Konsummuster). Die Abfallvermeidung muss weiterhin die höchste Priorität haben.
- Bau- und Abbruchabfälle stellen – bezogen auf das Gewicht – die mit Abstand größte Abfallfraktion dar. Die Reduzierung und Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen sowie von gewerblichem Abfall generell sind also wichtige Elemente.

- Der Wertstoffanteil im Inhalt der Restmülltonnen ist immer noch sehr hoch²⁵ - Abfalltrennung und das damit einhergehende Recycling bleiben daher gewichtige Ansätze.
- Der Anfall an Verpackungsabfällen steigt²⁶. Verpackungen gilt es somit in Zukunft verstärkt zu reduzieren oder zu vermeiden.

Die einwohnerspezifischen Restabfallmengen sind im Durchschnitt in Bayern in den letzten zehn Jahren wenig gesunken (Abbildung 64). Im Jahr 2019 lag das Restabfallaufkommen der Stadt Würzburg von rund 246 kg/EW weit über diesem bayerischen Durchschnitt von 182 kg/EW. Auch wenn dieser Vergleich mit Vorsicht zu interpretieren ist, da nicht alle Kommunen vergleichbare Gebührensysteme haben, zeigt es auf, dass insbesondere in den Städten noch sehr viele (Rest-)Abfälle anfallen. Die Verwertungsquote der Stadt Würzburg liegt bei rund 64 % [Stadt Würzburg 2020b].

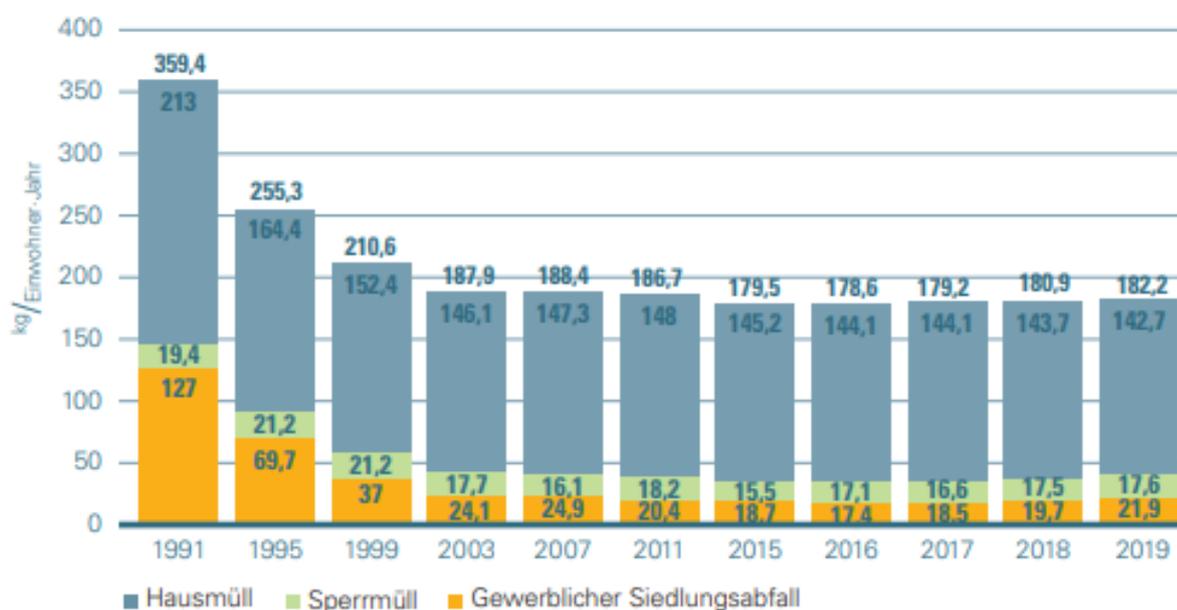


Abbildung 65: Einwohnerspezifische Restabfallmengen in Bayern im Durchschnitt 1991-2019

Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Hausmüll in Bayern, Bilanzen 2019

Neben der weiterhin relativ hohen Restmüllmenge stellt auch die Verschmutzung des öffentlichen Raumes durch weggeworfene Abfälle („Littering“) ein erhebliches Problem dar. Zur Verbesserung der Müllsituation an Würzburger Hotspots hat die Stadtverwaltung im Mai 2021 eine umfassende Konzeption vorgelegt und

²⁵ <https://www.bmu.de/pressemitteilung/deutschlands-restmuell-hat-sich-in-35-jahren-fast-halbiert>

²⁶ <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/verpackungsabfaelle#verpackungen-uberall>

eine Vielzahl von Maßnahmen aufgeführt, die hier bereits erfolgreich umgesetzt werden, darunter Öffentlichkeitsarbeit, Teilnahme und Durchführung von Aktionen und Events (z.B. World Clean-Up Day, Rama Damas), Umweltbildung und Beratung in der Federführung der Umweltstation, Kunst- und Kulturprojekte (Mülltheater, Upcycling-Workshops) sowie Netzwerkarbeit. Weitere Maßnahmen sind z.B. eine Anti-Littering-Kampagne „Wilder Müll am Main“, die Synergien zu den hier vorgelegten Maßnahmen aufzeigt und bereits seit zwei Jahren läuft [Stadt Würzburg 2021c].

Strategische Zielsetzungen

Zukünftige Ausrichtung und Datengrundlagen: Mittelfristig sollte die Strategie der Stadt Würzburg im Sinne eines umfassenden Ressourcenmanagements am ZeroWaste-Leitbild ausgerichtet werden. Dieses Leitbild hat einen engen Bezug zu den UN-Nachhaltigkeitszielen (SDG) und zielt auf die möglichst weitgehende Vermeidung von Abfällen auf allen Ebenen (Planungs- und Produktionsprozess, Ausrichtung von Konsummustern, etc.) ab. Erste Umsetzungskonzepte auf kommunaler Ebene (Kiel, Regensburg) zeigen, dass darüber wichtige Prozesse und vielversprechende Maßnahmen in Gang gesetzt werden können.

Wichtig ist es auch, einen kontinuierlichen Austausch zwischen den zentralen Akteuren zu etablieren und die Datengrundlagen (u.a. zu Anfall und Zusammensetzung der Abfälle) auf lokaler Ebene zu verbessern und diese – im Sinne eines Monitorings – kontinuierlich zu pflegen und fortzuschreiben.

Förderung des nachhaltigen Konsums bzw. von klimafreundlichen Alternativen: Der Aspekt des klimafreundlichen Konsums soll mit alltagsnahen Elementen im engen Austausch mit der Zivilgesellschaft umgesetzt und eine nachhaltige Ernährung hier besonders in den Fokus genommen werden. Eine kontinuierliche Wahrnehmung und Weiterentwicklung von Beratungsangeboten für nachhaltigen Konsum und Abfallvermeidung wird über die Umweltstation erfolgen (z.B. Tausch- und Repair-Angebote).

Vorbildfunktion der öffentlichen Hand: Für die Stadtverwaltung selbst werden Maßnahmen für Beschaffung und Ernährung im Handlungsfeld „Stadtverwaltung“ definiert. Ab 2022 werden die Beschaffungsleitlinien für die Stadt Würzburg überarbeitet und der Aspekt der Abfallvermeidung wird hier stärker berücksichtigt. Im Rahmen der Ausarbeitung des Würzburger Energiestandards, der nach Abstimmung für alle Bauvorhaben der Stadt verbindlich sein wird, soll auch der Aspekt der Ressourcenschonung bzw. Kreislauffähiges Bauen aufgenommen werden.

Umsetzung und Vollzug der rechtlichen Vorgaben: Grundsätzlich zeigen Analysen [Öko-Institut e.V. 2019], dass insbesondere ein optimierter Vollzug bereits existierender abfallrechtlicher Verordnungen ein hohes Potential besitzt. So ließe hier durch eine verbesserte Überwachung der Einhaltung z.B. der Gewerbeabfallverordnung, der Bioabfallverordnungen und des Verpackungsgesetzes rund 20 % des Restmüllaufkommens reduzieren. Auch dem nachhaltigen Umgang mit Baustoffen muss dabei ein zentrales Augenmerk gelten. Beratung zu und Vollzug der gesetzlichen Vorgaben aus dem Abfallrecht sollen daher in der

Stadtverwaltung weiter ausgebaut werden. Hierzu ist unter anderem eine Stärkung der Personalkapazitäten im Bereich des abfallrechtlichen Vollzugs erforderlich, die ab dem Jahr 2023 vorgesehen ist.

Zudem kann die Abfallvermeidung ggf. auch durch zusätzliche kommunale Regelungen (z.B. kommunale Verpackungssteuer) oder zusätzliche Förderprogramme unterstützt werden. Überschneidungen gibt es ebenfalls zum Handlungsfeld „Energieversorgung“ bei dem die Optimierung des zentralen Müllheizkraftwerks, welches überregionale Bedeutung hat, der Maßnahme 4.1 „Weichen stellen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung“ zugeordnet wurde.

Bestandteile

Das Handlungsfeld Konsum und Abfall umfasst zwei Maßnahmen. Die erste Maßnahme 6.1 „Konsum und Abfall klimafreundlicher gestalten“ beinhaltet Ansätze für durch die Stadt organisierte Veranstaltungen, die im Rahmen der Bürgerbeteiligung als besonders wichtig bewertet wurden (Baustein „Würzburg is(s)t und feiert klimafreundlich“). Ferner werden klimafreundliche Konsumweisen sowie eine nachhaltige Ernährung durch Kampagnen, Förderprogramme, Auszeichnungen, Bildungsangebote sowie Austausch gefördert. Die Vorbildwirkung der Kommunalverwaltung in diesen Bereichen ist explizit mit aufgenommen. Die Maßnahme 6.2 „Mehr Kreislauf, weniger Abfall“ setzt darauf, dass Stoffströme reduziert und Ressourcen besser genutzt werden. Zentrales Element ist die Erarbeitung eines Zero-Waste-Konzepts sowie der Aufbau einer Bauteil- und Bodenbörse. Auch hier wird die Stadt Würzburg als Vorbild vorangehen und Aktivitäten umsetzen.

Tabelle 32 Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Konsum und Abfall
Quelle: IE Leipzig 2021

 Handlungsfeld Konsum und Abfall	
6.1 Konsum und Essen klimafreundlicher gestalten	6.1.1 Würzburg is(s)t und feiert klimafreundlich
	6.1.2 Klimafreundliche Konsumweisen
	6.1.3 Nachhaltige Ernährung
6.2 Mehr Kreislauf, weniger Abfall	6.2.1 Abfallvermeidung „Wertschätzen statt Wegwerfen“
	6.2.2 Klimafreundliche Bau- und Wertstoffe
	6.2.3 Mehrweg – statt Einwegprodukte

Empfehlungen

- Die Stadt Würzburg sollte Aktivitäten in diesem Bereich zunehmend strategisch unterfüttern, beispielsweise durch die Erarbeitung eines „Zero-Waste-Konzepts“.
- Die Umweltstation der Stadt Würzburg sowie das Ökohaus Würzburg und die Umweltstation Tierpark Sommerhausen bieten bereits im Rahmen ihrer Bildungsarbeit eine Vielzahl von Ansätzen an, die die umweltbezogenen Themen Abfall, Konsum sowie Nachhaltigkeit mit Klimaschutz verknüpfen. Eine stärkere Sichtbarmachung der bereits vorhandenen Aktivitäten und ihrer Erfolge in Gremien und darüber hinaus erscheint sinnvoll.
- Das Thema Ernährung hat im Alltag der Bürgerinnen und Bürger eine hohe Bedeutung. Diese starke Relevanz für die Zivilgesellschaft lässt sich nutzen, um Klimaschutz insgesamt stärker im Handeln jeder oder jedes Einzelnen zu verankern.
- Die Einführung einer kommunalen Verpackungssteuer ist derzeit noch nicht rechtssicher möglich, da hier gerichtliche Entscheidungen noch ausstehen (Stadt Tübingen). Vorbehaltlich der rechtlichen Zulässigkeit wird empfohlen, eine Einführung seitens der Verwaltung zu prüfen und ggf. bereits vorzubereiten.

Wichtige nächste Schritte

- Etablierung einer Arbeits- und Austauschplattform mit zentralen Akteuren mit dem Ziel, die Datengrundlagen zu verbessern und weitere Schritte hin zur Erarbeitung einer Zero Waste Strategie abzustimmen (Abfallreduzierung, klimafreundlicher Konsum, nachhaltige Ernährung).
- Priorisierung von Projekten mit Vorbildcharakter innerhalb der Stadtverwaltung und systematische Stärkung der Aspekte der Kreislaufwirtschaft (Berücksichtigung bei Beschaffung und Kantinen, Verwendung von Rezyklaten bei Hoch- und Tiefbau, Gewerbeabfallverordnung).
- Vollzug- und Umsetzung bestehender gesetzlicher Regelungen verbessern durch schrittweisen Ausbau der Personalkapazitäten, vorbereitender Austausch und Abstimmung wichtiger Stellen sowie Optimierung von Datengrundlagen.
- Maßnahmen zum ressourceneffizienten Einsatz von Baumaterialien und zur Reduzierung bzw. hochwertigen Nutzung von Bau- und Abbruchabfällen (Ressourcenschonung bei der Festlegung des Würzburger Energiestandards berücksichtigen, Beratung, Vollzug bestehender Vorgaben, Aufbau einer Bauteil- und Bodenbörse, etc.) entwickeln.
- Weitere Umsetzung und Ausbau der Maßnahmen zur Reduzierung der Verschmutzung des öffentlichen Raums und zur Förderung der Abfalltrennung.

-
- ➔ Unterstützung zivilgesellschaftlicher Initiativen und Gruppen (z.B. über Agenda21-Arbeitsgruppen) sowie gemeinsamer Aktivitäten in der Regiopole Würzburg, die das Ziel einer Stärkung der Kreislaufwirtschaft verfolgen (z.B. innerhalb der Region Mainfranken zu Kunststoffen und Zirkularität).

5.9 Handlungsfeld Kompensation, Klimapartnerschaft und Senken

Relevanz und THG-Minderungspotenzial

Die übergeordnete Strategie aller Klimaschutzkonzepte basiert auf zwei elementaren Stoßrichtungen, um die THG-Emissionen zu vermindern: Der Reduktion des Endenergieverbrauchs sowie der Dekarbonisierung der genutzten Energieträger. Diese zentralen Stoßrichtungen ziehen sich vor allem durch die ersten fünf sektorfokussierten Handlungsfelder mit unterschiedlicher Gewichtung. Das Handlungsfeld Kompensation, Klimapartnerschaften und Senken entwickelt erstmals in einer Klimaschutzgesamtstrategie für die Stadt Würzburg Ansätze für nachgelagerte Strategien, die für den Umgang mit ggf. nicht vermeidbaren oder nicht vermiedenen Emissionen dienen: Die einer möglichen Kompensation, einer Ausweitung von Kooperationen auf verschiedenen Ebenen sowie der Nutzung von natürlichen Senken. Alle diese Ansätze sind neu und ihre Ausrichtung ist von wertebasierten Entscheidungen der zuständigen und umsetzenden Institutionen und Akteuren abhängig, die während des Entstehungsprozesses des Klimaschutzkonzepts diskutiert, entwickelt und formuliert, aber nicht immer abschließend festgelegt wurden. Wertebasiert bedeutet, dass hier normative Positionierungen hinsichtlich Gerechtigkeitsfragen involviert sind, z. B. in Bezug auf die nachfolgende Generation oder zu den Fragen, zu welchem Zeitpunkt, für welche Betrachtungsebene und in welchem Umfang diese Strategien genutzt werden sollten. Relevant werden diese Elemente einer nachgelagerten Klimaschutzstrategie dann, wenn die Zielerreichung einer THG-Neutralität bedroht ist, da dann z.B. freiwillige Kompensationen, zusätzliche Maßnahmen außerhalb des Territoriums sowie die Kohlenstoffsenken in Anrechnung gebracht werden müssen. Die Nutzung dieser Optionen ist in der Regel mit finanziellen Verpflichtungen verbunden.



Abbildung 66: Nachgelagerte Klimaschutzstrategien für die Stadt Würzburg
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Kompensation

Entscheidend ist in diesem Zusammenhang, dass hier streng zwischen den beiden Betrachtungsebenen der Gesamtstadt und der Stadtverwaltung unterschieden werden muss. Mit den novellierten Klimaschutz-Gesetz auf Bundesebene sowie dem Bayerischen Klimaschutzgesetz werden für öffentliche Verwaltungen weitaus höhere Ambitionen formuliert, nämlich das Erreichen einer „Klimaneutralität“ bereits im Jahr 2030 (Bund) bzw. 2028 (Bayern). Ausgangspunkt für die Erreichung der Klimaneutralität einer öffentlichen Verwaltung ist eine Energie- und Treibhausgas-Bilanz auf Organisationsebenen, die sich am Greenhouse Gas Protocol orientiert. Dieser Ausgangspunkt ist methodisch und vom Umfang nicht vergleichbar mit einer Energie- und THG-Bilanz nach dem BSKO-Standard für die Gesamtstadt. Um eine „THG-Neutralität“ einer Verwaltung bis zum Jahr 2030 bzw. 2028 zu erreichen, kann die Inanspruchnahme von Kompensationen eine legitime und notwendige Übergangsstrategie darstellen, die jedoch mit glaubhaften und nachvollziehbaren Bemühungen zur Emissionsreduktion in der Verwaltung einhergehen muss, um nicht als „green washing“ missverstanden zu werden [Umweltbundesamt 2020]. Möchte eine Stadtverwaltung Kompensationen in Anspruch nehmen, sind wichtige Eckpunkte strategisch und wertebasiert festzulegen: zu welchem Zeitpunkt soll die Kompensation erfolgen? Wie können notwendige Mittel generiert werden? Für welchen Bereich oder Teilbereich sind Kompensationen gewünscht (z.B. nur Dienstreisen, nur Liegenschaften oder die Gesamtverwaltung?) Und zu welchem Umfang sind Kompensationen gewünscht oder als zulässig zu bewerten? Gibt es zudem einen Absenkpfad, d.h. werden zulässige Kompensationen Schritt für Schritt reduziert? So schlägt z.B. die Klima- und Energieagentur Baden-Württemberg vor, nur maximal 10 % der Emissionen einer Startbilanz einer kommunalen Verwaltung als kompensierbar festzulegen [KEA BW Klimaneutrale Kommunalverwaltung, 2022].

