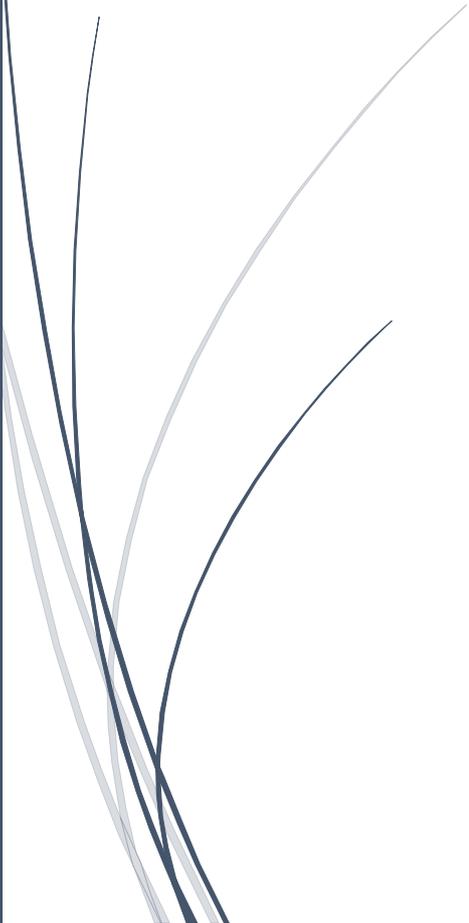


Finale Version vom 28.2.'22

Zuarbeit zur Vorbereitung des Beteiligungsprozesses für den KlimaAktionsPlan

„Jena klimaneutral bis 2035“



*Runder Tisch Klima und Umwelt Jena (RTKU)
Parents- und Scientists-for-future Jena (P4F/S4F)
Initiativgruppe Klimaentscheid Jena (KEJ)*

Inhaltsverzeichnis

0.	Kurzfassung	2
0.1.	Anliegen und Motivation	2
0.1.1.	Kommunalpolitischer Beschluss	2
0.1.2.	CO ₂ -Bilanz	2
0.1.3.	Rolle des RTKU	2
0.2.	Maßnahmen	3
1.	Anliegen und Motivation.....	5
1.1.	Kommunalpolitischer Beschluss	5
1.2.	Warum Klimaneutralität bis 2035?.....	5
2.	Vorbilder, Voraussetzungen und Methodik	8
2.1.	Vorlagen aus gesamtdeutscher Perspektive	8
2.2.	Dokumente aus Jena und Thüringen und Vorschlag zur Gliederung des KAP	8
2.3.	Klimaaktionspläne anderer Städte in Deutschland	9
2.4.	Bericht „Jena klimaneutral 2035“ erstellt mittels KNUD	10
3.	CO ₂ -Bilanz	11
3.1.	Insgesamt	11
3.2.	Wärme	13
3.3.	Verkehr	13
3.4.	Elektrizität.....	13
3.5.	Industrie, Ernährung, sonstiger Konsum, öffentliche Emissionen.....	14
4.	Maßnahmen	14
4.1.	Methodik	14
4.2.	Wärme- und Kälteversorgung	15
4.2.1.	Kommunalpolitische Vorbemerkung und erste Maßnahme:	15
4.2.2.	Übersicht.....	15
4.2.3.	Neubau Heizkraftwerk Jena-Süd	16
4.2.4.	Energetische Sanierung des Gebäudebestandes	17
4.2.5.	Erneuerbare Energien (EE) für die Wärmeversorgung	20
4.2.6.	Solarthermie für das Fernwärmenetz	21
4.2.7.	Bioenergie aus nachwachsenden Rohstoffen	23
4.2.8.	Verwertung von biogenen Abfällen und Landschaftspflegematerial	24
4.2.9.	Absenkung der Vorlauftemperatur im Fernwärmenetz	25
4.2.10.	Nutzung der Wärme aus Abwasser und anderen Abwärme-Quellen.....	26
4.2.11.	Wärmepumpenheizung	26
4.2.12.	Geothermie	28
4.2.13.	CO ₂ -frei erzeugte synthetische („grüne“) Gase	31
4.2.14.	Akzeptanz von Nutzungspflichten erneuerbarer Wärmeenergie	33
4.2.15.	Stadt-Umland-Kooperationen für Erneuerbare Energien	33
4.3.	Verkehr	35
4.4.	Elektrizität.....	41
4.5.	Industrie, Ernährung, sonstiger Konsum, öffentliche Emissionen.....	45
4.5.1.	Ernährung	49
4.5.2.	Konsumreduktion	50
4.6.	CO ₂ -Senken	51
5.	Umsetzung.....	52
5.1.	Kosten.....	56
6.	Literatur	57

0. Kurzfassung

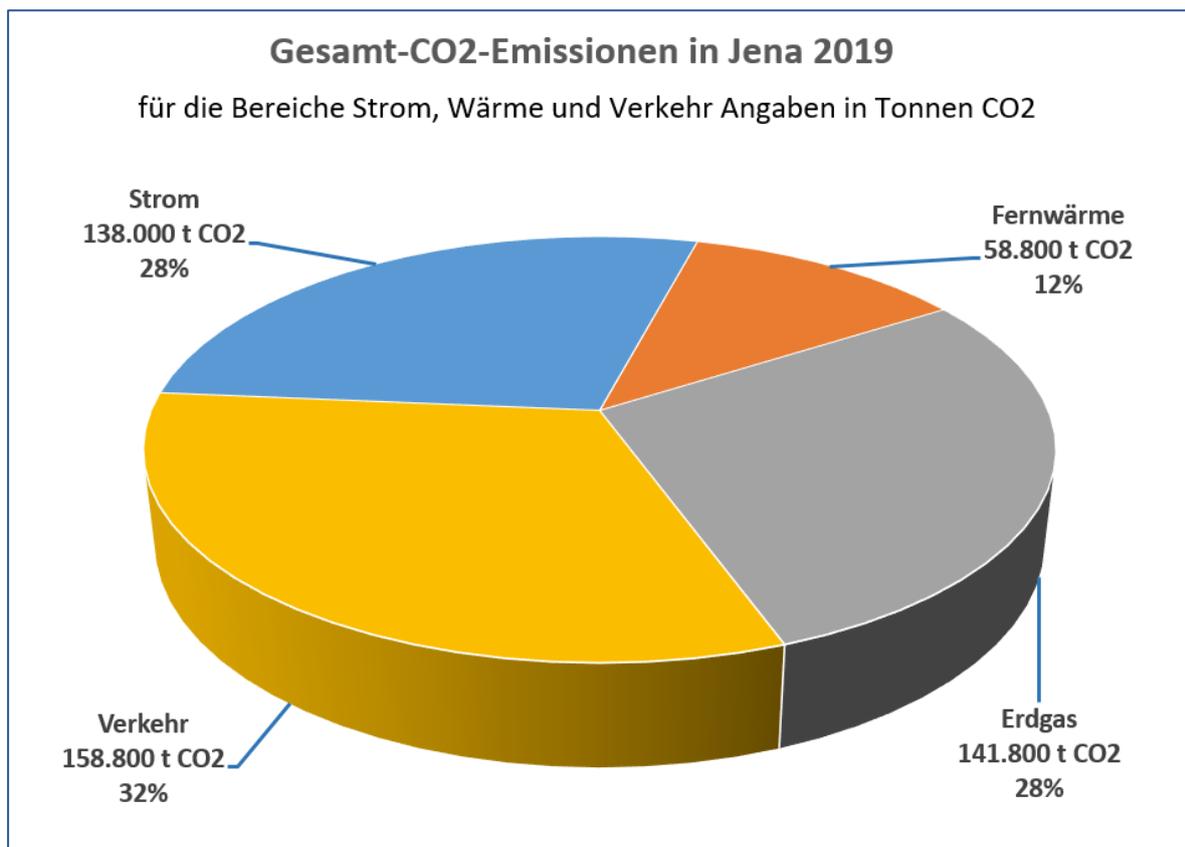
0.1. Anliegen und Motivation

0.1.1. Kommunalpolitischer Beschluss

Der Stadtrat Jena hat in seiner Sitzung am 14.7.2021 auf Initiative des „Klimaentscheids Jena“ (www.klimaentscheid-jena.de) beschlossen, einen KlimaAktionsPlan (KAP) für das Ziel „Jena klimaneutral bis 2035“ zu erstellen und den Beirat für Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung (Klimaschutzbeirat, KSB) in den Prozess der Erstellung einzubeziehen. Der KSB hat 20 vom Stadtrat bestätigte Mitglieder, darunter 3 Vertreter:innen vom Runden Tisch Klima und Umwelt (RTKU).

0.1.2. CO₂-Bilanz

Der Jenaer Monitoring-Bericht [8b] für das Jahr 2019 weist für Jena Emissionen von insgesamt 513.415t CO₂ aus. Ernährung und sonstiger Konsum sind dabei noch nicht erfasst.



0.1.3. Rolle des RTKU

Der *Runde Tisch Klima und Umwelt Jena* (RTKU) hat sich zur Aufgabe gemacht, die Ideen und Kompetenzen von den Mitgliedern des RTKU, von Fridays-, Parents- und Scientists-for-future Jena und von der Initiativgruppe Klimaentscheid Jena (KEJ) zu erfassen und zu bündeln, um dem später durch die Stadt Jena beauftragten Institut (Auftragnehmer) eine wertvolle Grundlage zur Erarbeitung des KlimaAktionsPlans der Stadt Jena zur Verfügung zu stellen.

Diese Zuarbeit wurde nach bestem Wissen und Gewissen der Ideengeber:innen und der Autor:innen zusammengestellt. Einige Aspekte konnten bereits detailliert ausgearbeitet werden – aber an einigen Stellen haben sich auch noch offene Fragen gezeigt, die durch den Auftragnehmer der Stadt Jena erst geklärt bzw. beantwortet werden müssen, um den KlimaAktionsPlan (KAP) zu entwickeln.

Das Ziel dieser Zuarbeit ist es, dem Auftragnehmer der Stadt Jena eine möglichst breite Wissensbasis für eine intensive Bürgerbeteiligung vorlegen zu können.

0.2. Maßnahmen

Bereich Wärme- und Kälteversorgung

In diesem Bereich soll eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 66% bis 2030 erreicht werden. Dazu werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

15% anteilige Reduktion durch Energieeinsparung

- 10% bei der Erzeugung von Wärme im HKW Jena-Süd mittels Flexibilisierung und Effizienzsteigerung durch Ersatz der GuD-Turbinen durch Gasmotoren (Wirkungsgrad >90%)
- 5 % durch Gebäudesanierung und Heizungserneuerungen mittels
 - Energetischer Sanierung von Bestandsbauten
 - Sicherung eines Niedrigstenergiestandards für Neubauten

Dazu erforderliche Handwerkerkapazitäten sind durch eine Ausbildungs- und Qualifizierungsoffensive insbesondere zur Nachwuchsförderung im Handwerk und in der Bauwirtschaft zu schaffen.

51% anteilige Reduktion durch Ersatz von Erdgas durch Erneuerbare Energiequellen (EE)

- Solarthermie: 2 GWh/a (10.000 qm)
- Bioenergie (thermisch): 5 GWh/a (Bioabfälle)
- Abwärme/Geothermie/Umweltwärme: 32 GWh/a (Zentralkläranlage, Abwasser-Wärme)
- Hauptteil von 340 GWh/a muss vorwiegend durch oberflächennahe Geothermie oder Umweltwärme in Verbindung mit Wärmepumpen geleistet werden, die mit Strom aus erneuerbaren Quellen (vor allem Photovoltaik und Windkraft) angetrieben werden

Bereich Verkehr

- Umstieg von 50% des motorisierten Verkehrs (MIV) auf den Umweltverbund (ÖPNV, Fußverkehr, Radverkehr), ÖPNV als bequemere und kostengünstigere Alternative im Vergleich zum MIV
- Massiver Ausbau der Carsharing- und Ridepooling-Angebote
- Mehr Verkehrsfläche für Radverkehr, weniger für motorisierten Individualverkehr
 - Sichere und überdachte Radabstellanlagen an den Bushaltestellen in den Landkreisen
 - anteilige Förderung der Nutzung von Betriebsfahrrädern und Mietfahrrädern
 - Förderung des Fahrradverkehrs durch ein lückenloses, umwegarmes und sicher geführtes Radverkehrsnetz
 - Priorisierung des Fußverkehrs in der Innenstadt und in Erholungsbereichen bei gleichzeitiger Schaffung möglichst störungsfreier Radverkehrstrassen in diesem Bereich, Einrichtung von autoreduzierten Zonen in der Stadt
- Umstellung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) auf alternative Antriebe

Bereich Elektrizität

- Photovoltaik-Anlagen auf allen sinnvoll dafür nutzbaren Dächern und Fassaden
- Photovoltaik-Anlagen auf Freiflächen und Windkraft im Umland
- Aus- und Umbau des Verteilnetzes für Strom
- Ausbau der Speicherkapazitäten

Bereiche Industrie, Ernährung, sonstiger Konsum, öffentliche Emissionen

- Einsparung von Energie und anderen Ressourcen (Suffizienz) durch eine Lebens- und Wirtschaftsweise, die auf Verschwendung, unnötigen Konsum und Luxus verzichtet

- Vereine und Initiativen (wie *Repariercafe, Soliladen, Umsonstladen, foodsharing*), die der Verschwendung von Ressourcen und Konsumgütern entgegenwirken, verstärkt unterstützen
- größter Teil der Einsparungen muss infrastrukturell und nicht individuell erfolgen (bedeutet, dass auch bei kommunalpolitischen Entscheidungen Fehlinvestitionen vermieden werden)
→ individuelle Einsparungen werden kaum stattfinden, wenn Rahmenbedingungen nicht stimmen (Politik muss die richtigen Rahmenbedingungen schaffen)
- klimaneutrales Bauen (mit Biomaterial wie Holz)
- Ernährung (fleischarm, regional, ...)

CO2-Senken

- Erweiterung von Wäldern
- Holznutzung für langlebige Produkte
- Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland

Umsetzung

- Kontrolle der Umsetzung des Klimaaktionsplans erfolgt mittels eines jährlichen Monitoringberichts (bei Nichterreichen der Klimaziele soll die Stadtverwaltung innerhalb einer gewissen Frist von wenigen Monaten jeweils ein Sofortprogramm mit Maßnahmen zur Erfüllung der Ziele vorlegen, durch den Klimaschutzbeirat bewerten und durch den Stadtrat verabschieden lassen)
- politische Mehrheitsverhältnisse erreichen, z. B. durch Klimaentscheide und Gespräche mit Parlamentariern
- erhöhte CO₂-Bepreisung – Stadt Jena verfügt über keine Rechte zu derartigen Beschlüssen
- freiwillige Kompensation von CO₂-Emissionen durch Förderung von Klimaschutz-Projekten vorzugsweise in Jena und Umgebung (Stadt benennt dafür geeignete Projekte, alternativ können auch andere Klimaschutz-Projekte gefördert werden)
- Berücksichtigung eines „CO₂-Schattenpreises“ von 195 Euro pro Tonne CO₂ im Finanzhaushalt der Stadt und bei Beschlüssen mit finanziellen Auswirkungen (diese virtuellen Kosten sind bei Entscheidungen des Stadtrates mit zu berücksichtigen)
- Einberufung von Bürgerräten zur Sicherung einer breiten Partizipation der Menschen und ihrer kreativen Potenziale
→ in diesem Zusammenhang Einrichtung eines Klimanotstands-Zentrums

1. Anliegen und Motivation

1.1. Kommunalpolitischer Beschluss

Der Stadtrat Jena hat in seiner Sitzung am 14.7.2021 auf Initiative des „Klimaentscheids Jena“ (www.klimaentscheid-jena.de) beschlossen, einen KlimaAktionsPlan (KAP) für das Ziel „Jena klimaneutral bis 2035“ zu erstellen und den Beirat für Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung (Klimaschutzbeirat, KSB) in den Prozess der Erstellung einzubeziehen. Der KSB hat 20 vom Stadtrat bestätigte Mitglieder, darunter 3 VertreterInnen vom Runden Tisch Klima und Umwelt (RTKU) und 3 VertreterInnen des Vereins Lokale Agenda 21 Jena e.V. Alle 6 sind Teil des RTKU, der Ortsgruppen Fridays- und Parents/Scientists-for-Future bzw. des Klimanetz Jena, so dass über diese zivilgesellschaftlichen Gruppen die Erstellung des KAP begleitet werden kann.

Die Jenaer Ortsgruppe von Parents- & Scientists-for-Future in ihrer Beratung am 15.7.2021 und der RTKU in seiner Beratung am 20.7.2021 haben beschlossen, an einer Zuarbeit zum KAP für den KSB zu arbeiten, der die Erarbeitung des KAP konstruktiv-kritisch begleiten wird.

Die hier vorliegende, am 10.11.2021 vom RTKU autorisierte, aber keinesfalls „finale“ Version soll im Dialog mit dem KSB fortgeschrieben werden und kann als Vorlauf für die zivilgesellschaftliche Begleitung der professionellen KAP-Erarbeitung dienen.

1.2. Warum Klimaneutralität bis 2035?

GermanZero e.V. (GZ, www.germanzero.de), der den o.g. „Klimaentscheid Jena“ unterstützt hat, hat einen „1,5-Grad-Klimaplan für Deutschland“ erstellt [1]. Dieser hat die Kernaussage *„Klimaneutralität bis 2035 ist notwendig und machbar“*.

„Machbar“ trifft zu im technischen und wirtschaftlichen Sinne. Von verschiedenen Seiten werden jedoch Zweifel an der Machbarkeit im politischen und soziologischen Sinne geäußert, weil der Weg zum Ziel „Klimaneutralität bis 2035“ erhebliche Änderungen (Transformationen) der Lebens- und Wirtschaftsweise verlangt, vor allem im Hinblick auf die Suffizienz (Genügsamkeit, Sparsamkeit), Effizienz und erneuerbaren Energien im eigenen Lebensumfeld (Konsistenz des künftigen Energiesystems), also eine Änderung des Bewusstseins, was „gutes Leben“ ist. Diese Veränderungen wurden bisher von Bürgerinnen und Bürgern und – damit zusammenhängend – von politischen Entscheidungsträgern (zu) wenig gewollt, oft abgelehnt oder deshalb ausgebremst.

Thüringen, Deutschland, die EU und viele andere Länder der Erde haben schwächere Ziele, z.B. „Klimaneutralität bis 2050“, Deutschland erst 2021 als Reaktion auf den Druck von meist jugendlichen Kläger:innen und dem Bundesverfassungsgerichtsbeschluss auf „Klimaneutralität bis 2045“ korrigiert. Das Thüringer Klimagesetz (ThürKlimaG) hat das Ziel *„Treibhausgasneutralität in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts“* und dafür als Zwischenstationen die Senkung der Treibhausgasemissionen bis 2040 um 70 -80 % und bis 2050 um 80 – 95 % und ab 2040 den Energiebedarf in Thüringen *„bilanziell durch einen Mix aus erneuerbaren Energien aus eigenen Quellen“* zu decken.

Während mit der Zielmarke 2035 versucht wird die globale (oberflächennahe) Erderwärmung auf 1,5 Grad zu begrenzen, ist mit der Zielmarke 2050 eine Erderwärmung um 1,8 Grad mittels Klimamodellen prognostiziert. Beide Zielmarken können für sich in Anspruch nehmen „Paris-kompatibel“ zu sein, aufgrund der offenen Formulierung des Pariser Klimaschutzziels: *„Begrenzung des Anstiegs der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 Grad über dem vorindustriellen Niveau; Anstrengungen, um den Temperaturanstieg auf 1,5 Grad über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.“* Im Oktober 2018 ist der prognostizierte Unterschied von 1,5 zu 2,0 Grad Erwärmung in einem Sonderbericht „SR 1.5“ des Weltklimarats IPCC dargestellt worden (<https://www.de-ipcc.de/256.php>). Es ist wissenschaftlicher Konsens zum Klimawandel, dass gegenwärtig die Welt weder auf einem 2,0- noch auf einem 1,5-Grad-Pfad, sondern auf einem Pfad der Treibhausgasemissionen ist, der globale Erwärmungen von 3 Grad und darüber erwarten lässt. Im Falle der Realisierung der Zusagen auf der

Klimakonferenz COP26 werden 2,7 Grad prognostiziert; im Falle mangelhafter Realisierung wären es etwa 3 Grad oder höher.

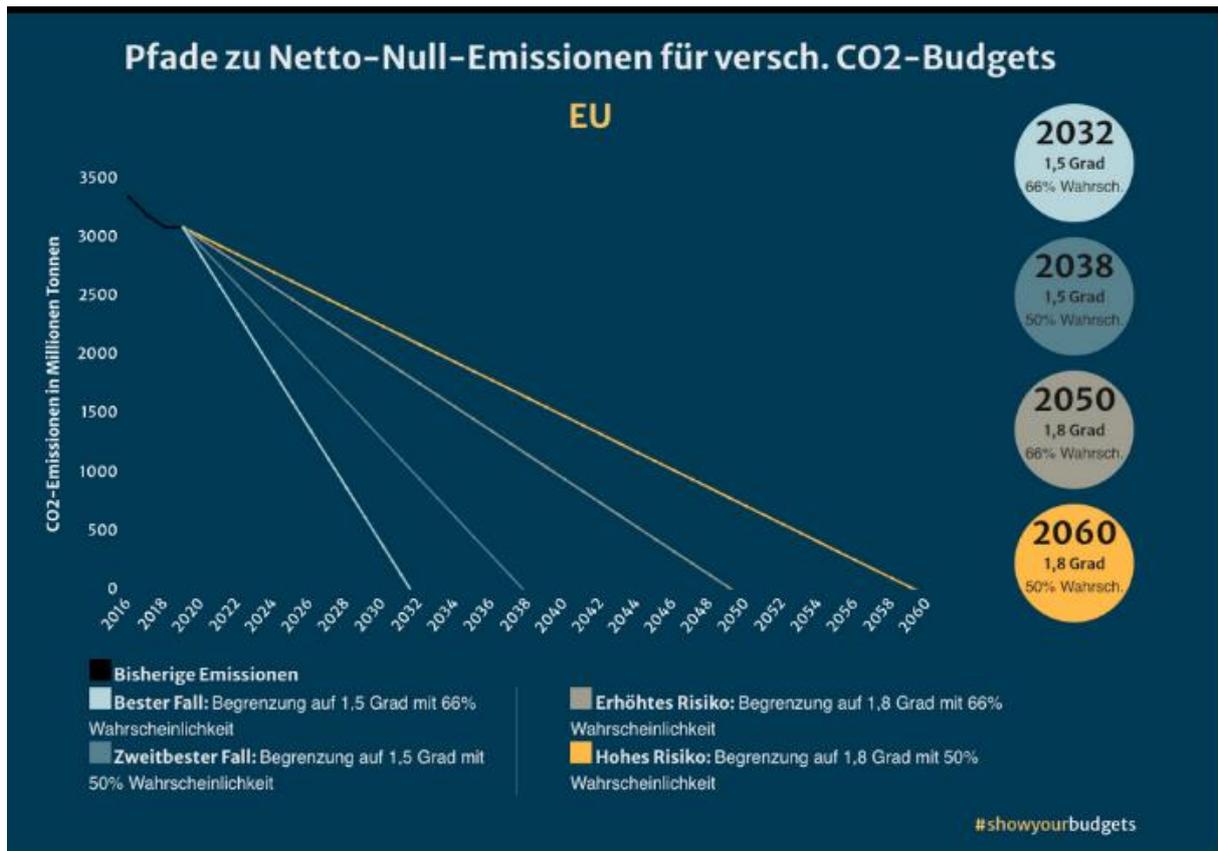


Abb. 1 Pfade zur CO₂-Neutralität und globale Erwärmung (Quelle: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/eu-kommission-was-taugt-das-neue-klimaziel-a-f9578265-ac73-4993-abc0-748d4051b510>)

Jede weitere Erwärmung über 1,5 Grad hinaus vergrößert die Wahrscheinlichkeit langanhaltender oder irreversibler (nicht mehr umkehrbarer) Veränderungen wie etwa dem Verlust von Öko-Systemen [3]. Die Frage, ob denn das 1,5-Grad-Ziel und damit die „Klimaneutralität bis 2035“ realistischerweise noch zu schaffen sei, für das aktuelle Tun ohne Belang, denn jedes Zehntel Grad Erwärmung schädigt das Ökosystem und ist zu vermeiden.

Im Folgenden wird das Ziel „Klimaneutralität bis 2035“ als „CO₂-Neutralität bis 2035“ oder korrekter „CO₂e-Neutralität bis 2035“ spezifiziert, begründet mit dem CO₂-Budget, dass wir (d.h. die Welt, Deutschland, Jena) noch emittieren dürfen, ohne die vorgenannten Temperaturgrenzen zu überschreiten (bedingt durch die lange Aufenthaltsdauer von CO₂ in der Atmosphäre in der Größenordnung von 1000 Jahren). „CO₂e“ bezieht auch die Nicht- CO₂-Treibhausgase mit ein. In der hier vorliegenden Zu- arbeit zum KAP bleiben die Nicht- CO₂-Treibhausgase zur Vereinfachung unberücksichtigt. Sie werden nur insofern berücksichtigt als das in Jena zur Wärmeversorgung direkt und über Fernwärme verwendete Erdgas durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden muss. Ein Grund dafür ist nicht nur das mit der Erdgas-Verbrennung verbundene CO₂, sondern auch der Methanschluß auf dem Transport- weg und vor allem am Ort der Erdgasgewinnung.

Für Deutschland gibt es verschiedene Szenarien, wie die CO₂- oder Klimaneutralität erreicht werden kann. Während Szenarien, wie die des BDI (Bundesverband der deutschen Industrie) oder der *dena* (Deutsche Energie-Agentur) nicht „Paris-kompatibel“ sind, kommt das Szenario „Green Supreme“ der Studie RESCUE [4] des UBA (Umweltbundesamt) dem Ziel „Klimaneutralität bis 2035“ nahe und wird deshalb als Grundlage für den KAP vorgeschlagen – als einzige Studie einer staatlichen Institution.

Entwicklung der THG-Emissionen: Paris-Kompatibilität

Die vom SRU berechneten Paris-kompatiblen deutschen CO₂-Budgets werden von allen Szenarien überschritten

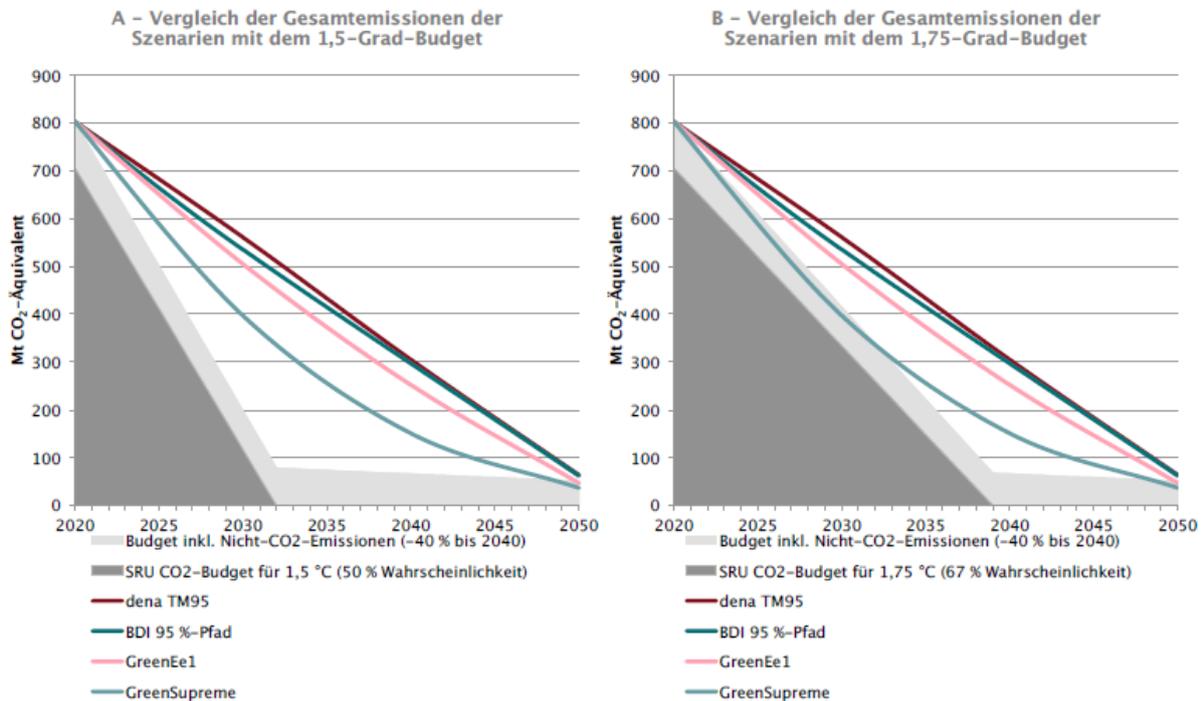


Abb. 2 Pfade und Szenarien zur CO₂- und Klimaneutralität

Die dunkelgrauen Flächen in der Abbildung 2 repräsentiert das CO₂-Budget, das Deutschland ab dem Jahr 2020 noch emittieren darf, wenn die Erderwärmung mit einer 50%igen Wahrscheinlichkeit auf 1,5 Grad (Grafik links) bzw. 67%igen Wahrscheinlichkeit auf 1,75 Grad (rechts) begrenzt werden soll (d.h. „Paris-Kompatibilität“). Die hellgrauen Flächen zeigen das Budget einschließlich der nicht- CO₂-Emissionen, wie Methan und Lachgas, bedingt durch Emissionen der Biosphäre (auch Landwirtschaft einschließlich Düngung), die den Unterschied von CO₂- und Klimaneutralität ausmachen, der nachfolgend nicht weiter behandelt wird. (SRU = Sachverständigenrat für Umweltfragen ; Quelle: [5])

Konsequenz:

In Deutschland basieren 80% des Primärenergieverbrauchs nach wie vor auf den fossilen Energieträgern Erdöl, Kohle und Erdgas. Das Ziel der Klimaneutralität bis 2035 beinhaltet, dass Deutschland in diesem Zeitraum die Nutzung fossiler Energieträger beenden muss, auch im Verkehr und bei der Heizung. Da viele Güter (Heizungen, Fahrzeuge, ...) Abschreibungszeiträume von 10 bis 20 Jahren oder mehr haben, müssen unverzüglich Fehlinvestitionen, d.h. Investitionen, die auf fossilen Energieträgern basieren (einschließlich aus fossilen Rohstoffen gewonnene Brenn- und Kraftstoffe), beendet werden. Dies gilt sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich [38, 39] Die Stadt Jena, soweit sie das rechtlich festlegen darf, hat dies in ihren Beschlüssen zum Haushalt zu berücksichtigen. Und sie hat dies im Sinne ihrer Vorsorgepflicht den Bürgerinnen und Bürgern klar zu kommunizieren und sie bei zukunftsfähigen (Ersatz-)Investitionen zu unterstützen.

2. Vorbilder, Voraussetzungen und Methodik

2.1. Vorlagen aus gesamtdeutscher Perspektive

Maßnahmen für die Klimaneutralität in Deutschland bis zum Jahr 2035 sind bereits in verschiedenen Dokumenten vorgestellt worden:

- *GermanZero* (GZ): „1,5-Grad-Klimaplan für Deutschland“ [1]
- Umweltbundesamt: RESCUE [4] (Ressourcenschonende Treibhausgasneutralität), 2019-2021, insbesondere Szenario „*GreenSupreme*“ [4h]
- Wuppertal Institut: „CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze“, Oktober 2020, im Auftrag der Fridays-for-Future [5]
- Bürgerrat Klima: Empfehlungen (24.6.2021) [6]
- Umweltbundesamt: Klimaschutzpotenziale in Kommunen. Quantitative und qualitative Erfassung von Treibhausgasminderungspotenzialen in Kommunen [52]

2.2. Dokumente aus Jena und Thüringen und Vorschlag zur Gliederung des KAP

Die vorgenannten Studienergebnisse aus gesamtdeutscher Sicht werden für die Erarbeitung der vorliegenden Zuarbeit zum KAP mit den Spezifika der Stadt Jena und den kommunalpolitischen Handlungsoptionen konfrontiert:

- Klimaschutzkonzept der Stadt Jena, 2015 [7]
- Monitoringberichte zum Leitbild Energie und Klimaschutz Jena [8] (ab 2009 alle 2 Jahre, seit 2013 bis 2020 jährlich, zuletzt für 2020 [8b])

Zur Bewertung und kommunalpolitischen Einordnung des KAP werden vom Jenaer Stadtrat bereits beschlossene Ziel- und Maßnahmenkataloge verwendet:

- Leitbild Energie und Klimaschutz für Jena 2021-2030 [9]
- Nachhaltigkeitsstrategie der Stadt Jena – Handlungsprogramm (27.4.2021) [10]

Anregungen für die Gliederung und einige Ideen werden übernommen aus Dokumenten des Freistaats Thüringen:

- Institut für Energie Leipzig: Gutachten zur Vorbereitung einer Energie- und Klimaschutzstrategie für Thüringen (13.3.2018) [11]
- Abschlussbericht zur Erarbeitung einer Integrierten Energie- und Klimaschutzstrategie Thüringens (16.1.2018) [12]
- "So geht's. Wie Thüringen klimaneutral wird – die Ergebnisse der Energiesystemmodellierung" November 2021/Januar 2022, [50]

Gliederung (nach [12]):

1. Energieproduktion und -verteilung
2. Gebäude, Haushalte/Kleingewerbe/Institute
3. Verkehr
4. Industrie
5. Gewerbe, Handel, Dienstleistung/Institute
6. Landwirtschaft
7. Senken (LULUCF - *land use, land-use change and forestry*)

Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) von 2019 nennt ebenfalls 7 Sektoren, jedoch anstelle „Gewerbe, Handel, Dienstleistung/Institute“ (diese werden dem Sektor „Gebäude“ zugeordnet) wird der Sektor „Abfallwirtschaft“ behandelt. Der Sektor „Senken“ heißt im KSG „Landnutzung“ (Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

Die Stiftung Klimaneutralität hat im Juni und August 2021 zusammen mit der Agora Energiewende und Agora Verkehrswende Dokumente vorgelegt, die die Politikinstrumente bzw. Sofortmaßnahmen für die neue Bundesregierung in der Legislatur 2021-2025 in 5 Sektoren gliedert [38, 39]:

- Energiewirtschaft
- Industrie
- Verkehr
- Gebäude
- Landwirtschaft

Diese Gliederung ist identisch mit den „Klimastadtplänen“ (s. nachfolgend Abschnitt), die *GermanZero* für ca. 50 Städte erstellt hat, darunter auch „KNUD“ für Jena. Für die folgende Zuarbeit zum Jenaer KAP wird (zunächst) folgende Gliederung verwendet:

1. Wärme (=Gebäude)
2. Verkehr
3. Elektrizität
4. Industrie, Ernährung (Landwirtschaft), sonstiger Konsum, öffentliche Emissionen
5. Senken

Die hier vorgenommene Aufteilung der „Energiewirtschaft“ in „Wärme“ und „Elektrizität“ wurde auch in den Monitoring-Berichten [8, 8a] vorgenommen und reflektiert die große Bedeutung der Fernwärme in Jena (etwa 50% der Wärmeenergie wird in Jena durch Fernwärme geliefert).