Die Inanspruchnahme von möglicherweise freiwilligen Kompensationen für die Gesamtstadt wird meist sehr viel kontroverser diskutiert. So haben z.B. Mitglieder des Klima-Bündnisses bereits 2008 einen Beschluss gefasst, reale THG-Reduktionen und die effiziente Nutzung von Energie in Bezug auf die Gesamtstadt zu priorisieren, keinen „CO₂-Ablasshandel“ zu betreiben und Projekte in Entwicklungsländern auch ohne „Kompensationszwecke“ zu unterstützen [Klima-Bündnis 2008]. Auch die Stadt Würzburg ist seit 2008 Mitglied im Klima-Bündnis.

Mit dem längeren Zeithorizont bis spätestens 2045 ist die längerfristige Inanspruchnahme von freiwilligen Kompensationen für die Gesamtstadt eher als unzureichende Strategie zu bewerten, da sie bedeuten würde, dass notwendige Innovationen und Transformationen im eigenen Einflussbereich verschoben werden. Da global gesehen eine THG-Neutralität spätestens bis Mitte des Jahrhunderts letztlich in allen Ländern erreicht werden muss, stehen Kompensationsangebote nicht unbegrenzt zur Verfügung. Zur zeitlich begrenzten Überbrückung bis zur vollen Wirksamkeit eingeleiteter Maßnahmen können Kompensationen allerdings auch in diesen Konstellationen ein probates Mittel sein.

Klimapartnerschaften

Unter Klimapartnerschaften sollen Vernetzung, Kooperation, Austausch und gemeinschaftliche Projekte verstanden werden, die zu THG-Minderungen insbesondere außerhalb der Gemarkung der Stadt Würzburg führen sollen. Sie sind „kooperative-positive“ Effekte, die derzeit noch nicht oder nie unmittelbar in einer THG-Bilanz Berücksichtigung finden. Sie können jedoch auch Investitionen in THG-Minderungen und auch natürliche Senken umfassen, die kalkuliert, belegbar und nachweisbar sind und als Zusatz-Minderung in Zukunft bei Bilanzen möglicherweise separat ausgewiesen werden können. Die hier gewünschten Effekte sind bisher kooperativ, motivierend, freiwillig und entsprechen eher einem „CO₂-Handabdruck“, d.h. einem politischen Handeln und Engagement über den eigenen Wirkungskreis hinaus [Germanwatch 2015].

Durch Klimapartnerschaften werden nicht nur Vernetzung und Kooperationen mit anderen Kommunen und dem Landkreis Würzburg betrachtet, sondern ebenfalls die globale und intergenerationelle Ebene strategisch integriert.

In einer kommunalen Klimapartnerschaft arbeiten Städte, Gemeinden oder Kreise regelmäßig und strukturiert auf den Gebieten Klimaschutz und Klimaanpassung zusammen. Es werden konkrete Handlungsprogramme mit Zielen, Maßnahmen und zugewiesenen Ressourcen für Klimaschutz und Klimaanpassung entwickelt [SKEW, 2017].

Klimaschutzpolitik ist seit einigen Jahren nicht nur ein zentraler Teil der Entwicklungszusammenarbeit, welche primär durch das BMZ und dem ihm untergeordneten Bundesunternehmen GIZ (Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit) übernommen wird; Klimapolitik ist längst auf der Agenda der Außenpolitik und globale Klimagerechtigkeit ist zu einem zentralen Begriff geworden [Seidel, 2012]. Zum einem, da die Auswirkungen des Klimawandels in manchen Ländern des „Globalen Südens“ bereits jetzt zu dramatischen Einschnitten der ökologischen Leistungs- und Widerstandsfähigkeit führen und sich negativ auf die Lebensqualität auswirken [Kramer, Sharp et al, 2019]. Zum anderen, weil in einer globalisierten und vernetzten Weltwirtschaft die negativen Folgen für alle spürbar werden. Die Stadt Würzburg erkennt dabei die historische Verantwortung von Industrienationen und ihrer global betrachtet, wirtschaftlich vorteilhafteren Position im Vergleich zu Ländern des „Globalen Südens“ an. Die besondere Beziehung der Stadt Würzburg mit ihrer Partnerkommune in Tansania - der Stadt Mwanza- betont den Anspruch der Stadt, Verantwortung für den Klimaschutz auch andernorts zu übernehmen. Würzburg ist eine von zehn Pilotkommunen in Deutschland, die zusammen mit ihren Partnerkommunen in Entwicklungs- und Schwellenländern gemeinsame Handlungsprogramme zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung entwickelte.

Das Konzept der globalen Klimagerechtigkeit schließt dabei ebenfalls die Frage der intergenerationellen Gerechtigkeit [Seidel, 2012] mit ein und ist spätestens seit den Fridays for Future Protesten ein wichtiges Thema in der deutschen Klimaschutzdebatte. Dabei geht es um die Frage, inwiefern Lebensstile, Konsumverhalten und die damit verbundenen THG-Emissionen das Wohl zukünftiger Generationen gefährden und

wie Nutzen und Lasten des Ressourcenverbrauchs gerecht zwischen den Generationen aufgeteilt werden können. Hier gilt, dass mit jeder jetzt gesparten Tonne CO₂ das „Budget“ der kommenden Generation theoretisch erhöht wird.

Senken

Kohlenstoff kann auf verschiedene Weise in natürlichen Strukturen (z.B. Wäldern, Anpflanzungen, Weideland, Mooren) gespeichert werden. Die Änderung der Einspeicherung über einen bestimmten Zeitraum entscheidet, ob die Struktur als Quelle oder als Senke wirkt. In einer übergeordneten Betrachtung kann man bei einer „Senke“ dann von „Entzug“ von CO₂-Emissionen sprechen oder negativen Emissionen.

Natürliche Quellen und Senken sind in der jüngeren Vergangenheit vermehrt in den politischen und gesellschaftlichen Fokus gerückt. Seit der Novellierung des Klimaschutzgesetzes im Juni 2021 bestehen erstmals auch Zielsetzungen für den Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (kurz LULUCF), dem natürliche Quellen und Senken zugeordnet werden. Mit dem Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2045 soll der LULUCF-Sektor bereit im Jahr 2030 eine negative Klimawirkung von -25 Mt CO₂/a erzielen [KSG 2021]. Dies wäre ein Anteil von rund 6 %, der dann in den anderen sechs Sektoren zulässigen Jahremissionsmenge von 438 MtCO₂. Die negative Klimawirkung des Sektors LULUCF soll bis 2045 auf -40 Mt CO₂/a ausgeweitet werden.

Die größten Beiträge zum CO₂-Entzug im Bereich LULUCF können durch die Waldwirtschaft und die Wiedervernässung von Feuchtgebieten bzw. Mooren geleistet werden [Agora 2021a].

Für die Stadt Würzburg werden Handlungsmöglichkeiten zur Stärkung lokaler, natürlicher Senken in der Pflege des Stadtwaldes und der Humusanreicherung in der Landwirtschaft gesehen. Feuchtgebiete, welche für eine Wiedervernässung in Frage kämen, spielen im Stadtgebiet keine nennenswerte Rolle (mit Ausnahme von Auen). Bei der Pflege des Stadtwaldes kann der Kohlenstoffvorrat auf zwei Wegen angereichert werden. Der flächenbezogene Holzvorrat im Wald sowie die Kohlenstoffbindung im Boden kann durch kontinuierliches Wachstum und nachhaltige Bewirtschaftung angereichert, oder die Waldfläche durch Aufforstung vermehrt werden. In der Landwirtschaft kann eine Anreicherung und dauerhafte Speicherung von Kohlenstoff u.a. durch angepasste Bodenbearbeitung, die Wahl der Feldfrüchte und die Anbaumethoden erreicht werden. Neue Untersuchungen weisen zudem darauf hin, dass Hecken in der Agrarflur nicht nur im Hinblick auf die Biodiversität und den Biotopverbund wichtige Strukturelemente sind, sondern auch relevant zur Kohlenstoffspeicherung beitragen können; das Schnittgut kann zudem in der Energiegewinnung Verwendung finden. Daher stellen Pflege und Neuanlage von Hecken auch im Klimaschutz ein relevantes Handlungsfeld dar.

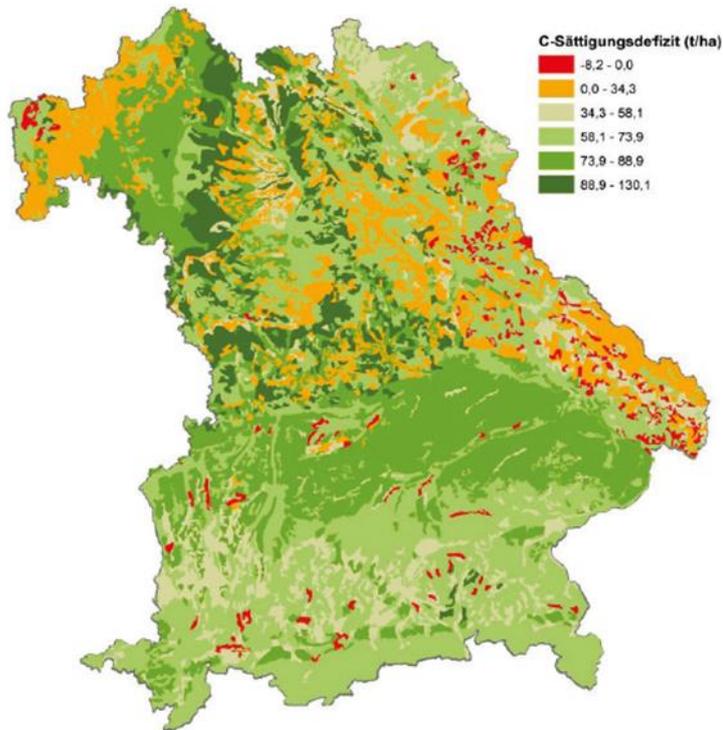


Abbildung 67: Bodenkohlenstoffsättigung in Bayern
Quelle: [BLL 2017]

Ob der Boden mit Kohlenstoff angereichert werden kann, hängt von dessen Sättigung ab. Es besteht eine maximale Kapazität an Kohlenstoff, welche in Form von Humus im Boden aufgenommen werden kann. Eine Studie der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft verortet für die Region um Würzburg ein Sättigungsdefizit von über 70 % [BLL 2017]. Somit besteht für die Landwirt*innen der Region die Möglichkeit, die Kohlenstoffspeicher anzureichern und die natürliche Senke im Boden zu fördern.

Strategische Zielsetzungen

Kompensation

Die Stadt wird eine Strategie entwickeln, welche Einsatz, Umfang und weitere Kriterien von Kompensationen insbesondere für die Betrachtungsebene der Stadtverwaltung festlegt. Der Erstellung liegt die Annahme zugrunde, dass es kurz- bis mittelfristig höchstwahrscheinlich nicht möglich sein wird, in Bereichen der Stadtverwaltung 100% Klimaneutralität bis zum Jahr 2030 bzw. 2028 zu erreichen. Es werden Diskussionen mit Verantwortlichen innerhalb und außerhalb der Stadtverwaltung geführt, um eine tragfähige Position in Bezug auf Kompensationsansätze zu entwickeln, die über die Betrachtungsebene der Stadtverwaltung hinausgehen. Zur Finanzierung von möglichen Kompensationen wird die Stadt die Einrichtung eines

Klimafonds prüfen. Nach dem Vorbild der Metropolregion Nürnberg stellt die Etablierung eines lokalen oder regionalen Klimafonds eine Möglichkeit dar, Klimaschutzmaßnahmen, die andernfalls nicht oder erst zu einem viel späteren Zeitpunkt umgesetzt werden würden, über eine gemeinsame Finanzierungsplattform zu unterstützen und so den Klimaschutz in der Region partnerschaftlich voranzubringen.

Klimapartnerschaften

Ziel der Stadt Würzburg ist es Partnerschaften insbesondere global und interkommunal weiter auszubauen und zu fördern.

Interkommunale Partnerschaften mit Akteuren und Institutionen aus der Region sind nicht nur für Klimaschutzprojekte von Bedeutung, sondern sind auch zentrale politische Ziele, die ebenfalls in dem Handlungsfeld Wirtschaft verfolgt werden und auch als Stadt-Umland Kooperationen bezeichnet werden können. Die Förderung von grünen „Start-ups“ sowie die Vernetzung von Unternehmen der Region kann klimaschutzdienende Innovationen fördern und den künftigen Wohlstand der Wirtschaftsregion sichern. Insbesondere mit dem Landkreis Würzburg besteht in Teilbereichen bereits eine sehr intensive Zusammenarbeit, die auf Grundlage einer Kooperationsvereinbarung erfolgen (Beispiele sind gemeinsame Veranstaltungen, gemeinsame Beratungsangebote oder die Zusammenarbeit im Rahmen der lokalen Agenda21). Vorschläge zur Intensivierung der interkommunalen Zusammenarbeit finden sich in verschiedenen Handlungsfeldern (z.B. Prüfung des Aufbaus einer interkommunalen Energieagentur im Handlungsfeld Wohnen oder die Zusammenarbeit mit der Region Mainfranken im Handlungsfeld Konsum und Abfall). Für die hier relevante Fragestellung einer systematisch gemeinsam initiierten Minderung von Treibhausgasemissionen durch konkrete Maßnahmen bzw. der gemeinsamen Förderung von Kohlenstoffsinken bieten sich unterschiedliche Möglichkeiten (vgl. Maßnahmenblatt). Einige zentrale Vorschläge sind:

- Der Ausbau landwirtschaftlicher Kohlenstoffsinken

Dieser Ausbau kann nur in Kooperation mit Akteuren aus der Landwirtschaft erfolgen. Hierzu sollten entsprechende Gespräche geführt und Umsetzungsstrategien entwickelt werden. Wichtig ist dabei auch ein begleitendes Monitoring (Erfassung der Senken und möglicher Quellen) zu etablieren. Ggf. könnte dieses Thema auch in die Kooperation mit der neuen Öko-Modellregion Landkreis Würzburg einfließen..

- Aufbau einer Erneuerbare-Energie-Region

Beim Strombezug ist die nationale und internationale Vernetzung im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Stabilität wichtig. Dennoch kann es sinnvoll sein, auf lokaler oder regionaler Ebene jedenfalls bilanziell eine Produktion von Strom (und Wärme) aus erneuerbaren Quellen anzustreben, die in Summe mindestens dem Verbrauch entspricht. Ggf. kann zudem versucht werden, über eine

Speicherung Nachfrage und Angebot soweit wie möglich zur Deckung zu bringen, wobei eine vollständige Autarkie im Regelfall nicht möglich ist. Die durchgeführten Analysen zeigen: die Erzeugung einer Strommenge aus erneuerbaren Quellen, die dem Verbrauch entspricht, wird allein im Stadtgebiet auch mittelfristig nicht möglich sein. Dies entspricht dem Bild, welches auch in anderen urbanen Gebieten angetroffen wird: ein Import von erneuerbarer Energie ist erforderlich. Eine Möglichkeit mit dieser Herausforderung umzugehen, ist der Zusammenschluss von Gemeinden und Landkreisen zu Erneuerbare-Energie-Regionen (vgl. Z.B. das Projekt Region-N), um gemeinsam Einsparpotenziale zu heben und die Nutzung erneuerbarer Energien auszubauen. Ein solcher Zusammenschluss kann auch für die Region Würzburg eine Option darstellen. Gelingt es, den Ausbau erneuerbarer Energien an der Stromproduktion über den Bundesmix hinaus zu beschleunigen, so könnten die resultierenden THG-Minderungen zur Schließung der Deckungslücke herangezogen werden.

Auf der Ebene **globaler Partnerschaften**, wird Würzburg seine Mittel weiterhin dafür einsetzen, um mit Städten und Kommunen des „Globalen Südens“ zusammenzuarbeiten. Dafür möchte es sinnvolle Klimaschutzprojekte fördern, bestehende Partnerschaften vertiefen und neue Bündnisse eingehen. Die Partnerschaft mit der tansanischen Stadt Mwanza besteht dabei bereits seit 1966 und wird von beiden Seiten mit großer Wertschätzung gepflegt. Seit 2011 haben die Städte im Rahmen des SKEW-Projektes Klimapartnerschaften ihre Zusammenarbeit verfestigt und gemeinsam Projekte, u.a. zur Erzeugung von Solarstrom auf kommunalen Dächern in Mwanza und zum Ersatz von kerosinbetriebenen Lampen in der örtlichen Fischerei, erfolgreich umgesetzt. Mögliche Projekte in der Zukunft betreffen die Abfallbeseitigung, die Förderung der Kreislaufwirtschaft, die Wasserversorgung sowie weiterhin der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

Senken

Anfang des Jahres 2018 wurde die Beförsterung des Stadtwaldes neu organisiert und ein eigens für die Pflege des Stadtwaldes zuständiger Stadtförster eingestellt. Das formulierte Leitbild besteht dabei in der grundsätzlich ökologischen Bewirtschaftung des Waldes mit ökonomischer Komponente. Ein Großteil der Waldfläche in Würzburg befindet sich im Stadtbesitz und unterliegt somit ausschließlich den Entscheidungen der kommunalen Administration.

Die nachhaltige Entwicklung des Stadtwaldes wird vorangetrieben. Der gegenwärtige Holzbestand mit hohem Laubholzanteil wird geschützt. Eine Kompensation derjenigen Bäume und Vegetationsstrukturen wird geleistet, welche Unwetterereignissen oder Trockenheit zum Opfer fielen. Die Gestaltung der Baumzusammensetzung wird nach dem Anspruch der klimatischen Resilienz eines in Zukunft gesunden Waldes umgesetzt.

Die Kommune kann in aufklärender und informativer Weise zur Förderung der natürlichen Senke Boden beitragen, darunter auch durch Projekte zu klimagesunden Weinbergen und humusanreichernder Landwirtschaft in der Region. Zusätzlich zur Unterstützung der natürlichen Senken Wald und Boden will die Kommune Projekte unterstützen oder selbst durchführen, welche auf fortschrittliche Weise die Kohlenstoffsequestrierung aus der Atmosphäre vorantreiben.

Die kommunale Forstwirtschaft realisiert die bestehenden Aufforstungspotentiale. Im Laufe der nächsten 30-40 Jahre werden 50 ha Flächenpotential, welches sich gegenwärtig im Stadtbesitz befindet, aufgeforstet. Verschiedene Studien befassen sich mit der Senkenwirkung neu aufgeforsteter Flächen. Eine Studie des Thünen-Instituts für das BMEL ermittelt eine äquivalente Kohlenstoffsequestrierung von 4,2 t CO₂/(ha*a) [BMEL 2016], das Öko-Institut bestimmt einen Wert von 7,3 t CO₂/(ha*a) fest [DENA 2021].

Der flächenbezogene Holzvorrat im Wald wird angereichert, ohne dass von außen richtungsweisend in die Vegetationsentwicklung eingegriffen wird. Durch natürliches Wachstum soll sich der Wald auf eigenständige Weise verjüngen. Externe Eingriffe durch Pflanzung oder Umstrukturierung werden minimiert. Dies ist möglich, da der Stadtwald in Würzburg bereits über einen wünschenswert hohen Anteil an Laubholz von 80 % verfügt. Es wird angestrebt, den natürlichen Holzvorrat im Wald im Laufe der nächsten 25-30 Jahre um 100-150 m³/ha zu steigern. Danach soll die Bewirtschaftung in den Gleichgewichtsbetrieb übergehen.

Moore stellen in Bayern sehr bedeutende Kohlenstoffsinken dar. Durch eine umfassende Trockenlegung („Melioration“) in der Vergangenheit haben allerdings viele Moorflächen ihre Funktion als Kohlenstoffspeicher und -senke verloren. Daher ist die Wiedervernässung von Mooren – z.B. durch eine moorverträgliche landwirtschaftliche Nutzung – ein zentraler Bestandteil im Maßnahmenpaket der Klimaschutzoffensive der Bayerischen Staatsregierung (Aktionsfeld Natürliche CO₂-Speicherung). Eine sehr vielversprechende Klimapartnerschaft würde daher in der Beteiligung der Stadt Würzburg an Projekten zur Wiedervernässung von Mooren in Bayern bestehen.

Bestandteile

Bestandteil des Handlungsfeldes sind drei Maßnahmen. Die erste Maßnahme (M 7.1) umfasst eine strategische Entwicklung einer Kompensationsstrategie sowie der Aufbau eines Kompensations-Fonds, der primär zur Finanzierung der entwickelten Ansätze dienen soll. Die zweite Maßnahme (M 7.2) betrifft die „kooperativ-positiven“ Effekte außerhalb des unmittelbaren Einflussbereichs der Stadt Würzburg und umfasst neben regionalen und internationalen Elementen auch Verantwortung in einer zeitlichen Dimension- die mit der nächsten Generation. Die dritte Maßnahme (M 7.3) richtet sich an das Erzielen von „negativen Emissionen“ durch die Stärkung natürlicher und lokaler CO₂-Senken. Im Fokus stehen hier der Stadtwald, die Weinberge sowie die Landwirtschaft.

Tabelle 33 Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Kompensation und Klimapartnerschaft
Quelle: IE Leipzig 2021

 Handlungsfeld Kompensation und Klimapartnerschaft	
7.1 Kompensation strategisch entwickeln	7.1.1 Entwicklung einer Kompensationsstrategie
	7.1.2 Aufbau eines Kompensations-Fonds
7.2 Partnerschaft und Kooperation für Klimaschutz aufbauen, stärken und leben	7.2.1 Interkommunal
	7.2.2 Mit der nächsten Generation
	7.2.3 Mit dem Globalen Süden
7.3 Stärkung natürlicher, lokaler CO₂-Senken	7.3.1 Pflege und Ausbau des Stadtwaldes
	7.3.2 Klimagesunde Weinberge, Humusanreicherung in der Landwirtschaft und innovative Projekte

Empfehlungen

Kompensation

- Es ist wichtig zu bedenken, dass eine Kompensationsstrategie wertebasiert entwickelt werden muss und Fragen in Bezug auf Gerechtigkeit, Verantwortung und Möglichkeiten beantworten muss.
- Kompensationen können für den Bereich „Stadtverwaltung“ eine probate Übergangsstrategie sein, wenn sich Klimaschutzziele nicht bis zum vorgegebenen Zieljahr erreichen lassen. Sie ist aber kein Ersatz für eine umfängliche Klimaschutzpolitik.

Klimapartnerschaften

- Bevor Partnerschaften und Kooperationen eingegangen werden können, braucht es eine Vernetzung aller beteiligten potenziellen Akteure. Durch das Schaffen von Austauschräumen und Foren können langfristige Interessen und Ziele besser abgestimmt werden
- Die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Städten, Unternehmen und Akteuren verspricht grundsätzlich ein größeres Problemlösungspotenzial, dennoch müssen laufenden Projekte stets auf ihre tatsächlich erbrachten THG-Minderungen überprüft werden. Wichtiger, als das Bekenntnis zu öffentlichkeitswirksamen Partnerschaften ist, ob Projekte einen langfristigen Nutzen, sowohl für das Klima, als auch für die beteiligten Partner haben.

-
- ➔ Dabei gilt besonders im Hinblick auf Kooperationen mit Partner aus dem „Globalen Süden“, dass gemeinsame Klimaschutzprojekte ortsspezifische Probleme angehen und zu ihrer Lösung unmittelbar beitragen sollten.

Senken

- ➔ Natürliche Quellen und Senken haben an Relevanz gewonnen. Sie können einen Beitrag zum Ausgleich nicht vermeidbarer THG-Emissionen leisten [Agora 2021b]. Noch befindet sich die valide Bilanzierung natürlicher Senken am Anfang. Da die Entwicklung einer natürlichen Senke ausschließlich als Änderung berechnet werden kann, ist eine strukturierte Aufzeichnung relevanter Daten unerlässlich.
- ➔ Ein ausreichender Jagdbetrieb sollte sichergestellt werden, um eine natürliche Verjüngung des Waldes zu ermöglichen. Der Wald ist nur in der Lage sich zu erneuern, wenn seine Jungbäume nicht durch Wildverbiss zu Schaden kommen.
- ➔ Gegenwärtig besteht ein Zuwachs des Holzvorrats von 8-10 m³/(ha*a). Davon wird etwa die Hälfte zur rohstofflichen Nutzung entnommen. Zur Stärkung der Holzwirtschaft in der Region und der Förderung klimaschonender Bauweise wird die Nutzung dieser Holz mengen im lokalen Baugewerbe beworben. Auf diese Weise kann ein natürlicher, ökologischer Ausbau der lokalen Senke Wald mit einer ökonomischen Bewirtschaftung verbunden werden, welche Holz als nachhaltig erzeugten Rohstoff vermarktet.
- ➔ Der gegenwärtige Totholzvorrat im Wald soll von 15 m³/ha auf 30 m³/ha aufgestockt werden. Aufgrund vermehrter Unwetterereignisse und Trockenheitsperioden besteht im Wald ein vermehrtes Totholzaufkommen. Es kann genutzt werden, um Humusgehalt und damit die Kohlenstoff- und Wasserspeicherfähigkeit des Bodens zu erhöhen sowie Trockenheit vorzubeugen.
- ➔ Eine nachhaltige, kohlenstoffanreichernde Wirtschaftsweise sollte möglichst auf allen Waldflächen im Stadtgebiet praktiziert werden; dazu sollte ein Dialog mit den lokalen Waldeigentümmern und -eigentümern geführt werden. Zudem kann die Erweiterung des Stadtwaldes zu Zukauf eine Option darstellen.
- ➔ Der Bau einer Pyrolyseanlage zur Herstellung von Pflanzenkohle aus Grünschnittabfällen und Pflanzenresten, welche in der Kommune anfallen, sollte geprüft werden. Durch die Herstellung von Pflanzenkohle mittels Pyrolyse wird Kohlenstoff in stabiler Weise über mehrere Jahrhunderte aus der Atmosphäre gebunden [DENA 2021]. Da Grünschnitt- und Biomasseabfälle in allen Kommunen anfallen, empfiehlt es sich, eine Zusammenarbeit mit weiteren Kommunen der Region anzustreben.

Wichtige nächste Schritte

- Umfassende und verantwortungsvolle Kompensationsstrategie entwickeln, die Zeitpunkt, Umfang, Betrachtungsebene sowie Entwicklungspfad (Absenkung) für mögliche Kompensationen festlegt.
- Klimapartnerschaft mit der Stadt Mwanza (und ggf. Weiteren Kommunen im globalen Süden) intensivieren, neue Projektvorschläge ausarbeiten und gemeinsam umsetzen.
- Mit Umland (Landkreis Würzburg, Nachbarkommunen) austauschen und Fördermöglichkeiten/Programme im Bereich des interkommunalen Klimaschutzes ausloten.
- Möglichkeiten zur kontinuierlichen Erfassung der Kohlenstoffquellen und -senken durch die Bodennutzung im Stadtgebiet gemeinsam mit universitären Partnern entwickeln und ein kontinuierliches Monitoring etablieren.
- Unmittelbare Prüfung und Durchführung der Aufforstung neuer Waldflächen. Wald als langfristig wachsendes System sehen: Heute werden die Einsparungen von morgen in die Wege geleitet.
- Fortführung der ökologischen Waldwirtschaft und klare Absprache mit dem Jagdverband zum Ziel gegenseitiger Anpassung von Jagd- und Waldwirtschaft

5.10 Handlungsfeld Bildung und Kultur

Relevanz und THG-Minderungspotenzial

Das Handlungsfeld Bildung und Kultur soll dem ganzheitlichen Anspruch des Klimaschutzkonzeptes gerecht werden. Mit Bildung soll im Folgenden spezifisch Umweltbildung gemeint sein. Unter Kultur werden alle Bereiche der Kunst, der Musik, des Theaters- und Schauspiels, sowie auch kreative Medienschaaffende und Einzelkünstler*innen zusammengefasst.

Die Relevanz von Bildung liegt in ihrem transformativen Potenzial. Sie kann Wissen vermitteln, Probleme benennen, Lösungen aufzeigen und so zu langfristigen Einstellungs- und Verhaltensänderungen führen, die für die Umsetzung des Klimaschutzes von zentraler Bedeutung sind. Der Umweltbildung, oder auch Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) kommt dabei eine besondere Aufgabe zu. Sie kann zum Verständnis globaler Zusammenhänge beitragen, motiviert spielerisch zur klimafreundlicheren Ausrichtung von Alltagspraktiken und fördert wichtige Gestaltungs- und Sozialkompetenzen. [Ministerium für Klimaschutz & Umwelt, Nordrhein-Westfalen, 2015]

Die Kultur gilt seit jeher als Raum, in welchem alternative Lebensformen präsentiert werden, sowie die Frage, wie wir leben wollen, reflektiert und kritisch diskutiert wird. Das subtile Transformationspotenzial haben Kultur und Bildung gemeinsam. Durch das Erleben von künstlerischen Formaten können Emotionen erweckt und eine persönliche Verbindung zu den Themen Klima-, Umweltschutz und Nachhaltigkeit hergestellt werden, was eine sinnvolle Ergänzung zu den klassischen Vermittlungsangeboten wie Informationskampagnen darstellt. Die Ausprägung subjektiver Bedeutungsperspektiven, die Stärkung der eigenen Reflexionsfähigkeit und die Herausbildung von Gestaltungskompetenzen - diese Ziele hat die kulturelle Bildung mit der BNE gemeinsam, nur, dass erstere den Fokus verstärkt auf die kreative Auseinandersetzung mit Klimaschutz legt [Bonde, Fuhrmann, 2021].

Mit der Umweltstation hat die Stadt bereits seit 1990 ein didaktisch und inhaltlich gut aufgestelltes Zentrum für Umweltbildung. Sie ist verantwortlich für Abfall- und Umweltberatung und richtet ihre Umweltbildungsangebote an alle Altersklassen und Zielgruppen. Ihre strategische Bedeutung zeigt sich nicht zuletzt an ihrer Rolle als Koordinationsstelle für die „Lokale Agenda 21“ [Stadt Würzburg]. Die Umweltstation der Stadt Würzburg kooperiert zudem eng mit den Umweltstationen Ökohaus Würzburg und Tierpark Sommerhausen.

Auch besitzt Würzburg eine große und diverse Kulturszene, welche von höherer Bedeutung für die Region Unterfranken ist. So ist das von der Stadt veranstaltete „Mozartfest“ eines der renommiertesten Klassikmusikfestivals, während das „Africa Festival“ für afrikanische Musik und Kultur sogar das größte seiner Art in Europa ist. Dazu hat die Stadt eine der höchsten Theaterdichten in ganz Deutschland. Um das Thema Klimaschutz breiter zu verankern, haben Stadt und Kulturträger bereits einen wichtigen Schritt unternommen

und mit der Gründung des Klimabündnisses „KlimaKultur“ einen zukunftsorientierten Rahmen geschaffen. In diesem sind neben dem Kulturreferat, den städtischen Kultureinrichtungen, dem Umwelt- und Klimareferat auch der Dachverband Freier Würzburger Kulturträger und einzelne Freie Kultureinrichtungen vertreten.

Wenngleich Emissionen im Bildungsbereich schwierig bis kaum zu quantifizieren sind, ist die langfristige Bedeutung von Bildung nicht zu unterschätzen, da zukünftige Werte und Verhaltenseinstellungen zu Konsummustern beitragen werden. Im Kulturbereich lassen sich allgemein klar zu benennende Emissionsausgaben - und damit verbunden - Einsparpotenziale ermitteln (siehe Abbildung). Ein Großteil der THG- Emissionen im Kulturbereich wird durch Mobilität wie beispielsweise Kunsttransporte, An- und Abfahrten der Kunstschaffenden, Mitarbeiter*innen, Zuschauer*innen oder durch Dienstreisen verursacht (Scope 3). Aber auch Heizungen auf Grundlage fossiler Energien, Klimatisierungen und die Strombereitstellung (Scope 1 und Scope 2), wie ausgewählte Bilanzen von Kultureinrichtungen exemplarisch zeigen, sind je nach Art der Kultureinrichtung wichtige Stellschrauben [Kulturstiftung des Bundes, 2021].

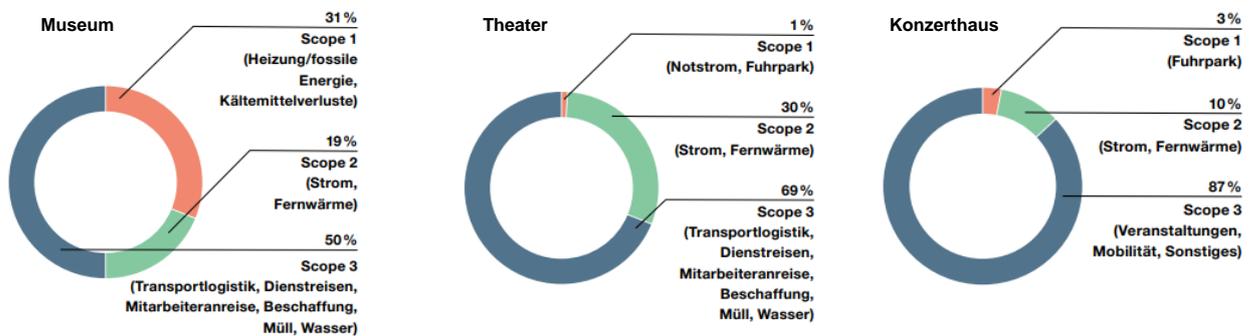


Abbildung 68: Beispielhafte Klimabilanzen in Kultureinrichtungen
Abbildung 69: Beispielhafte Klimabilanzen in Kultureinrichtungen

Quelle: Darstellung IE Leipzig basierend auf Kulturstiftung des Bundes (2021: S27 ff). Klimabilanzen in Kulturinstitutionen

Strategische Zielsetzungen

Das Ziel einer Erweiterung der Umweltbildungsangebote wird durch den verstärkten Einsatz finanzieller Mittel gewährleistet. Investitionen in geschultes Personal, Materialien und technische Infrastruktur werden die Professionalisierung des Bildungsbereiches vorantreiben. Gleichzeitig tragen Bildungsk Kooperationen zwischen Dienststellen, Bildungseinrichtungen, freien Umweltbildner*innen und weiteren Multiplikatoren zur Herausbildung eines stabilen Netzwerkes innerhalb der Stadt bei. Die bereits bestehenden Angebote der Umweltstation werden noch besser eingebunden und beworben.

Durch das Miteinbeziehen der wichtigsten städtischen und freien Akteure des Kulturbereiches wird die langfristig nachhaltige Ausrichtung der Kulturarbeit strategisch implementiert und der



Erfahrungsaustausch zwischen allen Beteiligten gewährleistet. Von besonderem Stellenwert sind dabei strategische Bündnisse, überregional und national. So ist Würzburg dem bundesweite Aktionsnetzwerk „Nachhaltigkeit in Kultur und Medien“ beigetreten. Nachhaltigkeit im Kultursektor wird sowohl auf betriebswirtschaftlicher als auch auf ökologischer Sicht in den Mittelpunkt gerückt werden. Hilfreich bei der Koordination von Pilotprojekten und dem allgemeinen Informationsaustausch wird dabei die institutionelle Verankerung des Bündnisses „KlimaKultur“ sowie dessen Zusammenarbeit mit dem Kultur- und dem Umwelt- und Klimareferat sein.

Im Handlungsfeld sollen breitgefächerte Umweltbildungsangebote sowohl von öffentlicher als auch von privater Seite angeboten werden. Bildung und Kultur werden dabei als wichtige Elemente gesehen, um die Motivation für Klimaschutz zu stärken. Als Multiplikatoren und Vorbilder können Kunstschaffende als auch Bildungsbeauftragte eine wichtige Vorreiterrolle annehmen, um zum Beispiel Kinder, Jugendliche und Senior*innen durch unterhaltsame und niedrigschwellige Angebote zu erreichen. Der Kulturbereich zeichnet sich zudem durch eine hohe soziale „Vermischung“ mit Menschen unterschiedlichster Milieus und Schichten aus. Das Potenzial dieser Multiplikatoren, Menschen zu erreichen, die tendenziell weniger empfänglich für behördliche Botschaften sind, kann einen Beitrag leisten, die Klimaschutzziele der Stadt zu erfüllen.