In späteren von RTKU zu erstellenden Versionen des KAP Jena sollte:

- die Gliederung des KAP übernommen werden, der durch die Stadtverwaltung beauftragt wird,
- evtl. der Bereich Landwirtschaft zusätzlich aufgenommen werden

2.3. Klimaaktionspläne anderer Städte in Deutschland

Einige Städte sind bereits in der Umsetzung des Plans für Klimaneutralität bis 2035.

Der Landkreis Rhein-Hunsrück hat bereits 2011 beschlossen, bis 2018 klimaneutral zu sein im Sinne von „bilanziell Null-Emission in den Sektoren Strom, Wärme, Abfall und Mobilität“ .

Ein mit über 600 Seiten umfassendes Dokument „Klimaschutzkonzept mit integriertem Handlungsfeld Klimafolgenanpassung“ hat die Stadt Wuppertal im Mai 2020 veröffentlicht [13].

Daraus und auch aus dem „Sofortprogramm Klimaschutz“ der Stadt Darmstadt, können Anregungen für den KAP Jena übernommen werden (<https://www.darmstadt.de/leben-in-darmstadt/klimaschutz/sofortprogramm-klimaschutz>).

Mit intensiver Bürgerbeteiligung hat Marburg im Oktober 2020 ein umfangreiches Dokument (224 Seiten) erstellt. In dem Dokument dominieren qualitativ beschriebene Maßnahmen. Quantitativ werden Einsparpotenziale beschrieben. Beispielsweise wird auf S. 26 ein „Klimaschutz-Controlling“ gefordert, das es in Jena bereits seit 2009 mit den Monitoring-Berichten alle 2 Jahre, seit 2013 jährlich gibt [8]. Das Dokument aus Marburg hat einen ähnlichen Duktus wie die Nachhaltigkeitsstrategie der Stadt Jena mit dem Handlungsprogramm [10], das in den Jahren 2017 bis 2020 mit Bürgerbeteiligung (Steuerungsgruppe von ca. 30 Personen aus Zivilgesellschaft, Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, ...) und 2019/2020 mit Beteiligung des RTKU (Runder Tisch Klima und Umwelt) erstellt wurde. Das Marburger Dokument ist sehr gut gegliedert, d.h. die Handlungsfelder untergliedert. Außer den o.g. Gliederungspunkten werden auch die „Unterstützung der Stadtgesellschaft“ und „Flächennutzung“ als Handlungsfelder thematisiert.

Weiterhin dienen als Anregung Aktionspläne anderer Teilnehmerstädte am „Klimaentscheid“. Einige Städte haben „Klimastadtpläne“ erstellt mit Hilfe des „Klimastadtplan-Generators“ von GermanZero (Halle, Essen, Göttingen, Konstanz, Aachen, Ulm, Berlin). Diese „Klimastadtpläne“ haben folgende Gliederung:

1. Strom: Sonnen- und Wind-Energie für unsere Stadt
2. Gebäude und Wärme: Wohnen und Arbeiten ohne CO₂e-Ausstoß
3. Verkehr: klimaneutrale Mobilität
4. Industrie: Klimafreundliche Betriebe
5. Aktiver CO₂-Entzug: Kohlenstoff langfristig binden und dabei Energie und andere wertvolle Rohstoffe gewinnen

Für die vorgenannten 5 Handlungsfelder werden jeweils folgende Zahlen geschätzt:

- CO₂e-Einsparung (% bis zum Ziel, also in Jena 2035)
- Investitionen p.a. (Mio €)
- Laufende Kosten p.a. (Mio €)
- Neue Vollzeitstellen (Anzahl)

In den „Klimastadtplänen“ folgt zu jedem der 5 Handlungsfelder nach den vorgenannten 4 Zahlen eine textliche Darstellung, die vorwiegend qualitativ gehalten ist. In einigen Klimastadtplänen (z.B. Berlin, Konstanz, Ulm und Aachen) werden die Zahlen für einzelne Maßnahmen-Kategorien untersetzt. Diese detaillierte Aufschlüsselung sollte auch für Jena gelingen.

2.4. Bericht „Jena klimaneutral 2035“ erstellt mittels KNUD

Das Tool "Klimastadtplan-Generator" wird von *GermanZero* ab Jahr 2021 nicht weiterentwickelt und deren Nutzung nicht mehr unterstützt. Stattdessen wird an einer neuen, verbesserten Variante gearbeitet. Das Nachfolge-Tool des Klimaplan-Generator nennt sich KNUD (<https://knud.germanzero.de/>). Laut <https://mitmachen-wiki.germanzero.org> wird der Name von KNUD geändert und soll nun „Local-Zero“ heißen. Es geht hier weniger um Aktionspläne, sondern um ein „Tool für die Erstellung übersichtlicher Treibhausgas-Bilanzen für Kommunen.“

Die Abkürzung KNUD steht für „Klimaneutralität und Du“. Für Jena wurde damit am 26.7.2021 durch Eingabe von nur zwei Parametern (Amtlicher Gemeindegemeinschaftsschlüssel: 16 0 53 000, Zieljahr für Klimaneutralität: 2035) ein 18 Seiten umfassendes Dokument als pdf-Datei erzeugt, das dem hier vorgelegten Entwurf als Anlage beigelegt wird. Die folgenden Zahlen wurden mit KNUD aufgrund der Einwohnerzahl und den weltweiten bzw. bundesdeutschen Mittelwerten proportional heruntergerechnet:

Stadt	Jena, krsfr. Stadt
Einwohnerzahl	111.407
Zieljahr der Klimaneutralität	2035
CO ₂ e-Budget der Kommune 2016	7.609.022 t
Verbleibendes Budget nach Zieljahr	-5.713.071 t
CO ₂ e-Emissionen 2018	1.148.556 t
Überschlagene Gesamtkosten der Klimaneutralität für alle Akteure	6.035.028.597 €
Überschlagene Kosten der Klimaneutralität für die Kommune selbst	820.735.369 €
Gesamtkosten pro Jahr für alle Akteure	431.073.471 €
Kosten pro Jahr für die Kommune selbst	58.623.955 €
Überschlagene Gesamtzahl an Arbeitsplätzen durch die Klimaneutralität	6.255
Überschlagene Anzahl an Arbeitsplätzen für die Maßnahmen durch die Kommune selbst (nicht zwangsläufig bei der Kommune angestellt)	1.372

Tabelle 1: KNUD-Zahlen im Überblick

Deutlich wird an diesen Zahlen zumindest, dass die Stadt Jena das CO₂e-Budget, das ihr im Sinne der Klimagerechtigkeit anteilmäßig (laut Bevölkerungsproporz) zusteht, um fast 6 Mio. Tonnen überziehen wird, auch dann, wenn bis zum Zieljahr 2035 die derzeitigen Emissionen (nicht schneller als linear über der Zeit) auf Null gesenkt würden.

Die in Tabelle 1 genannten KNUD-Zahlen werden im Folgenden zu Vergleichen genutzt. Laut GZ soll KNUD im weiteren Ausbau mit mehr ortsspezifischen Eingangsparametern so transparent wie möglich machen, welche Annahmen den Berechnungen zugrunde liegen. Die Entwickler von KNUD (bzw. seit Herbst 2021 „LocalZero“) sind sich bereits während der laufenden Testphase (2021) der begrenzten Bedeutung von KNUD bewusst [15]: „KNUD bietet die Möglichkeit, unkompliziert und schnell eine umfangreiche Datengrundlage zu erhalten, die einen Einstieg in die Diskussion bietet. Die Motivation steigt! Risiko: Es entsteht die Erwartung, dass KNUD lokalspezifische Daten liefert.“

Für den KAP Jena ist es – aufgrund der in Jena bereits erfolgten Vorarbeiten - nicht sinnvoll auf das Tool „LocalZero“ von GermanZero zu warten.

3. CO₂-Bilanz

3.1. Insgesamt

Der Jenaer Monitoring-Bericht [8b] für das Jahr 2019 weist für Jena Emissionen von insgesamt 513.415 t CO₂ aus. Darin enthalten sind als größter Beitrag die Wärmeversorgung (Fernwärme plus Erdgas für Wärme- und Kälteversorgung) von 40,3 %, gefolgt von 31,9 % aus dem Sektor Verkehr und mit 27,7 % der Beitrag der Elektrizität. Die Anteile dieser 3 bzw. 4 Sektoren sind in der Abbildung 3 dargestellt. Hinzu kommt noch ein relativ kleiner Beitrag (16.000 t CO₂) von Heizöl, Flüssiggas, Holzhackschnitzel u.a. Brennstoffe, die in [8b] unter „Sonstige Emissionen“ subsummiert werden. Aufgrund dieser deutlichen Gewichtung der Sektoren hinsichtlich der CO₂-Bilanz von Jena werden - im Unterschied zu den Klimastadtplänen von *GermanZero* – die Sektoren in der Reihenfolge „Wärme > Verkehr > Elektrizität > ...“ behandelt.

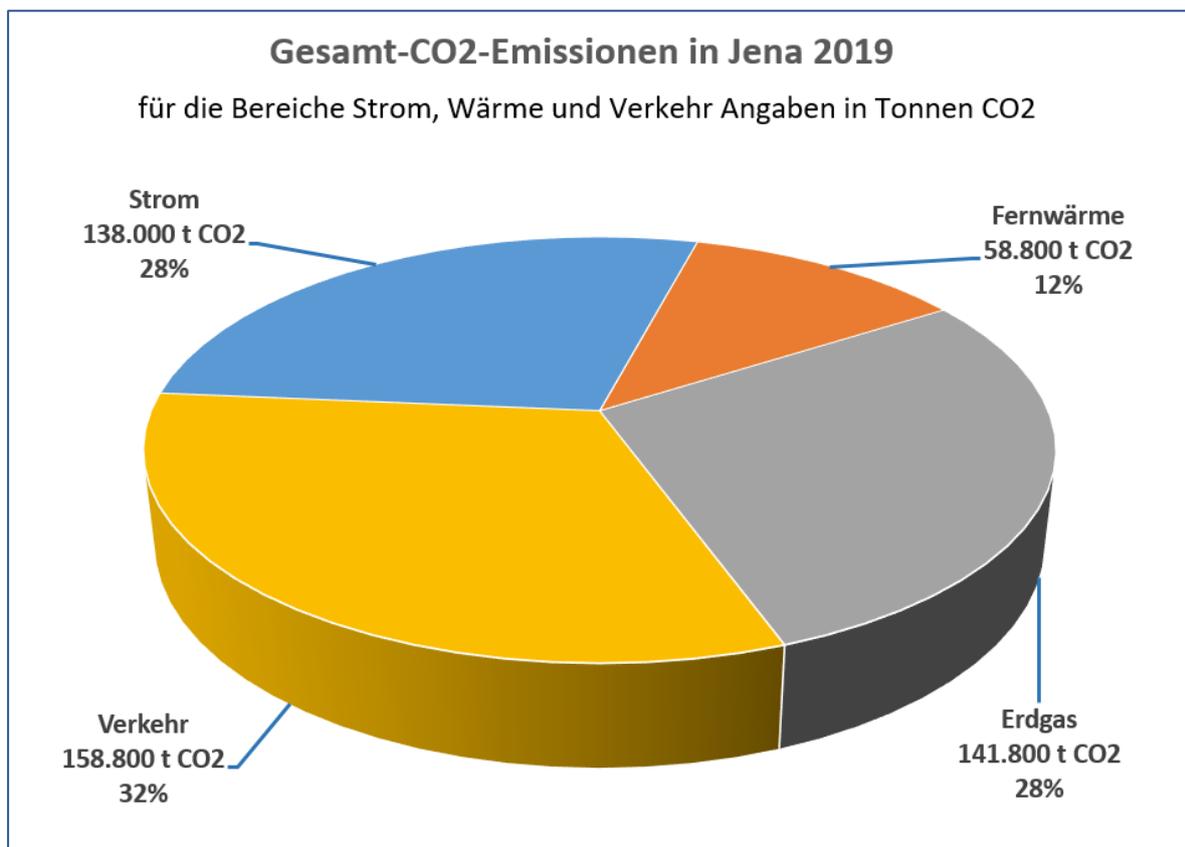


Abb. 3: Bilanz der CO₂-Emissionen nach dem Jenaer Monitoring-Bericht [8b]

Mit KNUD wurde für 111.407 Jenaer Einwohner CO₂e-Emissionen (im Jahr 2018) eine - im Vergleich zum Monitoring-Bericht [8a] - mehr als doppelt so große CO₂-Menge, nämlich 1.148.556 t CO₂e errechnet. Dieser Unterschied ist leicht zu erklären.

Der CO₂-Rechner des Umweltbundesamts (UBA, https://uba.co2-rechner.de/de_DE/) weist pro Kopf und Jahr in Deutschland CO₂-Emissionen von durchschnittlich 11,2 t aus. Davon sind 2,0 t aus dem Bereich „Wohnen“ (Wärme), 0,70 t aus „Strom“, 2,1 t aus „Mobilität“, 1,7 t aus „Ernährung“, 3,8 t aus dem „sonstigem Konsum“ und 0,9 t werden „öffentlichen Emissionen“ zugerechnet. Auf die 110.731 Einwohner Jenas (Stand 31.12.2020) gerechnet sind das 1.225.792 t CO₂. Diese Zahl weicht um nur 7% von der mit KNUD berechneten Zahl ab. Das legt nahe, dass UBA und KNUD ähnlichen Annahmen nutzen. Die Annahmen für den von UBA- CO₂-Rechner sind ausführlich und öffentlich zugänglich beschrieben [16]. Für KNUD liegt eine derartige Dokumentation noch nicht vor [14].

Die Bereiche Wohnen (Wärme), Strom, und Mobilität kommen nach dem UBA-CO₂-Rechner zusammen auf 4,8 t CO₂/Kopf/Jahr, also für 110.731 Jenaer Einwohner 531.509 t CO₂/Jahr. Diese Zahl weicht von der im Jenaer Monitoring-Bericht [8b] für das Jahr 2019 genannten Menge 513.415 t CO₂ nur um 3% ab. Im Monitoring-Bericht sind offenbar CO₂-Emissionen aus den Bereichen Wohnen (Wärme), Strom, und Mobilität erfasst, nicht jedoch der „sonstige Konsum“, der laut UBA- CO₂-Rechner für ein Drittel der CO₂-Emissionen verantwortlich ist. Die Jenaer Monitoring-Berichte erfassen also nur 42% der Gesamt- CO₂e-Emissionen. CO₂-Emissionen aus „Ernährung“, „sonstigem Konsum“ und teils auch „öffentlichen Emissionen“ fehlen in [8b] weitgehend.

Im Thüringer Emissionskataster [38, S. 219] werden für Jena 476.309 t/a CO₂-Emissionen (ohne Stromimporten und CO₂-Senken) angegeben, davon über 60 % aus Industrie und Gewerbe, gefolgt von über 20 % aus Verkehr und der Rest (weniger als 20%) aus Haushalten und Kleinverbrauchern. Die Gründe für die Differenzen (z.B. Importe von Strom und Gütern) zu den oben genannten Zahlen sind noch offen und müssen mit der Erarbeitung des KAP geklärt werden.

3.2. Wärme

Hinreichend gut mit einer Abweichung von nur 10% stimmen auch die durch Wärmeversorgung ermittelten Zahlen aus dem Jenaer Monitoring-Bericht [8b] (200.600 t CO₂ = 58.800 t für Fernwärme, 141.800 t für sonstige Erdgas-Verwendung) mit dem laut UBA-CO₂-Rechner ermittelten Wert von 221.462 t überein.

Die 221.462 t Wärme-bedingten CO₂-Emissionen laut UBA-CO₂-Rechner sind **18% der** mit dem UBA-CO₂-Rechner für Jena berechneten **Gesamtmenge** von 1.225.792 t CO₂. Mit KNUD werden 13,6% der CO₂-Emissionen den „Gebäuden“ und damit i. W. der Wärmebereitstellung zugerechnet.

3.3. Verkehr

Eine größere Abweichung von über 30% ist hingegen bei den verkehrsbedingten CO₂-Emissionen festzustellen: Laut Jenaer Monitoring-Bericht [8b] sind 158.789 t CO₂ in Jena durch den Verkehr bedingt, während laut UBA- CO₂-Rechner 232.535 t. Eine plausible Erklärung ist, dass der UBA- CO₂-Rechner auch Flüge und andere Verkehrsmittel (z.B. Motorräder, Kleinkrafträder, öffentlicher DB-Nah- und Fernverkehr) einbezieht und bei PKW-Kleinwagen, Mittelklasse-, Oberklassewagen differenziert. Im Jenaer Monitoring-Bericht [8] werden hingegen Kfz-Zulassungszahlen zugrunde gelegt.

Die 232.535 t verkehrsbedingte CO₂-Emissionen laut UBA- CO₂-Rechner sind **19% der** mit dem UBA-CO₂-Rechner für Jena berechneten **Gesamtmenge** von 1.225.792 t CO₂. Auch mit KNUD werden 19% der CO₂-Emissionen dem Verkehr zugerechnet.

Es ist plausibel, dass UBA und KNUD von ähnlichen Prämissen ausgehen. Die Zahlen im Jenaer Monitoring-Bericht sind kritisch zu hinterfragen.

Für alle Studien, auch die von UBA und KNUD, gilt die in [8] genannte Einschränkung, die künftig an Bedeutung gewinnen wird: *„Ungeklärt ist nach wie vor, wie Energieverbräuche für E-Mobilität sinnvoll erfasst und dokumentiert werden können.“*

3.4. Elektrizität

Das online-Tool KNUD rechnet der „Energiewirtschaft“ 36 % der CO₂-Emissionen zu. Zu klären ist, wieviel davon dem Sektor „Strom“ und wieviel dem Sektor „Wärme“ zuzurechnen ist, zumal KNUD den energetisch überlappenden Sektor „Gebäude“ mit 14 % zusätzlich ausweist. Mit dem (inzwischen nicht mehr weiter genutzten) Vorgänger-Tool „Klimastadtplan-Generator“ wurde z.B. für die Stadt Halle 34 % der „Wärme“, 40 % Strom und nur 2 % der Industrie zugeordnet [17], während mit KNUD für Jena 14 % dem Sektor „Gebäude“ (=Wärme?) und 22 % der Industrie zugeordnet werden (für den Sektor „Strom“ wurde mit KNUD kein separater Wert berechnet).

Interpretationsbedürftig ist der Unterschied von mehr als 40% bei den Berechnungen der jährlichen CO₂-Emissionen bedingt durch Elektrizität. Im Jenaer Monitoring-Bericht [8b] werden 138.000 t CO₂-Emissionen kalkuliert (**11 %** der nach UBA berechneten Gesamtmenge von 1.225.792 t CO₂), während mit dem UBA- CO₂-Rechner nur 77.512 t laut UBA (**6 %** der Gesamtmenge). Dieser Unterschied ist zunächst schwer zu erklären, zumal der von den Stadtwerke Energie Jena-Pößneck GmbH (SWEJP) vertriebene Strom „grün“ ist (zumindest für die Tarifkunden) und damit geringer als der mit dem UBA-CO₂-Rechner ermittelte Wert sein müsste. Die Differenz ist vermutlich durch die Sondervertragskunden bestimmt: Laut Jenaer Monitoring-Bericht [8b], S. 11, wurden insgesamt 560.862 MWh Strom bezogen, davon 404.139 MWh Strom durch Sondervertragskunden und 156.723 MWh durch Tarifkunden. Für die Umrechnung in CO₂-Emissionen heißt es in [8b] auf Seite 43 in der Fußnote Nr. 16: *„Bei der durch die Stadtwerke Energie Jena-Pößneck GmbH vertriebenen Elektroenergie handelt es sich zwar um „grünen Strom“, aber wegen des liberalisierten Strommarktes beziehen nur ein Teil der Kunden in Jena die Elektroenergie von den Jenaer Stadtwerken. Dieser Umstand ist bei der Ermittlung des „durchschnittlichen“ CO₂-Faktors zu berücksichtigen. Legt man die Anteile der Nicht-Stadtwerk-Kunden*

zugrunde und verwendet für den CO₂-Faktor der Stadtwerke Energie Jena-Pößneck GmbH einen Wert von 3 g/kWh (<http://iinas.org/gemis-download121.html>) und für den deutschen Strommix im Jahr 2019 einen Wert von 401 g/kWh ergibt sich ein durchschnittlicher CO₂-Faktor für Strom in Jena von 246 g/kWh für das Jahr 2019.“

Daraus kann man rückrechnen, das von den 404.139 MWh der „Sondervertragskunden“ etwa 85% (=344.070 MWh=560.862 MWh*246 g/kWh/401 g/kWh) nicht als „grüner“, CO₂-neutraler Strom von Sondervertragskunden bezogen worden. Die Sondervertragskunden sind i. W. zuzuordnen der Industrie, großen Institutionen (Forschungsinstitute, Kliniken, Behörden, ...) sowie den Haushalten und dem Kleingewerbe, die nicht „grünen“ Strom beziehen. Der Sektor „Strom“ verursacht also CO₂-Emissionen von 137.972 t CO₂ (=344.070 MWh*401 g/kWh). Das sind **27%** der Gesamtemissionen von 513.415 t CO₂. Davon sind, schätzungsweise abzüglich der ca. 40% (?) Haushalte und Kleingewerbe, die nicht „grünen“ Strom beziehen, **16% der CO₂-Emissionen Jenas durch Industrie und großer Institutionen** bedingt.

3.5. Industrie, Ernährung, sonstiger Konsum, öffentliche Emissionen

Mit dem Tool KNUD wurden 22 % der CO₂-Emissionen der Industrie und 8 % der Landwirtschaft zugerechnet. Ernährung wird mit dem Tool KNUD, das vor allem politisches Handeln im Blick hat, dem Sektor Landwirtschaft zugeordnet.

Der Beitrag der **Ernährung** wird mit dem UBA- CO₂-Rechner aus 1,7 t pro Kopf und 110.731 Jenaer Einwohnern mit 188.243 t CO₂ berechnet. Das sind **15% der** mit dem UBA- CO₂-Rechner für Jena berechneten **Gesamtmenge** von 1.225.792 t CO₂. Es ist plausibel, dass darin die 8% der mit KNUD berechneten CO₂-Emissionen aus der Landwirtschaft enthalten sind, da dem Sektor Ernährung auch noch Emissionen aus der verarbeitenden Lebens- und Genussmittelindustrie zuzurechnen sind.

Der Beitrag der großen Stromkunden aus **Industrie und großen Institutionen** (Forschungsinstitute, Kliniken, städtische und Landesverwaltungen und -betriebe, ...) wird im UBA- CO₂-Rechner, der vor allem die individuellen Bürgerinnen und Bürger im Blick hat, dem „sonstigen Konsum“ und „öffentlichen Emissionen“ zugerechnet. Aus 3,8 t pro Kopf für den Sektor „**sonstiger Konsum**“ und 110.731 Jenaer Einwohnern werden Emissionen von 420.778 t CO₂ berechnet. Das sind **34% der** mit dem UBA-CO₂-Rechner für Jena berechneten **Gesamtmenge** von 1.225.792 t CO₂.

Im Thüringer Emissionskataster [38] werden 297.314 295.405 t/a CO₂-Äquivalente für „erklärungspflichtiger Anlagen“ in Jena angegeben (2012, 11. BImSchV), davon 295.405 t CO₂/a.

0,9 t pro Einwohner und Jahr werden mit dem UBA-CO₂-Rechner „**öffentlichen Emissionen**“ zugerechnet. Auf die 110.731 Einwohner Jenas gerechnet sind das 99,7 t, also **8 % der Gesamtemissionen** Jenas von 1.225.792 t CO₂.

4. Maßnahmen

4.1. Methodik

Der KlimaAktionsPlan darf sich nicht auf die Stadt Jena beschränken; er muss die umliegende Region mit einbeziehen. 58% der CO₂-Emissionen, die Jena über die Sektoren „Ernährung“, „Sonstiger Konsum“ und „öffentliche Emissionen“ emittiert, müssen den Bürgerinnen und Bürgern Jenas zugeschrieben werden. Diese haben ihre Quellen nicht in der Stadt. Ferner wird der Energiebedarf der Stadt Jena für Elektrizität, Wärme und Verkehr nur zum geringeren Teil aus erneuerbaren Quellen auf dem Territorium der Stadt gewonnen werden können. Hierfür ist die Stadt Jena dringend auf das Umland angewiesen, insbesondere die Landkreise Weimarer Land und Saale-Holzland-Kreis.

Auch im Folgenden werden die Sektoren „Wärme > Verkehr > Elektrizität > ...“ in der Reihenfolge der Größe ihrer Anteile an der CO₂-Bilanz behandelt. Der in 3.5 behandelte Anteil „Sonstiger Konsum“ ist

mit Abstand am größten. Dieser Beitrag ist aber schwer kommunalpolitisch und in seiner Vielfalt zu fassen und zu beeinflussen, wohl aber von jedem/jeder Einzelnen.

In den Kapiteln 4.2 und 4.3 wird mit den Sektoren Wärme und Verkehr auch deshalb begonnen, weil diese – im Unterschied zu den anderen Sektoren – vorrangig in kommunalpolitischer Verantwortung liegen. An der Umsetzung von Maßnahmen im Bereich Wärme und Verkehr ist erkennbar, welche Priorität die Stadt Jena den Klimaschutz tatsächlich beimisst. Am 4.9.2019 hatte der Stadtrat – unter dem Druck der Fridays-for-Future Jena – mit großer Mehrheit beschlossen, „*der Klimakrise mit höchster Priorität [zu] begegnen*“.

Zunächst wird jeweils – sofern irgend möglich – ein quantitativer Ansatz versucht, wohl wissend, dass gerade diese Aussagen sehr vage und möglichst in weiterer Bearbeitung zu präzisieren sind. Es wird auch deutlich werden, dass viele Maßnahmen von der Kommune Jena nicht allein zu leisten sind.

Dem Versuch einer quantitativen Behandlung folgen für einzelnen Sektoren Listen von Maßnahmen, deren Relevanz schwer quantitativ zu bemessen ist, jedoch für künftige Ausgestaltung des KAP gerade dies wünschenswert ist, damit die Zielerreichung der „Klimaneutralität“ auch geprüft werden kann, die Stadt Jena „sich nichts vormacht“, ihren Beitrag zum Klimaschutz „nicht schönredet“. Qualitative Maßnahmen können aus anderen Dokumenten ([1], [4], [5], [6], [9], [10], [12], [17], ...) übernommen werden.

4.2. Wärme- und Kälteversorgung

4.2.1. Kommunalpolitische Vorbemerkung und erste Maßnahme:

Die „Wärmewende“ durch „Dekarbonisierung“ und damit der Übergang zur Klimaneutralität im Sektor der Wärme- und (aufgrund der globalen Erwärmung wichtiger werdenden) Kälteversorgung ist das „dicke Brett“, das die Kommunalpolitik für den Klimaschutz zu bohren hat. Umso merkwürdiger ist der Fakt, dass Stadtverwaltung und Stadtrat am 16.7.2020 den Beschlussantrag des Jenaer Klimaschutz-Beirats auf eine Reduktion der wärmebedingten CO₂-Emissionen um 30 % bis 2030 verworfen hat (weil angeblich nicht realisierbar), sondern eine Reduktion um (nur) **15 % innerhalb von 10 Jahren** als hinreichend ambitioniert würdigte (Ziel 2.1 in [9]), aber ein Jahr später, am 14.7.2021, eine **100%ige Reduktion** (d.h. Klimaneutralität) **innerhalb von 14 Jahren** von der Stadtverwaltung vorgeschlagen und vom Stadtrat mit großer Mehrheit Zustimmung fand. Dieser merkwürdige kommunalpolitische Umschwung kann durch veränderte politische Rahmenbedingungen (z.B. bevorstehende Bundestagswahlen 2021) verstanden werden. Diese beiden Beschlüsse (20/0391-BV und 21/0964-BV) wären nur dann konsistent, wenn für die 5 Jahre von 2031 bis 2035 eine Reduktion der wärmebedingten CO₂-Emissionen um 85% ernsthaft geplant wäre. Aber genau dieses Vertagen der Reduktionslast auf die Zeit nach 2030 ist vom Bundesverfassungsgericht im März/April 2021 gerügt worden. Als Konsequenz des Bundesverfassungsgerichtsbeschlusses **muss als erste Maßnahme der Beschluss 20/0391-BV [9] vom Stadtrat korrigiert werden**. Wenn über die Zeit eine mindestens lineare CO₂-Reduktion geplant wird (zum Ende hin wird es immer schwerer und kostenaufwändiger), muss für den Zeitraum 2021 bis 2030 die Zahl 15 % durch 66 % Reduktion der wärmebedingten CO₂-Emissionen ersetzt werden. Danach müssen entsprechende Maßnahmen beschlossen und umgesetzt werden. Die folgenden Ausführungen sollen dazu Anregungen liefern. Das am 27.4.2021 vom Stadtrat beschlossene **Handlungsprogramm [10] (Beschluss 20/0651-BV) muss entsprechend überarbeitet und verändert beschlossen werden**.

4.2.2. Übersicht

Reduktion der CO₂-Emission um 66% bis 2030 (30 % laut Entwurf des Runden Tisches Klima und Umwelt, 15 % laut Stadtratsbeschluss 2020 für das Leitbild Energie und Klimaschutz für Jena 2021-2030, 66 % laut hier entworfenem KAP).

Die Maßnahmen für die Reduktion um 66 % können folgenden zwei Kategorien zugeordnet werden:

a) Energieeinsparung: 15%

davon:

- seitens der Erzeugung 10% (HKW Jena-Süd, Heizungserneuerungen)
- Gebäudesanierung 5%

b) Ersatz von Erdgas durch Erneuerbare Energiequellen (EE): 51%

51 % von 743 GWh (laut [8b]) = 379 GWh/a Ersatz durch EE,
davon ca. 10% (=39 GWh/a) bis 2025 mit folgenden Beiträgen:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| a) Solarthermie | 2 GWh/a (10.000 qm) |
| b) Bioenergie (thermisch) | 5 GWh/a (Bioabfälle) |
| c) Abwärme/Geothermie/Umweltwärme | 32 GWh/a (Zentralkläranlage, Abwasser-Wärme) |

Mehr ist in den kommenden 4 Jahren nicht zu leisten, weil alle weiteren Maßnahmen entsprechende Vorbereitung benötigen.

Der Hauptteil von 340 GWh/a (=379-39) muss in den Jahren 2026-2030 geleistet werden, vorwiegend durch oberflächennahe Geothermie oder Umweltwärme in Verbindung mit **Wärmepumpen**, die – wenn man eine Jahresarbeitszahl von 3 unterstellt – **113 GWh/a Strom aus erneuerbaren Quellen** benötigen (dazu weiter unter 4.2.11 und 4.2.12; etwa 20 moderne Windenergieanlagen mit Leistungen von je 3 MW sind dafür nötig, hierzu weiter unter 4.4).