Dabei soll es nicht darum gehen, kulturellen Räumen und Kunstschaffenden ihre nötige und wichtige kreative Freiheit zu nehmen, sondern vielmehr die bereits in weiten Teilen von Künstlerinnen und Künstlern verinnerlichteten Überzeugungen zum Klimaschutz zu aktivieren und Arbeitsformen und Kulturangebote in diesem Bereich zu fördern.

Besonders wichtig wird es sein, in Kooperation mit Kunstschaffenden und Bildungsbeauftragten passende Angebotsformate bereit zu stellen, sowie diese entsprechend zu fördern. Zur konkreten Reduktion der THG-Emissionen gilt es, die Energieeffizienz von Kulturgebäuden an dem zur Erreichung der Klimaziele erforderlichen hohen Standard anzupassen sowie Kunst- und Kulturproduktion sowie Kulturveranstaltungen so klimaverträglich wie möglich zu organisieren. Dabei weist das Ziel von energieeffizienten Kulturgebäuden eine Überschneidung mit der im Themenfeld Stadtverwaltung nahegelegten Maßnahmen auf, die sich auf eine nachhaltige Sanierung der eigenen Liegenschaften sowie ein modernes Energiemanagement beziehen.

Kunst- sowie Kulturbetriebe, Kunstproduktion und Kunst- und Kulturveranstaltungen, welche besonders CO₂-arm geplant und durchgeführt werden, sollen durch Anreize und Förderprogramme unterstützt werden. Dabei gilt das Prinzip der Motivation und Aktivierung durch gezielte Fördermaßnahmen, mittelfristig ggf. ergänzt um entsprechende Förderauflagen. Auflagen für die Kunst selbst darf es nicht geben, eine Relativierung der grundgesetzlich garantierten Kunstfreiheit ist ausgeschlossen. Ebenso dürfen die kulturelle Vielfalt und Diversität der Kultur nicht beeinträchtigt werden.

Um eine adäquate Umweltbildung betreiben zu können, werden Gestaltungs- und Handlungskompetenzen auf Seiten der Lehrkräfte und Bildungsbeauftragten gezielt gefördert und unterstützt, damit relevantes

Wissen und „Skills“ an die Teilnehmenden von Bildungsangeboten weitergegeben werden können. Ziel ist es, Wissen und Kompetenzen auszubilden, welche als nützliches Werkzeug zur Lösung gegenwärtiger und zukünftiger Herausforderungen des Klimaschutzes dienen können. Netzwerke und Bildungs Kooperationen werden helfen, Doppelarbeiten zu vermeiden sowie langfristige Prioritäten abzustimmen.

Bereits existierende, konkrete Angebote wie Naturerfahrungsräume, Grüne Klassenzimmer und Naturraumpatenschaften werden auf eine Gesamtstrategie abgestimmt.

Durch eine breite Integration aller relevanten Akteure aus dem Kunst-, Kultur- und Bildungsbereich können so Synergie-Effekte erzielt werden. Dabei wird der dem Kulturbereich immer auch mitprägende Bildungsanspruch ebenso gestärkt wie die Umweltbildung als Beitrag zur (politischen) Kultur.

Bestandteile

Das Maßnahmen set im Handlungsfeld „Bildung und Kultur“ umfasst die Maßnahme 8.1 „Kultur mischt sich ein“, in der Freiräume und Plattformen für ein „anders machen“ geschaffen und gefördert werden sollen. Die Stadtverwaltung geht auch in diesem Bereich als Vorbild voran. Bestehende Angebote der Umweltstation sollen in diese Maßnahmen eingebunden werden.

Die Maßnahme 8.2 „Umwelt- und Klimakompetenz durch nachhaltige Umweltbildung stärken“ empfiehlt ein Erweitern der Gestaltungs- und Handlungskompetenzen in Kooperation mit Botschaftern, Lehrkräften, gemeinsamen Plattformen sowie Bildungseinrichtungen.

In der Maßnahme 8.3 „Kulturgebäude und Kulturveranstaltungen senken ihren CO₂-Abdruck“ sind Hilfestellungen und Förderungen aufgenommen, um ausgehend von Analysen (Bilanzen, CO₂-Fußabdruck) die Gebäude, den Betrieb sowie Kulturveranstaltungen selbst an dem übergeordneten Ziel der Klimaneutralität auszurichten.

Tabelle 34 Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Bildung und Kultur
Quelle: IE Leipzig 2021

 Handlungsfeld Bildung und Kultur	
8.1 Kultur mischt sich ein	8.1.1 Bühne frei für die KlimaZukunft
	8.1.2 Ideen und Konzepte erfahrbar machen
	8.1.3 Natürlichkunst: Natur und Klimaschutz lernen und erleben
	8.2.1 Klimaschutz lernen

8.2 Umwelt- und Klimakompetenz durch nachhaltige Umweltbildung stärken	8.2.2 Völlig aus dem Häuschen: Sich selbst als Teil von Umwelt und Natur erleben und begreifen
	8.2.3 Strukturelle Optimierungen der Bildungsk Kooperationen
8.3 Kulturgebäude und Kulturveranstaltungen senken ihren CO₂-Abdruck	8.3.1 Energieeffiziente Kulturgebäude
	8.3.2 Kulturveranstaltungen werden klimaneutral

Empfehlungen

- Die Bedeutung des Handlungsfelds Bildung und Kultur sollte für das iKK aufgrund des Potentials einer nachhaltigen Multiplikatorenfunktion nicht unterschätzt werden. Insbesondere (Umwelt-) Bildung muss strategisch langfristig konzipiert werden, da sich Bildungseffekte erst in langen Zeitreihen bemerkbar machen und somit stets Investitionen in das zukünftige Humankapital einer Gesellschaft sind.
- Es wird empfohlen, die städtischen Personalressourcen zu erhöhen, zu qualifizieren und entsprechende Fördermöglichkeiten zur Unterstützung von Transformationsprozessen in städtischen und Freien Einrichtungen bereitzustellen.
- Bildung und Kultur sind durch ihre Lebensnähe wichtige Vehikel einer „großen Transformation“.
- Insbesondere für Gebäudesanierungen sowie die klimafreundliche Transformation der Kulturbetriebe, ihrer Produktionsprozesse und Veranstaltungen müssen konkrete Hilfestellungen (z.B. in Kooperation der Stadt mit Stakeholdern und Berater*innen) angeboten werden, welche sich auch an der Bereitstellung von Fördertöpfen und Finanzierungsmaßnahmen messen lassen müssen.
- Für die Umsetzung von klimafreundlichen oder gar THG-neutralen Veranstaltungen müssen für städtische und für Freie Einrichtungen Kapazitäten für Modellbilanzen geschaffen werden. Kulturvereine, Museen, Bibliotheken und Theater unterscheiden sich in ihren Emissionsstrukturen teils sehr, und bedürfen einer soliden Ausgangsbasis für das Entwickeln von Maßnahmen.
- Allgemein liegen in den Bereichen „Heizen“, „Klimatisierung“, „Strom“ und „Mobilität“ die höchsten Einsparpotenziale, sodass diese Bereiche eine hohe Priorität bei der Umsetzung genießen sollten.

Wichtige nächste Schritte

- Förderangebote für städtische und Freie Einrichtungen entwickeln und mit ausreichend Mitteln versehen
- Organisatorische Voraussetzungen auf Ebene der Stadtverwaltung schaffen
- Inhalte, Prioritäten und Methoden für die Umweltbildung weiterentwickeln und ausbauen

-
- Personalkapazitäten, insbesondere der Umweltstation stärken, Transformationskompetenz der Beschäftigten in städtischen und freien Einrichtungen durch Fortbildungen entwickeln
 - CO₂- Fußabdruck bei städtischen Veranstaltungen und kulturellen Liegenschaften erfassen
 - Energieberatung für Gebäude und Einrichtungs- sowie Produktionsprozesse veranlassen
 - Klimabilanzierungen und Implementierung von passgenauen Klimastrategien in die Betriebs- und Produktionsprozesse der städtischen und Freien Kultureinrichtungen koordinieren und fördern im Rahmen des Bündnisses „KlimaKultur“
 - Pilotprojekt zur energetischen Sanierung eines städtischen „Kultur-Gebäudes“ erstellen
 - Einrichtungen und Akteure durch Ausschreibungen, Wettbewerbe und Förderprogramme motivieren und unterstützen klimarelevante Themen in der Kunst- und Kulturarbeit aufzugreifen

5.11 Handlungsfeld Kommunikation, Beteiligung, Soziales

Relevanz und THG-Minderungspotenzial

Die gesellschaftlich auf allen Ebenen zu erwartenden Systemveränderungen hinsichtlich des Klimaschutzes stellen das Handlungsfeld „Kommunikation, Beteiligung, Soziales“ in den Mittelpunkt des Verhältnisses zwischen Stadtverwaltung und Zivilgesellschaft. Kommunikation meint damit alle internen (innerhalb der Stadtverwaltung) und externen (zu Bürger*innen und Zivilgesellschaft) gerichteten Prozesse der Information, des Dialoges und des Zusammenwirkens. Unter Beteiligung wird die aktive und permanente Integration der Bürger*innen und zivilgesellschaftlichen Akteure in politische Entscheidungsfindungen verstanden. Dabei soll auch Wert auf soziale Gleichheit und Teilhabe gelegt werden.

Die Relevanz von „Kommunikation“ liegt dabei in ihrer ambivalenten demokratischen Funktion. Zum einen haben Bürger*innen sowie alle nichtstaatlichen Akteure ein Recht auf Transparenz, d.h. Information zu den Planungen der Stadt. Eine authentische und transparente Kommunikation ist die Grundlage für einen demokratischen Diskurs. Kommunikation bedeutet hierbei Information. Zum anderen ist es der Anspruch einer Demokratie, nicht nur im Alleingang Entscheidungen durchzusetzen, sondern die Öffentlichkeit aktiv in die Gestaltung der Zukunft miteinzubeziehen. Kommunikation heißt in diesem Kontext Beteiligung.

Rund zwei Drittel (64 %) der Menschen in Deutschland schätzen Umwelt- und Klimaschutz als eine sehr wichtige Herausforderung ein – 11 Prozentpunkte mehr als im Jahr 2016 (BMU, 2018). Entgegen dieser allgemein positiven Haltung zur Relevanz des Klimaschutzes, verursachen Komplexität, Dimension und zu erwartende Auswirkungen des Klimawandels oftmals Gefühle von Überforderung, Angst und Ohnmacht, welche eine psychologische Hürde für klimasensibles Verhalten darstellen (Baumann et al. 2016). Ziel von Klimakommunikation ist es daher, aufzuklären und Wissen zu vermitteln und gleichsam Wege zu finden, um die Handlungsbereitschaft bei Individuen und Gruppen zu erhöhen. Überdies können Beteiligungsformate helfen, Vertrauen bei allen Zielgruppen aufzubauen, Vorurteile und Missverständnisse zu minimieren und die Akzeptanz politischer Beschlüsse zu bestärken.

Minderungspotenziale im Handlungsfeld „Kommunikation, Beteiligung, Soziales“ sind nicht quantifizierbar. Dennoch haben die hier gebündelten Maßnahmen eine übergeordnete strategische Bedeutung, die sich über viele weitere Handlungsfelder erstrecken (Abbildung 69).

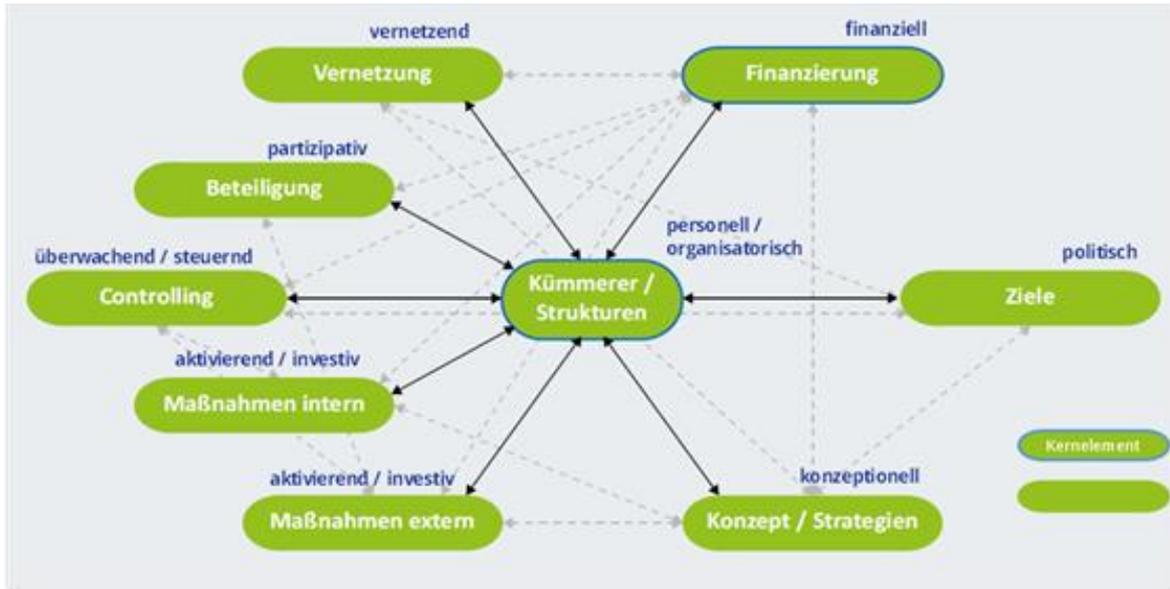


Abbildung 70: Kommunikation als verbindendes Element beim Klimaschutzmanagement

Quelle: eigene Darstellung nach ifeu-Institut Heidelberg 2020 Klima-Kompakt

Zivilgesellschaftliche Akteure brauchen Informationen, um ihre Meinungen und Interessen zu formulieren, gleichzeitig aber auch Foren, in welche sie diese auch einbringen können. Kommunikation hilft, eine solide Basis für das bestmögliche politische Ergebnis zu schaffen, wenn die breite Öffentlichkeit über externe Kommunikation eingebunden wird. Zugleich sollte aber auch innerhalb von Verwaltungsstrukturen, in der Interessensfindung zwischen Parteien, Referaten und Verwaltungsebenen ein intensiver Austausch erfolgen. Hier gilt: Je besser ein Akteur in Entscheidungen eingebunden ist und Verantwortung übertragen wird, desto wahrscheinlicher werden Beschlüsse eingehalten und an ihrer Verwirklichung gearbeitet (Baumann et al 2016).

Eine breite Integration Vieler in die kommunale Klimaschutzpolitik ist die Verwirklichung eines demokratischen Ideals und führt zu höherer Wirksamkeit. Auch innerhalb von Verwaltung und Politik gilt es, das Thema Klimaschutz in den Ressorts stärker zu verankern, die dies bisher noch nicht als ihre Verantwortung gesehen haben („Mainstreaming“).

Mit „Soziales“ soll nicht nur die breite gesellschaftliche Partizipation und Aktivierung für Klimaschutzpolitik gemeint sein. In Bezug auf einkommensschwächere Haushalte sind vor allem monetäre Entlastungen und Beratungsangebote von Bedeutung. Diese sind sozial gerecht, denn insbesondere die Menschen mit einem geringen sozioökonomischen Status haben in den letzten 30 Jahren verhältnismäßig am meisten zu Emissionseinsparungen beigetragen (Abbildung 70).

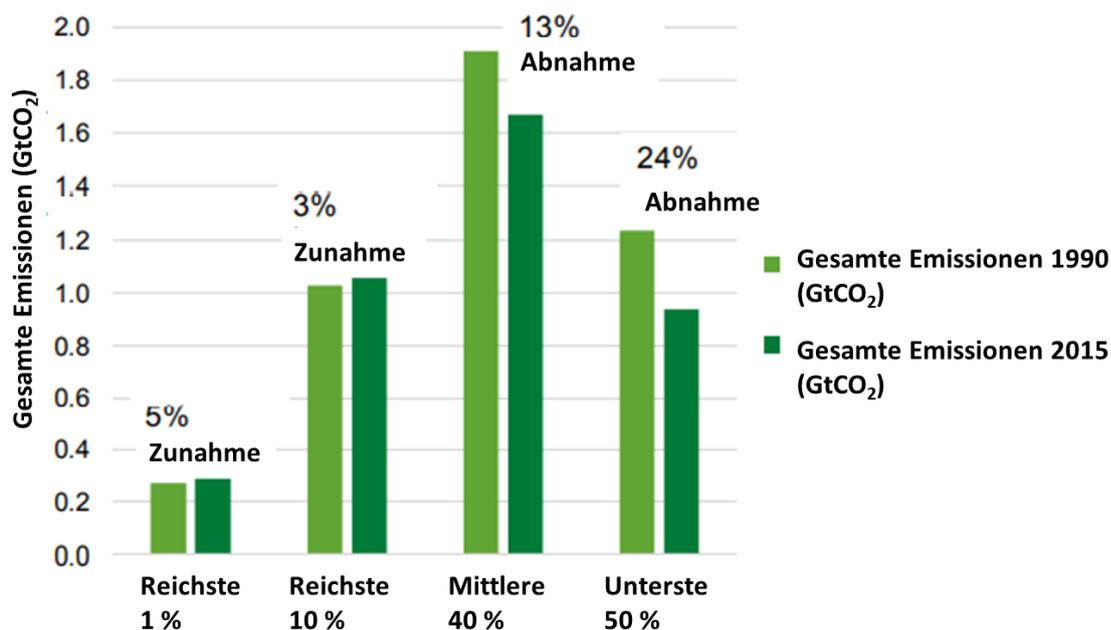


Abbildung 71: Gesamte CO₂-Emissionen in der EU nach vier Einkommensgruppen 1990 und 2015

Quelle: : Oxfam "Confronting Carbon Inequality in the European Union", Dezember 2020

Strategische Zielsetzungen

Ziel ist es, durch das Schaffen von Foren und Netzwerken eine gute Infrastruktur für partizipative und informative Prozesse zu schaffen. Die Vernetzung der relevanten Akteure, primär der Bürger*innen, Multiplikatoren und Initiativen wird im Vordergrund stehen und somit die Grundlage für dauerhafte Beteiligungsformen schaffen.