4.2.3. Neubau Heizkraftwerk Jena-Süd

Mit dem im September 2019 begonnenen Neubau der TEAG im Heizkraftwerk (HKW) Jena-Süd (Winzerla) werden nach Aussagen der TEAG die Kohlendioxidemissionen halbiert: von derzeit 350.000 t/a auf 200.000 t/a durch Investition in die neue, effizientere Gasmotoren-Anlage und bis 2037 auf 150.000 t/a, nachdem die Power-to-Heat/Gas-Anlage in Betrieb geht [18]. Diese Angaben umfassen sowohl die Strom- als auch die Wärmeproduktion und stellen einen wesentlichen Baustein zum Erreichen der Klimaschutzziele dar. Ein Gespräch dreier Vertreter der BürgerEnergie Jena eG (Reinhard Guthe, Johannes Graubner, Peter Knüpfer) mit Vertretern der TEAG (Andreas Meyer/Geschäftsbereichsleiter Erzeugung, Thomas Kühnapfel/Fachgebietsleiter Energiewirtschaft Erzeugung, Mario Schroth/Fachgebietsleiter Heizkraftwerk Jena) am 11.9.2019 ergab jedoch, dass die in der Presse zitierte Halbierung der Kohlendioxidemissionen als Bezugswert die (zunehmend ungünstige) Weiternutzung des GuD-Kraftwerks unter den künftigen Bedingungen der Dominanz volatil aus Sonne und Wind erzeugten Stroms am Strommarkt hat; die neuen Gasmotoren sind flexibler und unter diesen veränderten Bedingungen effizienter und damit CO₂-sparender am künftigen Strommarkt einsetzbar. Die zitierte Reduktion von 350.000 t CO₂ im Jahr 2011 auf 200.000 t im Jahr 2021 ist begründet durch folgende Fakten:

- Reduktion des Wärmebedarfs (nicht näher quantifiziert); insbesondere soll ab 2024/2025 Zeiss keinen Dampfbedarf mehr haben, wofür derzeit noch ein Dampfkessel betrieben wird.
- 10% Effizienzsteigerung durch Ersatz der GuD-Turbinen durch Gasmotoren (Wirkungsgrad >90%)
- Im Dauerbetrieb/Grundlast sind die GuD (Gas-und-Dampf)-Turbinen hoch effizient; sie sind aber nicht so schnell an- und abschaltbar, hoch- und runterfahrbar, wie es zunehmend erforderlich geworden ist; dagegen können die Gasmotoren innerhalb von 5 min von Null auf Vollast gefahren werden.
- Der Hauptvorteil liegt also in der Flexibilität, d.h. die Gasmotoren zusammen mit dem neuen Druckwasser-Wärmespeicher (hydraulisch gekoppelt ans Fernwärmenetz), sind komplementär zu den volatilen EE-Quellen (Wind, Sonne).

- Die hohe Flexibilität ergibt sich auch dadurch, dass 5 Gasmotoren zu je 12,5 MW separat gefahren werden können.
- Der Druckwasser-Wärmespeicher reicht, um ohne Gas über ein Wochenende zu kommen (sinnvoll, weil /wenn am Wochenende kein Strombedarf aus fossilen Quellen und stattdessen Überangebot an Strom aus erneuerbaren Quellen - Sonne und Wind - besteht).
- Das so erweiterte HKW ist auch schwarzstartfähig und inselnetzfähig (--> Versorgungssicherheit).
- Die neuen Gasmotoren können mit Gas betrieben werden, das bis zu 20% (evtl. sogar 30%, was aber noch zu prüfen ist) Wasserstoff enthält. Damit wäre der teilweise Ersatz von 20% des fossilen Erdgases durch CO₂-frei oder CO₂-neutral erzeugtes Gas möglich.

Der Fernwärme-Liefervertrag der Stadtwerke Energie Jena-Pößneck GmbH (SWEJP) mit der Thüringer Energie AG (TEAG) für das HKW, das auf Erdgas basiert, läuft im Jahr 2037 aus. Nachfolgeinvestitionen müssen zur Klimaneutralität sichern, dass nach Auslaufen des Vertrages zur Fernwärmeezeugung keine fossile Energiequelle wie Erdgas mehr verwendet wird.

Thüringer Fernwärmeversorgungsunternehmen – und damit auch die SWEJP – müssen laut Thüringer Klimagesetz bis Ende 2022 ein Konzept für ihr Wärmenetz entwickeln, das an dem Ziel der nahezu klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040 ausgerichtet ist und in dem auch die gegebenenfalls erforderlichen Durchführungsschritte für den Zeitraum bis zum Jahr 2040 dargelegt werden. Das schließt ein, dass der Einsatz von Erdgas vollständig durch erneuerbare Energien abgelöst werden muss.

Seit Juli 2020 arbeiten die SWEJP an diesem Konzept gemeinsam mit anderen kommunalen Thüringer Fernwärmeversorgern. Beim Bürgerenergie-Treff am 24.6.2021 hat der Geschäftsführer der SWEJP Zwischenergebnisse präsentiert. Diese betreffen die technischen Rahmenbedingungen, wirtschaftliche Auswirkungen (Investitionen, Aufwand, Entwicklung Wärmepreis beim Kunden) und energiepolitische Rahmenbedingungen. Von grundlegender Bedeutung ist dabei die Substitution von fossilen Energiequellen (Erdgas) durch erneuerbare, allen voran Sonnen- und Windenergie, aber auch Bioenergie, Umweltwärme, Geothermie, Wasserkraft. Da Sonnen- und Windenergie nicht immer ausreichend verfügbar sind, werden Energiespeicher zunehmend bedeutsam. Hierzu arbeiten die SWEJP mit ihren Jenaer Partnern an einem mit Bundesgeldern (BMW) geförderten „Reallabor JenErgieReal“.

4.2.4. Energetische Sanierung des Gebäudebestandes

Sanierungsmaßnahmen zur Minderung des Energie- und Wärmeverbrauchs im Gebäudebereich sind ein zentraler Baustein zur Energiewende. Jedoch werden gerade Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung extrem kontrovers diskutiert, sowohl hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses als auch der Ökobilanz – als auch der Machbarkeit hinsichtlich des nicht verfügbaren Personals im Handwerk.

Im Wärmeetlas [19], der 2012 von den Stadtwerken Energie in Zusammenarbeit mit der Leibniz-Universität Hannover erstellt wurde, wird mit dem „Effizienz-Szenario“ eine Reduktion des Wärmeenergiebedarfs um 22,5% bis 2030 für möglich erklärt. Das Effizienz-Szenario verlangt Sanierungsraten um den Faktor 1,5 bis 2 höher als dies nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 erforderlich ist. Fenster sind gemäß Wärmeetlas Jena durchgängig mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung und Dämmstoffstärken sind bis zum bautechnischen Maximum (bis zu 24 cm) zu realisieren. Dabei ist zu beachten: Dämmstärke und Dämmmaterial sind kritisch zu prüfen hinsichtlich des Optimums (Kosten/Umweltverträglichkeit versus Energieeinspareffekt).

Nach Berechnungen der TU Dresden aus dem Jahr 2015 ist eine derart starke Reduktion des Wärmebedarfs unrealistisch („Integriertes Energie- und Wärmekonzept für Jena 2050“ [20]). In [20] wurde eine Reduktion des Wärmeenergiebedarfs um 35% bis 2050, also eher bis zu 10% bis 2030 für möglich gehalten. Dafür müssten die aktuellen Sanierungsraten verdreifacht werden (von aktuell 1 bis 1,25% auf das Deutschlandziel von 3% pro Jahr – und das ab sofort!). Die von Fridays-for-Future (F4F) initiierte

Studie [5] des Wuppertal-Instituts wie auch der von *GermanZero* entwickelte Klimastadtplan für Halle [17] fordern eine massive Steigerung der energetischen Sanierungsrate von Gebäuden von derzeit 1 % auf 4 % pro Jahr.

Die SWEJP rechnen aktuell mit einem Rückgang des Wärmeverbrauchs von rund 15% bis 2050 gegenüber 2011 (s. [20], S. 14). Dieser prognostizierte Rückgang von etwa 5% bis 2030 mag realistisch sein (5% für die nächsten 10 Jahre, 15% für die nächsten 30 Jahre bis 2050). Er ist jedoch unzureichend für das Erreichen der Klimaschutzziele und entspricht lediglich dem „Trendszenario“ aus dem o.g. Wärmeatlas [19]. Die nötige Verwirklichung des „Effizienz-Szenarios“ verlangt ab sofort ein Maßnahmenprogramm für Bestandsbauten mit entsprechenden Handwerkerkapazitäten, die gegenwärtig nicht verfügbar sind. Aus diesem Grunde wurde im Entwurf (Stand Mai 2021) für den „Klimaentscheid Jena“ folgende konkrete Maßnahme beispielhaft aufgenommen:

„ab 2022 eine **Ausbildungs- und Qualifizierungsoffensive insbesondere zur Nachwuchsförderung im Handwerk und in der Bauwirtschaft** zu starten, um die energetische Sanierungsrate von Gebäuden und den Ausbau erneuerbarer Energien wesentlich zu erhöhen“. Für die endgültige Fassung und den Stadtratsbeschluss vom 14.7.2021 mussten diese (wie auch andere) konkrete Maßnahmen aus dem „Klimaentscheid Jena“ entfernt werden (u.a. aus rechtlichen Gründen). Im KAP soll diese Maßnahme als Sofortmaßnahme aufgenommen werden. Es kann dabei an die MINT-Förderung in den Schulen durch die Stadt Jena angeknüpft werden und in Kooperation mit den Handwerks- und Industrie- und Handelskammern ausgebaut werden.

Nach Auskunft von Dr. Martin Gude (TMUEN, 10.10.2021) plant die Wohnungsgenossenschaft Heimstätten Jena „serielles“ Sanieren mit industriell vorgefertigten Elementen. Wir empfehlen, diese Verfahrensweise bezüglich der CO₂-Einsparung zu evaluieren.

Der größte Teil des mehrgeschossigen Wohnungsbestands ist bereits saniert. Der zweite Sanierungszyklus im Gebäudebestand ist im Zeitraum vor 2030 durchzuführen. Die Stadtwerke Energie als Haupt-eigentümerin der kommunalen Wohnungsgesellschaft *jenawohnen* GmbH mit über 14.000 Wohneinheiten (24% des gesamten Wohnungsbestands der Stadt) haben damit einen entscheidenden Beitrag zu leisten und eine Vorbildfunktion zu übernehmen.

Häuser, die möglicherweise vor längerer Zeit energetisch saniert wurden, entsprechen heute teilweise nicht mehr den Anforderungen. Dies betrifft beispielsweise die Dämmung der obersten Geschosdecke in der Stauffenbergstraße 45-51, Hans-Berger-Str.1-7,11-17 und 19-29. Dort wurde eine energetische Sanierung 1994/1995 vorgenommen, deren Zustand ist stark sanierungsbedürftig. Eine konkrete Sofort-Maßnahme für den KAP wäre, zunächst einen **Katalog zu erarbeiten, indem die durchgeführten energetischen Maßnahmen, der Zeitpunkt der Ausführung und Termine für die Überprüfungen des aktuellen Zustandes aufgeführt werden und dann nach Prioritätensetzung abgearbeitet werden**. Für Salvador- Allende-Platz 17-19 wurden im Jahr 2008 vom Gebäude-Energieberatungsbüro Peter Knüpper, Jena, energetische Berechnungen vorgenommen und *jenawohnen* vorgeschlagen, mit Unterstützung des damals verfügbaren *dena*-Förderprogramms eine energetische Sanierung vorzunehmen. Es wurde damals seitens *jenawohnen* entschieden, diese Gebäude „momentan nicht energetisch zu sanieren“, um aus sozialen Gründen Wohnungen mit niedrigen Mieten vorhalten zu können. Diese Entscheidung sollte – bei Berücksichtigung der aktuellen Förderkulisse - revidiert werden in Verbindung mit **flankierenden Maßnahmen zur Vermeidung sozialer Härten**.

Eine weitere praktische Maßnahme zur Einsparung von Wärme wäre die Umsetzung des **hydraulischen Abgleichs** in allen Häusern. Durch diese Maßnahme können dort, wo der hydraulische Abgleich noch nicht durchgeführt wurde, – nach Auskunft des Energieberatungsbüros Peter Knüpper – bis zu 13% Energie eingespart werden (Studien von DBU und der Fa. Viessmann weisen auf Potenziale zwischen 10 und 20% hin).

Im Wärmetlas [19] stellt das oben genannte „Effizienz-Szenario“ (22,5% Reduktion des Wärmeverbrauchs bis 2030) nur den mittleren Verlauf dar. Im noch anspruchsvolleren „Innovations-Szenario“ wird sogar ein Rückgang um 32,4% für realisierbar gehalten, wenn zusätzlich 50% der Gebäude im Passivhaus-Standard realisiert sind, luftdicht sind, ohne Wärmebrücken mit kontrollierter Lüftung und mit Wärmerückgewinnung > 80%, mit einem spezifischen Heizwärmebedarf von nur 15 kWh/m²a. Wie dieses „Innovations-Szenario“ für Bestandsbauten realisiert werden kann, ist weitgehend unbekannt. Für Neubauten ist das möglich. Aber Neubauten ersetzen in Jena nur in Ausnahmefällen Bestandsbauten und tragen somit nicht direkt zum Reduktionsziel bei. Bei Bestandsbauten, bei denen die Wärmeinsparung durch Dämmung nicht wirtschaftlich darstellbar ist, muss stärker auf den Einsatz erneuerbarer Wärmeenergie gesetzt werden (Solarthermie, Wärmepumpe mit Strom aus PV oder Windenergie). Bei grundhafter Sanierung müssen Öl- und Gas-Heizungen ausgeschlossen werden.

Der Geschäftsführer von *jenawohnen*, Tobias Wolfrum, verwies im Rahmen des BürgerEnergie-Treffs im November 2019 auf Einspareffekte im Wärmebereich durch intelligente Steuerung der Wärmebereitstellung (einschließlich des Einsatzes erneuerbarer Energie wie Wärmepumpen) auf Einsparreserven bis zu 30%, wie von Prof. Tobias Teich von der Hochschule Zwickau demonstriert wird. Mitglieder der BürgerEnergie Jena eG (G. Lorenz, J. Graubner, P. Knüpfer, R. Guthke) haben sich im Januar 2020 von der Validität dieser Aussagen überzeugt. Nach Aussagen von Herrn Wolfrum wird mit der begonnenen Sanierung der 300 Wohnungen in der Ziegesarstraße erprobt, ob diese Vorhersagen im Rahmen von „*smart city* Jena-Lobeda“ zutreffend sind.

Nach persönlicher Auskunft des Geschäftsführers von *jenawohnen*, Tobias Wolfrum, gegenüber R. Guthke am 27.9.2021, ist nach Ende des Winters (der Heizperiode) 2021/2022 mit ersten quantitativen Ergebnissen über den Erfolg der CO₂-Einsparung im Rahmen von „*smart city* Jena-Lobeda“ zu rechnen.

Bei der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes ist die **Berücksichtigung der sozialen Belange** von größter Bedeutung. Darauf weist u.a. die Bürgerinitiative Soziales Wohnen Jena hin (über das Sozialforum).

- Viele der Maßnahmen und Ziele betreffen Eigenbetriebe und Stadtwerke. Dort ist vor allem *jenawohnen* als größter Vermieter Jenas zu nennen (*jenawohnen* ist damit verantwortlich für die Sanierung vieler Wohnungen).
- Dabei müssen die Mieter:innen im Interesse einer Akzeptanz dieser Maßnahmen von Anfang an eingebunden werden. Dies sollte geschehen über einen Mieter:innenbeirat Klimaschutz, der durch die Mieter:innen auch einen Input zu konkreten Sanierungsbedarfen liefert und über den andererseits Sanierungsvorhaben von Anfang an klar kommunizieren werden. Wichtig ist eine feste und demokratische Mitbestimmung von Mieter:innen bei energetischer Sanierung/Optimierung. So könnte zum Beispiel ein solcher Beirat Einfluss auf die Entscheidung nehmen, über wie lange Zeiträume die Modernisierungsaufwendungen durch die Miete finanziert werden und dass die Modernisierungsumlage danach wieder zurückgenommen wird.
- Sanierungen müssen langfristig Vorteile für die Mieter:innen haben. Für alle Maßnahmen braucht es auch sozial-gerechte Finanzierungsvorschläge.
- Die Gewinne von *jenawohnen* fließen über die Stadtwerke Energie Jena-Pößneck GmbH den Gesellschaftern zu, vor allem über die Holding Stadtwerke Jena GmbH der Stadt Jena selber mit dem Nutzen für die finanzielle Stützung defizitärer Betriebe wie dem Jenaer Nahverkehr (mehr als 6 Mio. Euro pro Jahr) und den Jenaer Bädern (z.B. Schwimmhallenneubau in Lobeda-West) und so mittelbar auch den meisten Mietern von *jenawohnen*. Falls der derzeitige Deckel der Mietpreiserhöhung von 1,5% pro Jahr angehoben würde, muss dies entsprechend frühzeitig thematisiert werden (bzw. wenn nötig verhindert werden).

- Viel hängt von der Beteiligung und Akzeptanz der Bevölkerung ab. So zum Beispiel, wenn Mieter:innen erklärt bekommen, wie sich Mietsteigerungen und Energieeinsparungen nach energetischer Sanierung aufwiegen. Dazu wäre die Einführung einer Warmmiete evtl. sinnvoll. Die Fortsetzung der Übernahme der Heizungskosten für Hartz-4-Empfänger aus dem Stadthaushalt ist dabei kritisch zu diskutieren.

Niedrigstenergiestandard für Neubauten

Ab 2021 sind per Energieeinspargesetz (EnEG) für Neubauten nur Niedrigstenergiehäuser zuzulassen. „Ein Niedrigstenergiegebäude ist ein Gebäude, das eine sehr gute Gesamtenergieeffizienz aufweist; der Energiebedarf des Gebäudes muss sehr gering sein und soll, soweit möglich, zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden.“ (http://www.gesetze-im-internet.de/eneg/_2a.html)

Maßnahme für Jena: Diese *weiche* Formulierung „... soll, soweit möglich, zu einem ganz wesentlichen Teil ...“ sollte durch die Stadt Jena, welche den Klimanotstand ausgerufen hat, durch „muss“ ersetzt werden. Anzustreben ist auch ein Passivhausstandard.

Nachhaltiges und damit auch energieeffizientes Bauen muss die Stadt Jena insbesondere bei den anstehenden großen Bauvorhaben erzwingen (z. B. KIJ-Neubauten, Neubau der Universität am Inselplatz, Institutsneubauten am Beutenberg, neues Parkhaus am Eichplatz, Neubauten am Steinweg/Ecke Bahndamm, Neubauten von Zeiss, Wohngebiete „Am Ölste“ und „Erlenhöfe“). Aber auch hier gilt, dass diese neuen Bauten i. d. R. keine Ersatzbauten sind, sondern den Wärmeverbrauch durch neue Nutzer erhöhen. Diese **Neubauten müssen klimaneutral sein!** Das wird über B-Pläne ordnungsrechtlich realisiert. (Am Inselplatz ist die Nutzung von Geothermie und Kühlung mit Erdsonden geplant – s.4.2.12.)

Im Privathaussektor müssen per Bebauungsplan oder in Verträgen bei Verkäufen kommunaler Grundstücke frühzeitig energetische Aspekte berücksichtigt werden (mindestens 50% im Passivhausstandard, ansonsten Niedrigenergiestandard oder entsprechende Einbindung erneuerbarer Energiequellen wie Solarthermie mit einem Deckungsgrad von mindestens 25%), so wie das beim EU-Projekt „Fichtlerswiesen – Bauabschnitt I“ geschehen ist (6 Häuser im Passivhausstandard, die restlichen im KfW-40- Standard; leider hat die Stadt Jena das nicht konsequent durchgesetzt).

In Einzelfällen wird sich sogar ein „positiver CO₂-Fußabdruck“ erzeugen lassen (s. Verein „Cradle to Cradle“). Solche Beispiele sollen in der Öffentlichkeit zur Nachahmung dargestellt werden.

Für alle Neubauten (Wohn- und Nichtwohngebäude) sollen per städtischer Satzung, die vom Stadtrat zu beschließen ist, energetische Auflagen an Bauherrn, z. B. als Bedingung für Baugenehmigungen gefordert werden: z.B. Standard KfW 40 oder zumindest KfW55 und eine PV- oder/und Solarthermie-Anlage oder die EnEV 2016 unterbieten; keine Öl- bzw. Gasheizungen mehr einbauen. Dies würde u.a. das Bauvorhaben *Am Ölste* betreffen. Bei Mehrfamilienhäusern *Am Ölste* ist die Nutzung Fernwärme vorgeschrieben. Herr Peter Knüpfer (BürgerEnergie Jena eG) hat dazu mit Dr. Kühner (Ortsteilbürgermeister) gesprochen. Dabei legte Dr. Kühner Wert darauf, dass die Bauherren mitgenommen werden, z.B. durch Vergünstigungen, Zuschüsse o.ä. und Angebot von Seminaren zum energieeffizienten Bauen und Sanieren. Herr Knüpfer und Herr Dr. Kühner wollen dazu mit der Fa. Drösel ein Gespräch führen, bevorzugt gemeinsam mit der Stadtverwaltung.

Energetische Sanierung verlangt nicht nur Dämmung, sondern auch Wärmerückgewinnung durch kontrollierte Lüftungsanlagen. (Ansprechpartner: Erik Schütze, Energieberater Wohngebäude; inVENTer GmbH, www.inventer.de, Löberschütz bei Jena)

4.2.5. Erneuerbare Energien (EE) für die Wärmeversorgung

Das Klimaschutzkonzept der Stadt Jena von 2015 ([7], Tab. 9, S. 31] sowie auch das Gutachten des Leipziger Instituts für Energie von 2017/2018 ([11], Abb. 8, S. 43) geben Überblicke über die Potenziale erneuerbarer Energie in Jena, auch für die Wärmeversorgung. Für Solarthermie, Bioenergie

(thermisch) und Geothermie wird im Jenaer Konzept ([7], Tab. 9, S. 31] ein Potenzial von (22+54+70=) 146 GWh/a geschätzt, nach neueren Ermittlungen sogar von (166+39+274 =) 479 GWh/a. Die letztere Zahl liegt zwischen den im Kapitel 4.2.2 genannten Zahlen von 379 GWh/a, die bis 2030 zu erreichen sein müssen und dem aktuellen Wärmebedarf von 743 GWh (laut [8b]). Die Differenz von 264 GWh (=743 GWh - 479 GWh), also 35 % müssen demnach bis 2035 durch Effizienz- und Suffizienz-Maßnahmen (Kapitel 4.2.3.) erreicht werden.

Die erstgenannte Schätzung basiert auf einer Potenzialstudie, die die Fachhochschule Nordhausen für die Thüringer Landesregierung im Jahr 2011 erstellt hat [22]. Auf derselben Potenzialstudie basieren auch die Aussagen, die das Leipziger Institut für Energie im Jahr 2017/2018 für die Thüringer Landesregierung (TMUEN) erstellt hat [11]. Letztere weist zusätzlich noch Abwärmenutzung aus Abwasser (8 GWh/a) und Deponiegas (16 GWh/a) aus und kommt damit auf eine Summe von 170 GWh/a.

Ob das genannte Potenzial bis 2030 zu erschließen ist, wird nachfolgend kritisch für die 4 genannten Komponenten (Solarthermie, Bioenergie -thermisch, Geothermie, Abwasserwärme) diskutiert.

Mit dem vom Jenaer Stadtrat am 8.5.2019 in [10] beschlossenen operativen Ziel E 3.3 wird lediglich etwa die Hälfte des vorgenannten Anteils aus EE angestrebt: „Der Anteil der gesamtstädtischen Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien am Gesamtwärmeverbrauch der Stadt Jena, einschließlich Fernwärme und Gasversorgung, wird bis 2030 auf 10% (Ausgangsjahr 2016, auf rund 88 GWh) erhöht.“ [10]. Diese Zielstellung ist unzureichend, gemessen an den Pariser Klimaschutzziele.

Als EE kommen bis 2025 vor allem die Solarthermie, Bioenergie und Geothermie in Frage, während für die Zeit danach verstärkt Power-to-X-Technologien, einschließlich Wärmepumpen, zur Anwendung kommen müssen [23].

Im Bestandwohnungsbau soll die Nachrüstung von Solarthermie vor allem bei Gebäuden mit Fernheizung in Verbindung mit der Absenkung Vorlauftemperaturen erfolgen. In dem Zusammenhang ist der Umbau der Heizungen zu Niedertemperatur-Flächenheizungen erforderlich.

Ferner sind elektrisch mit EE-Strom betriebene Wärmepumpen und Flächenheizungen sowie Selbsterzeugung von EE-Strom anzustreben und soweit wirtschaftlich darstellbar zu realisieren. In beiden Fällen ist die wirtschaftliche Angemessenheit rechtlich unabhängig zu prüfen. Der Klimaschutzbeirat hat (2020/2021) hierfür eine Beschlussvorlage „Solarvorrang“ vorgelegt, die am 18.11.2021 in 2. Lesung im SUA (Stadtentwicklungs- und Umweltausschuss) behandelt werden wird, nachdem sie am 3.11.2021 im Werkausschuss von KIJ mit großer Mehrheit angenommen wurde.

4.2.6. Solarthermie für das Fernwärmenetz

Solarthermie gilt gemeinhin als die kostengünstigste Form der Wärmegegewinnung aus erneuerbaren Quellen. Ferner ist sie im Vergleich zur Bioenergie auch flächensparend: Allgemein wird mit 250 kWh/m²·a Wärmeenergie für die Solarthermie und 2 bis 6 kWh/m²·a bei Bioenergie gerechnet [21, S. 73]. Bedingt durch das – in Jena kritische – Flächenangebot ist also die flächensparende Solarthermie der flächenaufwändigen Bioenergie vorzuziehen.

Im Jahr 2016 wurde auf dem Dach der Fernwärmestation Winzerla II eine Pilotanlage von 100 m² Brutto-Kollektorfläche errichtet.

Die Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim bauten 2019 die größte deutsche Solarthermieanlage mit 14.000 m².

In Sachsen-Anhalt wurden/werden Solarthermie-Anlagen in Bernburg mit 8.600 m² (5,6 MW) und in Halle/Saale mit 5.091 m² (3,3 MW) (jeweils Bruttokollektorfläche und Nennleistung) gebaut (Fa. Arccon-Sunmark GmbH, Regensburg).

Um 22 GWh/a Wärme solarthermisch zu erzeugen, wie in Potenzialstudien ausgewiesen, ist eine Grundfläche (für Kollektoren und Nebenanlagen) von 90.000 bis 100.000 m² (z.B. 300 m x 300 m)

erforderlich, die eventuell nur in einer stadtnahen Gemarkung des Saale-Holzland-Kreises zur Verfügung gestellt werden kann.

Bevorzugt sollten Flächen in der Nähe des HKW Winzerla für Solarthermie erschlossen werden, z.B. unterhalb der Grenzstraße.

Bisher wurde in Jena keine geeignete Fläche für eine großflächige solarthermische Freiflächenanlage in der Nähe des Jenaer Fernwärmenetzes ausgewiesen. Flächen in der Nähe des Fernwärmenetzes müssen kurzfristig geprüft werden, beispielsweise am Straßenbahndepot Burgau, am Heizkraftwerk Süd, an den Bahngleisen zwischen Burgau und Winzerla. Geeignet wäre die Fläche der 1971 geschlossenen Mülldeponie in Jena-Winzerla (Gewerbegebiet „Jena21“), die jedoch aus naturschutzrechtlichen Gründen verworfen wurde. Falls es der Stadt nicht gelingen sollte innerhalb oder außerhalb der Stadtgrenzen eine andere technisch geeignete und hinreichend große Fläche für die Solarthermie zu finden, muss die solarthermische Nutzung der genannten Fläche auf der ehemaligen Mülldeponie ermöglicht werden. Dabei sollte berücksichtigt und abgewogen werden, dass Klimaschutz auch Artenschutz ist! Aufgrund des vom Stadtrat beschlossenen Klimanotstands ist die Güterabwägung neu vorzunehmen.

Ebenfalls technisch geeignet wäre die Fläche auf der ehemaligen Deponie Ilmnitz (neben der PV-Freiflächenanlage), die jedoch wegen Kleingartenbedarfs (Ersatz für Wohnungsbaubedarf am Gemdbenbach / „Erlenhöfe“) verworfen wurde.

Der ehemalige Steinbruch bei Göschwitz (vermutlich auch aus naturschutzrechtlichen Gründen nicht möglich) und der Südhang der Überdeckung der BAB 4 bei Lobeda-West sollte auf Eignung für Solarthermie geprüft werden.

Im Entwurf (Stand April 2021) für den „Klimaentscheid Jena“ wurde folgende konkrete Maßnahme beispielhaft aufgenommen: Es ist durch die Stadt Jena *„bis 2022 eine geeignete Fläche von **mindestens 10.000 m² zur Errichtung einer Solarthermie-Anlage mit Einbindung ins Fernwärmenetz durch die Stadtwerke bereitzustellen**“*. Für die endgültige Fassung und den Stadtratsbeschluss vom 14.7.2021 mussten diese wie auch andere konkrete Maßnahmen aus dem „Klimaentscheid Jena“ entfernt werden (in diesem Falle nicht nur aus rechtlichen Gründen). Im KAP soll diese Maßnahme als Sofortmaßnahme aufgenommen werden.

Bisher gibt es nur Prüfaufträge, u.a. als Ziele 2.1 und 4.5 in [9] und als Maßnahme E3.3.3 in [10]: *„Ausbau des Solarthermieanteils im Fernwärmenetz. Es erfolgt [bis 2022] eine Flächenpotenzialanalyse, mit dem Ziel, geeignete Flächen zur Installation und Nutzung von Solarthermie zu finden.“*

Kostenschätzung: 4,25 Mio. Euro Investition für 10.000 m² Kollektorfläche, die 4,5 GWh/a Ertrag erbringen soll (laut Vortrag Ritter XL Solar „Solare Fernwärme“ am 21.03.2017 bei den Stadtwerken Senftenberg, Folie 37).

Solarthermie soll auch auf DDR-Typenbauten und Garagendächern realisiert werden.

Die häufige Ablehnung der Eignung von Dachflächen für Solaranlagen (PV oder Solarthermie) aus Gründen der Statik sollte hinterfragt werden.

Im Jahr 2021 haben die SWEJP, gemeinsam mit dem Fraunhofer IOSB AST in Ilmenau und dem ThEEN e.V., eine PV-Potenzialstudie durchgeführt. Die Studie ermittelte, inwieweit Photovoltaikanlagen auf den Dachflächen von DDR-Typbauten bei *jenawohnen* strombedingte CO₂-Emissionen reduzieren können. Untersucht wurden dabei drei Verbrauchsschwerpunkte: der Gebäudeallgemeinstrom, der Mieterstrom sowie die Nutzung des PV-Stroms für Elektromobilität direkt am Gebäudestandort (Sektorenkopplung). Wesentliche Erkenntnis der Studie: Aus verbrauchstechnischer Sicht sind bereits heute PV-Anlagen >25 kWp mit Eigenverbrauchsquoten von 80% an Dutzenden Standorten möglich, noch mehr mit der zukünftigen Verbreitung von Elektromobilität. Diese Ergebnisse werden am 1.12.2021 im Rathaus im Rahmen des Bürger Energie-Treffs vorgestellt werden.

Die Angaben des „theoretischen“ Solarthermie-Potenzials von 166 GWh/a im Klimaschutzkonzept der Stadt Jena basieren auf dem Solarkataster und schließen vor allem Auf-Dach-Anlagen ein ([7], S. 20), die jedoch deutlich kostenintensiver sind als Freiflächenanlagen. Beschränkungen aus Gründen des Denkmalschutzes und der Traglastfähigkeit (Statik) wurden in dem Konzept nur erwähnt, aber nicht quantifiziert. Leider kann selbst bei in jüngster Zeit errichteten Gebäuden, z. B. die 3.000 m² große Dachfläche des Parkhauses am Universitätsklinikum Lobeda-Ost aus statischen Gründen die Dachfläche nicht genutzt werden (beim Parkhaus hätten 0,75 GWh/a Wärme gewonnen werden können). Insofern kann derzeit nicht belastbar quantifiziert werden, in welchem Umfang das solarthermische Potenzial von 22 GWh/a [22] bzw. 166 GWh/a [7] tatsächlich bis 2030 erschließbar ist.

Die Stadt Jena wird auf Solarthermie als Bestandteil zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung schon aus Kostengründen nicht verzichten können.

Solange es der Stadt Jena nicht gelingt, geeignete Freiflächen für die Solarthermie bereitzustellen, muss die Stadt durchsetzen, dass bei allen Neubauten Photovoltaik oder/und Solarthermie zum Einsatz kommen. Entsprechende Beschlussvorlagen, die der Klimaschutz-Beirat seit März 2020 vorgelegt hat, haben bei der 1. Lesung noch keine Mehrheit im Stadtentwicklungs- und Umweltausschuss (SUA) gefunden. In der ersten Lesung am 24.6.2021 haben sich lediglich Vertreter der Fraktionen Bündnis90/Grüne und SPD dazu bekannt, Vertreter von CDU, FDP und Bürger für Jena haben sich dagegen ausgesprochen, weil sie nur Freiwilligkeit akzeptieren; mit Vertretern der Fraktion DIE LINKE liefen im Sommer 2021 noch Abstimmungsgespräche. Nach Überarbeitung der Beschlussvorlage und mehrheitlich positivem Votum im Werkausschuss von KIJ am 3.11.2021 kann in der 2. Lesung im SUA ein positives Abstimmungsergebnis erhofft werden.