Die zweite strategische Ausrichtung für die externe Kommunikation wird auf einen gesellschaftlichen Wertewandel setzen, in dem Aspekte, Chancen und Benefits des Klimaschutzes in der Lebenswirklichkeit der Stadtgesellschaft zunehmend identifiziert, kommuniziert und implementiert werden. Dabei spielt u. a. die Entwicklung einer Vision, welche auch als Teil einer übergeordneten Kommunikationsstrategie fungieren kann, eine zentrale Rolle. Diese Vision wird handlungsmotivierend formuliert sein. Ein umfassender Beteiligungsprozess wird die Zivilgesellschaft aktivieren sowie die Legitimation der Vision erhöhen. Um den positiven Wert des Klimaschutzes hervorzuheben, werden zudem positive „Framings“ und Narrative entwickelt. Diese werden unmittelbare Lebensbezüge aufgreifen und zur Identifikation mit der Vision beitragen. Die Stadt ist sich dabei ihrer Vorbildfunktion bewusst und wird mit gutem Beispiel vorangehen, um die Authentizität der Vision zu bestärken. Zur Setzung weiterer positiver Reize werden die Verleihung von

Preisen und Auszeichnungen dienen. Diese lassen sich besonders gut für Schulklassen, den universitären Bereich sowie im Bereich der Forschung realisieren. Wettbewerbe sollen sich dabei thematisch an den kommunalen Gegebenheiten orientieren und neue Lösungswege aufzeigen.

Im Hinblick auf die interne Kommunikation werden Personen und Institutionen vor Ort eingebunden. Referatsübergreifender Austausch in Form von Netzwerken und regelmäßigen Treffen hilft, Ziele und Maßnahmen besser zu koordinieren. Ansprechpartner mit flexiblen, aber klaren Zuständigkeiten werden ausgemacht. Die digitale Medien- und Kommunikationskompetenz (intern, wie auch bei den Initiativen) wird gefördert und gefordert, um Inhalte (Videos, Grafiken, Social Media etc.) entsprechend aufzubereiten. Die Bereitstellung der dafür notwendigen personellen und materiellen Ressourcen wird die Professionalisierung der Stadtverwaltung in diesem Bereich voranbringen. Die Entwicklung digitaler „Skills“ weist dabei eine inhaltlich-strategische Schnittmenge mit den Bausteinen des Handlungsfeldes „Bildung und Kultur“ auf. Die Einführung digitaler Tools und Open-Data-Systemen wird überdies die interne Kommunikation vereinfachen und den Erfahrungsaustausch fördern.

Foren für Klimaschutz konzentrieren sich in erster Linie vier Hauptzielgruppen: Multiplikatoren und Schlüsselakteure, Bürger*innen sowie Initiativen. Bei ersteren gilt es, die wichtigsten Ansprechpartner und Projekte strukturiert zu identifizieren und diese in Netzwerke einzubinden. Mit Hinblick auf die Bürger*innen sollte eine leicht zugängliche Beteiligung angestrebt werden, die es Menschen aus allen sozialen Schichten ermöglicht, zu partizipieren. Zur Verfestigung von Beteiligungsformaten und zur Erhöhung der Akzeptanz, wird ein Bürger*innen- und Zukunftsrat etabliert. Auch Initiativen sollen umfassender in zivilgesellschaftliche Prozesse eingebunden werden. Kernpunkte dabei werden die Bereitstellung von Fördermitteln, Räumen und der Miteinbezug in laufende Projekte sein.

Bestandteile

Das Maßnahmenset im Handlungsfeld Kommunikation, Beteiligung und Soziales umfasst die Maßnahme 9.1 „Foren für Klimaschutz“, welche konkrete Instrumente nach verschiedenen Zielgruppen gliedert, die das Handeln und Umsetzen in Kooperation mit der breiten Zivilgesellschaft stärken soll, darunter ein übergeordnetes Kommunikationskonzept und verschiedenste Kommunikationsformate inklusive eines übergeordneten „Klima-Dashboards“. Die Etablierung eines Zukunfts- und Bürger*innenrates nach Zufallsprinzip ist ein zentrales Element der Beteiligungsangebote. Hilfestellungen für einkommensschwache Haushalte sollen die Sozialverträglichkeit von Klimaschutzbemühungen erhöhen. In der Maßnahme 9.2 „LebensWert Klimaschutz“ geht es um die kontinuierliche, gemeinschaftliche Arbeit an Zukunftsbildern Zukunftswerten und positive Framings mit dem Fokus auf dem „Großen Ganzen“ sowie um eine verbesserte Kommunikation von Erfolgen und Wirksamkeit, z.B. durch das Einrichten von Feedbacksystemen wie etwa ein Klimabarometer.

Tabelle 35 Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Kommunikation, Beteiligung, Soziales
 Quelle: IE Leipzig 2021

 Handlungsfeld Kommunikation, Beteiligung, Soziales	
9.1 Foren für Klimaschutz	9.1.1 Für Multiplikatoren und Schlüsselakteure
	9.1.2 Für Bürger*innen
	9.1.3 Für Initiativen
	9.1.4 Hilfestellungen für Einkommensschwache
9.2 LebensWert Klimaschutz	9.2.1 Vision "Würzburg 2045"
	9.2.2 Positive Framings
	9.2.3 Wirksamkeit vermitteln und verbessern

Empfehlungen

- Das Ziel der Klimaneutralität kann nur als gemeinsame Kraftanstrengung erreicht werden. Der Erfolg und Misserfolg sind dabei an vielen Stellen abhängig von einer gelungenen Kommunikation und umfassenden Beteiligung aller relevanter Akteure.
- Eine gelungene Klimaschutzkommunikation bedarf geeigneter Rahmenbedingungen. Um die Umsetzung zu ermöglichen, braucht es Finanzierung, Personal und Strukturen. Für die Aufgaben müssen zudem klare Zuständigkeiten geschaffen werden.
- Eine gelungene Klimaschutzkommunikation muss glaubhaft sein und auf glaubwürdiger Klimaschutzpolitik und Wahrnehmung der Vorbildfunktion der Stadt fußen.
- Eine gelungene Klimaschutzkommunikation bedarf einer guten internen Kommunikation. Dafür müssen Ansprechpartner*innen gefunden und Netzwerke innerhalb der Stadtverwaltung aufgebaut werden. Nur wer nach innen geschlossen ist, kann nach außen auch eine gefestigte Vision vertreten.
- Eine gelungene Klimaschutzkommunikation setzt auf gute externe Kommunikation. Kontinuierliche Kooperations- und Beteiligungsprozesse zwischen Stadt, Initiativen, Vereinen, Unternehmen und Multiplikator*innen sind weiter aufzubauen und geeignete Strukturen langfristig zu etablieren. Bisherige Akteure sollten für die weitere Mitarbeit motiviert werden. Neue umsetzungsrelevante Stakeholder müssen aktiviert und in geeigneten Strukturen eingebunden werden. Die Umsetzung des Maßnahmenprogramms sollte von einer intensiven Öffentlichkeitsarbeit (z.B. auf der Webseite) begleitet werden.

- Die Hemmschwelle zu Beteiligung sollte möglichst niedrig gehalten werden. Der Dialog mit Menschen und Gruppen, die skeptisch gegenüber Klimaschutzmaßnahmen sind und in Beteiligungsprozessen oftmals nur eine Nebenrolle spielen (z.B. Einkommensschwache), sind nicht nur ein wichtiger Teil der Kommunikationsstrategie, sondern auch für den sozialen Zusammenhalt entscheidend.
- Die Entwicklung einer breiten, übergeordneten Kommunikationsstrategie sollte prinzipiell diskutiert werden. Dabei können die bereits in den Maßnahmen erarbeiteten Formate, wie bspw. KlimaBotschafter*in / KlimaLotsen, thematische Runde Tische, innovative Events, Kampagnen etc. aufgegriffen und strukturiert werden. Die übergeordnete Kommunikationsstrategie ist dabei an Zielgruppen orientiert und entwickelt hier spezifische Formate und Ansätze (siehe Infografik).

Wichtige nächste Schritte

- Übergeordnetes Marketing- und Kommunikationskonzept erarbeiten und schrittweise umsetzen.
- Organisatorische, personelle und finanzielle Voraussetzungen für die Stärkung und den Ausbau der kommunikativen Aufgaben schaffen. Dazu gehört auch die Definition von klaren Zuständigkeiten für die Kommunikationsaufgaben.
- Konkrete erste Wirksamkeits- und Erfolgsprojekte anschieben (Klima-Uhr, Klimabotschafter) und öffentlichkeitswirksam begleiten.
- Detaillierte Planung des Zukunfts- und Bürger*innenrates
- Detaillierte Planung von spezifischen Angeboten für einkommensschwache Haushalte

5.12 Bezug zu den Sustainable Development Goals

Die im Jahr 2015 von der Generalversammlung der Vereinten Nationen verabschiedete Agenda 2030 formuliert 17 wesentliche Ziele mit 169 Unterzielen für eine nachhaltige Entwicklung auf globaler Ebene [Vereinte Nationen, 2015]. Diese werden auch als SDGs (Sustainable Development Goals) bezeichnet und treten die konzeptionelle Nachfolge der mit dem Zieljahr 2015 versehenen Millenniums-Entwicklungsziele (Millennium Development Goals; kurz: MDG) an. Die SDGs greifen dabei nicht nur viele Ansätze der MDGs auf, sondern tragen auch zu ihrer Weiterentwicklung bei. Dabei wurde ein Ansatz verfolgt, in dem die Kernthesen der MDGs, wie zum Beispiel die Bekämpfung von Armut, Hunger und Geschlechterungleichheit, mit den Zielen der Rio2012 Agenda, wie dem Schutz von Klima und Meeren, oder der Förderung einer ökologisch verträglichen Stadtentwicklung, kombiniert werden. So soll die ökologische, wirtschaftliche und soziale Dimension nachhaltiger Entwicklung bei allen SDGs Berücksichtigung finden.

Im Gegensatz zu den MDGs, sollen die SDGs dabei nicht nur für Entwicklungsländer, sondern für alle Mitgliedsstaaten gelten [Beisheim, 2015]. Auf europäischer Ebene hat die 2016 von den jeweiligen Fachministerien beschlossene „Neue Urbane Agenda“ das Ziel, die Umsetzung der Agenda 2030 mit deren SDGs voranzubringen. Auf Bundesebene soll die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie wiederum ihren Beitrag leisten, genauso wie die in der Mehrzahl der Bundesländer beschlossenen Nachhaltigkeitsstrategien [Bertelsmann, 2018].

Dabei ist klar, dass von Bund und Ländern vorgegebene Regelungen und Zielsetzungen allein nicht ausreichen werden, um eine umfassende sozial verträgliche Nachhaltigkeit in allen Sektoren zu erreichen. Demnach können 65 % der 169 Unterziele nur verwirklicht werden, wenn Kommunen konsequent in Implementierung und Monitoring eingebunden werden [UCLG,2015]. Der Ausgangspunkt, Nachhaltigkeit politisch konkret zu implementieren, beginnt bei den Kommunen. Dort wo Menschen leben, arbeiten und eine Familie haben, ist sowohl das Interesse als auch der (empfundene) Wirkungsradius am größten.

Die besondere Bedeutung von Kommunen bei der Umsetzung der Agenda 2030 wird dabei mit dem SDG 11 „Nachhaltige Städte und Gemeinden“ verdeutlicht [Bertelsmann, 2020]. Viele Städte und Kommunen haben diese Entwicklung erkannt und orientieren sich in ihren langfristigen Entwicklungskonzepten neben Klimaschutz auch am Leitbild der übergeordneten Nachhaltigkeit.

Zu welchem Grad nicht nur die Leitziele, sondern ob und welche der Indikatoren der Agenda 2030 übernommen werden, muss und kann jede Kommune für sich entscheiden. Strukturelle Unterschiede werden zu unterschiedlichen Zielsetzungen führen, da nicht jedes der 17 SDGs denselben Stellenwert für jede Kommune besitzt.

Auf Grundlage des für die Stadt Würzburg vorliegenden Maßnahmenkataloges, der aus 30 Maßnahmen, aufgeteilt in 9 Handlungsfeldern besteht, wurden Anknüpfungspunkte für die Zielsetzungen der Agenda 2030 identifiziert und benannt. Wenig überraschend werden in 21 der 30 Maßnahmen die Ziele von SDG

11 „Nachhaltige Städte und Gemeinden“ mit dem Unterziel „Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig machen“ direkt angeführt. In allen 30 Maßnahmen wird das SDG 13 „Maßnahmen zum Klimaschutz“, „Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen“ berührt.

SDG	Nennung im Katalog	SDG	Nennung im Katalog	SDG	Nennung im Katalog	SDG	Nennung im Katalog	SDG	Nennung im Katalog
	0		0		11		30		6
	1		0		8		1		
	7		9		21		2		
	3		6		5		5		

Abbildung 72: SDG-Bezug zum Maßnahmenkatalog
Quelle: IE Leipzig 2021

Neben den SDGs 11 und 13, welche qua Definition integraler Bestandteil von fast jeder Maßnahme sind, hat sich mit 11 Maßnahmen das SDG 9 „Industrie, Innovation und Infrastruktur“ mit dem Unterziel „Eine belastbare Infrastruktur aufbauen, inklusive und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen“ hervorgetan. Am vierthäufigsten und mit insgesamt 9 zielverwandten Maßnahmen kommt das SDG 7 „Bezahlbare und saubere Energie“ mit dem Unterziel „Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern“. Dieser spielt vor allem in den Handlungsfeldern Energieversorgung und Wirtschaft die zentrale Rolle. Abschließend wird in mehr als ein Viertel der Maßnahmen das SDG 10 „Weniger Ungleichheiten“ aufgeführt. Dies zeigt den Anspruch der Stadt, Klimaschutz als Querschnittsaufgabe mit sozialen Themen zu sehen sowie die breite demokratische Beteiligung für das Klimaschutzkonzept nicht hintenanzustellen.

5.13 Priorisierung von Maßnahmen

Der umfangreiche Akteurs- und Abstimmungsprozess stellt sicher, dass alle wesentlichen Möglichkeiten von THG-Minderungsansätzen aus der Perspektive der Beteiligten (Bürger*innen, Stakeholder, Stadtverwaltung und Politik) identifiziert, diskutiert und festgelegt wurden. Für die Erreichung der Zielsetzung muss das vollständige Maßnahmenbündel - wie in den Steckbriefen dargestellt - umgesetzt werden. Als Hilfestellung für den Umsetzungsprozess können aus diesem Set Schlüsselmaßnahmen identifiziert werden, die entweder für sich genommen bereits eine große Wirksamkeit im Hinblick auf die THG-Minderung entfalten können oder als Hebel fungieren. Die Bestimmung dieser Schlüsselmaßnahmen muss im Hinblick auf unterschiedliche Aspekte erfolgen, die nicht alle rein kalkulatorisch erfasst werden können. So beinhaltet das umfangreiche Maßnahmenpaket neben THG-wirksamen Maßnahmen, die sich in den Szenarien abbilden lassen, auch in nicht geringem Umfang Maßnahmen, für die keine direkten THG-Wirkungen abgeleitet werden können. Maßnahmen bestehen zudem aus bis zu fünf Bausteinen, bei denen die THG-Wirkungen ebenfalls sehr heterogen sind, die sich in ihrer Wirksamkeit unterscheiden und nicht singular betrachtet werden können. Auch Wirkungstiefe und Volumen von Minderungspotenzialen gilt es zu bedenken (z.B. für Teilbereiche wie nur die Stadtverwaltung). Ferner werden für eine Priorisierung von Maßnahmen zumeist nicht nur THG-Minderungspotenziale - sofern darstellbar - als Richtgröße herangezogen, sondern ebenfalls weiterführende Aspekte wie z.B. die Einflussmöglichkeiten einer Stadtverwaltung, Umsetzungsreife, Finanzierbarkeit oder andere Elemente. Für die Stadt Würzburg und das vorliegende Maßnahmenpaket wurde eine Priorisierung basierend auf drei zentralen Aspekten vorgenommen:

- **THG-Minderungspotenzial** als überschlägige Wirkungsabschätzung basierend auf der THG-Bilanz und den Szenarien
- **Einflussmöglichkeit der Stadtverwaltung** basierend einer Einteilung nach dem Deutschen Institut für Urbanistik [Difu, 2018, S 279]
- **Stakeholderrelevanz**, d.h. Bedeutung, Alltags- und Außenwirkung für die Stadtverwaltung sowie die Zivilgesellschaft basierend auf fachlichen Einschätzungen und dem Beteiligungsprozess.

Die Ergebnisse dieser überschlägigen Wesentlichkeitsbetrachtung wurde in eine Matrix überführt, in der die Maßnahmen auf zwei Achsen nach Einflussmöglichkeit der Stadtverwaltung sowie nach THG-Minderungspotenzial dargestellt werden (siehe Abbildung). Die Maßnahmen, die im oberen rechten Quadranten der Matrix zu finden sind, die diejenigen mit der höchsten Priorität.

Es ist allerdings wichtig zu betonen, dass die Auswertung Schlüsselmaßnahmen aufzeigt, denen ein besonderes Augenmerk gelten sollte; die Umsetzung muss aber letztlich alle Maßnahmen und Bausteine umfassen, da nur so die aufgezeigten Emissionsminderungen und damit die Erreichung der Ziele möglich werden.