Die Nutzung von Aufdachanlagen müssen bei allen Bauvorhaben geprüft und – sofern irgend möglich – realisiert werden, um sich dem Ziel der Null-Emission möglichst schnell zu nähern. Aufgrund des höheren Wirkungsgrades ist dabei Solarthermie-Aufdachanlagen, soweit deren Wärme genutzt werden kann, der Vorzug vor Photovoltaikanlagen zu geben.

4.2.7. Bioenergie aus nachwachsenden Rohstoffen

Eine kritische Analyse des Bioenergiepotenzials (endogen, d. h. aus Jena-internen Stoffströmen) führt auf eine Prognose von 49 GWh/a ([7], Abb. 10, S. 25).

Zum Vergleich: Das Biomasseheizkraftwerk Hermsdorf lieferte 32 GWh/a. Aufgrund des gestiegenen (danach wieder gefallen) Holzpreises wurde 2019 im Biomasseheizkraftwerk Hermsdorf von Holz auf Erdgas umgestellt, d.h. eine erneuerbare Energiequelle durch eine fossile Quelle aus betriebswirtschaftlichen Gründen leider ersetzt. (Im Nachgang wurde das unter [23] genannte iKWK-Projekt gestartet.) Mindestens in dieser Größenordnung muss Wärme aus Bioenergie wieder realisiert werden, um auch im Saale-Holzland-Kreis (SHK) die Wärmewende zu befördern.

Die Biogasanlage Jena-Zwätzen liefert 10 GWh/a Wärme (und 19 GWh/a Strom). Ein Mehrfaches wäre nötig, um den oben genannten Betrag von 54 GWh/a zu liefern. Bei der Ausweitung der Biogasproduktion durch den Energiepflanzenanbau entstehen Zielkonflikte mit den Interessen des Umwelt- und Naturschutzes, insbesondere der Biodiversität, deren Verlust im Vergleich zur Klimakrise global mindestens gleichrangig zu bewerten ist. Zu bewerten ist für jeden Einzelfall auch die Frage, ob trotz Berücksichtigung des dann anderweitig zu deckenden Energiebedarfs eine Aufforstung der Flächen und die damit verbundene mittelfristige Bindung von CO₂ dem Gesamtziel, Reduzierung des CO₂ in der Atmosphäre, dienlicher ist (s. Kapitel 4.6).

Eine Möglichkeit bestünde darin, das fossile Erdgas durch importiertes, in anderen Regionen erzeugtes Biogas (Biomethan) zu ersetzen. Biogas ist derzeit etwa doppelt so teuer wie Erdgas (z. B. 8 Ct/kWh statt 4 Ct/kWh nach ([21], S. 71)). Mit Anstieg des CO₂-Preises wird Erdgas teurer und damit die vorgenannte Differenz geringer bis ausgeglichen werden: Beispielsweise mit einer CO₂-Steuer von 180 €/t

CO₂ im Jahr 2030 - wie vom Umweltbundesamt (UBA) kalkuliert [32] und von der Bundesumweltministerin und den „Wirtschaftsweisen“ im Juli 2019 vorgeschlagen – wird Erdgas um 4,5 Ct/kWh teurer (= 250 g/kWh* 180 €/t CO₂), d.h. der Gaspreis fast verdoppelt und gleicht sich damit dem aktuellen Marktpreis für Biogas an. Das Hauptproblem der Option „Umstellung von Erdgas auf Biomethan“ liegt somit nicht vor allem in den höheren Wärmegestehungskosten, sondern in der Ökobilanz seiner Erzeugung: Biogas wird mikrobiologisch-biotechnisch gewonnen aus landwirtschaftlichen Produkten oder Abfällen. Für eine Stadt wie Jena wäre ein Import aus dem Umland nötig. Das in ländlichen Gegenden gewonnene Biogas wird seit mehreren Jahren verstärkt auf Erdgasqualität aufbereitet (Biomethan) und über das bestehende Gasnetz verteilt. Der hohe Flächenverbrauch für den Anbau der Energiepflanzen, die Pflege (gegebenenfalls Düngung und Schädlingsbekämpfung) sowie die Reinigungs- und Verdichtungsprozesse hin zur Erdgasqualität machen das Biomethan nicht nur teurer, sondern auch ökologisch bedenklich. Im Vergleich zur Fernwärme mit dem Emissionsfaktor 151 g CO₂/kWh ist kein Vorteil erkennbar nach Zitat aus [21] S. 72: *„Der THG-Emissionsfaktor für Biomethan auf Basis von Mais beträgt 160 g/kWh und berücksichtigt die gesamte Produktionskette vom Anbau der Biomasse, über die Erzeugung des Biogases in der Biogasanlage und die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität. Die THG-Emissionen für die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität einschließlich der Druckerhöhung für die Einspeisung in das Erdgasnetz betragen rund ein Drittel der Gesamtemissionen. Für Biogas aus Mais ergibt sich ein Emissionsfaktor von 112 g/kWh. Die meisten THG-Emissionen entstehen durch das Aufbringen des Stickstoff-Düngers, der Lachgasemissionen, den Strombedarf für den Betrieb der Biogasanlage und den Fermenter. Biogas aus Gülle weist einen deutlich besseren THG-Emissionsfaktor infolge der Methan-Gutschrift für die vermiedenen Methan-Emissionen auf.“*

Einen deutlichen Vorteil in ökologischer Hinsicht hat dagegen die Verwertung von biogenen Abfällen.

4.2.8. Verwertung von biogenen Abfällen und Landschaftspflegematerial

Es stehen in Jena 15.000 Tonnen/Jahr biogene Abfälle zur Verfügung (12.000 t/a aus den privaten Haushalten („braune Tonne“), 1.800 t/a Grünschnitt aus städtischen Grünanlagen, 1.500 t/a Altholz). Damit können 5,1 bis 5,4 GWh/a thermisch (und zusätzlich 5,2 GWh/a Strom) erzeugt werden ([7], S. 82; [24], S. 24). *„Da hier die Biomasse nicht separat erzeugt werden muss, sondern vorhanden ist und derzeit energetisch ungenutzt auf externen Kompostieranlagen verrottet, stellt sich diese Art der Biogaserzeugung jetzt wie auch zukünftig als die ökologisch nachhaltigste dar.“* ([24], S. 24).

Die energetische Nutzung der Jenaer Bioabfälle ist seit 2017 eine im Leitbild Energie und Klimaschutz geforderte Maßnahme, die bisher nicht umgesetzt wurde. Als Maßnahme E3.3.2 in [10] und als Ziel 2.1 und 4.6 in [9] wurde diese Maßnahme erneut vom Stadtrat, jedoch nur als „Prüfauftrag“ beschlossen: *„Die Stadt Jena prüft bis zum Jahr 2022 die Errichtung einer Abfallbiogasanlage zur energetischen Nutzung der Jenaer Bioabfälle in Zusammenarbeit mit dem Jenaer Umland.“*

Eine vom Klimaschutzbeirat auf Initiative des Runden Tisches Klima und Umwelt eingebrachte konkretisierende und über einen Prüfauftrag hinausgehende Beschlussvorlage (20/0544-BV) fand im Stadtentwicklungs- und Umweltausschuss am 10.9.2020 jedoch keine Mehrheit. Stattdessen wurde eine Beschlussvorlage auf Initiative der FDP-Fraktion, die sich auf einen Prüfauftrag beschränkt, mehrheitlich in der Sitzung des Stadtentwicklungs- und Umweltausschuss vom 24.09.2020 angenommen und am 14.10.2020 vom Stadtrat beschlossen. In der Sitzung des Klimaschutzbeirats am 7.4.2021 hat Herr Wosnitzka vom Kommunalservice Jena (KSJ) über die „Stoffstromstrategie“ der Stadt Jena berichtet, im Falle der biogenen Abfälle jedoch nicht über deren energetische Verwertung.

Es wurde in diesem Zusammenhang auf die von der Regionalen Aktionsgruppe Saale-Holzland e.V. (RAG SHK) mit KSJ eingereichte Projektskizze *„REGION.innovativ – Interkommunale Zusammenarbeit zur Stärkung einer regionalen Kreislaufwirtschaft in strukturschwachen Regionen“* verwiesen. Dieses inzwischen zur Förderung bestätigte Projekt adressiert auch die energetische Verwertung von biogenen Abfällen, wie am 24.11.2021 in der Sitzung des Klimaschutzbeirats vom Projektleiter Thomas

Winkelmann (RAG-SHK) berichtet wurde. Während der Projektlaufzeit sollen Daten erhoben, jedoch noch keine Investitionen getätigt werden.

Die Steuerungsgruppe für die Erarbeitung der Nachhaltigkeitsstrategie Jena (Global Nachhaltige Kommune) hat in ihrer Sitzung am 23.5.2019 die energetische Nutzung von Bioabfällen als das Leitprojekt innerhalb des Themenfelds Energie und Klimaschutz bestimmt. Eine Umsetzung der energetischen Verwertung von Bioabfall ist noch nicht erkennbar.

Die Stadtwerke Erfurt verfügen seit 2008 über eine Anlage zur energetischen Verwertung von Bioabfällen mittels Trockenfermentation im Boxenverfahren der Fa. BEKON Energy Technologies GmbH & Co. KG. Ein Gespräch (R. Guthke am 3.4.2020) mit der für diese Anlage verantwortliche Mitarbeiterin Frau Feichtmair (Tel. 0361-564 4430) ergab folgende Informationen:

- Investkosten: 4 Mio €, plus 2 Mio € für weitere Anlagen (Gärrestelager, ...)
- 23.500 t/a Bioabfälle, davon 10.000-12.000 t/a Biotonne, der Rest sind Grünschnitt, Landschaftspflegematerial, tierische und pflanzliche Abfälle aus Gaststätten und anderem Gewerbe
- Verfahren: (Boxenverfahren, mesophil; siehe auch Kap. 9.1)
- Biogasproduktion: 2,5 Mio. Nm³/a (2017); damit Strom- und Wärmeerzeugung per BHKW
- Elektrische Leistung: 660 kW (2 Motoren à 330 kW) el.; es wird damit rund 4 GWh/a Strom erzeugt (4,500 GWh im Jahr 2017, im Jahr 2019 waren es 3,7 MWh; Einspeisung in das öffentliche Stromnetz
- Thermische Leistung: 800 kW (nutzbar); Wärmeerzeugung: 5,6 GWh/a (2017); davon Wärmenutzung (KWK): 3,9 GWh/a; Eigenverbrauch der Wärme u.a. für Gärrestetrocknung
- Nutzung der Gärrückstände: Herstellung von zertifiziertem Kompost
- Erlöse:
 - aus Strom rund 600 T€/a (400 T€/a + Boni)
 - aus Kompostverkauf (in der Vergangenheit 5€/t Kompost; die Düngemittelverordnung führte zur Verunsicherung der Agrarbetriebe und damit 2019 zu niedrigeren Kompostpreisen von 1,50 €/t Kompost
 - Aufkauf der Bioabfälle (36€/t Gebühr für Biotonne der Kommune, 20-36€/t für gewerbliche Bioabfälle)
- Personal: 4 Mitarbeiter
- 2 Radlader
- Die seit 2008 von den Stadtwerken Erfurt realisierte energetische Verwertung von Bioabfällen arbeitet mit Gewinn
- Frau Feichtmair ist gern bereit in einer Anhörung des Klimaschutz-Beirats Jena ihre Erfahrungen mitzuteilen

Die Biogasanlage ist nicht nur eine sinnvolle abfallwirtschaftliche Maßnahme, sondern ist durch die erzeugte Ökoenergie ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz.

Für die energetische Verwertung von Bioabfall aus Haushalten und Grünanlagenpflege kommen auch innovative Verfahren in Frage, wie sie am Robert-Boyle-Institut in Jena-Maua entwickelt werden. Dazu hat am 28.10.2019 beim Werkleiter von KSJ ein Gespräch stattgefunden (Uwe Feige/KSJ, Walter Lösch und Olaf Luschnik/Robert Boyle-Institut, R. Guthke und J. Graubner/BürgerEnergie Jena) mit der Übereinkunft, mit einem kleinen Projekt zu beginnen.

4.2.9. Absenkung der Vorlauftemperatur im Fernwärmenetz

Die Wirtschaftlichkeit der Einbindung der Geothermie ins Fernwärmenetz bei Einsatz von Wärmepumpen hängt wesentlich ab von der Vorlauftemperatur im Fernwärmenetz (derzeit 95°C im Sommer und 130°C im Winter). **Die Absenkung der Vorlauftemperatur, mit der auch geringere Wärmeverluste im Fernwärmenetz verbunden sind, sollte möglichst bald realisiert werden.** Die Stadtwerke Energie

arbeiten daran. Da die Temperaturabsenkung auf Seiten der Fernwärmekunden entsprechende investive Maßnahmen verlangt, müssen die Kunden über eine geplante Temperaturabsenkung möglichst frühzeitig informiert werden und bei den Maßnahmen unterstützt werden.

In Werther (Landkreis Nordhausen) wird derzeit (2021) ein „kaltes Nahwärmenetz“ (LowEx, mittlere Vorlauftemperatur 8 °C) für ein neues Wohngebiet errichtet (von Thüringer Wärmeservice GmbH, einer Tochterfirma der TEAG).

Für neue Wohngebiete, wie „Am Oelste“ haben die Stadtwerke Energie Jena ein LowEx-Netz geprüft. Unter den gegebenen bundespolitischen Rahmenbedingungen erwies sich dies jedoch als nicht wirtschaftlich (Wärmekosten angeblich etwa das Doppelte der aktuellen Fernwärmepreise). Mit den von der Bundesregierung angekündigten Änderungen der Rahmenbedingungen sollten diese energetisch dringenden Maßnahmen wirtschaftlich werden.

4.2.10. Nutzung der Wärme aus Abwasser und anderen Abwärme-Quellen

Die Wärmegewinnung aus Abwasser ist noch günstiger als die oberflächennahe Geothermie aufgrund der höheren Temperatur des Abwassers von 10 bis 22 °C (15,6 °C im Jahresdurchschnitt). Je nach Temperaturabsenkung um (2 oder) 4 Grad und damit Wärmeentzug aus dem Abwasser der Zentralkläranlage Zwätzen kann eine Wärme von (16 bis) 32 GWh/a geliefert werden ([20], S. 195). Um die Energie von relativ niedriger Temperatur auf ein höheres und damit für Heizzwecke nutzbares Temperaturniveau zu heben, sind Wärmepumpen einzusetzen. Um die vorgenannten 32 GWh/a zu erzeugen, sind etwa 11 GWh/a Strom aufzuwenden (entspricht der Energieproduktion von etwa zwei 3 MW-Windrädern *onshore*). Eine derartige Maßnahme wurde vom Runden Tisch Klima und Umwelt für das Handlungsprogramm zur Nachhaltigkeitsstrategie [10] vorgeschlagen. Diese Maßnahme wurde aber wegen der unter 4.2.9 genannten Problematik von den Stadtwerken Energie abgelehnt und hat damit keinen Eingang in das vom Stadtrat verabschiedete Handlungsprogramm [10] gefunden.

Über die Nutzung der Wärme des Abwassers hinaus kommen auch andere Abwärmequellen in Frage. Um das Potenzial zu erkunden und dann zu erschließen, sollte in Jena eine Überschusskarte erstellt werden, in der Objekte mit Bedarf an Wärme und Kälte sowie von Überschüssen an Wärme und Kälte verzeichnet sind. Dies wird besonders bei der energetischen Versorgung von Gewerbegebieten interessant, wenn unterschiedliche Unternehmen mit verschiedenen und u.U. komplementären Wärme- und Kälte-Bedarfen kooperieren.

Eine bekannte Abwärmequelle sind IT-Einrichtungen, insbesondere Server, die zu kühlen sind. Diese Abwärmequellen sind nicht nur im industriellen Bereich, sondern auch an Hochschuleinrichtungen und der Stadtverwaltung zu erschließen. Eine Anwendung wären die Neubauten der Friedrich-Schiller-Universität am Inselplatz.

4.2.11. Wärmepumpenheizung

Die klimaneutrale Wärmeversorgung in Jena wird vorwiegend mit elektrisch (EE-Strom) getriebenen Wärmepumpen erfolgen müssen.

Der Umwelt (umgebende Luft, Grund-/Oberflächenwasser oder Erdreich) wird Wärme entzogen und mittels einer Wärmepumpe auf ein verwertbares höheres Temperaturniveau gehoben, z.B. bei Fußbodenheizung auf eine Vorlauftemperatur von 30 bis 35 °C, bei Heizkörpern/ Radiatoren 50 bis 55 °C, für Warmwasser auf 60 bis 70 °C.

Man unterscheidet elektrisch und mit Gas angetriebene Wärmepumpenheizungen. Stammt die elektrische Energie aus fossilen Quellen, dann ist der ökologische Vorteil gering. Bevorzugt sollte also die Wärmepumpe mit Strom aus erneuerbaren Quellen, wie einer Photovoltaik-Anlage oder Windenergie, betrieben werden. Wärmepumpenheizungen können mit netzdienlichem Betrieb zur besseren Netzintegration der fluktuierenden erneuerbaren Energien beitragen, insbesondere von Strom aus Windenergie und Photovoltaik. Sie können zum dezentralen Lastmanagement im Strommarkt beitragen.

Je nach der Wärmequelle aus der Umwelt unterscheidet man Erdwärmepumpen, insbesondere Erdwärmesonden (Tiefe von etwa 100 m, s.o. oberflächennahe Geothermie) und Erdwärmekollektoren ("Heizschlangen" in 1 bis 2 Meter Tiefe, besonders geeignet bei hohem Grundwasserstand) und Wasserwärmepumpen, z.B. Grundwasserwärmepumpen (Wasser-Wasser-Wärmepumpen), Oberflächenwasserwärmepumpen und Abwasserwärmepumpen.

Für die Wirtschaftlichkeit entscheidend ist die Jahresarbeitszahl. Sie gibt das Verhältnis der über das Jahr abgegebenen Wärme zur benötigten elektrischen Energie an. Sie liegt in Deutschland in der Größenordnung von 3 bis 4,5, bei Grundwassersystemen auch über 5. Bei einer Jahresarbeitszahl von 4 und den höheren Investitionskosten für eine Wärmepumpe im Vergleich zu einem Gaskessel muss der Strompreis deutlich unter 20 Ct/kWh liegen, um mit dem derzeitigen niedrigen Gaspreis von 5 Ct/kWh wettbewerbsfähig zu sein. Derartig niedrige Stromgestehungskosten sind aus eigenen Anlagen (PV, Wind, Kraft-Wärme-Kopplung) zu erzielen. Über derartige Eigenerzeugung des Stroms hinaus werden Wärmepumpen erst nach einer Änderung der bundespolitischen Rahmenbedingungen wirtschaftlich (Senkung der Abgaben-, Umlagen und Steuern für erneuerbar gewonnenen Strom, und CO₂-Bepreisung für Erdgas und Erdöl).

In der Erwartung, dass die Bundesregierung bis 2025 die nötigen politischen Rahmenbedingungen (angemessene CO₂-Bepreisung, Absenkung der Stromnebenkosten bei Nicht-EE-Strom) geschaffen hat, wird die oberflächennahe Geothermie bzw. Nutzung der Umweltwärme in Verbindung mit Wärmepumpen in den Jahren nach 2025 die wichtigste Maßnahme im Sektor „Wärme“ sein können und müssen. Zuvor können Machbarkeitsstudien mit Förderung durch „KlimaInvest“ oder „GreenInvest“ und unter der fachlichen Begleitung von JENA-GEOS die technische Machbarkeit prüfen.

Der Sonderausschuss des Stadtrats hatte am 22.04.2020 die BV 20/0290-BV „KlimaInvest als wichtige Förderrichtlinie für künftige Klimaschutz und Klimaanpassungsmaßnahmen in der Stadt Jena“ beschlossen. Darunter folgende Maßnahmen mit Wärmepumpen:

- Stadtmuseum Göhre: Luft-Wasser-Wärmepumpe (zum Kühlen) + Fernwärme
- Feuerwache Göschwitz: Luft-Wasser-Wärmepumpe (zum Heizen) + Fernwärme
- Musik- und Kunstschule: Luft-Wasser-Wärmepumpe + Gaskessel, neues Lüftungsgerät

Für die Heizungsumstellung in Bestandsbauten werden in Zukunft CO₂-Wärmepumpen eine größere Rolle spielen.

Mit CO₂-Wärmepumpen können höhere Vorlauftemperaturen erreicht werden als mit konventionellen Wärmepumpen, die mit synthetischem Kältemittel arbeiten. Das passt recht gut zu den hohen Vorlauftemperaturen mit Heizkörpern (Radiatoren), wie sie gegenwärtig in Bestandsbauten mit Gas- oder Öl-Heizungen vorhanden sind. Für einen guten Wirkungsgrad einer CO₂ Wärmepumpe ist jedoch eine große Spreizung zwischen Vorlauf- und Rücklauf-Temperatur erforderlich. Die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf sollte über 25 K betragen. Eine niedrigere Rücklauftemperatur und damit eine höhere Spreizung kann z.B. erreicht werden, wenn im Bestandsbau zusätzlich zu den bisherigen Heizkörpern bestimmte Bereiche über Flächenheizung (Wandheizung, Deckenheizung, Fußbodenheizung) beheizt werden.

Wenn perspektivisch viel Überschussstrom von Erneuerbaren Energien im Netz vorhanden sein sollte, werden Elektrodenheizkessel (Heizstab) empfohlen, die erneuerbar erzeugten Strom zu Zeiten des Überschusses und damit zeitweise besonders preiswertem Stromes nutzen. In [50] wird diese Variante als besonders investitionskostengünstig für die stromgetriebene Heizung (Power-to-Heat) bezeichnet. Allerdings muss die Wärme in (Erd-, Aquifer-)Wärmespeichern gespeichert werden für die Zeiten des Wärmebedarfs, wenn kein preiswerter Strom zur Verfügung steht (s. Kapitel 4.2.12.). Damit werden die Investitionskosten wieder steigen. Zur Wirtschaftlichkeit von Aquifer-Wärmespeichern s. [51] im Kapitel 7.

4.2.12. Geothermie

„Die Stadtwerke Energie sind weiterhin überzeugt davon, dass die Integration von Geothermie in die Struktur der zukünftigen Wärmeversorgung der Stadt Jena einen wichtigen Beitrag leisten kann.“ ([22], S. 193]).

Drei Arten der Geothermie sind zu unterscheiden:

Tiefe Geothermie in 3000 – 6000 m Tiefe. Aufgrund der hiermit nutzbaren hohen Temperaturen ist tiefe Geothermie auch für Stromerzeugung und Wärmeerzeugung für Fernwärme ohne Temperaturabsenkung geeignet. Für ganz Thüringen hat die JENA-GEOS GmbH eine Studie für die ThEGA erstellt. Für Jena und den Zeithorizont bis 2030 kommt die tiefe Geothermie nicht oder kaum infrage, auch aufgrund des hohen Investitionsrisikos. Es gibt in Deutschland einige geförderte Pilotprojekte. Der Ausgang dieser Projekte ist zu beobachten und zu nutzen für Entscheidungen, die für die Zeit nach 2030 zu treffen sind.

Mitteltiefe Geothermie in 400 bis 1000 m Tiefe mit Temperaturen über 20°C.

Diese Art der Geothermie kommt prinzipiell für die Einspeisung ins Fernwärmenetz in Frage. Die Stadtwerke Energie Jena hatten deshalb von JENA-GEOS das Potenzial der Geothermie in Tiefen um 700 m mit Grundwassertemperaturen von 25 bis 30°C untersuchen lassen, mit folgenden Ergebnissen.

Im Ergebnis der kartografischen Standortanalyse unter Berücksichtigung der geologischen Situation, der Raumwiderstände in Bezug auf die Raumplanung, der Ausdehnung des tatsächlichen Fernwärmeversorgungsgebietes und der potenziellen Verfügbarkeit von Bauflächen wurden drei Vorzugsstandorte identifiziert: Zentralkläranlage Jena-Nord, Mühlenstraße und Wöllnitzer Straße („Muskelkirche“). Davon erwies sich das Gelände im Bereich der Zentralen Kläranlage am geeignetsten. In diesem Standortbereich liegen in Bezug auf das prinzipielle Vorhandensein ausreichender Flächen und die Lage zu günstigen potenziellen Reservoir-Strukturen die günstigsten Voraussetzungen vor. Die Schüttung des Thermalwasserstromes von 12,5 l/s und der Wassertemperatur von 27°C wurden aufgrund der verfügbaren geologischen Informationen unterstellt. Die geschätzte Schüttung des thermalen Grundwassers an diesem Ort ist unzureichend für einen signifikanten Beitrag der Geothermie zur Umstellung auf eine nachhaltige Fernwärmeversorgung. Diese Schätzungen müssten durch Probebohrungen geprüft werden, die ca. 200.000 € kosten würden und durch die öffentliche Hand gefördert werden sollten (Bestimmung der Reservoir-Durchlässigkeit und damit der realisierbaren Zirkulationsraten).

Die GEF Ingenieur AG untersuchte die Umsetzbarkeit der Einbindung einer Geothermieanlage in das Fernwärmenetz der Stadtwerke Energie durch Einsatz einer Hochtemperaturwärmepumpe und eines Blockheizkraftwerks. Mit einer 3,5 MW-Anlage am geologisch günstigsten Standort und 8760 Volllaststunden könnten hiermit maximal 30 GWh/a produziert werden. Zum Erreichen des Teilzieles von 70 GWh/a müssten also mehr als zwei derartige Geothermie-Anlagen installiert und betrieben werden.

Unter den gegenwärtigen bundesdeutschen Rahmenbedingungen (relativ hoher Strompreis bedingt durch Abgaben, Umlagen und Steuern) und vergleichsweise niedrigen Gaspreisen (Dänemark hat den etwa dreifachen Gaspreis) ist eine wirtschaftliche Einbindung der Geothermie ins Jenaer Fernwärmenetz (mit derzeit hohen Vorlauftemperaturen) nicht gegeben. Nach der von der Bundesregierung seit Langem angekündigten aber bisher noch nicht realisierte Novellierung des Abgaben-, Umlage und Steuersystems für fossile Energien (z. B. CO₂-Steuer) sollte die Wirtschaftlichkeit nochmals überprüft werden. Bei dieser Prüfung ist auch die Frage zu berücksichtigen, wie teuer alternative Strategien zur CO₂-Reduktion im Wärmemarkt mit gleichem Netto-Energieeffekt wären. Da die Wirtschaftlichkeit der Geothermie und anderer „alternativer“ Energiequellen bzw. von Einsparprojekten (Gebäudesanierung) ohne diese rasche Veränderung der bundesdeutschen Rahmenbedingungen (Abgaben-, Umlage- und Steuersystem) nicht gegeben ist und dies auch die Wärmewende in Jena entsprechend den Pariser

Klimaschutzziele in Frage stellt, soll die Stadt auf politischer Ebene ihren Einfluss zugunsten rascher Veränderungen der bundespolitischen Rahmenbedingungen mit Nachdruck geltend machen.

Mitteltiefe Geothermie ist besonders bei speziellen Projekten niedriger Nutzttemperatur geeignet, wie z.B. bei Schwimmbädern, weil dann auf Wärmepumpen verzichtet werden kann. Mittels des Thüringer Förderprogramms *GreenInvest* (Förderhöhe 80% bei Machbarkeitsstudien) kann das Investitionsrisiko für die Planung solcher Anlagen beherrschbar gestaltet werden.

Oberflächennahe Geothermie beinhaltet die Nutzung eines Erdwärmesondenfeldes (geschlossene, mit einer zirkulierenden Wärmeträgerflüssigkeit befüllte U-förmige Rohrsysteme, in Abständen von 7 bis 10 m) in einer Tiefe bis 100 m, bzw. in dieser Tiefe werden Grundwasserleiter oder Aquifer genutzt. Diese Art der Geothermie ist fast überall möglich. Die Geologie ist in dieser Tiefe bekannt. Hierzu gibt es auch digitale Karten: http://www.tlug-jena.de/geothermie/uebersichtskarte_x.html?uebersichtskarte.html

Ungeeignet sind Gebiete mit leicht löslichem Gestein, z.B. Gips, wegen der Gefahr der Subrosion (unterirdische Auslaugung und Verfrachtung des Gesteins).

Oberflächennahe Geothermie sollte in Jena eine wesentliche Rolle in der Wärmeversorgung zugewiesen bekommen. Sie kommt besonders für Einzelhäuser und kleinere Wohnquartiere mit lokalen LowEx-Wärmenetzen in Frage.

Laut Auskunft der Unteren Wasserbehörde (Stadtverwaltung Jena) gab es bis August 2019 insgesamt 185 Geothermieanlagen, davon 145 an Einfamilienhäusern, 12 bzw. 10 an Doppelhaushälften und Mehrfamilienhäusern sowie 18 an Funktions- und Produktionsgebäuden. Die Mehrzahl (148) sind Erdwärmesonden, 21 sind horizontale Wärmekollektoren und 16 sind Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Die Teufen der Bohrungen schwanken zwischen 1,2 m und 141 m, bei einem Mittelwert von 68 m unter der Geländeoberfläche. In den meisten Fällen (94-mal) wurden 2 Bohrungen je Anlage gesetzt, in 20 Fällen 4 und mehr Bohrungen. Einige Anträge auf Geothermieanlagen mussten aufgrund geologischer Randbedingungen und Gründen des vorsorgenden Grundwasserschutzes (z.B. Wasserschutzgebiete) abgelehnt werden.

Die Wirtschaftlichkeit ist auch unter den aktuellen Rahmenbedingungen für spezielle Projekte gegeben, insbesondere wenn neben dem Wärmebedarf auch ein signifikanter Kältebedarf besteht. Damit kann zudem der Untergrund thermisch regeneriert werden. Vorbildliches Beispiel ist die JAT - Jenaer Antriebstechnik GmbH (100 kW Wärme, 70 kW Kälte; Bohrtiefe 28 m). Weitere Beispiele können und sollten der Neubau der Ernst-Abbe-Bibliothek und des neuen Campus am Inselplatz sowie das neue Gewerbegebiet von Carl Zeiss werden.

Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) - Systeme wird aufgrund ihrer hohen Speicherkapazität, fehlender Barrieren und relativ niedrigen spezifischen Kosten bei großskaligen Anwendungen wie der Versorgung ganzer Stadtteile (Quartiere) mit Heiz- und Kühlenergie sowie Warmwasser eine wichtige Rolle bei der Energiewende und für den Klimaschutz zugesprochen.[42] Hierbei werden zwei (oder mehrere) Brunnen in die Tiefe von Grundwasserleitern abgeteuft, wobei einer als warmer und der andere als kalter Brunnen betrieben wird, die im Sommer zur Kühlung bzw. im Winter zu Heizung genutzt werden. Derartige ATES-Systeme werden seit dem Jahr 1999 für das „Reichstagsgebäude“/Bundestag in Berlin, seit 2000 in Rostock-Brinckmanshöhe und seit 2009 im Quartier „Bonner Bogen“ betrieben.[42]

„Der GeoHeatStorage speichert Wärme in geologischen Strukturen unterhalb des gesamten Quartiers. Mit neuartigen Dichtwandtechniken wird im Untergrund eine bauliche Anlage hergestellt, die höhere Temperaturspreizungen zulässt als herkömmliche Aquiferspeicher. Angestrebt wird eine Reduzierung der spezifischen Investitionskosten des Kies-Grundwasser-Speichers von ca. 50 auf 10 €/m³ sowie eine Erhöhung der Energieeffizienz gegenüber konservativen Systemen um 15%.“ (www.smood-energy.de)

Geothermie ist in Verbindung mit saisonalen Wärme- und Kältespeichern von größter Bedeutung.

Bei der Nutzung der Erdwärme in Tiefen bis zu 100 m ist der Einsatz von Wärmepumpen und damit in der Regel von Elektrizität (aus erneuerbaren Quellen) erforderlich. Der Strombedarf hängt wesentlich von der Temperatur und damit von der Tiefe ab: Oberflächennahe Geothermie (bis 100 m Tiefe, 10 – 15 °C) verlangt einen höheren Beitrag an elektrischer Energie als Tiefengeothermie. Im Rahmen des neuen Förderprogramms *smood* (www.smood-energy.de) und auch den Landesprogrammen *GreenInvest* und *Klimainvest* kann die Geothermie in Jena vorgebracht werden.

Bei oberflächennaher Geothermie rechnet man mit einer Jahresarbeitszahl 3 bis 4, d.h. aus 1 kWh Elektrizität können 3 bis 4 kWh Wärme gewonnen werden. Wenn also 70 GWh/a durch Geothermie mit Wärmepumpen produziert werden sollen, wie in oben genannten Studien kalkuliert, müssen dafür etwa 20-25 GWh/a Elektrizität eingesetzt werden. Das entspricht der jährlichen Stromproduktion von etwa 4 Windrädern (je 3 MW wie z.B. mit der Windenergieanlage Enercon 115). Zum Vergleich: Die Stadtwerke Energie Jena haben an den on-shore Windparks der Thüga Erneuerbare Energien einen Anteil, der elektrische Energie von 25 GWh/a liefert.