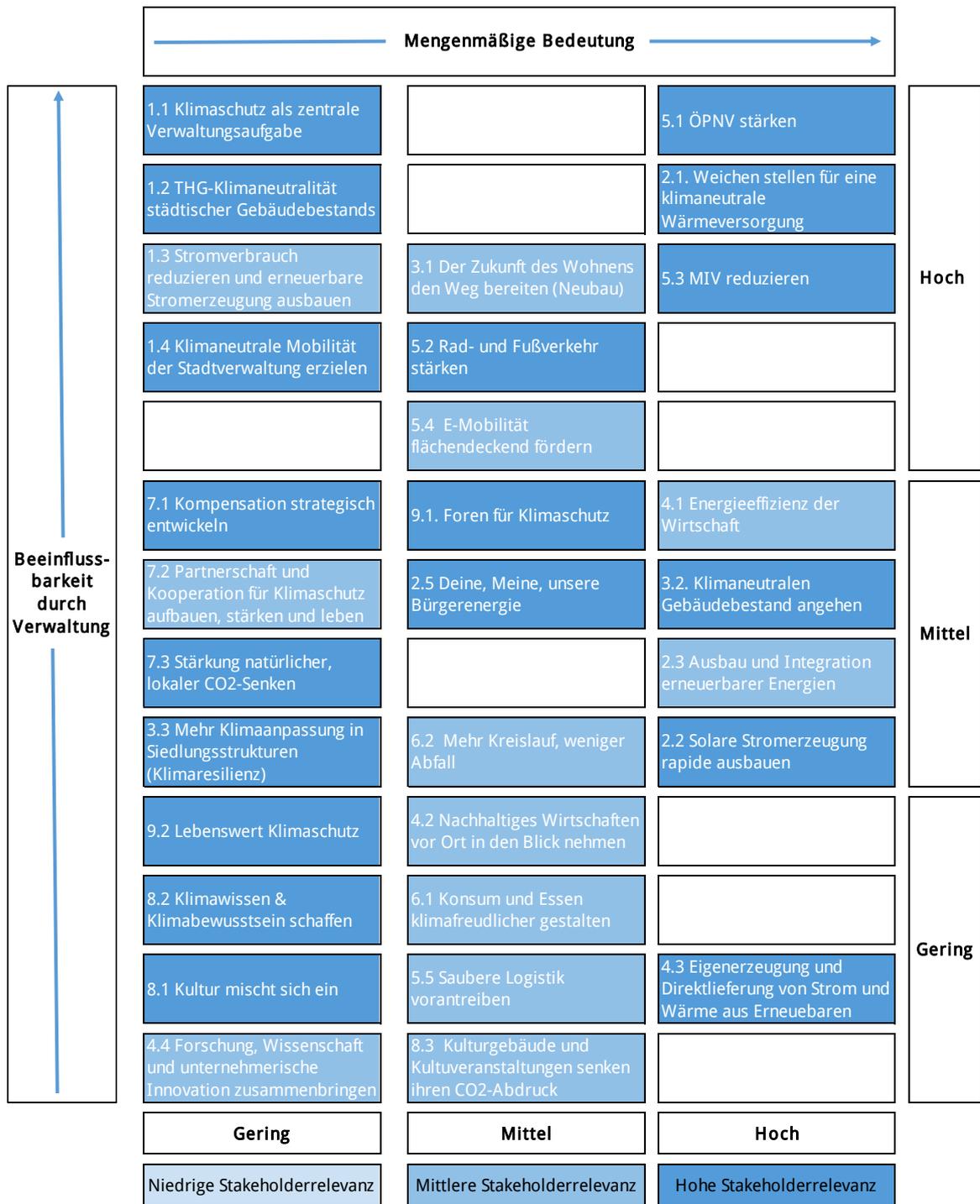


Abbildung 73: Priorisierungsmatrix der Maßnahmen

Quelle: IE Leipzig 2021

6 Monitoring und Controlling des Umsetzungsprozess

6.1 Elemente

Als Monitoring- und Controlling wird das Überwachungs- und Steuerungsinstrumentarium für den Umsetzungsprozess und für die Positionsbestimmung zur Zielerreichung bezeichnet. Es geht dabei über den bloßen Vergleich eines Ist-Soll-Zustands hinaus, denn es liefert Entscheidungsgrundlage für eine aktive Steuerung und Neujustierung [Difu 2018]. Das Monitoring (Überwachen) und Controlling (Steuern) durchläuft einen Kreislauf (Abbildung 74) und enthält in der Regel fünf Elemente.

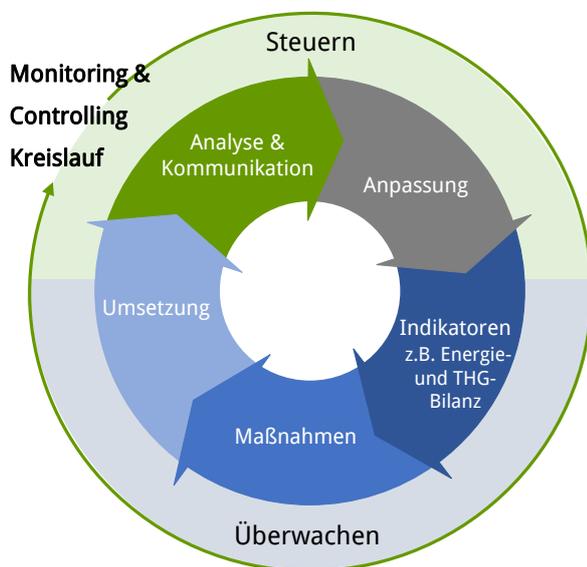


Abbildung 74 Monitoring und Controlling-Kreislauf
Quelle: IE Leipzig nach [Kirchzarten 2017]

Element 1: Ermittlung und Fortschreibung von Indikatoren inklusive Energie- und THG-Bilanz

Ein wesentliches Element der Überwachung ist das Identifizieren, Erheben, Bewerten und Fortschreiben von Indikatoren. Für die nun vorgelegten Maßnahmen wurde ein umfangreiches Set an Indikatoren erarbeitet (siehe Punkt 6.2). Sie sind als Werkzeug zu verstehen, um Wirkungszusammenhänge zwischen der Energie- und THG-Bilanz sowie den Umsetzungserfolgen der Aktivitäten in Beziehung zu setzen. Die Indikatoren werden in drei Kategorien eingeteilt.

- **Kategorie I:**

Ein Teil der Indikatoren ist direkt aus der Energie- und THG-Bilanz ableitbar und kann somit kontinuierlich fortgeschrieben werden, z.B. die Indikatoren Energieverbrauch je Einwohner, Reduktion der THG-Emissionen und des Energieverbrauchs insgesamt und der einzelnen

Verbrauchsektoren sowie der Anteil der erneuerbaren Energien am Energieverbrauch. Mit diesen Indikatoren kann die Ist-Entwicklung und der Abgleich zum Zielpfad aufgezeigt werden. Derzeit wurden hier für die Handlungsfelder und Maßnahmen 24 Indikatoren dieser Kategorie identifiziert.

- **Kategorie II:**

Die Indikatoren sind aus anderen statistischen oder analytischen Quellen zu erheben, z.B. Abfallstatistiken, diverse Register (Markstammdatenregister, Wärmepumpenatlas) oder detailliertere Erfassungen in Teilgebieten (Analysen des kommunalen Energiemanagements, Umweltbericht der Unternehmen, Detailbilanzen von Veranstaltungen oder der Stadtverwaltung). Derzeit wurden hier für die Handlungsfelder und Maßnahmen 46 Indikatoren dieser Kategorie identifiziert.

- **Kategorie III:**

Die Indikatoren sind gesondert und ggf. mit Aufwand durch eigene Recherchen, Umfragen, Erhebungen zu ermitteln, darunter auch qualitative Analysen, wie z.B. Mobilitätsbefragungen, Umfragen zu Zufriedenheit, Evaluationen von Wettbewerben, Dokumentationen von Projekten und Teilnehmenden in verschiedenen Bausteinen oder „Pressespiegel“. Derzeit wurden hier für die Handlungsfelder und Maßnahmen 66 Indikatoren dieser Kategorie identifiziert.

Element 2: Maßnahmen

Ein „bottom up“ Ansatz verbindet die Erfassung der Indikatoren mit der Zuordnung auf Maßnahmenebene, um ihre Erfolge bewerten zu können. Hierbei sind auch die Fragen zu beantworten, wie aufwändig die Erfassung sein darf und wer für die Erhebung zuständig ist. Ein Fokussieren auf die wesentlichen Indikatoren ist hier zielführend und muss mit den für die Umsetzung zuständigen Akteuren abgestimmt werden. Ziel ist auch, dass die Erfassung geeignet ist, um Steuerungsmaßnahmen zu ergreifen und ggf. Maßnahmen nachjustieren oder neu entwickeln zu können.

Element 3: Überwachung der Umsetzung

Die Erfassung und Überwachung von Einzelmaßnahmen und Indikatoren wird durch eine Analyse der Prozesse abgerundet. Sie erlaubt es, neben den Zielerreichungen der Maßnahmen auch den gesamten Klimaschutzprozess sowie damit verbundene strukturelle, personelle und organisatorische Belange und Effekte nachvollziehbar darzustellen.

Element 4: Analyse und Kommunikation

Die Ergebnisse des Monitorings und Controllings werden den politischen Gremien und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Dies ist mehr als reiner Selbstzweck. Nur wenn Erfolge und Hindernisse offen benannt werden, kann es gelingen, weitere Akteure zu aktivieren, zu motivieren und in die Umsetzung



einzu beziehen. Dazu erfolgen innerhalb des Klimaschutzmanagements, der Verwaltung und auch mit einem erweiterten Kreis Analysen und Bewertung der Erkenntnisse und Ergebnisse.

Die Verwaltung legt jährlich einen Bericht über die Umsetzung des Klimaschutzkonzepts vor. Dieser Bericht soll auch einen Vergleich zwischen einer fortgeschriebenen, aktuellen Energie- und CO₂-Bilanz und dem Zielszenario sowie die Maßnahmenumsetzung im Hinblick auf die Erreichung der Nachhaltigkeitsziele (vgl. III.) umfassen.

Element 5: Anpassung

Eine Steuerung und Anpassung von Teilbereichen erfolgt durch das Klimaschutzmanagement für Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenbündel kontinuierlich. Eine übergeordnete Anpassung „im großen Wurf“ wird ausgehend auf den Ergebnissen aller vorhergehenden Elemente erfolgen. Eine Überarbeitung und Fortschreibung der Klimaschutzgesamtstrategie ist in einem Intervall von fünf Jahren zu empfehlen.

6.2 Indikatoren

Tabelle 36: Indikatoren für das Handlungsfeld 1 Stadtverwaltung

Quelle: IE Leipzig 2021

Für	Nr	Indikator	Einheit	Kategorie	Quelle
HF 1	01	Anteil Energieverbrauch im Sektor Kommune	[%]	I	Energie- und THG-Bilanz
M 1.1	02	Energieverbrauch der Stadtverwaltung nach Scopes	[MWh/a]	II	Startbilanz nach GHG
M 1.1	03	THG-Emissionen der Stadtverwaltung nach Scopes	THG/a	II	Startbilanz nach GHG
M 1.1	04	Vollzeitäquivalente für Klimaschutzaufgaben	[VZÄ/a]	III	Personalamt
M 1.1	05	Umsetzungsbudget für Klimaschutzaufgaben	[Euro/a]	III	Kostenplan
M 1.1	06	Anzahl der Klimarelevanzprüfungen durch den Stadtrat	[Anzahl/a]	III	Ratsinformationssystem
M 1.1	07	Veröffentlichung von Fortschrittsberichten	[Veröffentlichungen / a]	III	Recherche
M 1.2	08	Wärmeverbrauch der Liegenschaften nach Energieträgern	[MWh/a]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.2	09	Stromverbrauch der Liegenschaften	[MWh/a]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.2	10	Wasserverbrauch der Liegenschaften	[m ³ /a]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.2	11	THG-Emissionen der Liegenschaften	[t CO ₂ äq / a]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.2	12	Spezifischer Wärmeverbrauch der Liegenschaften	[kWh/m ² *a]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.2	13	Spezifischer Stromverbrauch der Liegenschaften	[kWh/m ² *a]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.2	14	Energiekosten	[Euro/a]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.2	15	Anzahl der sanierten Gebäude	[Anzahl/a]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.2	16	Anzahl der umgerüsteten Heizungen	[Anzahl/a]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.2	17	Sanierungsfahrplan	[ja/ nein]	III	Kommunales Energiemanagement
M 1.3	18	Installierte PV-Leistung	[kWp]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.3	19	Erzeugter Strom	[kWh/a]	II	Kommunales Energiemanagement

M 1.3	20	Eigenverbrauch	[kWh/a]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.3	21	Stromverbrauch	[kWh/a]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.3	22	Investitionskosten	[Euro/kWp]	II	Kommunales Energiemanagement
M 1.3	23	Emissionsfaktor bezogener Ökostrom	[gCO ₂ äq/kWh]	III	Herkunftsnachweis/Label
M 1.4	24	Anzahl der E-Fahrzeuge im Fuhrpark	[Anzahl/a]	III	Recherche
M 1.4	25	Energieverbrauch und Emissionen des Fuhrparks	[t CO ₂ äq /a]	III	Recherche/Berechnung
M 1.4	26	Energieverbrauch und Emissionen der Dienstgänge und Dienstreisen	[t CO ₂ äq /a]	II	Startbilanz nach GHG
M 1.4	27	Energieverbrauch und Emissionen der Mitarbeitermobilität	[t CO ₂ äq /a]	II	Startbilanz nach GHG
M 1.4	28	Modal Split der Arbeitswege	[%/Verkehrsmittel]	III	Umfrage

Tabelle 37: Indikatoren für das Handlungsfeld 2 Energieversorgung
Quelle: IE Leipzig 2021

Für	Nr	Indikator	Einheit	Kategorie	Quelle
HF 2	29	Endenergieverbrauch Stadt insgesamt	[MWh/a]	I	Energie- und THG-Bilanz
HF 2	30	THG-Emissionen der Stadt insgesamt	[t CO ₂ äq /a]	I	Energie- und THG-Bilanz
HF2	31	Energie-Intensität je Einwohner	[MWh/EW*a]	I	Energie- und THG-Bilanz
HF3	32	THG-Intensität je Einwohner	[t CO ₂ äq/EW*a]	I	Energie- und THG-Bilanz
HF 2	32	Anteil Erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch	[%]	I	Energie- und THG-Bilanz
HF 2	33	Anteil Erneuerbarer Energien am Stromverbrauch	[%]	I	Energie- und THG-Bilanz
HF 2	34	Anteil Erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch	[%]	I	Energie- und THG-Bilanz
HF 2	35	Menge Wärmeeinspeisung aus KWK-Anlagen	[MWh]	I	Energie & THG-Bilanz
HF 2	36	Menge Stromeinspeisung aus KWK-Anlagen	[MWh]	I	Energie & THG-Bilanz
M 2.1	37	Anzahl Fernwärme(neu)anschlüsse pro Jahr	[Anzahl/a]	II	WVV
M 2.1	38	Anzahl Nahwärme-Netze und Anschlüsse	[Anzahl/a]	III	Recherche

M 2.1	39	Anzahl (geförderter) Wärmepumpen	[Anzahl/a]	II	Wärmepumpenatlas
M 2.1	40	Entwicklung des Primärenergiefaktors der Fernwärme	[gCO ₂ äq/kWh]	II	WVV
M 2.1	41	Emissionsfaktor der Fernwärme	[gCO ₂ äq/kWh]	II	WVV
M 2.2	42	Anteil PV-Stromerzeugung am Stromverbrauch	[%]	I	Energie- und THG-Bilanz
M 2.2	43	Anzahl qualifizierter Fachkräfte	[Anzahl/a]	III	Recherche
M 2.3	44	Lokale Stromspeicherkapazität	[MWh/a]	II	Marktstammdatenregister
M 2.4	45	Anteil der Bürgerenergieprojekte in Würzburg	[Anzahl/a]	III	Recherche
M 2.5	46	Anzahl der Bürger, die sich in verschiedenen Projekten beteiligten	[Anzahl/a]	III	Recherche
M 2.6	47	Investitionsvolumen des Kleinprojektfonds für Bürgerprojekte	[Euro/a]	III	Recherche

Tabelle 38: Indikatoren für das Handlungsfeld 3 Wohnen

Quelle: IE Leipzig 2021

Für	Nr	Indikator	Einheit	Kategorie	Quelle
HF 3	48	Endenergieverbrauch Sektor Haushalte	[MWh/a]	I	Energie- und THG-Bilanz
HF 3	49	THG-Emissionen Sektor Haushalt	[t CO ₂ äq /a]	I	Energie- und THG-Bilanz
M 3.1	50	Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche	[ha/a]	II	Landesamt für Statistik
M 3.1	51	Spezifischer Wärmeverbrauch der Wohnflächen	[kWh/m ²]	I	Energie & THG-Bilanz
M 3.1	52	Anteil gemeinschaftlicher Wohnformen	[%]	III	Recherche
M 3.2	53	Energieträger der Heizsysteme	[%]	II	Schornsteinfeger
M 3.2	54	Spezifischer Energieverbrauch der Wohnflächen	[kWh/m ²]	I	Energie & THG-Bilanz
M 3.2	55	Wohnqualität, Zufriedenheit	[qualitativ]	III	Recherche/Umfragen
M 3.3	56	Anteil begrünte Fassaden/Gebäude	[%]	III	Recherche
M 3.3	57	Anzahl innerstädtische Tropennächte	[Anzahl/a]	II	Deutscher Wetterdienst
M 3.3	58	Anteil entsiegelte Fläche	[%]	III	Stadtplanung
M 3.3	59	Versiegelte Bodenfläche je Einwohner	[qm/EW]	III	Stadtplanung

M 3.3	60	Inanspruchnahme von Fördermitteln zur Gebäudebegrünung	[Euro/a]	III	Förderstelle
-------	----	--	----------	-----	--------------