In Verbindung mit Kälteversorgung kann die Wirtschaftlichkeit noch gesteigert werden, so dass anstelle der vorgenannten Jahresarbeitszahl 3 auch Faktoren bis zu 6 realistisch sind.

Auch die Nutzung der oberflächennahen Geothermie ist unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen unwirtschaftlich, wenn man sich auf die Wärmeversorgung beschränkt: Bei dem derzeit relativ hohen Strompreis (für gewerbliche Nutzung 18 Ct/kWh) ergibt sich beim oben genannten Verhältnis von 1:3 (Strom für Wärmepumpe: Wärme) ein Wärmepreis von über 6 Ct/kWh (zuzüglich der Investitionskosten), der über dem aktuellen relativ niedrigen Gaspreis (z. B. 5 Ct/kWh) liegt. Damit wird die Nutzung auch der oberflächennahen Geothermie nur nach einer Änderung der bundesdeutschen Energiepreispolitik wirtschaftlich darstellbar.

Zunehmend wird Geothermie als saisonaler Wärmespeicher in Verbindung mit Solarthermie und lokalen Wärmenetzen von zunehmender Bedeutung sein. Jena muss hierzu möglichst bald Projekte starten. Die Neubauten der Universität am Inselplatz werden 85 Erdwärmesonden vorwiegend für die Kühlung eingesetzt. Mit JENA-GEOS verfügt Jena über kompetente Partner für die geologische Betreuung. Mit dem Reichstagsgebäude (Bundestag) in Berlin gibt es ein bekanntes, nachnutzbares Vorbild.

JENA-GEOS hat hinsichtlich einer zukünftig stärkeren Nutzung von oberflächennahen Geothermie 20-30 m unter Oberfläche in den Kiesen im Stadtgebiet von Jena folgenden Vorschlag mit direkter Grundwassernutzung mit potenziellen Standorten unterbreitet (Marcus Meisel, September/Oktober 2019).

Ausschlaggebend für den Vorschlag ist die Lage der Wärmeversorgungsgebiete des Fernwärmenetzes der Stadtwerke Jena in Verbindung mit einer potenziell geeigneten oberflächennahen geologischen Situation für offene Brunnensysteme oder Speicher. Da ein Geothermie-Projekt auch immer wirtschaftlich sinnvoll sein muss und in Konkurrenz zu einem Fernwärmemischpreis nur schwer darstellbar ist, hat sich Herr Meisel bei den Vorschlägen auf Gebiete bzw. Standorte außerhalb des Wärmeversorgungsgebietes konzentriert. Die vorgeschlagene Technik (direkte Grundwassernutzung) eignet sich besonders für Industrieanlagen, große öffentliche Gebäude und Gewächshäuser, sodass hier folgende Standorte zur näheren Betrachtung (u.a. derzeitige Wärmeversorgung, genutztes Temperaturniveau, Grundwasserstand, usw.) vorgeschlagen werden:

- Gewerbegebiet Nord (Löbstedter Straße)
- Arbeitsagentur
- Pflanzen-Hanisch (ehemals Klee Gartencenter + Zoo)
- Boock Gartenkultur

Durch die, z.T. direkte Lage der Standorte an der Saale eröffnet sich ggf. die Möglichkeit einer Einleitung abgekühlten Wassers, wenn nur Wärme zur Verfügung gestellt werden soll. Prinzipiell bietet sich

hier auch die Möglichkeiten der geothermischen Kühlung von Gebäuden an. In diesem Fall ist eine Einleitung des aufgewärmten Wassers in den Vorfluter nur bedingt möglich. Insbesondere für das Gewerbegebiet Nord bietet sich aber auch die Errichtung eines saisonalen Aquifer-Speichers an. Die saisonale Speicherung ermöglicht über das Jahr gerechnet eine ausgeglichene Energiebilanz des Untergrundes. Dies wiederum sorgt für einen besonders nachhaltigen Betrieb von Heiz- und Kühlsystemen der oberflächennahen Geothermie.

Informationen von Dipl.-Geol. Marcus Meisel (JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH, Projektmitarbeiter im Bereich Geothermie, Saalbahnhofstraße 25c, 07743 Jena, Telefon: 03641 4535-16, E-Mail: meisel@jena-geos.de):

„Preise für Wärmepumpen inkl. Aufgelisteter Anlagentechnik bei Nutzung von Brunnendubletten:

Sole / Wasser-Wärmepumpe (Wärmepumpe mit Soleverteiler, Steuerung, Ventile, Mischer, Verrohrung und Heizwasserspeicher)

7 kW: 6.000 – 9.000 €

50 kW: 17.000 – 22.000 €

100 kW: 28.000 – 33.000 €

250 kW: 75.000 - 86.000 €

In Jena würden die Brunnen deutlich flacher. Hier könnten Kosten eingespart werden. Je größer die Leistung der Anlage ist desto kostengünstiger sollte die MWh werden. Je nach Anlagenleistung und Auslegung sind 100.000 bis 250.000 € anzusetzen.

Eine entsprechende (Vor-)Machbarkeitsstudie zu den Möglichkeiten der geothermischen Wärmeversorgung am Standort sind mit 20.000 € anzusetzen, ggf. weniger, wenn nur oberflächennah nachgeschaut wird (also eher in Richtung Konzeptstudie).“

Nächste Schritte:

- Gespräche mit potenziellen Abnehmern (Gewerbegebiet Nord (Löbstedter Straße), Arbeitsagentur, Pflanzen-Hanisch (ehemals Klee Gartencenter + Zoo), Boock Gartenkultur) zur Erkundung von deren Bedingungen für Heizung und Kühlung (gegenwärtige Heizungs-/Kühlungs-Anlage, Vorlauftemperatur, Kostenstruktur)
- Anfrage beim TMUEN: Machbarkeitsstudie förderbar durch *KlimaInvest* (für kommunale Immobilien) oder *GreenInvest* (für innovative gewerbliche Immobilien); Machbarkeitsstudie sollte vor 2025 realisiert werden, um ab 2025 oberflächennahe Geothermie mit Wärmepumpen als Hauptsäule der Wärmewende in Jena realisieren zu können.

In einer von JENA-GEOS federführend erstellten Studie werden Technologien saisonaler geogener Aquifer-Wärmespeicher untersucht [51]. Diese können künftig in „kalten Nahwärmenetzen“ überschüssige erneuerbare Energie aus Sonne und Wind die nötige Wärme- und Kälteenergie für Zeiten der „Dunkelflaute“ bereitstellen. Die Studie beantwortet Fragen zur Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Genehmigungsfähigkeit.

Diese Nahwärme kann mit der ebenfalls von JENA-GEOS untersuchten „Flussthermie“, also Umweltwärme aus der Saale, verbunden werden. In [50] wird in Kapitel 3.6 (Abbildung 17) für die Saale am südlichen Stadtrand von Jena ein Umweltwärmepotenzial von 129,8 MW angegeben.

4.2.13. CO₂-frei erzeugte synthetische („grüne“) Gase

Die Bundesregierung Deutschland wie auch die Landesregierung Thüringen haben Wasserstoffstrategien vorgelegt. Während das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie auch Wasserstoff (H₂) aus fossilen Quellen oder aus dem Ausland (z.B. aus Marokko, Chile, ...) zu erzeugen bzw. zu importieren beabsichtigt, setzt die Landesregierung Thüringen auf Wasserstoff aus Windkraft und Photovoltaik in

Thüringen, wobei unklar bleibt, ob dafür die Akzeptanz seitens der Bürgerinnen und Bürger im Freistaat hinreichend erlangt werden kann.

Seit Juli 2020 arbeiten die SWEJ an diesem Konzept gemeinsam mit anderen kommunalen Thüringer Fernwärmeversorgern. Beim Bürgerenergie-Treff am 24.6.2021 hat der Geschäftsführer der SWEJP, Gunar Schmidt, die Hintergründe und die Vorgehensweise präsentiert (s. 4.2.3). Es wird abzuwarten sein, welche Bedeutung in dem Konzept „grüner“ Wasserstoff bekommen wird. Bisher gibt es noch keine Klarheit, wie und zu welchen Preisen dieser für die SWEJP verfügbar sein wird.

In der *dena*-Leitstudie „Integrierte Energiewende“ (07/2018) wird davon ausgegangen, dass „*mindestens 50% der grünen Gase in sonnen- und windreichen Regionen ohne Flächenrestriktionen wie Marokko erzeugt und nach Deutschland importiert werden.*“ Im Oktober 2021 erschien eine neue Leitstudie der *dena* [48].

Falls es in den nächsten Jahren nicht gelingen sollte, die aktuellen Widerstände in der Bevölkerung gegen den Ausbau von Wind- und Sonnenenergieanlagen in Thüringen zu überwinden, wird Thüringen um den Import von „grünem“ Wasserstoff leider nicht herumkommen, um die Pariser Klimaschutzziele zu erreichen. Dabei geht allerdings Wertschöpfung für die Region (Thüringen) verloren und die Energiewende wird teurer, wie auch das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE nachweist [30]. Der Wirtschaftsstandort Thüringen (und Jena) könnte dadurch an Attraktivität verlieren. Bereits jetzt fragten in Thüringen ansässige Unternehmen (z.B. Bosch) bei der ThEGA vergeblich wegen „grünem“ Strom an.

Diskutiert wird neben dem CO₂-frei erzeugtem „grünen“ Wasserstoff auch „blauer“ Wasserstoff, dessen Erzeugung aus fossilen Energiequellen mit einem CO₂-Abscheidungs- und -Speicherungsverfahren gekoppelt wird (engl. *Carbon Capture and Storage*, CCS). Diese Wasserstoffproduktion kann bilanziell als CO₂-neutral betrachtet werden. CCS ist aber mit hohem Primärenergieverbrauch verbunden und wird umweltpolitisch kritisch gesehen und sollte deshalb im KAP nicht vorrangig berücksichtigt werden, sondern nur als „Notlösung“.

Im Vordergrund stehen folgende Maßnahmen:

- Umstellung der Fernwärmeversorgung von Erdgas auf Solarthermie, Biogas, H₂ oder synthetischem Methan, also mit klimaneutralen Gasen auf Basis von erneuerbaren Energien, sowie Solarthermie, Geothermie, Umweltwärme in Verbindung mit Wärmepumpen auf Basis von erneuerbaren Energien
- Wechsel zu H₂ oder synthetisch erzeugten Energieträgern zur Deckung des verbleibenden Bedarfs an gasförmigen und flüssigen Energieträgern überall dort, wo direkte Stromanwendung technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht sinnvoll ist
- Ausbau von Elektrolyseur-Kapazitäten zur Produktion von H₂ aus regional (in Thüringen) erzeugtem Strom (PV und Windkraft);
- Eine geringere H₂-Erzeugung in Thüringen kann prinzipiell durch höhere Importe kompensiert werden. Anderer als „grüner“ Wasserstoff ist auszuschließen. Beteiligung an H₂-Produktion basierend auf offshore-Windkraft und Aufbau von Partnerschaften mit potenziellen H₂-exportierenden Ländern (Marokko, Chile) mit dem Ziel diese Länder bei der Energiewende basierend auf 100% erneuerbaren Energien zu unterstützen und die dann ggf. überschüssige Energie in Form von H₂ aus diesen Ländern zu importieren; dieser Import ist Gründen der Kostenminimierung und Versorgungssicherheit minimal zu halten.
- Aufbau entsprechender Infrastruktur (z. B. H₂- Pipelines; hierzu gibt es speziell für den Landkreis Weimarer Land Kostenschätzungen im Rahmen des HyStarter-Projektes 2010/2021)

4.2.14. Akzeptanz von Nutzungspflichten erneuerbarer Wärmeenergie

„Fossile Energien dürfen mittelfristig nicht weiter zum Heizen genutzt werden. Sonst können die Klimaziele nicht erreicht werden. Darin sind sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einig. Damit der Technologiewechsel auf erneuerbare Energien wie Geo- und Solarthermie, Biomasse und vor allem Wärmepumpen in der Praxis gelingt, sollten entsprechende Vorgaben für den Einbau neuer Heizungen auf Unterstützung in der Gesellschaft stoßen. Eine Einführung und Verschärfung in Schritten, eine ausreichende finanzielle Förderung, begleitende Informationsmaßnahmen sowie die Einbindung von Handwerk und Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern fördern die politische Durchsetzbarkeit und gesellschaftliche Akzeptanz. Das zeigen bestehende Regelungen in Baden-Württemberg und Hamburg.“[37]

4.2.15. Stadt-Umland-Kooperationen für Erneuerbare Energien

Für die klimaneutrale Wärme- und Kälteversorgung wie auch für Strom aus erneuerbaren Quellen wie Photovoltaik und Windkraft (Kapitel 4.4) sowie für die Verkehrswende (4.3) ist die Kooperation der Stadt Jena mit den Umlandgemeinden des Saale-Holzland-Kreises und des Landkreises Weimarer Land von größter Bedeutung. Ohne diese Kooperation wird Jena nicht klimaneutral werden. Hierzu wird nachfolgend aus der Antwort der Stadtverwaltung vom 6.1.2022 auf die Große Anfrage der CDU zu Stadt-Umland-Kooperationen zitiert [58]. Diese Aussagen sind insofern beachtlich, weil sie neu sind gegenüber der Präambel zum selbigen Text, die noch keine expliziten Aussagen zu Energie und Klimaschutz enthält: *„Wesentliche Aspekte der interkommunalen Zusammenarbeit sollen die Bereiche Wohnen, Gewerbe, Mobilität und Grünflächen sein.“*

„...Zur Erreichung der Klimaschutzziele Jenas müssen insbesondere die Kooperationen mit dem unmittelbaren Umland erheblich ausgebaut werden. Ziel muss es sein, geeignete Kooperationen mit den umliegenden Landkreisen zu schließen um den Zubau von Photovoltaik-Freiflächen-, Solarthermie-Freiflächen-, Windenergie- und Biogasanlagen ermöglichen zu können. In der Vergangenheit hat die Regionale Planungsgemeinschaft Ostthüringen hier verschiedene Vorarbeiten (Regionale Energiekonzepte) geleistet und in Bezug auf raumbedeutsame Anlagen auch planerische Aussagen getroffen (PV-Freiflächen/ Windenergieanlagen). In welchem Umfang dies zu erfolgen hat und welche genauen Verfahrensschritte hierfür erforderlich sein werden, soll im Rahmen der Erstellung des KAP [Unterstreichung nicht im Original] festgestellt werden.... Grundsätzlich bedarf es einer Vielzahl an Verfahrensschritten, um die umwelt- und klimapolitischen Ziele der Stadt Jena zu erreichen. Angesichts des kurzen Zeithorizonts für die Zielerreichung der Klimaneutralität sind diese jetzt und nicht erst später auf den Weg zu bringen....

Grundsätzlich bedarf es einer Vielzahl an Verfahrensschritten, um die umwelt- und klimapolitischen Ziele der Stadt Jena zu erreichen. Angesichts des kurzen Zeithorizonts für die Zielerreichung der Klimaneutralität sind diese jetzt und nicht erst später auf den Weg zu bringen. Ein wichtiger Schritt für die anstehende Transformation ist die Nutzung der regionalen Potenziale zur Erzeugung von erneuerbarer Energie (EE). Konkret sollte in einem ersten Schritt die Identifikation der lokal verfügbaren erneuerbaren EE-Potenziale erfolgen. In einem zweiten Schritt sind anschließend die Rahmenbedingungen zu schaffen, damit diese erschlossen werden können.

Während im urbanen Raum insbesondere Dach-PV-Anlagen von Relevanz sind, bestehen im Umland Potenziale für größere Solarthermie-, Freiflächen-PV- und Windkraft-Anlagen. Daher sollte hinsichtlich der Flächennutzung in der Nähe des Jenaer Stadtgebietes sowie im Umland ein Vorrang für die Erzeugung Erneuerbarer Energien gelten, insbesondere für die Errichtung von Freiflächen-PV- und Solarthermie-Anlagen auch in räumlicher Nähe zu Wärmenetzen. Besonderes Augenmerk sollte bei der Umsetzung der klimapolitischen Ziele weiterhin auf dem Wärmesektor liegen. Für dessen Dekarbonisierung spielen Fernwärmenetze eine entscheidende Rolle. Die Stadtwerke Jena betreiben neben der Jenaer Fernwärmeversorgung entsprechende Netze in Blankenhain, Hermsdorf und Pößneck. Auch im Wärmesektor besteht das Ziel der nahezu vollständigen Klimaneutralität in vorgegebenen Zeitabschnitten.

Um den Weg dahin zu entwickeln und Know-how und Kapazitäten zu bündeln, haben sich die Thüringer Fernwärmeversorgungsunternehmen zu einem Projekt-Team zusammengefunden. Auf Basis der gemeinsam entwickelten Erkenntnisse soll dabei für jedes Fernwärmenetz ein Transformationsplan entwickelt werden, der in 5-Jahres-Teilschritten die notwendigen Maßnahmen und deren Kostenauswirkungen beschreibt. Auch im weiteren Jenaer Umland können Nah- und Fernwärmelösungen einen wichtigen Beitrag zur Klimaneutralität leisten. Dies ist vor allem bei höheren Wärmebedarfsdichten sinnvoll. Erste Schritte wären somit die Identifikation derartiger Gebiete sowie eine entsprechende kommunale Wärmeplanung.

Weiterhin ist in Zusammenarbeit mit dem Jenaer Umland die nachhaltige Nutzung des vorhandenen Biomassepotenzials zur Erzeugung regenerativer Energie unter Einbeziehung von etwaigen Auswirkungen auf Flora und Fauna zu prüfen. Auf Grund der Grundlastfähigkeit von Biomasse ist deren Bedeutung insbesondere für Zeiten der Dunkelflaute erheblich.

Darüber hinaus stellt Wasserstoff eine wesentliche Säule des klimaneutralen Energiesystems der Zukunft dar. Um die Potenziale einer regionalen grünen Wasserstoffwirtschaft zu eruieren und zu heben, ist ein Wasserstoff-Regionalkonzept, erstellt gemeinsam mit den regionalen Akteuren, ein

wichtiger Zwischenschritt. Dabei sollten insbesondere Wasserstoff-bezogene Aktivitäten und Wasserstoffbedarfe von Gewerbe und Industrie erfasst werden. Diese regionalen Bedarfe und Potenziale könnten im Rahmen einer HyStarter-Förderung innerhalb des Programms „HyLand – Wasserstoffregionen in Deutschland“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) untersucht werden. Bei den genannten Maßnahmen sollte auf eine möglichst lokale Wertschöpfung und die Einbeziehung der regionalen und kommunalen Kompetenzen geachtet werden.“

(Anmerkung: 2020-2021 war R. Guthke vom RTKU Jena als Vertreter der Bürger Energie Thüringen e.V. am HyStarter-Projekt Weimar/Weimarer Land beteiligt. Hier war u.a. die Wasserstoffproduktion aus Ü20-Windkraftanlagen im Windpark Eckolstädt untersucht und die Wasserstoffanwendung bei der Glasschmelze in Jena bei Schott AG Jena [57].

„Ein wichtiger Schritt ist die Ermittlung des Vorhandenseins und der Nutzungsmöglichkeiten erneuerbarer Wärmequellen. Das sind aus der derzeitigen Sicht die Solarthermie, die Geothermie, nutzbare Biomasse, erneuerbare Gase wie z.B. Klärgas, Biogas und grüner Wasserstoff, unvermeidbare Abwärme und regenerativ erzeugter Strom ggf. unter zusätzlicher Nutzung von Umweltwärmequellen. Hier bestehen Ansatzpunkte, um auf kommunaler Ebene tätig zu werden. Zur Dekarbonisierung der Fernwärme ist die Ansiedelung eines Werkes zur thermischen Abfallverwertung in Jena für Jena und die Region sinnvoll, da dabei gleichzeitig auch der mit dem Transport der Wertstoffe in andere Regionen verbundene CO₂-Ausstoß deutlich vermindert wird.

Die Errichtung eines oder mehrerer Elektrolyseure zur Erzeugung von Wasserstoff sollte kurzfristig in der Region geprüft werden, um erste Erfahrungen beim Einsatz im Schwerlastverkehr (Müllentsorgung, Nahverkehr) zu sammeln. Ein geeigneter Standort wäre, z. B. an der zentralen Kläranlage Jena-Zwätzen mit angeschlossener Biogasanlage.

Die Stromnetze der Stadtwerke Jena Netze GmbH sind entsprechend den urbanen Anforderungen historisch gewachsen und wurden im Rahmen der Vergabe von Konzessionen in 2013-2014 restrukturiert. Sie sind bereits regional integriert. Für einen möglichst effektiven und klimafreundlichen Ausbau und Betrieb sind bei zukünftigen Konzessionsausschreibungen und -vergaben möglichst geschlossene Versorgungsgebiete über die Netzebenen anzustreben. Im Rahmen von urbanem Wachstum an den bestehenden Versorgungsrandern ergibt sich absehbar die technische Notwendigkeit der Integration der angrenzenden Netze.

Aktuell werden von der Bundesregierung separate Wasserstoffnetze zur Versorgung der Industrie favorisiert. Die Industrie wird hier als Vorreiter gesehen und die Planungen zur Umstellung auf grünen Wasserstoff zur klimaneutralen Produktion in den Unternehmen sind angelaufen. Dazu müssen im Stadtgebiet und im Umland neue Wasserstoffleitungen errichtet werden. In Abhängigkeit des Standorts der Industrie, können auch vorhandene Erdgasleitungen umgewidmet werden. Bezüglich der bestehenden Erdgasnetze laufen derzeit Prüfungen, die eine Wasserstofftauglichkeit bis 20% nachweisen sollen. Als nachfolgender Schritt ist die 100% Wasserstofftauglichkeit zu prüfen. Für die Klimaneutralität bis 2035 ist voraussichtlich eine Umrüstung von Gasheizungen notwendig.

In enger Zusammenarbeit mit den angrenzenden Energieversorgern wird die Nutzung des vorhandenen Erdgasnetzes zur perspektivischen Klimaneutralität vorangetrieben. Vorhandene Potenziale zur Herstellung von grünem Wasserstoff sind unter gemeinsamer Betrachtung im Umland zu suchen und die Erzeugerstruktur für grünen Wasserstoff ist auch regional auszubauen, um die notwendige Energiemenge bereitstellen zu können.“

4.3. Verkehr

„Der Verkehr ist und bleibt Deutschlands ‚Sorgenkind‘. Hier gab es bislang kaum Emissionseinsparungen, deswegen eröffnet sich auch ein umso größeres Gestaltungsfeld.“[45]

Wie schon unter 4.1 betont, ist die Verkehrspolitik ein für den Klimaschutz wichtiges kommunalpolitisches Handlungsfeld.

Die von F4F initiierte Studie [5] des Wuppertal-Instituts nennt selber eine Reihe von Forderungen, die mit der Zielstellung „CO₂-neutral bis 2035“ zwangsläufig verbunden sind, wie auch von *GermanZero* im Klimastadtplan für Halle notiert wurde [17]:

- Autoverkehr bis 2035 halbieren, parallel Kapazität des Öffentlichen Verkehrs verdoppeln
- Pkw-Bestand auf 1/3 des heutigen Wertes senken. Dafür Ausbau der Rad- und Fußinfrastruktur und des ÖPNVs, kombiniert mit Push-Faktoren wie City-Maut, Tempolimits und Reduzierung von Fahrspuren und Parkplätzen

Grundlage für Jena-spezifische Maßnahmen sind die „Leitlinien Mobilität in Jena 2030“ (Stadtratsbeschluss 17/1510-BV, 14.03.18, [25]), dazugehörige Maßnahmen (Berichtsvorlage 20/0334-BE, 18.5.2020) sowie das Handlungsprogramm zu den „Nachhaltigkeitszielen der Stadt Jena im Rahmen des Projektes Global Nachhaltige Kommune Thüringen“ [10].

Der Jenaer Stadtrat hat 2019 und 2020 nochmals den Beschluss gefasst, bis 2030 die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen bis 2030 um 50 % zu senken ([9], Ziel 3.2 und [10], Ziel A2.1). Bisher gibt es jedoch dafür noch kein schlüssiges Handlungsprogramm zur Umsetzung, abgesehen von den zwei keinesfalls hinreichenden Maßnahmen der „umweltsensitiven Verkehrssteuerung“ und der „Erweiterung Tempo-30-Zonen und verkehrsberuhigter Bereiche“ ([10], Maßnahmen A2.1.1 und A2.1.2).

Um die Beschlusslagen der Stadt Jena konsistent zu halten, müssten die beiden vorgenannten Beschlüsse korrigiert oder zumindest ergänzt werden um das Ziel „**bis 2035 die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen um 100 % zu senken**“. Dafür müssen im KAP zielführende Maßnahmen vorgeschlagen werden. Nachfolgende Ausführungen sollen dafür eine Diskussionsgrundlage liefern.

a) Umstieg von 50% des motorisierten Verkehrs auf Umweltverbund

Die spezifische Verkehrsleistung des Motorisierten Individualverkehr (MIV) (km pro Person und Tag) beträgt laut dem *System repräsentativer Verkehrsbefragungen* (SrV) 2018 60,4 %. Diese müssen – um das 25%-Reduktionsziel bis 2030 zu erreichen – in den nächsten 10 Jahren um ein Viertel, also auf rund 45% und bis 2035 auf 30 % gesenkt werden. Das „Leitbild Energie und Klimaschutz für Jena 2021-2030“ [9] fordert als Etappenziel für die kommenden 3 Jahre bis 2023 eine Reduktion auf 53%, also um 7%. Laut Entwurf des „Leitbildes Energie & Klimaschutz für Jena 2021-2030“ soll diese 7%ige Reduktion

kompensiert werden durch Zuwächse beim Radverkehr um rund 2% und den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) um rund 5% des Anteils der Verkehrsleistung. In den folgenden 7 Jahren 2024-2030 ist dann die weitere Reduktion um weitere 8% erforderlich.

Maßnahmen, die geeignet sind, den Umstieg von derzeit ca. 60% MIV-Verkehrsleistung (in km/Person/Tag) bis 2023 auf 53% und bis 2030 auf 45% zu senken, kann man in Verdrängen des MIV („push“) und Angebot für den Verkehrsverbund („pull“) einteilen. Beide sind miteinander verbunden über die Konkurrenz um Haushaltsmittel und Flächen.

Massiver Ausbau der Carsharing- und Ridepooling-Angebote

Durch eine deutliche Erhöhung der Carsharing-Flotte und der Förderung äquivalenter Angebote (so auch kommunaler und privater Ridepooling-Möglichkeiten) würde ein enormes Potential von Energie- und Materialeffizienz ausgeschöpft werden können. Dies zeigt eine Studie der Universität Freiburg (<https://www.klimareporter.de/technik/mehr-holz-und-carsharing>) und betont gleichzeitig die Auswirkungen der verminderten Produktion von Fahrzeugen. Des Weiteren kann bei einer breiten Angebotspalette auf einen eigenen PKW verzichtet und das Fahrzeug deutlich häufiger genutzt werden (im Vergleich zum meist stehenden eigenen PKW).

Dazu müssten entsprechende Parkflächen geschaffen, Anbieter mit Infrastruktur unterstützt und weitere Fördermöglichkeiten ausgeschöpft werden.

Mehr Verkehrsfläche für Radverkehr, weniger für MIV

Bereits in der Präambel der „Leitlinien Mobilität für Jena 2030“ [25] wird die „Nutzungskonkurrenz unserer knappen Flächen“ beim Wachsen der Stadt als Herausforderung angesprochen. Der MIV ist mit hohem Flächenverbrauch vor allem durch den Ruhenden Verkehr, aber auch geforderte Straßensbreiten verbunden. In den Leitlinien [25] wird diese Herausforderung konkret angesprochen: Handlungsziele 5.1, 5.8, sowie die Aussagen auf S. 10-12:

„Viele Maßnahmen bedürfen eindeutiger Priorisierungen, weil die Bedingungen der einzelnen Verkehrsarten in Konkurrenz zueinanderstehen. Notwendige Flächen zur Sicherung und Förderung des Fuß- und Radverkehr wie auch der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum lassen sich nur gewinnen, wenn der ruhende Kfz-Verkehr verlagert wird. Infrage kommt eine verstärkte Unterbringung auf privaten Grundstücken oder kostenpflichtig in Parkhäusern und Tiefgaragen und auf wenig störenden, volkswirtschaftlich kostengünstigen Flächen. Nur so ist letztlich mehr Kostenwahrheit im Verkehrssystem zu realisieren. Auch Bewohnerparken im Straßenraum stellt vor diesem Hintergrund langfristig kein nachhaltiges, zukunftsfähiges Modell dar. Neue Mobilitätsangebote, die dem Prinzip „Nutzen statt besitzen“ (Carsharing) folgen, können dazu beitragen, die Anzahl privat gehaltener Kraftfahrzeuge langfristig wirksam zu reduzieren, ohne Mobilitätschancen einzuschränken.“

„...bessere Überwachung und Verlagerung des ruhenden Kraftfahrzeugverkehrs, die Ordnung des Fahrradparkens sowie eine Reorganisation von Straßenräumen zugunsten der Verkehrsarten der Nahmobilität (Fuß- und Radverkehr) im Umweltverbund sollen daher ebenfalls für mehr Umwelt- und Lebensqualität sorgen.“

Die vom „Radentscheid Jena“ (www.radentscheid-jena.de) initiierte Beschlussvorlage „Bessere Bedingungen für den Radverkehr in Jena“ wurde vom Stadtrat am 13.10.2021 mit großer Mehrheit angenommen. Kernziele des Radentscheid Jena, die u.a. auf mehr Sicherheit für den Rad- und Fußverkehr zielen, sollen damit ins Radverkehrskonzept der Stadt aufgenommen werden. Außerdem wird ein finanzielles Fundament gelegt, angefangen bei 22,50 € pro Jahr und Einwohner:in in 2023/2024 bis zu 45 € pro Jahr und Einwohner:in in 2029/2030.

Der Klimaschutz-Beirat hat zwei Beschlussanträge eingebracht („Park +Ride System“, 21/0788-BV und „Autofreie Kernzone“, 20/0546-BV).

Die Beschlussvorlage „Autofreie Kernzone“ wurde vom Stadtentwicklungs- und Umweltausschuss in seiner Beratung am 3.11.2020 abgelehnt und folgte damit einem Vorschlag der Stadtverwaltung, die stattdessen einen Antrag auf Verkehrsberuhigung einbrachte.

Die Beschlussvorlage „Park + Ride-System“ wurde am 22.04.2021 im Stadtentwicklungs- und Umweltausschuss behandelt und auf Empfehlung der Beiräte für Menschen mit Behinderungen der Stadt Jena und des Seniorenbeirats wegen der Ablehnung des im Beschlussantrag des Klimaschutzbeitrags geforderten Prüfauftrages für „eine Erhöhung der Gebühren der zentrumsnahen, öffentlichen Parkflächen“ vorerst nicht bestätigt.

Für diese **Reorganisation von Straßenräumen zugunsten des Fuß- und Radverkehrs** (so laut „Leitlinien Mobilität für Jena 2030“) muss der KAP konkrete Maßnahmen fordern. Das sollte u.a. die priorisierte Ausweisung von sicheren **Fahrradabstellanlagen vor allem in der Innenstadt** als auch die **Verlagerung des PKW-Parkens** aus wichtigen Verkehrsstraßen **zugunsten von sicheren Radverkehrsanlagen** (Radfahr- und Schutzstreifen) umfassen, besonders dort, wo derzeit das PKW-Parken den Radverkehr behindert oder gefährdet, z.B. Karl-Liebknecht-Straße, August-Bebel-Straße, Dornburger Straße. Nach dem Vorbild von Amsterdam sollen jährlich eine bestimmte Anzahl der Parkplätze im Stadtgebiet reduziert werden[54]. In Amsterdam wird ab 1. Juli 2019 die Zahl der vergebenen Parkausweise alle sechs Monate um 1,1% reduziert. Bis 2025 werden auf diese Weise 11.200 Parkplätze entfernt. Die Reduktion erfolgt räumlich nicht gesteuert: Jene Autofahrerinnen und Autofahrer, die derzeit einen Parkausweis besitzen, dürfen diesen weiterhin behalten. Aufgrund von Umzug, Tod oder Abmeldung des Fahrzeugs zurückgegebene Ausweise werden jedoch nicht erneut vergeben.

Auf S. 7 der „Leitlinien Mobilität in Jena 2030“ [25] werden mit den Zielen 4.2 und 4.3. die „Schaffung eines zusammenhängenden Netzes im Fuß- und Radverkehr“ und die „Optimale Verknüpfung der Verkehrsarten der Nahmobilität (Fuß / Rad) mit öffentlichem Personennahverkehr (...) in Stadt und Region“ gefordert. Hierfür müssen im KAP konkrete Maßnahmen gefordert werden, z.B.:

- Sichere und überdachte **Radabstellanlagen an den Bushaltestellen in den Landkreisen** (für den Bahnverkehr wurden schon gute Fortschritte erreicht).
- In den „Leitlinien Mobilität in Jena 2030“ wird mit dem Ziel 5.8 „Bike&Ride“ dem vorgenannten Anliegen entsprochen. Mit dem KAP müssen in Abstimmung mit dem Umland (SHK, LK Weimarer Land) und JES konkrete Maßnahmen gefordert werden. Die komfortable Verknüpfung von Fuß- und Radverkehr als „Zubringer“ für den ÖPNV kann und sollte **besonders für den Pendlerverkehr** eine Alternative zum gegenwärtig noch dominierenden MIV werden.
- Der ÖPNV wird erst dann als dominierende Alternative zum MIV breit akzeptiert werden, wenn der **ÖPNV als bequemer und kostengünstiger im Vergleich zum MIV** wahrgenommen wird. Die Stadt Jena und Landkreise SHK und Weimarer Land können über die Gestaltung der Bedingungen für das PKW-Parken in der Innenstadt im Vergleich zu den ÖPNV-Bedingungen darauf Einfluss nehmen, indem die Parkgebühren erhöht und die ÖPNV-Tarife z.B. durch ein 365-Euro-Ticket gesenkt und vereinfacht werden. Der Runde Tisch Klima und Umwelt hat zu diesem Anliegen einen Beschlussantrag in den Klimaschutz-Beirat eingebracht („ÖPNV-Preise“), der aber wegen einer Kritik des Jenaer Nahverkehrs an der Zweckmäßigkeit des Beschlusses nicht weiterverfolgt wurde.
- Da **Fuß- und Radverkehr vergleichsweise kostengünstig** und der ÖPNV für die öffentlichen Haushalte mit sehr hohen Kosten verbunden sind, sollten Stadt und Landkreise im Sinne der **kostenoptimalen Verknüpfung beider Verkehrsarten die maximale Förderung auf den Fuß- und Radverkehr** richten und im Haushalt in signifikant verstärkter Weise berücksichtigen. Viele der bis 2020 geplanten Maßnahmen des Radverkehrskonzepts von 2012 [27] sind aus Gründen unzureichender Haushaltsmittel (für Planung und Ausführung) nicht umgesetzt worden. Mit dem vom „Radentscheid Jena“ (www.radentscheid-jena.de) initiierten Stadtratsbeschluss „Bessere Bedingungen für den Radverkehr in Jena“ vom 13.10.2021 ist eine Verbesserung der finanziellen Situation zu erwarten. Auch die Nachhaltigkeitsstrategie [10] erklärt mit dem operativen Ziel A 1.2, dass bis 2028 die

priorisierten Maßnahmen des Radverkehrskonzepts umzusetzen sind. **Im KAP muss in Verbindung mit der Novellierung des Radverkehrskonzepts 2022 als Sofortmaßnahme für die Umsetzung des operativen Ziels A1.2 ein Bauzeiten- und Kostenplan für die Zeit bis 2028 gefordert werden.**

- Das Projekt „**Gleis 3**“, das im Radverkehrskonzept von 2012 [27] noch eine untergeordnete Priorität bekam, ist im KAP mit hoher Priorität und Finanzausstattung vorzusehen. „Gleis 3“ verknüpft den Beutenberg-Campus sowohl mit dem Westbahnhof und über diesen mit dem Stadtzentrum bei Umgehung der Problemverbindung über die Kahlaische Straße.
- Auf S. 8 der „Leitlinien Mobilität in Jena 2030“ [25] wird mit Ziel 5.1 die Schaffung von Radverkehrsstraßen gefordert: *„Priorisierung des Fußverkehrs in der Innenstadt und in Erholungsbereichen bei gleichzeitiger **Schaffung möglichst störungsfreier Radverkehrstrassen** in diesem Bereich, so dass Konflikte zwischen beiden Verkehrsarten reduziert werden.“* Die vom Stadtrat beschlossene Nachhaltigkeitsstrategie [10] bestätigt dasselbe: Bis 2030 ist dafür zu sorgen, dass der „Fußgängerverkehr in der Innenstadt und in Erholungsbereichen Priorität hat“ und „gleichzeitig es störungsarme Radverkehrstrassen in diesen Bereichen gibt, sodass Konflikte zwischen beiden Verkehrsarten reduziert werden.“ Dem entgegen hat die von der Fraktion Bündnis90/Grüne eingebrachte Beschlussvorlage „Einrichtung von Fahrradstraßen“ (19/0156-BV) im Stadtrat am 6.11.2019 keine Mehrheit gefunden (u.a. weil die BV mit den Ortsteilräten nicht abgesprochen war und weil die BV in der vorgelegten Fassung rechtlich nicht zulässig ist - übertragener Wirkungskreis). In dieser BV wurden folgende Fahrradstraßen vorgeschlagen: Jahnstraße /Talstraße, Wenigenjenaer Ufer (teilweise), Dammstraße, Tümpplingstraße, Löbichauer Straße, Leipziger Straße (teilweise), Am Planetarium, Am Erbkönig, Burgauer Weg, Roland-Ducke-Weg (teilweise), Im Wehrgt. Im KAP kann und sollte in Verbindung mit dem Radverkehrskonzept 2022 an diese BV und damit erfolgte – bisher erfolglose - Diskussion angeknüpft werden, um **Radverkehrsstraßen auszuweisen**.
- Die Realisierung und Ermöglichung des nunmehr rechtlich geforderten **Seitenabstands von 1,50 m beim Überholen von Radfahrern durch KFZ** ist in Jena eine besondere Herausforderung, der sich auch der KAP stellen muss, gern auch in Verbindung mit dem Radverkehrskonzept. Es gibt in Jena viele Straßen, in denen die 1,50-Meter-Forderung mit der gegenwärtigen Aufteilung des Straßenraumes nicht zu realisieren ist, d.h. ein Überholen von Radfahrern durch Kfz i.d.R. unmöglich ist. Es muss beantwortet werden, wie diese *de facto Verstöße gegen die StVO* behandelt werden sollen unter der Randbedingung der Priorisierung des Umweltverbundes. Für die Karl-Liebknecht-Straße hat die Straßenverkehrsbehörde (Herr W. Apelt) ein Konzept vorgelegt, das leider in Medien auf Widerstand aus der Bevölkerung gestoßen ist und damit bisher nicht weiterverfolgt wurde.
- Die „Leitlinien Mobilität für Jena 2030“ [25] sehen mit Ziel 5.5 die Förderung von nutzerfreundlichen Formen des Fahrzeugteilens vor, auch Mietfahrräder. Im KAP kann die anteilige Förderung von **Betriebsfahrrädern** und **Mietfahrrädern** für Arbeitnehmer auch **bei anderen Arbeitgebern**, insbesondere **Hochschulen und Forschungsinstituten** (z.B. Beutenberg-Campus e.V.) und auch von Unternehmen Zeiss, Jenoptik gefordert werden.
- Die „Leitlinien Mobilität für Jena 2030“ [25] adressieren auf S. 10 auch die **Förderung der E-Mobilität im Fahrradverkehr**. Da dieser durch die Kapazität des innerstädtischen Stromnetzes – im Gegensatz zu E-Autos – bis 2030 nicht beschränkt ist, kann und sollte im KAP dieser Vorschlag mit konkreten Maßnahmen untersetzt werden. *„Für mittlere Distanzen stellt das Fahrrad das ideale Alltagsverkehrsmittel dar. Immerhin betrifft dies in Jena über drei Viertel der täglichen Wege, die heute überwiegend mit dem Auto zurückgelegt werden. Zu einer Verlängerung der möglichen Fahrrad-Distanzen führt zudem die zunehmende Nutzung von Pedelecs und E-Bikes. Der Radverkehr soll daher auf diesen Distanzen gefördert werden. Bedingung ist ein **lückenloses, umwegarm und sicher geführtes Radverkehrsnetz mit ausreichend dimensionierten Radverkehrsanlagen und Abstellmöglichkeiten** an den Zielen des Radverkehrs.“* (zitiert aus „Leitlinien Mobilität für Jena 2030“ [25])

Der KAP muss in Verbindung mit dem Radverkehrskonzept 2022 zunächst feststellen, wo es derzeit kein „lückenloses, umwegarm und sicher geführtes Radverkehrsnetz“ in Jena gibt und welche Maßnahmen wann zu welchen Kosten zur Überwindung dieser mangelhaften Situation in den nächsten 10 Jahren anzugehen sind.

Beispiel: In Jena-Ost von der Einmündung der Löbichauer Straße in die Karl-Liebknecht-Straße bis zur Ost-Schule gibt es keine Radverkehrsanlage. Ferner hat die Karl-Liebknecht-Straße von Ost-Schule bis Camsdorfer Brücke eine Radverkehrsanlage (Schutzstreifen), die lückenhaft ist (im östlichen Teil fehlt) und im westlichen Teil nicht ausreichend dimensioniert ist. Ein Ausweg wäre die **dauerhafte Ausweisung als Tempo-30-Zone** (derzeit als Verkehrsversuch), in der Radverkehrsanlagen nicht erforderlich sind.

Der touristische Weg entlang des Gemdenbachs bzw. Jenzigweg ist nicht „umwegarm“ und damit für den Alltagsradverkehr ungeeignet, also kein attraktives Angebot für den Umstieg von MIV auf das Fahrrad. Allerdings gibt es auf dieser Distanz ein gutes ÖPNV-Angebot. Falls es – entgegen der o.g. Zielstellung - nicht gelingen sollte eine lückenlose, umwegarme und sicher geführte Radverkehrsanlage von Jena-Ost bis zur Camsdorfer Brücke zu definieren, muss eine komfortable Verknüpfung mit dem ÖPNV organisiert werden (Bike+Ride, Fahrradabstellanlage an der Straßenbahndstation Jena-Ost, Fahrradmitnahme ganztägig).

Im Handlungsprogramm zur Nachhaltigkeitsstrategie [10] sind im Themenfeld A (Mobilität) weitere Maßnahmen gefordert, die im KAP weiterentwickelt werden können.

Eine sinnvolle konkrete Maßnahme wäre auch, ab 2025 keine Benzin- und Dieselaautos mehr zuzulassen. Aber das liegt vermutlich nicht in der Macht einer Stadt. 17 Staaten oder Regionen (<https://theicct.org/sites/default/files/Global-ICE-phaseout-map-nov2020.png>) haben inzwischen beschlossen, den Verkauf von neuen Benzin- und Dieselaautos in den kommenden Jahren zu verbieten. Kalifornien z.B. fasste jüngst diesen Beschluss für 2035. Auch europäische Staaten wie Schweden (2035), Norwegen (2025), Schottland (2032), ganz Großbritannien (2035) oder Frankreich und Spanien (2040) gehören dazu. Die deutsche Regierung lehnt bisher ein Verbot des Neukaufs von fossil betriebenen Autos ab. Die EU wird mit ihrem am 14.7.2021 veröffentlichten Gesetzespaket „Fit for 55“ aber hoffentlich Deutschland dazu ab 2035 (oder 2040) zwingen.

Akzeptanz von autoreduzierten Zonen in der Stadt

„Dass eine Straße oder ein Quartier (fast) ohne Autoverkehr geschaffen und akzeptiert wird, braucht ein durchdachtes Vorgehen. Dass das erfolgreich umgesetzt werden kann und die Lebensqualität erhöht wird, zeigen jedoch immer mehr gute Beispiele in Barcelona, Paris, oder Hamburg-Ottensen. Werden Bürgerinnen und Bürger frühzeitig einbezogen, können Widerstände abgebaut werden. Das „Ausprobieren“ von autoreduzierten Quartieren für einige Monate oder ein Jahr erhöht ebenfalls die Akzeptanz. Der rechtliche Rahmen auf Bundesebene sollte daher gewährleisten, dass solche Testphasen möglich sind. Die Bürgerinnen und Bürger sollten den neu gewonnenen Platz selbst gemäß ihren Wünschen und Bedürfnissen mitgestalten. Eine wissenschaftliche Begleitung kann die Debatte versachlichen. Ausnahme- und Härtefallregelungen, beispielsweise für mobilitätseingeschränkte Personen, Umzüge, Ladenbelieferungen erhöhen die Akzeptanz. Feuerwehr-, Kranken- und Polizeiwagen haben weiterhin freie Fahrt. Auch Alternativen zum Pkw durch ein gutes Angebot an öffentlichem Verkehr, Fuß- und Radverkehr sind wichtig.“ [37]

Der motorisierte Verkehr nutzt gegenwärtig überwiegend Diesel oder Benzin, also fossile Energiequellen. Zur Erreichung der Klimaneutralität ist dieser ab 2035 nicht mehr zulässig. Eine vollständige Substitution durch alternative Antriebe ist aufgrund des Ressourcenbedarfs bei der Batterie-Produktion und dem bisher nicht oder nur unbefriedigend gelösten Lithium-Recycling nicht nachhaltig. Carsharing reduziert das Problem, vermeidet es aber nicht. Fuß- und Radverkehr in Verbindung mit ÖPNV müssen für den innerstädtischen Verkehr die vorherrschende Verkehrsart werden.

Pendler und ÖPNV

Da Flächen für den Wohnungsbau im kostengünstigen Mietpreissegment aufgrund der Tallage nur noch stark beschränkt zur Verfügung stehen, wird Wohnen im Umland weiterhin attraktiv sein. Der damit zusammenhängende Pendlerverkehr ist zu reduzieren, indem erstens die Umlandgemeinden dabei unterstützt werden Arbeitsplätze und Einrichtungen des täglichen Bedarfs in den Gemeinden zu halten bzw. anzusiedeln und zweitens an einen effizienten öffentlichen Verkehr angeschlossen werden. Da der Ausbau und damit auch die Nutzung des öffentlichen Verkehrs (E- und H₂-Busse, Bahn) kostenintensiv sind, sind – zur Begrenzung der Subventionen aus den öffentlichen Haushalten – geeignete Lenkungsmaßnahmen zur Förderung der Nutzung des öffentlichen Verkehrs notwendig. Mögliche Lenkungsmaßnahmen, wie angemessene Kosten für das PKW-Parken in der Stadt, City-Maut, und Pfortnerampeln, sind jedoch aufgrund geringer Akzeptanz in der Bevölkerung politisch schwer durchsetzbar, aber unvermeidbar, wenn das Ziel „Klimaneutralität bis 2035“ erreicht werden soll. Vom DGB-Kreisverband Jena-SHK (Ulrike Hoffmann) kam die Information, dass sich die Gewerkschaften mit dem Thema "Mobilität und die Rolle des Autos für den Arbeitsweg" befassen und nach Möglichkeiten suchen, "den Arbeitsweg sowohl klimafreundlich als auch lebenszeitfreundlich zu ermöglichen". Dies betrifft "nicht nur die KollegInnen, die in Jena wohnen, sondern auch die Kolleginnen und Kollegen, die aus dem Umland einpendeln. Die Wohnorte dieser Beschäftigten sind dabei oft kleine Ortschaften, die 50 km oder mehr von Jena entfernt liegen. Eine Anbindung an den ÖPNV im Allgemeinen heißt dabei nicht, dass der tägliche Arbeitsweg so bewältigt werden kann."

Akzeptanzproblem beim Zurückdrängen des motorisierten Verkehrs

Obwohl einerseits durch ein Zurückdrängen des motorisierten Verkehrs die Innenstadt (und auch andere Ortsteile) wesentlich attraktiver würde, ist in der Lebensrealität vieler Menschen das Fahren mit dem Auto um ein Vielfaches einfacher und naheliegender als die Nutzung des ÖPNV, der mit dem Weg zur Haltestelle, dem Warten, dem schwierigeren Gepäcktransport verbunden ist. Hier muss also entsprechende Kommunikation stattfinden bzw. für neue Angebote (z.B. Ridepooling) geworben werden. Die Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit e.V. (KLUG) [61] verweist auf gesundheitliche Vorteile und damit Win-Win-Lösungen u.a. in der Mobilität: Körperliche Bewegung wie zu Fuß gehen oder mit dem Rad fahren hat einen positiven Effekt auf die Gesundheit, wobei gleichzeitig keine weiteren Emissionen ausgestoßen werden.

Kostenloser ÖPNV versus Ausbau

Dieses Thema wird kontrovers diskutiert: Zur Finanzierung eines „Ticket-losen ÖPNV“ wird von einer „kommunalen Mobilitätsabgabe“ gesprochen (differenziert nach Einkommen), mit der sowohl der (teils) ticketlose ÖPNV und/oder der Ausbau des ÖPNV-Netzes (zur besseren Bedienung und ÖPNV-Anbindung der Landkreise SHK und Weimarer Land und damit Senkung des MIV-Pendlerverkehrs) finanziert werden sollte. Zur Finanzierung werden auch Einsparungen im Straßenbau und höhere PKW-Parkgebühren vorgeschlagen oder gefordert.

Dem wird entgegnet, dass zur Förderung des ÖPNV weniger die Ticket-Preise als vielmehr der Ausbau des ÖPNV entscheidend sei. Entscheidend für die klimapolitisch notwendigen Reduktion des MIV ist, dass für den MIV Alternativen geschaffen werden. Die Stärkung und der Ausbau des ÖPNV sind hierfür von größter Bedeutung. Dabei steht die bisher mangelhaft durch den ÖPNV erschlossenen Ortsteile der Stadt Jena (Wöllnitz, Jenaprießnitz/Wogau, Krippendorf usw.) wie auch von Gemeinden der Landkreise Weimarer Land und SHK im Fokus. Aufbauend auf dem langfristig geltenden ÖPNV-Konzept 2030+ ([43], Stadtratsbeschluss 20/0576-BV vom 15.10.2020) wird deshalb derzeit der Nahverkehrsplan der Stadt Jena fortgeschrieben. Mit der Bearbeitung wurde das Büro IVAS Dresden beauftragt (Zitat aus Berichtsvorlage 21/0979-BE vom 25.6.2021). Ein wichtiger Schritt ist die gesellschaftsrechtliche Verbindung im Rahmen der regionalen Kooperation der JES GmbH mit der Jenaer Nahverkehr GmbH (Beschlussvorlage 21/1091-BV, am 30.9.2021 im SUA).

Eine flächendeckende und zeitlich hinreichend getaktete ÖPNV-Erschließung wird jedoch nicht finanzierbar sein. Deshalb werden alternative Wege zur klimaneutralen Mobilität erprobt (E-Roller für „die letzte Meile“, Bürgertaxi, ...). Weitere Ideen und Experimente werden nötig sein.

Reduktion des Lieferverkehrs

Lieferverkehr kann durch Logistikzentren (Umschlagplatz) am Stadtrand (z.B. BAB4) reduziert werden. Nicht jeder Anbieter (Hermes, UPS, DHL, ...) muss zum Endkunden fahren. Es könnten auch zentrale Abholorte gefördert werden (finanziell bzw. durch Bereitstellung der Infrastruktur). Offen ist allerdings, wie diese Punkte durch die Stadt geregelt werden dürfen.

b) Der motorisierte Verkehr wird auf alternative Antriebe umgestellt

Das Projekt „Elektromobilität für Jena 2030“ sieht vor, bis 2030 knapp 25% , d.h. 10.000 Fahrzeuge von derzeit 45.000 auf alternative Antriebe umzustellen. Bis 2035 wäre im Rahmen des KAP die Umstellung von weiteren 10.000 Fahrzeugen zu fordern. Laut EU-Programm „Fit for 55“ sollen ohnehin ab 2035 keine Verbrenner mehr zugelassen werden.

Obwohl mit dieser Schrittfolge nach 2030 ein stärkerer Reduktionsdruck als in den 10 Jahren 2021-2030 zuvor geplant wird, ist dies kaum vermeidbar. Denn für die Jahre bis 2030 ist ein schnellerer Ausbau der E-Mobilität kaum möglich aus verschiedenen Gründen. Die Leistungsfähigkeit des städtische Stromnetzes ist begrenzt, besonders in den äußeren Wohngebieten, wo das Laden zum großen Teil stattfinden wird. Der Einsatz stationärer Batterien kann das Problem mildern, ist aber kostenaufwändig. Ferner ist die derzeitige Fokussierung auf Li-Ionen-Batterien problematisch – wegen des bisher ungelösten Recyclings und weil/sofern die Lithium-Förderung (aus Salzseen in Südamerika) zu unakzeptablen ökologischen und sozialen Bedingungen erfolgt. Beide Probleme könnten jedoch lösbar werden (das zweitgenannte Problem z.B. durch die seit 2018 dominierende bergbauliche Gewinnung von Lithium in Australien und evtl. künftig auch in Sachsen).

An Alternativen wird gearbeitet. Wasserstoffmobilität ist für den MIV wegen der hohen Kosten zumindest bis 2030 eher marginal. Wasserstoffbusse werden z.B. im Landkreis Weimarer Land geplant und könnten so auch für den Ausbau des Pendlerverkehrs für Jena relevant werden. Für die Wasserstoffgewinnung sollen/können ab 2023 Ü20-Windenergieanlagen einer Gesamtleistung von 7,6 MW im Windpark Eckolstädt als Pilotprojekt für 9 Wasserstoffbusse in Weimar/Weimarer Land dienen.

Jena verfolgt stattdessen für den innerstädtischen ÖPNV die Elektromobilität, die mit Straßenbahnen gut etabliert ist, mit der Buslinie 15 zwischen Westbahnhof und Rautal im Jahr 2020 eingeführt und mit der Linie 14 (Schlegelsberg - Langetal) ab 2023 geplant wird.

Zum Strombedarf heißt es in [26]

„Die erforderliche Strommenge zur Versorgung dieser 10.000 Elektroautos wird als unkritisch eingeschätzt. Ausgehend von einer durchschnittlichen Jahreslaufleistung von 14.000 Kilometer pro Fahrzeug, wird diese auf ca. 28 Mio. kWh/Jahr geschätzt. Bei einem Gesamtabsatz von 500 Mio. kWh/Jahr im Netzgebiet Jena entspricht das einem Mehrbedarf von ca. 6 Prozent, der unproblematisch bereitgestellt werden kann. So erzeugen beispielsweise vier Windräder mit einer Leistung von 4 MW die erforderliche Strommenge (bilanzielle Betrachtung).“

In Kapitel 4.4 wird dementsprechend ein verkehrsbedingter Mehrbedarf von 56 GWh/a zu berücksichtigen sein.

4.4. Elektrizität

Im künftigen Energiesystem sollen fossile Energieträger wie Kohle, Erdöl und Erdgas keine Rolle mehr spielen. Stattdessen wird Elektrizität (Strom) und sogenannte „grüne“ Gase und Brennstoffe aus erneuerbaren Quellen wie Photovoltaik (PV), Windkraft, Biomasse, und Wasserkraft genutzt.

Für den künftigen Strombedarf gibt es sehr unterschiedliche Schätzungen. Einsparungen in der Größenordnung von 20 bis 50% stehen Mehrbedarfen durch Sektorenkopplung, insbesondere mit den Sektoren Verkehr und Wärme gegenüber.

Nachfolgend werden verschiedene Prognosen für Thüringen bzw. Deutschland und deren anteilige Umrechnung auf Jena genannt.

Das vom Leipziger Institut für Energie 2016-2018 erstellte Gutachten zur Vorbereitung der Thüringer Energie- und Klimaschutzstrategie im Auftrag des Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) [11] hat im ambitioniertesten der 3 im Gutachten dargestellten Szenarien („Proaktiv“) für das Jahr 2040 einen Energieverbrauch von 61 TWh/a prognostiziert, davon 32 TWh/a als Stromverbrauch und die verbleibenden 29 TWh/a für Wärme und Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen wie Solarthermie, Abwärme Umweltwärme: Und es wurde dabei 21% Energieeinsparung einschließlich Energieeffizienzsteigerung kalkuliert. Für die Gewinnung der 32 TWh/a werden 17 TWh/a aus PV und 10 TWh/a aus Windkraft prognostiziert, der Rest aus Biomasse (3,6 TWh/a) und Wasserkraft (1,4 TWh/a). Bei einer Einwohnerzahl von 2.120.237 in Thüringen und 110.731 in **Jena sind das 888 GWh/a aus PV und 522 GWh/a aus Windkraft, in der Summe 1.410 GWh/a.**

Prof. Wesselak von der Hochschule Nordhausen hat für Thüringen im Jahr 2040 einen Endenergiebedarf von 35,4 TWh/a prognostiziert, davon ca. 14 TWh/a aus PV und 10 TWh/a aus Windkraft und 14 TWh/a aus PV [28]. Hinzukommt die Energie (auch thermisch) von 11 TWh/a aus Biomasse. Für **Jena sind das 731 GWh/a aus PV und 522 GWh/a aus Windkraft, in der Summe 1.253 GWh/a.**

Das UBA in den Szenarien *Green Supreme* [4h] und *GreenEe* [4d] als auch das Wuppertal-Institut in der Studie im Auftrag von F4F [5] geben einen Strombedarf von 700 bis 800 TWh an. Bei einer Einwohnerzahl von 83.155.031 in Deutschland und 110.731 in **Jena sind das 932 GWh/a.**

Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, prognostiziert im Szenario Referenz für das Jahr 2050 einen Strombedarf von über 1447 TWh/a mit folgenden Anteilen (S. 25, Abb. 5 in [30a]): 800 TWh/a Windkraft (je ca. 400 TWh „Wind *onshore*“ + 400 TWh „Wind *offshore*“) und 400 TWh/a aus PV. Der Rest von etwa 200-300 TWh käme aus importiertem Wasserstoff. Für **Jena wären das 533 GWh/a aus PV und 1.066 GWh/a aus Windkraft** (je 533 GWh/a aus „Wind *onshore*“ und „Wind *offshore*“), **in der Summe 1.599 GWh/a.**

Jena hatte 2020 laut [8b] einen Stromverbrauch von 561 GWh/a. Das Leitbild Energie und Klimaschutz der Stadt Jena für 2021 bis 2030 erwartet bis 2030 eine Reduktion um 10 %. Wenn man für die folgenden 5 Jahre bis 2035 ein ambitionierteres Ziel der Reduktion um weitere 10%, also insgesamt 20% unterstellt, sind für die bisherigen Stromwendungen im Jahr 2035 ein Bedarf von 449 GWh/a zu kalkulieren. Hinzu kommen die 113 GWh/a, die laut Kapitel 4.2 für die Wärmepumpen zu erwarten sind und die 56 GWh/a, die für die Elektromobilität zu erwarten sind. Damit könnte der Strombedarf **in Jena ab 2035 auf 618 GWh/a** ansteigen, der i. W. durch PV und Windkraft bereitzustellen ist.

Dieser Wert ist um 300 bis 1000 GWh/a geringer als die Schätzungen aufgrund der Studien für Thüringen und Deutschland. Eine wesentliche Ursache für diese Differenz wird sein, dass der außerhalb Jenas anfallende Strombedarf für in Jena konsumierte Produkte (Industriegüter, Lebensmittel, ...) und Leistungen (Flüge, Bahn, ...) im Monitoring für Jena [8] nicht berücksichtigt werden. Es ist mit dem Ziel der Klimaneutralität Jena und der Berücksichtigung externer Bedarfe durchaus sinnvoll, nicht mit 618 GWh/a sondern etwa mit **1.200 GWh/a Strombedarf** zu rechnen.

Beim Strom müssen Erzeugung und Verbrauch zu jeder Zeit ausgeglichen sein. Dafür sind Speicher erforderlich. In [28] werden für Thüringen Speicherbedarfe in Form von Wasserstoff (1.250 GWh/a), Wärmespeicher (500 GWh/h) und Batteriespeicher (0,5 GWh) geschätzt. Umgerechnet für Jena sind das z. B. 65 GWh/a Speicherbedarf in Form von Wasserstoff.

Gegenwärtig produzieren die PV-Anlagen der Stadt 2,6 GWh/a, die Wasserkraftanlagen 9,7 GWh/a und die Windkraftanlagen, an denen die Stadtwerke Energie beteiligt sind (anteilig) 54 GWh/a [29]. Das sind insgesamt 66 GWh/a. **Der Ausbau der erneuerbaren Energien muss also in den Jahren bis 2035 verzehnfacht werden.** Die Beiträge der Wasserkraft und Bioenergie sind aus ökologischen Gründen nicht mehr ausbaubar. Es ist im Interesse der Minimierung der Stromkosten wichtig, dass Windkraft und Photovoltaik etwa gleichgroße Beiträge leisten, also etwa **500 (möglichst mehr) GWh/a aus Windkraft und 700 GWh/a aus PV.**

Entscheidend für den Ausbau Erneuerbarer Energien ist die Verfügbarkeit von geeigneten benötigten Flächen als rares Gut. Die Flächeneffizienz ist deshalb ein wichtiger Parameter. Sie ist am geringsten bei Bioenergie und höchsten bei Wind- und Sonnenenergie. Für Wind- und Sonnenenergie sollten 1-2% bzw. 1 % der Landesfläche genutzt werden.

Folgende Maßnahmen haben für Jena Vorrang:

- Auch im Bereich der Stromversorgung muss vorrangig auf Einsparung orientiert werden. Beispielsweise ist dies bei der Nachtbeleuchtung von Einrichtungen des Einzelhandels möglich.
- Ausschöpfen des Potenzials von PV-Auf-Dach-Anlagen (deshalb „Solarvorrang“ oder „Solarpflicht“ als Antrag des Klimaschutzbeirats an den Stadtrat).
- Vertragliche Gestaltung zum Ausbau von PV-Freiflächen und Windkraft mit Umland (LK Weimarer Land, Saale-Holzland) einschließlich geeigneter Anreize und Vergünstigungen für Umlandgemeinden (finanziell, verkehrliche Anbindung; materielle, kulturelle, medizinische Versorgung). Diese Maßnahmen haben erfahrungsgemäß große Widerstände in der Bevölkerung; erhebliche Anstrengungen sind nötig, um eine hinreichende Akzeptanz zu erreichen. In der Antwort der Stadtverwaltung vom 6.1.2022 auf die Große Anfrage der CDU zu Stadt-Umland-Kooperationen [58] wurden unter dem dortigen Punkt 5 (Umwelt, Versorgung, Entsorgung) einige Aussagen getroffen, die – aufgrund ihrer Bedeutung – im separaten Absatz 4.2.15 „Stadt-Umland-Kooperationen für erneuerbare Energien“ zitiert werden.
- Aus- und Umbau des Verteilnetzes für Strom, um die dezentralen EE-Anlagen sowie die neuen Stromanwendungen (E-Mobilität, Wärmepumpen) ein- bzw. anbinden zu können.
- Ausbau der Speicherkapazitäten (v. a. Batterien, auch durch Anreiz und Förderung intelligenter Nutzung der Batterien in batterieelektrischen Fahrzeugen; Anlagen zur Rückverstromung von Wasserstoff (H₂) oder synthetischem Gas; Beteiligung am Ausbau von Pumpwasserspeicherkapazität (PSW) in Thüringen, z.B. Schmalwasser-PSW)
- Erhöhung der nachfrageseitigen Flexibilitäten
- Digitalisierung zur Optimierung der Nutzung fluktuierender erneuerbarer Energien sowie zur Stärkung des europäischen Stromaustauschs
- Nutzung der Potenziale der Sektorenkopplung, u. a. auf Grundlage einer integrierten Analyse der Ausbauerfordernisse des Strom- und Gasnetzes

Windkraft

Für den Ausbau der Windkraft hat das Thüringer Klimagesetz eine Verdreifachung der dafür nutzbaren Fläche auf 1% der Landesfläche festgelegt, also 162 km². Es ist dieses Ziel spätestens bis 2035 zu erreichen. Man rechnet im Binnenland mit einer installierbaren Windkraftleistung von 30 MW/ km² (300 kW/ha) und einem Energieertrag von 1.500–2.000 kWh bzw. pro m² Gesamtfläche pro Jahr. Auf 162 km² wären also mehr als 4.860 MW (=162 km² * 30 MW/ km²) und bei ca. 2000 Volllaststunden pro Jahr ergibt das einen Energieertrag von rund 10 TWh/a.

Gegenwärtig gewinnt man mit einer 3 MW-Windkraftanlage (WKA) 4 bis 7 GWh/a. Nötig wären damit für die o.g. 500 GWh/a also mindestens 70 derartige Windräder. Für die Zukunft werden noch leistungsfähigere WKA erwartet. „Für den Bereich Windenergie onshore werden Schwachwind-WEA angenommen, welche eine Leistung von 6 MW bei einer Nabenhöhe 149 m und einem Rotordurchmesser

120 m aufweisen. Ab 2025 werden diese Anlagen zu 50 % und ab 2030 flächendeckend gebaut.“ [4h, S. 76] Damit könnten 50 bis 80 WKA dieses Typs genügen, um den Strombedarf von Jena zu decken.

Gegenwärtig gibt es in Thüringen 837 WKA. Proportional für Jena mit 110.731 Einwohnern zu 2.120.237 Einwohnern kommen auf Jena anteilig 44 WKA. Der erforderliche Windkraftausbau wird also eine größere, aber weniger als verdoppelten Anzahl von WEA verlangen, aber vor allem ein „Repowering“, d.h. Verdreifachung von derzeit (2021) 1,6 GW auf 4,85 GW [28]. Dies Repowering ist mit größeren Nabenhöhen und damit ebenfalls geringer Akzeptanz in der Bevölkerung verbunden.

Der von Jena aus sichtbare Windpark bei Bucha/Coppanz hat 14 WKA mit einer installierten Gesamtleistung von 33,6 GW. Der Windpark Eckolstädt (bei Bad Sulza), an dem auch einige Mitglieder der Bürger Energie Jena eG beteiligt sind hat 42 WKA mit einer Gesamtleistung von 86 MW. Beide Windparks zusammen haben damit 56 WKA, also eine Anzahl, die zwischen den beiden o.g. Anzahlen von 50 bis 80 liegt.