Tabelle 39: Indikatoren für das Handlungsfeld 4 Wirtschaft

Quelle: IE Leipzig 2021

Für	Nr	Indikator	Einheit	Kategorie	Quelle
HF 4	61	Endenergieverbrauch Sektor Industrie und GHD	[MWh/a]	I	Energie- und THG-Bilanz
HF 4	62	THG-Emissionen Sektor Industrie und GHD	[t CO ₂ äq /a]	I	Energie- und THG-Bilanz
M 4.1	63	THG-Intensität Wirtschaft je BWS	[t CO ₂ äq/BWSreal in Mio. Euro]	I	Energie- und THG-Bilanz
M 4.1	64	THG-Intensität Wirtschaft je Erwerbstätiger	[t CO ₂ äq /Erwerbstätige]	I	Energie- und THG-Bilanz
M 4.1	65	EE-Anteil am Wirtschaft-EEV	[MWh EE / MWh EEV]	I	Energie- und THG-Bilanz
M 4.1	66	Anzahl Unternehmen mit Klimaschutzbekenntnis	[Anzahl/a]	III	Recherche
M 4.2	67	EE-Anteil am Wirtschaft-EEV	[MWh EE / MWh EEV]	I	Energie- und THG-Bilanz
M 4.2	68	Teilnehmerzahl an UM-Konvois	[Anzahl/a]	III	Recherche
M 4.2	69	Verbesserung der EMAS-Kernindikatoren	divers	III	Umweltberichte
M 4.3	70	Circular Material Use Rate (Nutzungsrate wiederverwendbarer Stoffe)	[%]	III	Umweltberichte
M 4.3	71	Modal Split bei Pendelverkehr (Anteil Verkehrsmittel nach Verkehrsleitung)	[%]	III	Umweltberichte
M 4.3	72	Modal Split bei Dienstreisen (Anteil Verkehrsmittel an Verkehrsleitung)	[%]	III	Umweltberichte
M 4.4	73	Anteil der Emissionen aus Konsum bei dem CO ₂ -Fußabdruck der Bürger*innen	[%]	III	Recherchen
M 4.4	74	Anteil der gekauften nachhaltigen Produkte und Dienstleistungen	[%]	III	Regionale Analysen
M 4.4	75	Anteil der regionalen Unternehmen mit nachhaltigen Produkten und Dienstleistungen	[%]	III	Recherche
M 4.4	76	Förderung für "grüne" Start-Ups	[Euro/a]	III	Förderstelle

Tabelle 40: Indikatoren für das Handlungsfeld 5 Mobilität

Quelle: IE Leipzig 2021

Für	Nr	Indikator	Einheit	Kategorie	Quelle
HF 5	77	Endenergieverbrauch Sektor Verkehr	[MWh/a]	I	Energie- und THG-Bilanz
HF 5	78	THG-Emissionen Sektor Verkehr	[t CO ₂ äq /a]	I	Energie- und THG-Bilanz
M 5.1	79	Modal Split Anteil des ÖPNV	[% an Pkm]	III	Mobilitätserhebung
M 5.1	80	Modal Split nach Wegen	[% Verkehrsmittel]	III	Mobilitätserhebung
M 5.1	81	Modal Split nach Fahrleistung	[% an Pkm]	III	Mobilitätserhebung
M 5.1	82	Pünktlichkeit des ÖPNV	[ja/ nein]	III	Recherchen
M 5.1	83	Fahrgastzahlen	[Anzahl/a]	II	WVV
M 5.1	84	Abdeckung der Siedlungsfläche mit Haltepunkten	[%]	II	WVV
M 5.1	85	Zufriedenheit	[qualitativ]	II	WVV
M 5.2	86	Modal Split nach Wegen	[% Verkehrsmittel]	III	Mobilitätserhebung
M 5.2	87	Modal Split nach Fahrleistung	[% an Pkm]	III	Mobilitätserhebung
M 5.2	88	Unfallstatistik	divers	II	Landesamt für Statistik
M 5.2	89	Radverkehrsaufkommen an Zählstellen	[Anzahl]	III	Mobilitätserhebung
M 5.2	90	Zufriedenheit	[qualitativ]	II	WVV
M 5.3	91	Verkehrsbelastung an best. Standorten	[Fahrzeuge/h]	II	TEUS
M 5.3	92	Pkw-Fahrleistung	[Pkm/d]	III	Mobilitätserhebung
M 5.3	93	Private Pkw je 1.000 EW	[Anzahl/a]	II	KBA
M 5.3	94	Nahversorgung	divers	III	Statistiken/Recherchen
M 5.3	95	Siedlungsdichte	[EW/km ²]	II	Stadtplanung
M 5.3	96	Verhältnis von Erwerbstätigen am Wohnort und Arbeitsplätzen in Würzburg	[%]	II	Landesamt für Statistik
M 5.4	97	Anteil der E-Fahrzeuge am Bestand	[Anzahl/a]	II	KBA
M 5.4	98	Anzahl der öffentlichen LIS	[Anzahl/a]	II	Ladesäulenregister
M 5.4	99	Anzahl der LIS	[Anzahl/a]	II	Ladesäulenregister

M 5.4	100	Anteil E-Busse an Busflotte	[Anzahl/a]	II	WVV
-------	-----	-----------------------------	------------	----	-----

Tabelle 41: Indikatoren für das Handlungsfeld 6 Konsum und Abfall

Quelle: IE Leipzig 2021

Für	Nr	Indikator	Einheit	Kategorie	Quelle
M 6.1	101	Anzahl der klimafreundlichen Veranstaltungen	[Anzahl/a]	III	Recherchen
M 6.1	102	CO ₂ -Fußabdruck der Veranstaltungen	[t CO ₂ äq / Person]	III	Individuelle Bilanzen
M 6.1	103	Anzahl der Projekte und Initiativen zum Thema	[Anzahl/a]	III	Recherche/Dokumentation
M 6.1	104	Verkauf von regionalen und saisonalen Produkten	[Euro/a]	III	Recherche/Umfragen
M 6.1	105	Verkauf von regionalen und saisonalen Mahlzeiten	[Anzahl/a]	III	Recherche/Umfragen
M 6.2	106	Restmüllaufkommen	[kg pro EW/a]	II	Abfallstatistiken
M 6.2	107	Recyclingquote	[%]	II	Abfallstatistiken

Tabelle 42: Indikatoren für das Handlungsfeld 7 Kompensation, Klimapartnerschaft und Senken

Quelle: IE Leipzig 2021

Für	Nr	Indikator	Einheit	Kategorie	Quelle
M 7.1	108	Höhe der bereitgestellten Mittel (Kompensations-Fonds)	[Euro/a]	II	Stadtverwaltung
M 7.1	109	Angekaufte Zertifikate / THG-Kompensation	[Anzahl/a] [t CO ₂ äq/a]	II	Stadtverwaltung
M 7.1	110	Beschluss zu einer Kompensationsstrategie	[ja/ nein]	III	Ratsinformationssystem
M 7.1	111	Beschluss zu einem Kompensations-Fonds	[ja/ nein]	III	Ratsinformationssystem
M 7.2	112	Einhaltung des CO ₂ -Budgets	[ja/ nein]	I	Energie- und THG-Bilanz
M 7.2	113	Interkommunalen Projekte/ THG-Einsparungen	[Anzahl/a] [t CO ₂ äq/a]	III	Recherche/Berechnungen
M 7.2	114	Anzahl der Projekte mit dem globalen Süden/ THG-Einsparungen	[Anzahl/a] [t CO ₂ äq/a]	III	Recherche/Berechnungen
M 7.3	115	Stadtwaldfläche	[ha]	II	FNP
M 7.3	116	Holzvorrat und Totholzvorrat	[m ³ /ha]	III	Recherche/Erhebungen

M 7.3	117	Anteil ökologische bewirtschafteter landwirtschaftlicher Flächen	[ha]	II	FNP
M 7.3	118	Humusgehalt von Böden (Acker, Forst, Grünland)	[%]	II	Bodenzustandserhebung
M 7.1	108	Höhe der bereitgestellten Mittel (Kompensations-Fonds)	[Euro/a]	II	Stadtverwaltung
M 7.1	109	Angekaufte Zertifikate / THG-Kompensation	[Anzahl/a] [t CO ₂ äq/a]	II	Stadtverwaltung
M 7.1	110	Beschluss zu einer Kompensationsstrategie	[ja/ nein]	III	Ratsinformationssystem
M 7.1	111	Beschluss zu einem Kompensations-Fonds	[ja/ nein]	III	Ratsinformationssystem
M 7.2	112	Einhaltung des CO ₂ -Budgets	[ja/ nein]	I	Energie- und THG-Bilanz
M 7.2	113	Interkommunalen Projekte/ THG-Einsparungen	[Anzahl/a] [t CO ₂ äq/a]	III	Recherche/Berechnungen
M 7.2	114	Anzahl der Projekte mit dem globalen Süden/ THG-Einsparungen	[Anzahl/a] [t CO ₂ äq/a]	III	Recherche/Berechnungen

Tabelle 43: Indikatoren für das Handlungsfeld 8 Bildung und Kultur

Quelle: IE Leipzig 2021

Für	Nr	Indikator	Einheit	Kategorie	Quelle
M 8.1	119	Anzahl der kulturellen Angebote zum Thema	[Anzahl/a]	III	Recherche
M 8.1	120	Feedback der Nutzer*innen	[qualitativ]	III	Umfragen
M 8.2	121	Anzahl der Projekte, Lehrpläne, Wettbewerbe zu Nachhaltigkeit	[Anzahl/a]	III	Recherche
M 8.2	122	Höhe der Fördergelder für nachhaltige Bildungsprojekte	[Euro/a]	III	Förderstelle
M 8.2	123	Präsenz des Themas Nachhaltigkeit in der Würzburger Stadtgesellschaft	[qualitativ]	III	Förderstelle
M 8.2	124	Anzahl der Projekte, Lehrpläne, Wettbewerbe zu Nachhaltigkeit	[Anzahl/a]	III	Recherche
M 8.3	125	Aktive Teilnahme am Bündnis KlimaKultur	[Anzahl TN/a]	III	Recherche
M 8.3	126	Transformationskompetenz	[qualitativ]	III	Recherche/Studien

Tabelle 44: Indikatoren für das Handlungsfeld 9 Kommunikation, Beteiligung und Soziales

Quelle: IE Leipzig 2021

Für	Nr	Indikator	Einheit	Kategorie	Quelle
M 9.1	128	Anzahl der Projekte/Aktivitäten	[Anzahl/a]	III	Recherche/Dokumentation
M 9.1	129	Anzahl der Teilnehmenden/Kontakte	[Anzahl/a]	III	Recherche/Dokumentation
M 9.1	130	Pressespiegel	[qualitativ]	III	Recherche
M 9.1	131	Feedback	[qualitativ]	III	Umfragen
M 9.2	132	Anzahl der Projekte/Aktivitäten	[Anzahl/a]	III	Recherche/Dokumentation
M 9.2	133	Anzahl der Teilnehmenden/Kontakte	[Anzahl/a]	III	Recherche/Dokumentation
M 9.2	134	Pressespiegel	[qualitativ]	III	Recherche
M 9.2	135	Feedback	[qualitativ]	III	Umfragen

7 Fazit

Das Integrierte Klimaschutzkonzept zeigt auf, wie das 2019 gefasste „Würzburger Klimaversprechen“ in die Umsetzung gebracht werden kann. Die Stadt Würzburg kann die Klimaneutralität bis 2040 und früher erreichen, wenn das ehrgeizige Maßnahmenprogramm und die zusätzlich skizzierten Maßnahmen konsequent umgesetzt werden. Dabei werden erstmals neben den Kernhandlungsfeldern Energie, Wohnen, Wirtschaft und Mobilität auch neue Ansätze in weiterführenden Bereichen entwickelt, die einen Bogen von der Stadtverwaltung hin zu dem Umgang mit vor- und nachgelagerten Emissionen sowie Bereiche mit Hebelwirkung wie Bildung, Kultur und Partizipation beinhaltet. Die umfassende Transformationsaufgabe erfordert eine enge Kooperation mit der gesamten Stadtgesellschaft.

Klimaschutz wird damit zur wichtigen Gestaltungsgrundlage für die Entwicklung der nächsten Dekade. Im Beteiligungsprozess des iKK waren hierfür bereits viele positive Effekte erkennbar. Nun gilt es, daran anzuknüpfen und das Konzept weiter mit Leben zu füllen.



Verzeichnisse

Abkürzungsverzeichnis	209
Abbildungsverzeichnis	210
Tabellenverzeichnis	214
Literaturverzeichnis	216

Abkürzungsverzeichnis

B	Beschäftigte
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BWS	Bruttowertschöpfung
EEV	Endenergieverbrauch
Ew	Einwohner
FB	Fachbereich
GHD	Sektor Gewerbe Handel und Dienstleistung und übrige Verbraucher
HH	Haushalte
iKK	Integriertes Klimaschutzkonzept
IST	Realer Verbrauch ohne Temperaturkorrektur
Lkw	Lastkraftwagen
LNfZ	Leichte Nutzfahrzeuge
MFN	Mainfrankennetze GmbH
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NfZ	Nutzfahrzeuge
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
PEV	Primärenergieverbrauch
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
Pkw-km	von Pkw zurückgelegte Fahrzeugkilometer
THG	Treibhausgase
UN	Vereinte Nationen
VG	Verarbeitendes Gewerbe
wbr	witterungsbereinigt
WV	Würzburger Versorgungs- und Verkehrs-GmbH
ZVAWS	Zweckverband Abfallwirtschaft Raum Würzburg

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: „Warming Stipes“ für Bayern im Zeitraum 1881 bis 2020 basierend auf DWD	17
Abbildung 2: Politische Ziele zur Senkung der THG-Emissionen für Deutschland und die EU	19
Abbildung 3: Wichtige Klimaschutz-Etappen für die Stadt Würzburg	20
Abbildung 4 Würzburger Klimaversprechen 2019	21
Abbildung 5 Arbeitspakete zur Erstellung des Klimaschutzkonzeptes	22
Abbildung 6 Ablauf Beteiligungsprozess während der Konzepterarbeitung	23
Abbildung 7 Workshoprunden zur Maßnahmenentwicklung	24
Abbildung 8 Prozentuale Verteilung der Teilnehmer*innen nach Institutionen	26
Abbildung 9 Startseite Website Online-Beteiligung	29
Abbildung 10 Ablauf Online-Klimaschutzkongress	30
Abbildung 11 Übersicht der Elemente/ Bestandteile des Beteiligungsprozesses/ partizipativen Prozess	31
Abbildung 12 Endenergieverbrauch (nicht wbr) gesamt nach Energieträgern 2015 bis 2019	39
Abbildung 13 Emissionen (nicht wbr) gesamt nach Energieträgern 2015 bis 2019	40
Abbildung 14 Endenergieverbrauch (nicht wbr) gesamt nach Sektoren 2015 bis 2019	41
Abbildung 15 Emissionen (nicht wbr) gesamt nach Sektoren 2015 bis 2019	42
Abbildung 16 Endenergieverbrauch Haushalte (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019	44
Abbildung 17 Emissionen Haushalte (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019	44
Abbildung 18 Endenergieverbrauch GHD (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019	46
Abbildung 19 Emissionen GHD (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019	46
Abbildung 20 Endenergieverbrauch Industrie (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019	48
Abbildung 21 Emissionen Industrie (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019	48
Abbildung 22 Endenergieverbrauch Verkehr (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019	50
Abbildung 23 Emissionen Verkehr (nicht wbr) nach Energieträgern 2015 bis 2019	50
Abbildung 24 Netzeinspeisung Strom nach Energieträgern 2015 bis 2019	51
Abbildung 25 Netzeinspeisung Strom nach erneuerbaren Energieträgern 2015 bis 2019	52
Abbildung 26 Netzeinspeisung Fernwärme nach Anlagen	53

Gase (laut UBA für 2018).

Abbildung 27	Begriffsbestimmunge	
n		58
Abbildung 28	Entwicklung und Prognose der Einwohner mit Hauptwohnsitz in der Stadt Würzburg	59
Abbildung 29	Entwicklung und Prognose der Wohneinheiten in der Stadt Würzburg	60
Abbildung 30	Entwicklung und Prognose der Wohnflächen in der Stadt Würzburg	61
Abbildung 31	Entwicklung und Prognose der Erwerbstätigkeit in der Stadt Würzburg	62
Abbildung 32	Entwicklung Endenergieverbrauch Haushalte in den Szenarien	66
Abbildung 33	Entwicklung Emissionen Haushalte in den Szenarien	68
Abbildung 34	Entwicklung Endenergieverbrauch Industrie in den Szenarien	71
Abbildung 35	Entwicklung Endenergieverbrauch GHD in den Szenarien	72
Abbildung 36	Entwicklung Emissionen Industrie in den Szenarien	72
Abbildung 37	Entwicklung Emissionen GHD in den Szenarien	73
Abbildung 38	Entwicklung Endenergieverbrauch Verkehr in den Szenarien	80
Abbildung 39	Entwicklung Emissionen Verkehr in den Szenarien	80
Abbildung 40:	Annahmen zur Entwicklung des Emissionsfaktors der Fernwärme	83
Abbildung 41	Entwicklung der Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045	97
Abbildung 42	Entwicklung der Stromerzeugung aus Photovoltaikanlagen bis zum Jahr 2045	104
Abbildung 43	Entwicklung der lokalen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2045	108
Abbildung 44	Entwicklung Endenergieverbrauch nach Sektoren in den Szenarien	112
Abbildung 45	Entwicklung Endenergieverbrauch nach Energieträgern in den Szenarien	112
Abbildung 46	Entwicklung Emissionen nach Energieträgern in den Szenarien	113
Abbildung 47	Entwicklung Emissionen nach Sektoren in den Szenarien	114
Abbildung 48	Klimaneutralität der Stadt Würzburg ab 2040	116