Diese Kalkulationen zeigen, dass nicht vor allem die Anzahl der WKA steigen muss, sondern die Leistungsfähigkeit und damit die Nabenhöhe und die Rotordurchmesser. Damit ist verbunden, dass die Abstände zwischen den WKA wachsen müssen. (Außerdem laufen die Windräder ruhiger und werden dadurch als weniger störend wahrgenommen.) Man rechnet mit 0,3 MW/ha, wobei die Fläche unter den WKA weiter größtenteils landwirtschaftlich genutzt werden kann.

Entscheidendes Hemmnis ist jedoch die bisher mangelnde Akzeptanz in den anliegenden Gemeinden, wobei die Veränderung des Landschaftsbildes aufgrund der zunehmenden Nabenhöhe und des Rotordurchmessers (als Voraussetzung für die höhere Leistung) als Hauptkritik genannt wird. Bisher waren die Stadtverwaltung Jena und der Stadtrat Jena nicht bereit, mit den Umlandgemeinden über das Anliegen des Windkraftausbaus Gespräche und Verhandlungen zu führen. Ein entsprechender Beschlussantrag in Bezug auf die Gemeinde Großschwabhausen eingebracht von der Fraktion Bündnis90/Grüne ist am 14.7.2021 vom Stadtrat leider abgelehnt worden.

Das muss dringend und schnell geändert werden. Gegenwärtig haben lediglich Vertreter der Bürger-Energie Jena eG gemeinsam mit den Energiegenossenschaften der benachbarten Landkreise Weimarer Land und SHK derartige Gespräche geführt, konkret für den Bau eines Bürgerwindparks mit maximal 8 WKA in den Gemarkungen Großschwabhausen/Kleinschwabhausen/Hohlstedt/Hammerstedt (7 WKA) und Isserstedt/Jena (1 WKA). Das Projekt ist hier beschrieben: www.modell-zukunft.de

7 WEA vom Typ E160 der Firma Enercon mit einer Leistung von 4,6 MW können – je nach zu bestimmender Windhöufigkeit - einen Energieertrag von je 12 bis 20 GWh/a, also insgesamt 84 bis 140 GWh/a bringen. Allein damit wäre voraussichtlich die Zielstellung 5.2 der Nachhaltigkeitsstrategie [10] erreichbar. Es mangelt bisher an der Umsetzung der bereits beschlossenen Unterstützung seitens der Kommunalpolitik (Stadtrat und Stadtverwaltung). Mit der Maßnahme E3.2.11 der Nachhaltigkeitsstrategie [10] hat sich die Kommunalpolitik zu derartiger Unterstützung verpflichtet: *„Die Stadt Jena unterstützt regionale Bürgerenergiegenossenschaften bei der Planung eines Bürgerwindparks. Hierfür werden mögliche Kooperationen mit den umliegenden Landkreisen geprüft.“*

Kleinwindkraftanlagen (Vertikalrotoren) sollten auf Neubauten vorgesehen werden, jedoch nicht zwingend, da deren Wirtschaftlichkeit i.d.R. gering ist. In Verbindung mit Mieterstrom und dem erhöhten Eigenverbrauch kann ggf. die Wirtschaftlichkeit erreicht werden.

Photovoltaik

Für Photovoltaik wird mit 1 MW/ha gerechnet.

In Thüringen sind laut ThEGA 1,934 GWp Photovoltaik Installiert (Stand 30.6.2021). Bis 2040 sind laut [28] eine 8fache Leistung von 15,2 GW erforderlich. Proportional für Jena mit 110.731 Einwohnern zu 2.120.237 Einwohnern kommen auf Jena anteilig 794 MWp.

Laut Thüringer Solarrechner (<https://www.solarrechner-thueringen.de/>) sind in **Jena derzeit (Stand 04/2021) mit der Ausschöpfung von nur 4% des PV-Potenzials in Thüringen absolutes Schlusslicht unter den 24 kreisfreien Städten und Landkreisen**. Selbst Städte wie Gera und Suhl liegen mit 6% darüber. Der Thüringer Mittelwert liegt bei 11%. Das Altenburger Land ist mit 20% Potenzialnutzung, 1705 PV-Anlagen und einer Gesamtleistung von 151 MW Spitzenreiter in Thüringen.

In Jena sind 735 PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 12 MWp installiert. Es besteht ein (theoretisches) Potenzial für PV-Auf-Dach-Anlagen von 341 MWp. Aus verschiedenen Gründen (Statik Denkmalschutz, Wirtschaftlichkeit) sind von diesem Potenzial lediglich 10 bis 20 % als Aufdach-Anlagen realisierbar, einschließlich der künftigen Nutzung von Anlagen des Ruhenden Verkehrs (PKW-Parkplätze). **Die Nutzung dieser städtischen bereits versiegelten Flächen für PV muss unbedingt mit dem KAP gefordert werden.**

Flächen, auch kleinere müssen für Photovoltaik erschlossen werden:

- Flächen mit Altlasten, die nicht überbaut werden (dürfen)
- Randflächen, z. B. Flugplatz Schöngleina
- Parkplatzanlagen; überdachte Fahrradabstellanlagen und Haltestellen

Die SWEJP und Jenawohnen sollten ein eigenes Projektteam von Solateuren für die Planung, Realisierung, und Betreuung von PV-Aufdachanlagen etablieren (ist derzeit nur per Outsourcing realisiert).

Etwa 80 %, also 273 MWp sind als Freiflächen-PV zu realisieren. Je 10% können evtl. auf Konversionsflächen (Altdeponien, alte Militärgelände usw.) und an Bahn- und Autobahnrändern errichtet werden. Die verbleibenden 60 % für PV, also 476 MWp sind auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zu realisieren. Da man mit 1 MW/ha rechnet, erfordert dieser PV-Ausbau Flächen von insgesamt 476 ha oder 48 km², d.h. etwa 7 km * 7 km. Das sind etwa 40% der Fläche der Stadt Jena oder 6% der Fläche des SHK.

Da Fläche für den Ausbau der Windkraft und der PV-Freiflächen in der Gemarkung Jena nicht zur Verfügung stehen, wird dieser notwendige Ausbau der Windkraft und PV nur gelingen gemeinsam mit den Gemeinden des Umlands. Im KAP muss dringend gefordert werden, diesbezüglich und rasch mit den Gemeinden des SHK und Weimarer Lands Gespräche zu führen und Vereinbarungen zu schließen. Die Stadt wird diesen Gemeinden in geeigneter Weise entgegenkommen müssen, z. B. mit Mobilitätsangeboten und Arbeitsplätzen im Umland.

4.5. Industrie, Ernährung, sonstiger Konsum, öffentliche Emissionen

Wie im Kapitel 3.5 dargestellt, folgen nach den Sektoren Wärme und Verkehr, die beide stark in der Verantwortung der Kommunalpolitik und damit des Stadtrates Jena liegen, als am stärksten klimarelevante Bereiche die Ernährung und der „sonstige Konsum“, die mit dem Sektor „Industrie“ in engem Zusammenhang stehen. Diese Handlungsfelder sind jedoch für die Kommunalpolitik aufgrund bundesrechtlicher Rahmenbedingungen und des engen Zusammenhangs mit der individuellen Lebensweise nur in geringem Maße oder nur mittelbar von der Kommunalpolitik zu beeinflussen. Die Einsparung von Energie und anderen Ressourcen (Suffizienz), also eine Lebens- und Wirtschaftsweise, die zwar nicht auf Verzicht von Wohlstand, aber auf Verzicht von Verschwendung, von unnötigem Konsum, Gier und Luxus basiert, ist entscheidend für das Gelingen der Klimaneutralität. Die Stadt kann und soll Vereine und Initiativen, wie das *Repariercafe*, den *Soliladen* (Saalbahnhofstraße 21), *foodsharing* Jena, die die Verschwendung von Ressourcen und Konsumgütern entgegenwirken, weiterhin und verstärkt unterstützen.

Der Weltklimarat IPCC betont jedoch, dass die größten Einsparungen infrastrukturell und nicht individuell erfolgen müssen. Dies bedeutet, dass auch bei kommunalpolitischen Entscheidungen Fehlinvestitionen vermieden werden. Die Klimaneutralität (bis 2045 oder gar bis 2035) verlangt, dass Investitionen in langlebige Güter mit einer Abschreibungszeit von mehr als 14 oder 24 Jahren ab sofort nicht mehr getätigt werden.

Dies bedeutet beispielsweise eine kritische Überprüfung von Straßenbaumaßnahmen. Dies bedeutet, dass z.B. ab 2025 keine Fahrzeuge für Benzin und Diesel sowie Heizungen, die fossile Quellen (auch Erdgas) verwenden, nicht mehr von der Stadt und ihren Betrieben beschafft werden dürfen und dass auch den Jenaer Bürger:innen von den politisch Verantwortlichen klar kommuniziert wird, dass ab 2035 und spätestens ab 2045 derartige Techniken nicht mehr zulässig sein werden.

Individuelle Einsparungen werden kaum stattfinden, wenn die Rahmenbedingungen nicht stimmen. Politik muss Rahmenbedingungen schaffen, z.B. im Wärmebereich die Absenkung der Vorlauftemperatur, so dass verstärkt Radiator-Heizkörper durch Flächenheizungen (z.B. Fußbodenheizung) ersetzt werden. Der Lieferverkehr kann und muss durch Umladestationen am Stadtrand effizienter werden.

Es gibt viele Studien, die die Handlungsbedarfe auch in diesem Sektor in verschiedenen ambitionierten Szenarien aufzeigen.

Auf die Studien der *dena* (Deutsche Energieagentur, *dena*-Leitstudie „Integrierte Energiewende“, 2018) und vom BDI (Bundesverband der deutschen Industrie, Klimapfade für Deutschland“, 2018) gehen wir nicht näher ein, da sie eher technologisch orientiert sind: Die *dena* kalkuliert mit Importen von („grünen“) Gasen oder synthetischen Kraftstoffen, die z.B. in Nordafrika (Marokko) aus Wind- und Sonnenenergie gewonnen werden und per Schiff zu den LNG-Terminals in Brunsbüttel oder Stade transportiert werden. Jedoch auch die von F4F initiierte Studie [4] des Wuppertal-Instituts hält Importe von im Ausland mit erneuerbaren Energien produzierten klimaneutralen Energieträgern (Wasserstoff, Synfuels) in geringem Maße für notwendig, betont sie aber nicht in dem Maße wie die *dena*-Studie und fordert dazu „internationale Partnerschaften auf Augenhöhe mit Exportländern“.

Ferner gibt es die Studie des Fraunhofer-Instituts ISE [30]. Diese ist besonders deshalb interessant, weil sie – ähnlich wie die RESCUE-Studien des UBA [4] - verschiedene Verhaltensweisen und Akzeptanzniveaus, wie „Suffizienz“ und „Beharrung“ in verschiedenen Szenarien abbildet. Auch danach gilt: Eine „CO₂-Neutralität bis 2035“ ist technisch und wirtschaftlich machbar. Fraglich ist, ob die Mehrheit der Bevölkerung die erheblichen notwendigen Veränderungen akzeptiert oder die notwendigen Techniken wie Windkraftanlagen („Beharrung“) oder die notwendige Einsparung und Veränderung des eigenen Lebensstiles in der Mobilität oder des hohen Fleischkonsums („Suffizienz“) ablehnt.

Weiterhin ist auf die gemeinsame Studie von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, Ökoinstitut, Wuppertalinstitut, Prognos und Stiftung Klimaneutralität zu verweisen [31]. Diese Studie „Klimaneutrales Deutschland“ zeigt auf, wie Deutschland in drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von -65 % im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals gelangen kann.

Etwa ebenso ambitioniert wie der Klimaplan von *GermanZero* [1] und die Studie des Wuppertal Instituts im Auftrag von F4F [5] ist das Szenario *GreenSupreme* [4h] der **Studie RESCUE [4] des Umweltbundesamtes**. Das Umweltbundesamt (UBA) hat 2019/2020 in der Studie „RESCUE“ sechs verschiedene Szenarien zur Beschreibung der Lösungs- und Handlungsspielräume für den Weg in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität in Deutschland betrachtet [4a-4i].

- „GreenEe 1“ und „GreenEe2“ [4d] mit Fokus auf Energieeffizienz bei Erzeugung und Nutzung; bei GreenEe1 sind Produktionsmengen vorgegeben, Produkte, die aufgrund einer rückläufigen Nachfrage in Deutschland nicht mehr nachgefragt werden, werden exportiert. In GreenEe2 werden die Produktionsmengen entlang der Dynamik der inländischen Nachfrage ermittelt.
- „GreenMe“ [4e] mit Fokus auf Materialeffizienz
- „GreenLate“ [4f] (verzögertes Handeln oder verzögerte Innovationen. Z.B. Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und -verlagerung werden vorrangig in den letzten Jahren vor 2050 ergriffen.)

- „GreenLife“ [4g] mit Änderungen des Lebensstils und Verhaltens, z.B. Nachfrage nach langlebigen und reparierbaren Produkten; modulare Bauweise, die eine relativ flexible Nutzung der Wohnfläche ermöglicht; Anteil der Mehrfamilienhäuser am Gebäudebestand steigt; Flächeninanspruchnahme wird bereits bis 2030 auf 10 ha/Tag reduziert und bewegt sich bis 2050 in Richtung Netto-Null. Rohstoffeffizientes Bauen ist bei neuen Gebäuden ebenso verbreitet wie ein steigender Anteil von Wohnhäusern in Holzbauweisen. Nur mit einer langfristigen Beschränkung auf circa 40 m² Wohnfläche pro Person ist ein Leben innerhalb der planetaren Grenzen möglich.
- internationale Urlaubsflüge verlieren an Bedeutung. Urbanisierung zeigt sich in der Mobilität. Insbesondere im städtischen Raum verliert der motorisierte Individualverkehr rasch an Bedeutung. Fuß- und Radverkehr nehmen ebenso deutlich zu, wie die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs, ergänzt um Car- und Ridesharing. Dies führt dazu, dass bis 2050 im urbanen Raum der Besitz des eigenen Pkw eine Seltenheit geworden ist. Lebensmittelabfälle werden möglichst vermieden und eher regionale und saisonale Lebensmittel verarbeitet. Weniger tierische Produkte werden verzehrt.
- „GreenSupreme“ [4h]: Transformationspfad in Verbindung mit den wirksamsten Annahmen aus allen anderen, vorgenannten Szenarien, um die aufsummierten Treibhausgasemissionen und Rohstoffinanspruchnahme zu verringern. Im Gegensatz zu anderen Green-Szenarien, die von einem durchschnittlichen jährlichen BIP-Wachstum von rund 0,7 Prozent ausgehen, wird in GreenSupreme ab 2030 ein jährliches BIP-Wachstum von Null angenommen. Kombination von Energieeffizienz, Materialeffizienz und nachhaltigen Lebensstiländerungen werden unterstellt wie in den anderen Szenarien, jedoch mit einem schnelleren und noch ambitionierteren Umbau des Energiesystems verbunden mit einer Befreiung vom Wirtschaftswachstum; dies ermöglicht in GreenSupreme eine Senkung der Primärrohstoffinanspruchnahme bis 2050 um 70 Prozent gegenüber 2010. Um sowohl einen angemessenen Beitrag Deutschlands zur Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 1,5 °C als auch einer global gerechten Rohstoffnutzung nahe zu kommen, sind große nationale Anstrengungen entsprechend dem GreenSupreme-Szenario nötig.

Paris-konform ist von den durch UBA entwickelten RESCUE-Szenarien [4] nur das Szenario *GreenSupreme* [4h], welches die Forderungen der anderen 4 Szenarien in sich vereinigt (bis auf das zögerliche Szenario *GreenLate* [4f]). Damit findet volkswirtschaftlich gesehen nach 2030 kein (quantitatives) Wirtschaftswachstum mehr statt.

In [4g] wird auf S. 133 zusammenfassend folgendes für die **Lebensstiländerung** in Zusammenhang mit den oben bereits für die Sektoren Gebäudewärme, Verkehr Energiewirtschaft gefordert:

- Geringerer Gebäudewärmebedarf aufgrund geringerer Wohnfläche und höherem Anteil von Mehrfamilienhäusern. Höherer Anteil von Fernwärme und damit geringerer Anteil von Wärmepumpen. (Vorschlag für den KAP Jena: Im Bereich der Gebäudeheizung sollte es eine Richtlinie geben, die sich auf die Größe (Kubikmeter) der zu wärmenden Räume bezieht.)
- Deutlich geringeres Verkehrsaufkommen durch eine deutliche Stärkung der aktiven Mobilität (Rad- und Fußverkehr), eine zunehmende gemeinschaftliche Nutzung von Pkw (Ridesharing) im urbanen Raum und eine deutliche Reduktion von Flugreisen.
- Durch die Verhaltensänderungen ergeben sich Änderungen der Produktionsmengen und damit auch der Endenergiebedarfe. Indirekt ist die Stromerzeugung durch die geringe Nachfrage aus allen Sektoren betroffen.
- Die größten Änderungen zeigen sich im Importbedarf von Power-to-Gas/Liquid (PtG/L)-Brenn- und Kraftstoffen, der aufgrund der hohen Verbrauchsreduktion insbesondere in Industrie und Verkehr, und hier insbesondere im Bereich der nicht-elektrifizierbaren Anwendungen, deutlich verringert werden kann.

In [4h] wird auf S. 28 festgestellt:

„Die wesentlichen, „großen“ Stellschrauben für den Rückgang der THG-Emissionen sind:

- Die Transformation des Energiesystems und dabei insbesondere die Umstellung auf erneuerbare Energien über alle Sektoren hinweg, einschließlich einer intelligenten Kopplung der Sektoren
- Die Reduktion des Energiebedarfs und die Reduktion der Nachfrage nach einer Vielzahl von Gütern und Dienstleistungen
- Die Umstellung emissionsintensiver Industrieprozesse auf emissionsärmere bzw. emissionsfreie Verfahren, oftmals einhergehend mit der stärkeren Nutzung von Sekundärrohstoffen
- Die Reduktion der Produktionsmengen, insbesondere von emissionsintensiven Halbwaren und Produkten in Folge des Rückgangs der inländischen Nachfrage, der Substitution durch emissionsfreie Produkte und der ressourceneffizienteren Nutzung der Halbwaren und Produkte
- Die Umstellung der Ernährungsweise, einschließlich der Reduktion tierischer Anteile in der Ernährung und der Vermeidung von Abfällen

Klimaneutrales Bauen und Stadtplanung

Der Bausektor *„ist global für knapp 40 % der gesamten Emissionen verantwortlich, wenn man die Emissionen durch Konstruktion, Nutzung und Abriss von Bauobjekten zusammenrechnet. Darüber hinaus verursacht der Bausektor rund 50 Prozent des gesamten Abfallaufkommens. Ein Wirrwarr von Regulierungen auf Landesebene behindert derzeit die Verwendung von biobasierten Baumaterialien. Dagegen sind Stahl und Zement von CO₂-Zertifikaten freigestellt und werden somit indirekt gefördert – das stellt das Nachhaltigkeitsprinzip auf den Kopf.“*[41] Es sind der Einsatz regenerativer, kreislaufgerechter und biobasierter Baustoffe und bauliche Kohlenstoffspeicherung zu fördern. *„Bei Wohngebäuden hat ...eine Umstellung von der klassischen Bauweise mit Steinen, Beton und Stahl auf Bauen mit Holz besonders viel Potenzial. Gründe: Einerseits ist die Produktion von Zement und Stahl sehr CO₂-intensiv – sie würde zurückgehen. Andererseits wird in Holzbauten für lange Zeit CO₂ gespeichert, das von den Bäumen beim Wachstum per Fotosynthese aus der Atmosphäre aufgenommen wurde.“*[42]

Der Einsatz von klimaneutralen Baustoffen wird in [4d] und [4g] ausführlich behandelt, die Nutzung von Recyclingbaustoffen im Hochbau in [4e].

Weiterhin sollten Gebäude der Stadt zu großen Teilen begrünt werden, um so CO₂ aus der Luft zu speichern. Begrünungen haben den Vorteil, dass sie aktiv das Klima innerhalb der Stadt durch eine Absenkung der Temperaturen beeinflussen, womit es angenehmer und in heißen Zeiten erträglicher wird.

Die Stadt Jena würde von einer Gebäudebegrünung profitieren. Öffentliche Dächer mit Wiesen speichern CO₂, kühlen die Luft im Sommer ab und leisten einen Beitrag zum Schutz von Insekten. Dies alles wirkt sich weiterhin positiv in Bezug auf die Lebensqualität für die Bewohner:innen aus.

Es gibt eine Synergie von Klimaschutz und Klimaanpassung (auch wenn letztere nicht der Schwerpunkt des KAP ist): Grünflächen sind auch für das Stadtklima (z.B. beim Ausgleich von Hitzeextremen) und damit die Gesundheit von großer Bedeutung. Es gibt Studien, die den Zusammenhang von Straßenbäumen und einer geringeren Einnahme von Antidepressiva zeigen [55].

Bei der Stadtplanung sollen Forderungen der Architects for Future beachtet werden (<https://www.architects4future.de/statement>):

- Es muss stets geprüft werden, ob die Sanierung eines Bestandsgebäudes dem Neubau (auch Passivhaus) wegen des Bedarfs an „grauer Energie“ beim Neubau, vorzuziehen ist (Betrachtung der Energiebilanz des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes).
- Im Falle eines Abrisses ist auf ein möglichst umfassendes Recycling zu achten.
- Möglichst geringer Flächenverbrauch durch Bautätigkeit.

Das UBA empfiehlt in [53] als „Steckbrief Städtebauliche Planung“: „Ausweisung von Bauland prinzipiell kritisch hinterfragen (Innen- vor Außenentwicklung), Festlegung von THG-Neutralitätsforderungen für alle Neubauten auf der Gemarkung...“

Die Bautätigkeit in der Stadt sollte generell unter Klimavorbehalt gestellt werden. In diesem Zusammenhang kann einer weiteren Vergrößerung der Wohnfläche pro Person entgegengewirkt werden, indem Angebote für einen Wohnungstausch unterbreitet werden, der insbesondere älteren Mieter:innen den Umzug in eine kleinere Wohnung ermöglicht. Denkbar sind dabei auch Mietzuschüsse für diejenigen, deren Mietfläche geringer als der Wohnflächendurchschnitt (aktuell oder durchschnittliche Wohnfläche von 1990) ist.

4.5.1. Ernährung

Die Ernährung der Bevölkerung trägt nicht unerheblich zum CO₂-Ausstoß bei. Laut UBA- CO₂-Rechner sind 15% der CO₂-Emissionen in Deutschland durch die Ernährung bedingt. Siehe auch: www.nahhaft.de. Die Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit e.V. (KLUG) [60] verweist auf gesundheitliche Vorteile und damit Win-Win-Lösungen bei der Ernährung: Eine pflanzenbasierte Ernährung mit max. 1-2 Portionen Fleisch pro Woche verursacht einen geringeren Ökologischen Fußabdruck als die deutsche Durchschnittsernährung und wirkt auf viele chronische Erkrankungen, wie Übergewicht, Herzinfarkt, Diabetes, etc. gesundheitsförderlich. Die DGE-Qualitätsstandards für die Betriebsverpflegung empfehlen maximal 2x Fleisch pro Woche und geben weitere Hinweise für eine gesundheitsfördernde und nachhaltige Betriebsverpflegung von der Planung über Einkauf, Verzehr und Entsorgung bis hin zur Reinigung [55].

Es sollte geprüft werden, welche Flächen in Jena kaum bis gar nicht genutzt werden und ob man diese Flächen entsiegeln und renaturieren kann. Diese Flächen könnten als gemeinschaftliche Gärten genutzt werden, welche Bürger:innen dazu animieren eigenes Gemüse anzubauen und sich so zu beteiligen. Möglich wären auch vertikale Gärten an Gebäuden, um damit kreativ die Stadt als urbane Landwirtschaft zu gestalten. Damit möglichst viele Menschen daran teilhaben können, sollten die Ausgaben primär aus freiwilligen Spenden erfolgen. Ebenso möglich wäre Agroforst auf städtischen landwirtschaftlichen Flächen.

Solidarische Landwirtschaftsnutzung sollte gefördert werden sowie Informationsmaterial für Bürger:innen zur Verfügung stehen, um zu wissen, welche lokalen/regionalen Ökolandwirte es gibt. Dabei muss beachtet werden, dass es sich nicht jeder leisten kann, biologisch einkaufen zu gehen, auch wenn er oder sie wollte. Hier könnte man über eine Förderung nachdenken, bspw. im Sinne eines Gutscheins für neue Einwohner:innen oder Information/Bewerbung von günstigeren Bio-Monatskisten, mit denen man Geld spart.

Jedoch ist es der Stadt nicht möglich, direkt auf den Nahrungsmittelkonsum der Bevölkerung einzuwirken.

Indirekt sind denkbar:

- Informationsangebote und Werbung
- Städtische Flächen, Läden usw. werden nur noch an ökologisch wirtschaftende Betriebe verpachtet/vermietet
- Den wöchentlichen Markt nur für ökologisch wirtschaftende Betriebe zulassen
- In allen Kantinen und Cafeterias städtischer Betriebe nur ökologische und (wo möglich) regionale und saisonale Nahrungsmittel verwenden
- Einflussnahme auf die Universität/Fachhochschule und die Kliniken (dies ebenso zu handhaben)
- Schulessen an allen städtischen Schulen und Kitas

Schulessen:

Das Schulessen sollte regional, saisonal und ökologisch sein. Z.B. Buffet:Ok. Das Schulessen soll der von der EAT-Lancet-Kommission entwickelten „planetarischen Ernährung“ entsprechen. Diese „planetarische Ernährung“ ist ein von Wissenschaftlern entwickelter Speiseplan, der die Gesundheit des Menschen und der Erde gleichermaßen schützen soll.[47]

Da es vermutlich etwas Neues wäre, das gesamte Schulessen einer Stadt auf die „planetarische Ernährung“ umzustellen, wäre eine wissenschaftliche Begleitung wünschenswert, um den von der EAT-Lancet-Kommission entwickelten Speiseplan an die Bedürfnisse von Schulkindern in Jena anzupassen.

Es muss darauf hingewirkt werden, dass möglichst wenig Lebensmittel weggeworfen und verschwendet werden. Unter Umständen könnte auch das Kochen vor Ort möglich sein und sollte zusätzlich gefördert werden (Finanzierung von Küchen usw.). In den Schulen und Kitas hat das Kochen vor Ort auch eine soziale Komponente. Die Köchin oder der Koch wirkt als „guter Geist“. Es wird auch nicht mehr so viel verschwendet, wenn vor Ort gekocht wird, da die Köchin oder der Koch die Bedürfnisse und Vorlieben der Kinder besser kennt und einschätzen kann. Auch können Reste leichter verwertet werden.

Weitere Vorteile von ökologisch und regionalem Schulessen wäre, dass die Landwirtschaft in Jena und Umgebung angeregt werden würde, ökologisch zu wirtschaften. Man könnte vielleicht noch zusätzliche Anreize schaffen: Marktstand, Werbung, andere Erleichterungen für ökologisch wirtschaftende landwirtschaftliche Betriebe. Gleichzeitig könnten die „Solidarische Landwirtschaft“ (*SoLaWi*) und ähnliche Projekte dadurch gezielt unterstützt werden. Lokale Betriebe würden gefördert werden.

Auch der pädagogische Nutzen wäre groß: So lernen die Kinder saisonales, lokales und gesundes Essen kennen. Zur Verstärkung dieses Effektes sollte diese für den Menschen und den Planeten gesunde Ernährung auch im Unterricht behandelt werden. Kinder sollten die landwirtschaftlichen Betriebe, wo ihr Essen herkommt, auch kennenlernen und mithelfen, um wieder ein Gefühl für den Wert der Nahrungsmittel zu bekommen.

Insgesamt hätte diese Maßnahme einen positiven Einfluss auf das Essverhalten der Kinder und ihrer Eltern, würde also Essstörungen entgegenwirken und die Gesundheit insgesamt fördern.

Ökologisch produzierte Nahrungsmittel sind kostenintensiver als konventionelle Produkte. Die Differenz sollte die Stadt zumindest zum Teil ausgleichen.

Bisher wird bei dem Angebot in Kantinen und Cafeterias nur von regionaler, saisonaler und ökologischer Nahrung gesprochen. Wichtig wäre, dass da auch aufgenommen wird, dass das Angebot an tierischen Produkten reduziert wird, da die den größten Treibhausgasanteil an Nahrungsmitteln haben.

Auch beim Schulessen sollten in den Ausschreibungen durch die Stadt berücksichtigt werden, dass der Anteil an tierischen Produkten gering ist.

4.5.2. Konsumreduktion

Da der durchschnittliche Konsum 12% des CO₂ Ausstoßes in Deutschland ausmacht, sollten Anreize zum Nicht-konsum bzw. zum nachhaltigeren Konsum geschaffen werden. (<https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/strukturdaten-privater-haushalte/einkommen-konsum-emissionen-privater#textpart-3>)

Es sollte weniger Werbung für Konsumgüter im Stadtbild geben. Vorbild könnte eine von Großwerbeflächen freie Stadt wie in Genf geplant sein.

Alternative Initiativen wie foodsharing und Repariercafes müssen gefördert werden. Des Weiteren sollten Räume geschaffen werden, in denen man sich aufhalten kann, ohne in der Konsumpflicht zu stehen. Man könnte Umsonsträume etablieren, in denen Bürger*innen Dinge miteinander tauschen

und verschenken können (wie es im „Umsonst(t)raum“ am Rähmen schon gemacht wird). Diese Räume müssten gepflegt und in Schuss gehalten werden.

Man könnte auch eine „Leihbibliothek“ etablieren, in der Dinge ausgeliehen werden können, welche man nicht jeden Tag braucht (Hammer, Nähmaschine, Rasenmäher etc.), vielleicht auch in Verbindung mit dem Repariercafé. Dies spart Geld und Ressourcen. Weiterhin sollte in den oben genannten Bildungsangeboten ein minimalistischer Konsum gefördert werden. Online-Tausch-Plattformen könnten auch unterstützt und beworben werden.

4.6. CO₂-Senken

Die Wiedervernässung von Mooren, die Erweiterung von Wäldern, die Holznutzung für langlebige Produkte und die Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland kann zu Bindung von CO₂ führen.

Jena mit einer Gesamtfläche von 114,8 km² verfügt über 46,0 km² Landwirtschaftsfläche, 36,9 km² Wald, 16,1 km² Gebäude- und Freiflächen, 8,6 km² Verkehrsfläche, 2,1 km² Erholungsfläche, 1,2 km² Wasserfläche, 0,1 km² Betriebsfläche.[40] 73% sind also Wald und Landwirtschaftsfläche. Ähnliche Zahlen liefert der Flächennutzungsplan (2005). 36 % des Jenaer Stadtgebietes sind Wald. 30 % werden landwirtschaftlich genutzt. 13 % sind Grünflächen. Nur die verbleibenden 21% sind versiegelte Flächen für Wohnen, Arbeiten, Verkehr usw.

Jena hätte also durchaus Potenzial für CO₂-Senken. Ob diese aber tatsächlich wirksam sind, hängt von verschiedenen Faktoren ab.

Am effektivsten ist die **Wiedervernässung von Mooren**, zumal trockengelegte Moore CO₂ emittieren. Ob im Stadtgebiet Jena wiederzuvernässende Moore vorhanden sind, ist noch zu prüfen. Wenn trockengelegte Moore nicht im Wald liegen, werden sie i.d.R. landwirtschaftlich genutzt. Moore können auch landwirtschaftlich genutzt werden, das nennt man Paludikultur. Das Moor-Zentrum Uni Greifswald entwickelt Konzepte dazu (www.greifswaldmoor.de).

Die Erweiterung von **Wäldern** ist ein weiterer wichtiger Beitrag für den Klimaschutz, dessen Machbarkeit im Stadtgebiet Jena geprüft werden sollte.

Holz ist dann eine CO₂-Senke (also dem Kohlenstoffkreislauf entzogen), wenn es verbaut wird oder wenn es zu Holzkohle und als solche zur Bodenverbesserung eingebracht wird – dann verbleibt der Kohlenstoff außerhalb der Atmosphäre mindestens 1000 Jahre. Des Weiteren können Holzhäckseln genutzt werden, um **Pflanzkohle** herzustellen: diese Kohle, die in technisch kontrollierter Pyrolyse aus Biomasse hergestellt wird (<https://fachverbandpflanzkohle.org/>), dient einerseits zur stabilen Bindung von CO₂ und andererseits als „terra preta“ zur Verbesserung der Bodenqualität durch Humusaufbau. Pflanzkohle führt im Schnitt zu 20 Prozent größeren Ernten, gesteigertem Bodenleben, mehr Wasserhaltefähigkeit und Humus. Diese Technologie ist einfach, skalierbar und sofort einsetzbar. Die Stadtwerke können Grünschnitt und Klärschlamm mittels Pyrolyse zu Pflanzkohle verarbeiten, welche dann aufgeladen (z.B. durch die Verwendung als Kuhfutter) und als Dünger benutzt wird. [58]

Eine weitere Technik zur Nutzung von Bioabfällen ist, **Urin vom übrigen Abwasser zu trennen** und zu Produkten wie Düngern zu recyceln. Es wurde vorgerechnet, dass „Gemeinden mit Urinabscheidung ihre Treibhausgasemissionen je nach Technologie um bis zu 47 Prozent senken können“ (und darüber hinaus den Energieverbrauch um bis zu 41 Prozent, den Süßwasserverbrauch um etwa 50 Prozent und die Nährstoffbelastung durch das Abwasser um bis zu 64 Prozent).[59]

Zusätzlich zur Funktion als CO₂-Senke ist der Einsatz von Holz klimapolitisch wichtig insbesondere in der Bauwirtschaft, indem es andere Materialien wie Stahl und Beton ersetzt und damit zur Einsparung von Emissionen bei deren vermiedener Produktion beiträgt (→ Kapitel 4.5 „Klimaneutrales Bauen“).