Abbildung 49	Kumulierte THG-Emissionen der Stadt Würzburg im Szenario KN 2045 und Einordnung in verschiedene THG-Budgets	122
Abbildung 50:	Schematische Darstellung der THG-Absenkpfade der drei Szenarien	125
Abbildung 51	Genese des Maßnahmensets für die Stadt Würzburg	127
Abbildung 52	Untergliederung der Handlungsfelder nach Maßnahmen, Bausteinen und Tools am Beispiel HF Wohnen	128
Abbildung 53	Toolbox	129
Abbildung 54	Überblick Maßnahmenset	130
Abbildung 55:	Klimaversprechen: Betrachtungsebene, Ziele und Umsetzungsstruktur	132
Abbildung 56:	Entwurf des Würzburger Energiestandards Stand November 2021	134
Abbildung 57	Zielsetzungen der verschiedene Energiestandards	135
Abbildung 58	Liegenschaften der Stadt Würzburg: Aufteilung Energiekosten, Energiemenge und Emissionen	136
Abbildung 59	Bestand an Wohngebäuden und Wohnungen in der Stadt Würzburg im Jahr 2019	144
Abbildung 60:	Unternehmen nach Branchen in der Stadt Würzburg	150
Abbildung 61	Wirtschaftszweige der Stadt Würzburg	150
Abbildung 62:	Anteil der Verkehrsmittel nach Wegen (Modal Split) in Stadt und Landkreis, Analysefall Stand 2021	154
Abbildung 63	Pkw Bestand der Stadt Würzburg 2010 bis 2020	155
Abbildung 64:	THG-Emissionen pro Kopf in Deutschland nach Konsumbereichen im Durchschnitt (rechts) und mit Auswahl von nur klimafreundlicher Ernährung und Konsum (links) 2017 in Tonnen CO _{2äq}	163
Abbildung 65:	Einwohnerspezifische Restabfallmengen in Bayern im Durchschnitt 1991-2019	164
Abbildung 66:	Nachgelagerte Klimaschutzstrategien für die Stadt Würzburg Quelle: Darstellung IE Leipzig	169
Abbildung 67:	Bodenkohlenstoffsättigung in Bayern	173
Abbildung 68:	Beispielhafte Klimabilanzen in Kultureinrichtungen	181
Abbildung 69:	Beispielhafte Klimabilanzen in Kultureinrichtungen	
Abbildung 70:	Kommunikation als verbindendes Element beim Klimaschutzmanagement	187

Abbildung 71: Gesamte CO ₂ -Emissionen in der EU nach vier Einkommensgruppen 1990 und 2015	188
Abbildung 72: SDG-Bezug zum Maßnahmenkatalog	193
Abbildung 73: Priorisierungs-Matrix der Maßnahmen	195
Abbildung 74 Monitoring und Controlling-Kreislauf	196

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Teilnehmende erste Workshoprunde	24
Tabelle 2	Teilnehmende zweite Workshoprunde	25
Tabelle 3	Sitzungen der Steuerungsgruppe	27
Tabelle 4	Förderstatistik Wärmepumpen (Auswertung für die Stadt Würzburg)	34
Tabelle 5	Förderstatistik Biomasse (Auswertung für die Stadt Würzburg)	35
Tabelle 6	Förderstatistik Solarthermie (Auswertung für die Stadt Würzburg)	35
Tabelle 7	Netzeinspeisung Fernwärme	36
Tabelle 8	Netzeinspeisung Strom	37
Tabelle 9	Verkehrsleistung ÖPNV Würzburg	38
Tabelle 10	Vergleich absolute Emissionen Stadt Würzburg von 2015 bis 2019	53
Tabelle 11	Zielsetzungen in den Szenarien	56
Tabelle 12	Berücksichtigte Annahmen zu den Maßnahmen in den Szenarien im HF Wohnen	64
Tabelle 13	Verteilung der Heizsysteme in den Szenarien	65
Tabelle 14	Berücksichtigte Annahmen zu den Maßnahmen in den Szenarien im HF Wirtschaft	69
Tabelle 15	Berücksichtigte Annahmen zu den Maßnahmen in den Szenarien im HF Mobilität	75
Tabelle 16	Entwicklung des Modal Split nach Szenarien	79
Tabelle 17	Berücksichtigte Annahmen zu den Maßnahmen in den Szenarien im HF Energieversorgung	84
Tabelle 18	Zielsetzungen Fernwärme im KN 2045	87
Tabelle 19	Mögliche Primärenergieanteile für die Fernwärme im Szenario KN 2045	87
Tabelle 20	Zielsetzungen Nahwärme im KN 2045	93
Tabelle 21	Zielsetzungen Objektversorgung im KN 2045	95
Tabelle 22	Zielsetzungen für die Wärmeversorgung im KN 2045	96
Tabelle 23	Entwicklung der installierten Leistung Photovoltaikanlagen bis zum Jahr 2045	104
Tabelle 24	Prozentuale Minderungsziele im KN 2045 nach Sektoren	114
Tabelle 25	CO ₂ -Restbudget Global, Deutschland und Stadt Würzburg ab dem Jahr 2020	121
Tabelle 26	Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Stadtverwaltung	137

Tabelle 27	Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Energieversorgung	141
Tabelle 28	Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Wohnen	146
Tabelle 29	Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Wirtschaft	152
Tabelle 30	Modal Split der Wege in ausgewählten deutschen Großstädten mit 100.000 bis 200.000 Einwohnern	155
Tabelle 31	Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Mobilität	159
Tabelle 32	Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Konsum und Abfall	166
Tabelle 33	Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Kompensation und Klimapartnerschaft	176
Tabelle 34	Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Bildung und Kultur	183
Tabelle 35	Maßnahmen und Bausteine für das Handlungsfeld Kommunikation, Beteiligung, Soziales	190
Tabelle 36:	Indikatoren für das Handlungsfeld 1 Stadtverwaltung	199
Tabelle 37:	Indikatoren für das Handlungsfeld 2 Energieversorgung	200
Tabelle 38:	Indikatoren für das Handlungsfeld 3 Wohnen	201
Tabelle 39:	Indikatoren für das Handlungsfeld 4 Wirtschaft	202
Tabelle 40:	Indikatoren für das Handlungsfeld 5 Mobilität	203
Tabelle 41:	Indikatoren für das Handlungsfeld 6 Konsum und Abfall	204
Tabelle 42:	Indikatoren für das Handlungsfeld 7 Kompensation, Klimapartnerschaft und Senken	204
Tabelle 43:	Indikatoren für das Handlungsfeld 8 Bildung und Kultur	205
Tabelle 44:	Indikatoren für das Handlungsfeld 9 Kommunikation, Beteiligung und Soziales	205

Literaturverzeichnis

[AEE 2021]	Agentur für Erneuerbare Energien e.V.: Kleinwindkraft Abrufbar unter: https://unendlich-viel-energie.de/erneuerbare-energie/wind/onshore/kleinwindkraft
[Agora 2021a]	Agora Energiewende/ Verkehrswende & Stiftung Klimaneutralität 2021: Das Klimaschutz-Sofortprogramm für das Szenario KN 2045 Deutschland
[Agora 2021b]	Agora Energiewende: Klimaneutrales Deutschland 2045 – Wie Deutschland seine Klimaziele noch vor 2050 erreichen kann. Berlin
[Agora 2021c]	Agora Energiewende: Das Klimaschutz-Sofortprogramm – 22 Eckpunkte für die ersten 100 Tage der neuen Bundesregierung. Berlin
[Atmosfair 2015]	Atmosfair gGmbH, Anforderungen an und Grenzen von CO ₂ -Kompensationen. Analyse, Kriterien und Leitfaden für sinnvolle Kompensation, 2015
[Bayerisches Staatsministerium, 2021]	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft & Forsten, 2021
[Bayerische Staatsregierung 2021]	Bayerische Staatsregierung 2021: Bericht aus der Kabinettsitzung vom 15. November 2021. Pressemitteilungen. Abrufbar unter: https://www.bayern.de/bericht-aus-der-kabinettsitzung-vom-15-november-2021/
[Bayerisches Landesamt für Statistik 2021]	Fortschreibung des Wohngebäude- und Wohnungsbestandes für die Stadt Würzburg, Fürth, 2021, Datenstand 2019
[Beisheim, 2015]	Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Ein Ausblick auf ihre Weiterverfolgung und Überprüfung. Vereinte Nationen: German Review on the United Nations, 63(6), 255-260
[Bertelsmann 2020]	Bertelsmann-Stiftung. SDG-orientierte Stadtentwicklung. Warum es für deutsche Städte sinnvoll sein kann, sich an der Agenda 2030 der Vereinten Nationen mit den Zielen für eine nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) zu orientieren, und wie die SDGs vor Ort erfolgreich umgesetzt werden können.
[Bertelsmann, 2018]	Bertelsmann-Stiftung. SDG-Indikatoren für Kommunen Indikatoren zur Abbildung der Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen in deutschen Kommunen. SDG-Indikatoren_fuer_Kommunen.pdf (Zuletzt abgerufen am 15.09.21).

[BLL 2017]	Martin Wiesmeier, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Klimaschutz durch Humusaufbau – Umsetzungsmöglichkeiten der 4-Promille-Initiative in Bayern.
[BMEL 2016]	Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL: Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten. Berlin
[BMU 2021]	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik, Berlin, 2021
[BMWi 2021]	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Dialog Klimaneutrale Wärme – Zielbild, Bausteine und Weichenstellungen 2030/2050. Berlin
[Bundesverfassungsgericht 2021]	Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021
[Climate Action Tracker 2021a]	https://climateactiontracker.org/countries/germany/
Climate Action Tracker 2021b]	Climate Action Tracker, Warming Projections Global Update, November 2021
[C.A.R.M.E.N. e.V. 2015].	Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk: Kleinwindkraftanlagen Hintergrundinformationen. Abrufbar unter: https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/Publikationen/2018/2018-06-28_2018_Kleinwindkraftanlagen.pdf und Handlungsempfehlungen.
[DENA 2021]	Ökoinstitut e. V.: Natürliche Senken –Kurzgutachten im Rahmen der dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Berlin
[DENA 2021a]	Deutsche Energie-Agentur GmbH: Aufbruch Klimaneutralität – eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Berlin, 2021
[Deutschlandtakt 2021],	https://www.deutschlandtakt.de/blog/aufgegleist-burgsinn-gemuenden-wuerzburg-nuernberg/ (20.10.2021)
[Difu 2018]	Deutsches Institut für Urbanistik: Klimaschutz in Kommunen: Praxisleitfaden, 2018

[Doktorczyk & Frommer 2021]	Doktorczyk, F. & Dr. J. Frommer 2021: Das Energiesystem der Stadt Würzburg heute und morgen – auf dem Weg zur klimaneutralen Erzeugung von Wärme und Strom. Vortrag im Rahmen des Würzburger Online-Klimaschutzkongress am 22.10.2021.
[Emsland 2020]	Landkreis Emsland 2020: Energie- und THG-Bilanz. Erarbeitung durch seecon Ingenieure GmbH Abrufbar unter: https://www.klimaschutz-emsland.de/pdf_files/thg-bilanzen/424801_nt01_eeb_bilanz_201106.pdf
[Europäische Union 2021]	Europäische Union, European Missions: 100 Climate-Neutral and Smart Cities by 2030, 2021
[FNR 2020]	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): Heizen mit Holz. Abrufbar unter: https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2020/Mediathek/flyer_heizen_holz_web.pdf
[Gerike et. al, 2020]	Regine Gerike, Stefan Hubrich, Frank Ließke, Sebastian Wittig, Rico Wittwer. Sonderauswertung zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten – SrV 2018“ Städtevergleich, 2020
[Germanwatch 2015]	Reif, Heitfeld: Wandel mit Hand und Fuß. Hintergrundpapier. Germanwatch e.V. (Hrsg.), 2015
[Germanwatch 2022]	Germanwatch e.V.: NewClimate Institut, Climate Action Network International, Climate Change Performance Index (CCPI) 2022
[GGL 2021]	Grünes Gas Label: Grünes Gas Label – Gesteigerter Marktwert für umweltverträgliches Biogas?! Abrufbar unter: https://www.gruenerstromlabel.de/gruenes-gas/
[Göpfert 2020]	Göpfert, Wamsler, Lang: Enhancing structures for join climate change mitigation and adaptation action in city administrations, 2020
[IPCC 2021]	IPCC: Sechster Sachstandsbericht AR6. Naturwissenschaftliche Grundlagen, 2021
[ISE 2020]	Egger, J. et al.: Tagungsunterlagen 35.PV-Symposium. PV-Ausbauerfordernisse versus Gebäudepotenzial: Ergebnis einer gebäudescharfen Analyse für ganz Deutschland. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung; Conexio GmbH (Hrsg.), Pforzheim, 2020

[ISE 2020a]	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE): Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende. Ein Leitfaden für Deutschland, Freiburg, 2020
[ISE 2021]	Wirth, H.: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Fassung vom 21.10.2021
[Jüttemann 2016]	Patrick Jüttemann 2016: Genehmigung: Bedeutung der 10-H-Regel in Bayern für Kleinwindanlagen. Abrufbar unter: https://www.klein-windkraftanlagen.com/allgemein/genuehmigung-10-h-regel-in-bayern-macht-fuer-kleinwindanlagen-keinen-sinn/
[KEA BW Klimaneutrale Kommunalverwaltung, 2020]	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, Klimaneutrale Kommunalverwaltungen: Eine Begriffsbestimmung, 2020
[Kramer, Sharp et al, 2019]	Chaplin-Kramer, Sharp et al., Science 366 (6462) 255-258, Global modelling of nature's contributions on people, 2019
[Kirchzarten 2017]	Controlling-Konzept der Stadt Kirchzarten im Schwarzwald, 2017
[Klima-Bündnis 2008]	Klima-Bündnis, Beschluss der Mitgliederversammlung in Aachen, April 2008
[Kulturstiftung des Bundes 2021]	Kulturstiftung des Bundes 2021, Klimabilanzen in Kulturinstitutionen
[KSG 2021]	Bundesregierung: Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes.
[ÖKO-Institut 2018]	Öko-Institut e.V.: Ökologische Bewertung der Beschaffung von ökologischen Gasprodukten (Biomethan, Kompensationsgas, synthetisches Gas) durch öffentliche Auftraggeber. Berlin, 2018
[Planungsverband Region Würzburg 2016]	Regionaler Planungsverband Region Würzburg 2016: Zwölfte Teilfortschreibung des Regionalplans der Region Würzburg zur Steuerung der Windkraftnutzung in der Region Würzburg.
[Prognos 2019]	Prognos AG, Handelsblatt: Zukunftsatlas, 2019

[Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2020]	Prognos AG, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2020: Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität;
[Prognos, Fraunhofer ISI, GWS, iinas 2020]	[Prognos, Fraunhofer ISI, GWS, iinas 2020: Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050
[Regierung Unterfranken 2021]	Regierung Unterfranken 2021: Windkraft in Unterfranken – Ausführliche Informationen zum Stand der Windkraftnutzung in Unterfranken. Abrufbar unter: https://www.regierung.unterfranken.bayern.de/aufgaben/177666/177670/eigene_leistung/el_00240/index.html
[SKEW, 2017]	Servicestelle Kommunen in der Einen Welt: https://skew.engagement-global.de/kommunale-klimapartnerschaften.html
[Seidel, 2012]	Christian Seidel: Klimawandel, globale Gerechtigkeit und die Ethik globaler öffentlicher Güter – einige grundlegende begriffliche Fragen. KIT Scientific Publishing (Hrsg.), Karlsruhe, 2012
[Stadt Würzburg 2012]	Stadt Würzburg 2012: Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Würzburg. Erarbeitung durch B.A.U.M. Consult GmbH.
[Stadt Würzburg 2016]	Stadt Würzburg 2016: Klimaschutz und Klimaanpassung in Würzburg – Erster Fortschrittsbericht 2016
[Stadt Würzburg 2018a]	Stadt Würzburg, Stadtratsbeschluss zur Fortschreibung des Nachverkehrsplans Region 2 vom 18.10.2018
[Stadt Würzburg 2018b]	Green-City Plan Würzburg, Teilkonzept „Umweltorientiertes Verkehrs- und Mobilitätsmanagement“ 2018
[Stadt Würzburg 2021a]	Stadt Würzburg 2021: Handlungskonzept Wohnen. Präsentation im Ausschuss für Planung, Umwelt und Mobilität vom 10.06.2021 Erarbeitung durch: TIMOUROU – Wohn- und Stadtkonzepte Leipzig
[Stadt Würzburg 2021b]	Stadt Würzburg, Die Stadtreiniger, Nachhaltigkeitsbericht 2020
[Stadt Würzburg 2021c]	Stadt Würzburg: Verbesserung der Müllsituation an Würzburger Hotspots. https://www.wuerzburg.sitzung-online.de/BI/vo020.asp?VOLFDNR=17523 (Zuletzt abgerufen am 03.12.21).

[STMWI 2021]	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie: Industriebericht Bayern 2021, München, 2021
[UCLG, 2015]	United Cities and Local Governments (UCLG). The Sustainable Development Goals: What Local Governments Need to Know. United Cities and Local Governments: Barcelona, 2015.
[Umweltbundesamt 2012]	Umweltbundesamt: Globale Landflächen und Biomasse – nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Dessau-Roßlau
[Umweltbundesamt 2019]	Umweltbundesamt: Zusammendenken, was zusammengehört: Kommunaler Klimaschutz und nachhaltiger Konsum Ideen für Kommunen und Landkreise, 2019
[Umweltbundesamt 2020]	Umweltbundesamt: Der Weg zur Treibhausgasneutralen Verwaltung. Etappen und Hilfestellung. Dessau-Roßlau, 2020
[Umweltbundesamt 2020a]	Umweltbundesamt 2020: Photovoltaik-Pflicht mit Verpachtungskataster: Optionen zur Gestaltung einer bundesweiten Pflicht zur Installation und zum Betrieb neuer Photovoltaikanlagen, Dessau-Roßlau, 2020
[UBA 2021a]	Umweltbundesamt: Bioenergie Abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#Reststoffe . Dessau-Roßlau
[Umweltbundesamt 2021b]	Umweltbundesamt: Erneuerbare Energie in Zahlen Abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#strom . Dessau-Roßlau
[VCD und Heinrich-Böll-Stiftung, 2019]	Verkehrsclub Deutschland e.V. und Heinrich-Böll-Stiftung, Mobilitätsatlas: Daten und Fakten zur Verkehrswende, 2019
[Vereinte Nationen, 2015].	„Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“. https://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.p (Zuletzt abgerufen am 15.09.21).
[WVV 2021]	Würzburger Versorgungs- und Verkehrs-GmbH 2021: Fachliche Zuarbeit im Rahmen der Erstellung des integrierten Klimaschutzkonzeptes für die Stadt Würzburg. Aktennotiz vom 25.11.2021



[WVI GmbH 2021]	WVI Prof. Dr. Wermuth Verkehrsforschung und Infrastrukturplanung GmbH, Aktualisierung Verkehrsmodell Würzburg, Ergebnisse Analysefall 2019, 2021
[Öko-Institut e.V. 2019]	Öko-Institut e.V. Kapazitäten der energetischen Verwertung von Abfällen in Deutschland und ihre zukünftige Entwicklung in einer Kreislaufwirtschaft, 2019