Die Funktion des Waldes als CO₂-Senke wird mit dem Klimawandel abnehmen, besonders durch mehrjährige Trockenheit. Laut Waldzustandsbericht Thüringen von 2020 zeigen 55 % der Bäume starke und weitere 30 % schwache Vitalitätsverluste, nur 15 % werden als gesund bezeichnet.

Aufgrund dieser Problematik ist es derzeit nicht sinnvoll, die Kapazität der CO₂-Senken zu kalkulieren (so wie es z.B. in den Klimastadtplänen von *GermanZero* vorgeschlagen wird).

Im August 2021 hat das Ökoinstitut im Auftrag der Deutschen Energie-Agentur (Hrsg.) ein Kurzgutachten „Natürliche Senken“ erstellt [33]. Darin heißt es auf S. 7: *„Zukünftig wird allerdings in Projektionen der Bundesregierung ein Rückgang der Waldsenke erwartet, sodass sich der Sektor eventuell in eine Nettoquelle entwickeln könnte. Der tatsächlich mögliche Beitrag von natürlichen Senken zur Erreichung einer THG-Neutralität im Jahr 2045 ist deshalb fraglich.“*

Die Form der Landwirtschaft, insbesondere **Bio-Landwirtschaft**, bei der Humusaufbau geleistet wird, ist entscheidend für die Wirksamkeit als CO₂-Senke. Gleichzeitig werden bei Bio-Landwirtschaft weniger Treibhausgase ausgestoßen. Die mit Abstand meisten Emissionen der Treibhausgase Methan und Distickstoffmonoxid (N₂O, auch Lachgas genannt) stammen aus der landwirtschaftlichen Produktion (→ Kapitel 4.5.1 Ernährung und 4.5. Landwirtschaft). Die Stadt Jena kann als Agrarlandbesitzer Pachtverträge so gestalten, dass sie auch naturschutz- und klimafreundlich sind und damit die **Humusaufbauende Landwirtschaft** fördert (www.fairpachten.de). Ferner ist die **Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland** ein Beitrag zum Klimaschutz.

Manche Klimaforscher meinen, dass ohne **technische CO₂-Speicherung** die Klimakatastrophe nicht mehr abwendbar ist, u.a. der Chef des Potsdam Institut für Klimafolgenforschung. Auch Experten aus dem Jenaer Max-Planck-Institut für Biogeochemie wie Dr. Dietrich Feist, halten den Weg des CCS (carbon dioxide capture and storage, deutsch: CO₂-Abscheidung und -Speicherung) für machbar und notwendig.

Die Etablierung von „Negativ-Emissionen“ wie CCS wird nicht nur als technisch, sondern auch wirtschaftlich machbar und ökologisch sinnvoll angesehen. In der *dena*-Leitstudie zur Klimaneutralität von Oktober 2021 spielen die aktive CO₂-Abscheidung und die CO₂-Senken eine wesentliche Rolle, um die Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen. [48]

Kritiker des CCS weisen u.a. auf den hohen Energiebedarf und damit auch Kosten beim Verflüssigen von „grünen“ Gasen und Kraftstoffen sowie beim unterirdischen Speichern von CO₂ hin.

Insgesamt ist es nach dem zuvor im Kapitel 4.6 geschriebenen fraglich, ob CO₂-Senken im KAP behandelt werden müssen.

Unstrittig ist jedoch, dass der Flächenverbrauch nicht nur reduziert, sondern netto beendet werden muss. Dies ist nicht nur im Interesse des Klimaschutzes, sondern auch des Erhalts der Biodiversität notwendig. Den Flächenverbrauch netto zu beenden bedeutet, dass jede neu versiegelte Fläche kompensiert werden muss. Begrünung von Dächern und Fassaden ist wichtig im Interesse des Mikroklimas und der Klimaanpassung, aber nicht hinreichend im Sinne des Klimaschutzes und der Bewahrung der Artenvielfalt.

5. Umsetzung

Der beste KlimaAktionsPlan nützt nichts, wenn er nicht umgesetzt wird und ggf. auftretende Umsetzungsdefizite keine neuen, schärferen Aktionen auslösen. Obwohl die Stadt Jena seit 2009 zu den Leitbildern für Energie und Klimaschutz mehrere Monitoring-Berichte vorliegen hat, hat die Stadt bisher keine Aktionen etabliert für den Fall, dass die im Leitbild formulierten Ziele des Leitbildes verfehlt werden. Umsetzungsdefizite mussten jedoch wiederholt festgestellt werden.

Auf der Bundesebene wurde 2019 mit dem Bundesklimagesetz ein derartiger Mechanismus etabliert, der als Anregung für den in Jena zu etablierendem Mechanismus gelten kann. Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) sieht nach § 8 Abs. 1 für den Fall der Überschreitung der vom Umweltbundesamt geschätzten über die zulässigen Jahresemissionsmengen des Vorjahrs vor, dass das zuständige Bundesministerium verpflichtet ist, innerhalb von drei Monaten ein Sofortprogramm für den Sektor vorzulegen. Überschreiten die Emissionsdaten den zulässigen Wert in einem Sektor, so legt das zuständige Ministerium innerhalb von 3 Monaten nach der Bewertung durch den Expertenrat für Klimafragen ein Sofortprogramm für den jeweiligen Sektor vor, dass die Einhaltung der Ziele für die folgenden Jahre sicherstellen soll. Dies ist für das Jahr 2020 bereits geschehen. Im Jahr 2020 wurden die Ziele im Sektor Verkehr und Energie (auch bedingt durch die Corona-Maßnahmen des Lockdowns) erreicht, während die Ziele im Gebäudesektor verfehlt wurden. Das Umweltbundesamt hat am 15. März 2021 im Bericht zur Vorjahresschätzung der Treibhausgasemissionen des Jahres 2020 ausgewiesen, dass der Gebäudesektor im Jahr 2020 120 Millionen t CO₂e ausgestoßen hat. Demnach wurde die in Anlage 2 des Bundes-Klimaschutzgesetzes (zu § 4 KSG) jährlich zugelassene Menge an Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor von 118 Millionen t CO₂e um 2 Mio. Tonnen überschritten. Am 14.7.2021 wurden von BMWi und BMI für den Gebäudesektor dem Expertenrat für Klimafragen ein Sofortprogramm übermittelt, das vorsieht, die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Fördermittel aufzustocken. Dafür ist vorgesehen „*noch in 2021 ein zusätzliches Neuzusagevolumen für Förderanträge in Höhe von rd. 5,8 Mrd. Euro sicherzustellen*“. Dieses Sofortprogramm ist vom Expertenrat für Klimafragen bewertet worden mit dem am 25.8.2021 veröffentlichten Ergebnis, dass das Sofortprogramm wirksam sei, aber „*keinen Nachweis für die Erreichung der Klimaziele des Gebäudesektors bis zum Jahr 2030*“ erbringt.[34] Die Wirkung des Sofortprogramms werde tendenziell überschätzt.

Für die Stadt Jena übertragen, müsste die Stadtverwaltung, wenn der jährliche Monitoringbericht ein Nichterreichen der Klimaziele feststellt, innerhalb einer gewissen Frist von wenigen Monaten jeweils ein Sofortprogramm vorlegen, durch den Klimaschutzbeirat bewerten lassen und durch den Stadtrat verabschieden lassen.

Alle Paris-kompatiblen Szenarien im Sinne von „Klimaneutralität bis 2035“ setzen deutlich veränderte politische Mehrheiten voraus. Wie diese Änderung der politischen Mehrheitsverhältnisse erreicht werden kann, wird in den Studien meist nicht beleuchtet. *GermanZero* empfiehlt Klimaentscheide und Gespräche mit Parlamentariern. Unklar bleibt, wie ein Ziel „CO₂-Neutralität bis 2035“, wenn es denn in Klimaentscheiden hinreichend Quoren gefunden hat, in Maßnahmen umgesetzt werden, die nicht nur im Sinne eines Monitorings kontrolliert werden (dies Monitoring ist in Jena seit 2007 etabliert [8, 8a-8b]), sondern auch durchgesetzt werden. Weltweit ist man sich im Grundsatz nahezu einig, dass die Lösung dieses Umsetzungsproblems sowohl marktwirtschaftlich über einen CO₂-Preis als auch ordnungsrechtlich erfolgen muss, flankiert durch soziale Maßnahmen. Hierzu gibt es viele Studien, auch solche, die die sozialen Konsequenzen beleuchten. Unterschiedlich ambitioniert ist die **CO₂-Bepreisung** im Detail, also erstens, welche Sektoren einbezogen werden (es müssten eigentlich alle sein – das ist unstrittig) und zweitens welcher CO₂-Preis angesetzt wird und ob bzw. wie diese in den Sektoren zu differenzieren sind. Das Umweltbundesamt hatte zunächst einen Preis von 180 € pro Tonne CO₂ geschätzt und aktuell (12/2020) diesen auf 195 €/t geschätzt [32]. Diese Zahl wird laut UBA-Empfehlung [32] für die Jahre 2030 und 2050 auf 215 €/t bzw. 250 €/t ansteigen. Hierbei wurde die Wohlfahrt der heutigen gegenüber den zukünftigen Generationen höher gewichtet. Im Sinne der Generationengerechtigkeit und dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichts vom 24.3.2021 ist diese Höhergewichtung jedoch moralisch und rechtlich unzulässig. Dann wären die CO₂-Umweltkosten laut UBA [32] auf 700 €/t und mehr ab 2030 anzusetzen. In Deutschland ist der CO₂-Preis derzeit (seit 1.1. 2021) auf 25 €/t festgelegt und dass dieser bis 2025 auf 55 €/t steigen soll und danach innerhalb eines Preiskorridors marktwirtschaftlich geregelt werden soll. Norwegen plant, dass die CO₂-Steuer von heute

umgerechnet rund 57 Euro bis 2030 auf umgerechnet 193 Euro pro Tonne CO₂ angehoben wird [33]. Es ist also nicht unvernünftig, mit einem CO₂-Preis von 195 €/t CO₂ zu rechnen.

Aber die Stadt Jena verfügt keine Rechte zu derartigen Beschlüssen.

Eine Notlösung, die in der kommunalen Kompetenz liegt, ist eine „**Freiwillige CO₂-Kompensation für Klimaschutz-Projekte**“ [34]. Das bedeutet die Finanzierung von Klimaschutzprojekten, bevorzugt in Jena und Umgebung, kann aber auch anderenorts, z.B. in Afrika sein, z.B. die Mitfinanzierung der „Grünen Mauer“ im Sahel, für jede Tonne CO₂, die ab 2035 von Jena noch emittiert wird. Zur Abschätzung, um welchen Kompensationsbetrag es sich dabei maximal handelt: Im Kapitel 3.6 wird für Jena ein Betrag von 1.226 Tonnen CO₂ angegeben. Bei dem von Umweltbundesamt vorgeschlagenen CO₂-Preis von 195 €/t CO₂ folgt daraus ein Betrag von 239 Mio Euro pro Jahr (2.173 €/a/Kopf). Dies ist etwa der doppelte Betrag der von V. Wesselak [28] geschätzten und für Jena per Einwohnerzahl proportional heruntergerechneten 123 Mio € pro Jahr, die Jena für die Energiewende jährlich aufwenden leisten müsste. In Tabelle 1 wurden die mittels des Tools KNUD berechneten Kosten von 431 Mio € pro Jahr genannt, von denen 59 Mio € pro Jahr von der Kommune selbst aufzubringen sind. Dieser Betrag wird reduziert, in dem Maße, wie es der Stadtpolitik und damit Jenas Bürgern gelingt, die CO₂-Emissionen zu senken.

Der Betrag von 195 €/t CO₂ ist eine Schätzung, die auf einer Höhergewichtung der Wohlfahrt heutiger gegenüber zukünftigen Generationen beruht. Nach dem Beschluss des Bundesverfassungsgericht von März 2021 beschränkt dies jedoch unzulässiger Weise die Freiheitsrechte künftiger Generationen. Das UBA hat für den plausibleren und generationsgerechteren Fall einer Gleichgewichtung der Freiheitsrechte heutiger und künftiger Generationen einen Betrag von 680 €/t CO₂ (statt der 195 €/t CO₂) geschätzt für die Schäden, die die Emission einer Tonne CO₂ verursacht. [32] (Zum Vergleich: Die Rückführung von CO₂ aus der Atmosphäre über *Direct Air Capture* Pilotanlagen kostet aktuell ca. 550 €/t. [49])

Eine weitere „Notlösung“, die in der Kompetenz der Stadt liegt, ist Berücksichtigung eines „**CO₂-Schattenpreises**“ von 195 Euro pro Tonne CO₂ im Finanzhaushalt der Stadt und Beschlüssen mit finanziellen Auswirkungen. Dies wird entsprechend von Unternehmen (Industrie) gefordert: „*Unternehmen mit relevantem Risiko- und Auswirkungsbezug sowie große Finanzmarktakteure werden verpflichtet, in ihren Unternehmensberichten einen CO₂-Schattenpreis von 195 Euro anzuwenden.*“ [39, S. 12]. Diese Maßnahme in Anwendung auf die Kommune Jena ist grundsätzlich mit dem Beschluss „Klimacheck - Kriterienkatalog zur Prüfung klimarelevanter Beschlussvorlagen“ vom 16.7.2020 (20/0350-BV) unter Punkt 002 bereits beschlossen: „*Die Stadtverwaltung wird bis Ende 2021 ein mit dem Klimaschutz-Beirat abgestimmtes Konzept zur Monetarisierung von Klimaeffekten für ausgewählte klimarelevante Beschlussvorlagen analog 001 vorlegen.*“ Am 23.11.2021 und 1.2.2022 fanden Workshops unter Beteiligung von Stadträten, der Stadtverwaltung, von städtischen Betrieben, des Klimaschutzbeirats und des RTKU unter der Regie der EnergieWerkStadt eG zur "Klimaverträglichkeitsprüfung von Stadtratsbeschlüssen" statt, wobei im 2. Workshop am 01.02.2022 mit großer Mehrheit dafür votiert wurde, die Umweltkosten nach UBA [32] als Grundlage für die Monetarisierung der Treibhausgasemissionen Jenas im vorgenannten Sinne zu verwenden.

Da Auftragnehmer in der Regel einem starken Preiswettbewerb unterliegen, wird dadurch ein starker Anreiz geschaffen, Emissionen in dem entsprechenden Projekt deutlich zu reduzieren. Bei der Höhe des Schattenpreises ist der Bezug auf die laufend aktualisierten Berechnungen des Umweltbundesamtes [32] empfohlen.

Zunächst wird der Klimaschutzbeirat die Umsetzung begleiten. Der Klimaschutzbeirat wird dabei vom RTKU und KEJ (Initiativgruppe Klimaentscheid) kritisch begleitet und insbesondere hinsichtlich der Öffentlichkeitsarbeit unterstützt. Voraussichtlich werden einige der konkreten Maßnahmen vor ihrer Umsetzung noch weitere oder explizite Stadtratsbeschlüsse bedürfen.

„Wenn Deutschland die Pariser Klimaziele erreichen will [und Jena dazu seinen Beitrag leisten will, Anm. RTKU] ist eine große gesellschaftliche Veränderungsbereitschaft vonnöten. Darum ist es so wichtig, dass Bürgerinnen und Bürger an der Suche nach Lösungen beteiligt werden – und dass die Politik ihre Vorschläge ernst nimmt.“ (Zitat von Bundespräsident a.D. Horst Köhler, 2021 Schirmherr des Bürgerrats Klima <https://buergerrat-klima.de/>)

Die Zeit drängt. „Wenn wir 2025 nicht viel weiter sind als heute, werden wir weder die Klimaziele von Paris einhalten noch den fortlaufenden Verlust an Natur und Lebensräumen stoppen. Die Konsequenzen sind nicht zu verantworten, nicht uns gegenüber, nicht den jungen Menschen gegenüber, nicht den nachfolgenden Generationen gegenüber und nicht anderen Weltgegenden gegenüber.“ [46]

Bildung und Bürgerbeteiligung:

Die Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger ist ein wichtiger Schlüssel zu Akzeptanz der Maßnahmen. Die Bürger sollten von Anfang an mitgenommen werden. Unmittelbare Möglichkeiten dafür könnten sein:

- **Einrichtung eines Klimanotstands-Zentrums** mit der Aufgabe der Klimaaufklärung, der Organisation der Bürger:innenbeteiligung, der Funktion als Begegnungsstätte mit Bildungsangeboten, Informationsmaterial, Öffentlichkeitsarbeit, Vernetzung: Siehe: www.klimazentrum-jena.de
 - Bewusstseinsbildung in Zivilgesellschaft und Unternehmen (Werbungsmaßnahmen/Anreize durch Stadt)
 - Kommunikation Stadt-/Landbevölkerung zu verschiedenen Bedürfnissen (Arbeitsplätze, Geschäftsmöglichkeiten Kulturangebote, ... vs. Flächen (z.B. für Ökoenergiegewinnung, Ausgleichsflächen/ CO2-Senken/Landwirtschaftliche Nahrungsmittelproduktion/Erholungsflächen/NSGeb., ...), Arbeitskräfte ländliche Kultur, Kultur- und Naturerfahrung der (v.a. älteren) Landbevölkerung
 - Bewusstseinsbildung zu Toleranz für „Natur“ in der Stadt
 - Städtische Beschlüsse (BM, Stadtrat, Stadtverwaltung) unter Klimavorbehalt stellen: „... der Klimakrise mit höchster Priorität begegnen ...“
 - Räumliche Unterstützung von Repariercafés etc.
 - Umsonst-(T)Raum
 - Mehrwertstoffhof (=gut organisierte 2nd-Hand Börse, Tauschhalle KSJ)
 - Online Tauschplattform (regionale Wirkung) vs. Real-analog lokal

Ein weitergehendes Instrument für die Beteiligung der Bürger ist der **Bürgerrat/die Bürgerversammlung**. Dabei werden Bürger nach dem Zufallsprinzip, aber gewichtet nach Merkmalen verschiedener Gesellschaftsgruppen ausgewählt, um ein Abbild der Einwohnerschaft zu bekommen. Diese werden dann von Experten informiert und zum Kommunizieren geschult. Anschließend werden in Kleingruppen Lösungen diskutiert und am Ende von allem beschlossen.

Beispiele für Bürgerräte gibt es in Frankreich (<https://www.mehr-demokratie.de/news/voll/frankreich-buergerrat-beschliesst-empfehlungen/>) und auch in Deutschland zum Thema Demokratie (<https://www.buergerrat.de/>) und zum Thema Klima: <https://buergerrat-klima.de/> [45]. Im Koalitionsvertrag SPD/Grüne/FDP vom 24.11.2021 heißt es auf S. 10: „Wir wollen die Entscheidungsfindung verbessern, indem wir neue Formen des Bürgerdialogs wie etwa Bürgerräte nutzen, ohne das Prinzip der Repräsentation aufzugeben. Wir werden Bürgerräte zu konkreten Fragestellungen durch den Bundestag einsetzen und organisieren.“ Auch die Stadt Jena hat in den Jahren nach dem per Bürgervotum gescheiterten ersten Plänen für die Eichplatzbebauung positive Erfahrungen mit Bürgerversammlungen gemacht, insbesondere „Jena 2030“ und „AG Eichplatz“. Ein erfahrener Akteur, der einen „Bürgerrat Klimaschutz Jena“ umsetzen oder zumindest die Stadt Jena dabei beraten und unterstützen kann, ist der Verein Mehr Demokratie e.V., der bereits die Initiativegruppe „Klimaentscheid Jena“ 2020/2021 unterstützt hat.

Im KAP soll die Quantifizierung von Wirkung und Kosten der Maßnahmen in einer tabellarischen Übersicht und als separate Excel-Tabelle mit nachvollziehbaren Berechnungen geliefert werden. Das dient der Priorisierung und Entscheidungshilfe für die Umsetzung der Maßnahmen mit den geringsten CO₂-Vermeidungskosten. Für diese Übersichtstabelle liefert der RTKU ein Muster bis 20.03.2022.

5.1. Kosten

Bei der Umsetzung des KlimaAktionsPlans muss die Soziale Transformation mitgedacht werden. Alle Maßnahmen brauchen sozial-gerechte Finanzierungsvorschläge. Dies ist insbesondere von Bedeutung bei der energetischen Sanierung von Wohngebäuden. Mieter:innen müssen von Anfang an in die geplanten Maßnahmen zur Gebäudesanierung eingebunden werden. Hierfür wird ein „Mieter:innenbeirat Klimaschutz“ bei der *jenawohnen* GmbH vorgeschlagen. Dieser Beirat hätte folgende Aufgaben:

- Input zu Sanierungsbedarf durch die Mieter:innen
- Vorhaben von Anfang an klar kommunizieren
- Sanierungen müssen langfristig Vorteile für die Mieter:innen haben und dürfen keine Kostenerhöhung der Warmmiete bedeuten (evtl. durch die Verlängerung des Amortisierungszeitraums)

6. Literatur

[1] GermanZero: Maßnahmen für ein 1,5-Grad-Gesetzespaket

<https://germanzero.de/erreichen/1-5-grad-massnahmen>

Der Maßnahmenkatalog - die Grundlage für unsere Gesetzesentwicklung: alle 232 Maßnahmen für die Sektoren. So erreichen wir das 1,5-Grad-Ziel (8 MB)

https://germanzero.de/media/pages/assets/fcd6e7bfe9-1631206649/GermanZero_Massnahmenkatalog_210907.pdf

Das Magazin zum Gesetzesvorhaben: Hintergrundwissen zu den 1,5-Grad-Maßnahmen, Reportagen, Interviews, Klimafakten und die Vision eines klimaneutralen Deutschlands 2035 (10 MB)

https://germanzero.de/media/pages/assets/661400efc6-1630933218/GermanZero_Magazin.pdf

[2] S. Rahmsdorf: „Die Zuspitzung der Klimakrise. Online-Wissenschaftsupdate zur Erderhitzung“, Webinar, 4.11.2020; <https://www.youtube.com/watch?v=eMEIVGknmPM>

[3] <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Weltklimarat-fordert-energisches-Handeln-fuer-1-5-Grad-Ziel-4183024.html>

[4] Umweltbundesamt: RESCUE (Ressourcenschonende Treibhausgasneutralität), www.umweltbundesamt.de/rescue

[4a] RESCUE Kurzfassung (90 Seiten):

<https://www.umweltbundesamt.de/rescue/kurzfassung>

[4b] Katja Purr, Jens Günther, Harry Lehmann, Philip Nuss Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE:

Langfassung (444 Seiten, Reihe Climate Change | 36/2019, Dessau-Roßlau):

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf

[4c] Politikpapier zur RESCUE-Studie (24 Seiten)

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_hgp_erneuerbareenergien_treibhausneutdt_11-11-2019_bf.pdf

[4d] Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonendem Deutschland – GreenEe, Climate Change 01/2020.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_01-2020_endbericht_greenee.pdf

[4e] Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonendem Deutschland – GreenMe. Climate Change 03/2020.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_03-2020_endbericht_greenme.pdf

[4f] Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonendem Deutschland – GreenLate. Climate Change 02/2020. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_02-2020_endbericht_greenlate.pdf

[4g] Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonendem Deutschland – GreenLife. Climate Change 04/2020. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_04-2020_endbericht_greenlife.pdf

[4h] Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland – GreenSupreme, Climate Change 05/2020.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_05-2020_endbericht_greensupreme.pdf

[4i] Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland – Abschlussbericht (70 Seiten), Climate Change 06/2020, Dezember 2020 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_28_cc_06-2020_endbericht_vergleich_szenarien.pdf

[5] Wuppertal Institut: „CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze“, Oktober 2020, im Auftrag der Fridays-for-Future

https://fridaysforfuture.de/wp-content/uploads/2020/10/FFF-Bericht_Ambition2035_Endbericht_final_20201011-v.3.pdf

[5a] Schlüsselergebnisse der Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie zu einem Beitrag Deutschlands zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze

https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/projects/CO2-neutral_2035_Factsheet.pdf

[6] Bürgerrat Klima: Empfehlungen, 24.6.2021

https://buergerrat-klima.de/content/pdfs/BK_210707_Empfehlungen_Digital.pdf

[7] Heiko Griebisch, Matthias Mann /THINK: „Klimaschutzkonzept der Stadt Jena“, Oktober 2015 https://umwelt.jena.de/sites/default/files/2018-12/Klimaschutzkonzept%20Jena_20151111.pdf

[8] Matthias Mann/THINK: Monitoring-Berichte zur Umsetzung des Leitbildes Energie und Klimaschutz und des Energiekonzeptes der Stadt Jena

[8a] Bericht zur Umsetzung des Leitbildes Energie und Klimaschutz und des Energiekonzeptes der Stadt Jena. Monitoring 2018. Jena, Februar 2019.

https://umwelt.jena.de/sites/default/files/2019-06/Monitoringbericht_2018.pdf

[8b] Matthias Mann/THINK: Kurzbericht zur Umsetzung des Leitbildes Energie und Klimaschutz und des Energiekonzeptes der Stadt Jena. Monitoring 2020. Jena, März 2021

<https://umwelt.jena.de/sites/default/files/2021-07/Monitoringbericht%202020%20final.pdf>

[9] Leitbild Energie und Klimaschutz für Jena 2021-2030 (Stadtratsbeschluss 20/0391-BV, 16.7.2020)

https://umwelt.jena.de/sites/default/files/2020-08/Leitbild_Klimaschutz_21-30.pdf

[10] Nachhaltigkeitsstrategie der Stadt Jena – Handlungsprogramm (Stadtratsbeschluss, 20/0651-BV, 27.4.2021)

https://umwelt.jena.de/sites/default/files/2021-04/Nachhaltigkeitsstrategie-HP-22102020_ohne%20Logos.pdf

[11] Institut für Energie Leipzig: Gutachten zur Vorbereitung einer Energie- und Klimaschutzstrategie für Thüringen (13.3.2018)

https://umwelt.thueringen.de/fileadmin/001_TMUEN/Unsere_Themen/Klima/Klimagesetz/ie_kurzfassung_gutachten_thueringer_klimagesetz_web.pdf

[12] Abschlussbericht zur Erarbeitung einer Integrierten Energie- und Klimaschutzstrategie Thüringens (16.1.2018)

https://klimanetz-jena.de/uploads/IEKS_Abschlussbericht4.0.pdf

[13] Stadt Wuppertal: Klimaschutzkonzept mit integriertem Handlungsfeld Klimafolgenanpassung https://www.wuppertal.de/microsite/klimaschutz/dokumente_downloads/20200519_IKSK_Wuppertal_Endbericht.pdf

[14] Germanzero: „Klimaentscheide:Weiterentwicklung Klimastadtplan“, https://mitmachen-wiki.germanzero.org/wiki/index.php?title=Klimaentscheide:Weiterentwicklung_Klimastadtplan

[15] Germanzero: „Klimaentscheide:Erwartungsmanagement#KNUD“ <https://mitmachen-wiki.germanzero.org/wiki/index.php?title=Klimaentscheide:Erwartungsmanagement#KNUD>

[16] Katharina Schächtele, Hans Hertle: „Die CO2 Bilanz des Bürgers. Recherche für ein internetbasiertes Tool zur Erstellung persönlicher CO2 Bilanzen“, Umweltbundesamt, Juni 2007, 120 Seiten, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3327.pdf>

[17] Klimastadtplan Halle, berechnet mit dem Tool „Klimastadtplan-Generator“, Mai 2021, <https://hallezero.de/wp-content/uploads/2021/06/Klimastadtplan-Halle-an-der-Saale.pdf>

[18] Angelika Schimmel: Dampf machen fürs Klima. (Tag der offenen Tür im Heizkraftwerk der TEAG), Thüringer Landeszeitung 2.9.2019, S. 21

[19] Frank Schöttke/SWEJP, Bohne Ingenieure GmbH, Leibniz Universität Hannover: Wärmeatlas“, 2012; Folie 13; http://www.buergerenergie-jena.de/wiki/img_auth.php/a/af/Waermeatlas_Buergerenergie_Treff_2014_02_06.pdf], 6. Februar 2014.

[20] Frank Schöttke et al./SWEJP, GEF Ingenieur AG, TU Dresden, Beratungs- und Servicegesellschaft Umwelt mbH „Integriertes Energie- und Wärmekonzept für Jena 2050“, März 2016.

[21] ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, GEF Ingenieur AG, AGFW – Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.: „Transformationsstrategien von fossiler-zentraler Fernwärmeversorgung zu Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien“, Februar 2013. https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Endbericht_Transformationsstrategien_FW_IFEU_GEF_AGFw.pdf

[22] Fachhochschule Nordhausen und EKP Energie-Klima-Plan GmbH: Neue Energie für Thüringen – Ergebnisse der Potenzialanalyse, Nordhausen, Oktober 2011. <https://www.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1273.pdf>

[23] Power-to-X ist unter anderem Power-to-Heat (PtH, „Tauchsiederprinzip“). PtH ist zwar technologisch gut etabliert und durch die Stadtwerke Energie Jena Pößneck-Tochter job in Hermsdorf bereits realisiert. Die Technik ist wirtschaftlich jedoch nur in einem funktionierenden Regelstrommarkt, der aufgrund der bis 2030 noch bedeutsamen Kohleverstromung nicht gegeben ist. Weil mit PtH nach dem „Tauchsiederprinzip“ aus 1 kWh Strom nicht mehr als 1 kWh Wärme (d.h. maximal 1:1) gewonnen werden kann, ist Wärmepumpen mit einem Verhältnis von bis zu 1:3 der Vorzug zu geben, wobei Umwelt- und Abwärme genutzt werden (siehe unten). Die job realisieren gegenwärtig (2020/2021) in Hermsdorf im Rahmen eines geförderten Projektes „iKWK“ (innovative Kraft-Wärme-Kopplung) den Einsatz einer Großwärmepumpe.

Synthetisches Gas aus Power-to-Gas zur Substitution von fossilem Erdgas wird voraussichtlich erst nach 2030 in nennenswertem Maße zur Verfügung stehen. In Thüringen gibt es hierzu Initiativen bei den Stadtwerken Sonneberg und mit den Firmen Kumatec in Neuhaus und Maximator in Nordhausen. Um die Klimaschutzziele auch nach 2030 zu erreichen, wäre schon jetzt ein verstärktes Jenaer Engagement mit dieser Technologie wünschenswert. Die Stadtwerke Energie Jena Pößneck GmbH sind an der Thüga Erneuerbare Energien GmbH beteiligt. Am Standort Frankfurt am Main betrieb die Thüga-Gruppe von 2014 bis 2017 die erste Power-to-Gas-Demonstrationsanlage der Welt, die Strom für die Produktion von Wasserstoff umgewandelt und in das kommunale Gasverteilnetz eingespeist

hat. Über eine Protonen-Austausch-Membran wurden pro Stunde 60 m³ Wasserstoff erzeugt. Diese Aktivität sollte mit Jenaer Unterstützung fortgesetzt werden.

Ebenfalls sind saisonale Wärmespeicher voraussichtlich erst nach 2030 bei einem höheren Anteil Solarthemie nötig; davor kann der volatile Anteil durch Erdgas ausgeglet werden.

[24] Stadtverwaltung Jena: „Nachhaltige Energieversorgung auf kommunaler Ebene“ - Antwort auf Große Anfrage der Fraktion Bündnis 90 / Die Grünen im Jenaer Stadtrat v. 29.06.2011

[25] Leitlinien Mobilität in Jena 2030 (Stadtratsbeschluss 17/1510-BV, 14.03.18)

https://mobilitaet.jena.de/sites/default/files/2019-03/18-03-19_Leitlinien%20Mobilit%C3%A4t%20in%20Jena%202030_End.pdf

[26] Projektbericht „Elektromobilität für Jena 2030“, 31.8.2018

https://mobilitaet.jena.de/sites/default/files/2020-02/Projektbericht_E_Mobilit%C3%A4t_2030_final.pdf

[27] Radverkehrskonzept der Stadt Jena, 2012

<https://mobilitaet.jena.de/sites/default/files/2018-11/RVK-Jena-Fortschreibung-2012-Schlussfassung-Oktober-2012.pdf>

[28] Viktor Wesselak/Fh Nordhausen: Energiesystem Thüringen 2040 (Vortrag ThEGA-Forum 24.10.2019 (ausführliche Publikation mit 162 S. im Januar 2022 veröffentlicht → siehe [50])

https://www.thega.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/thega-forum/2019/Session_3/1_prof_dr_viktor_wesselak_energiesystem_thueringen_2040.pdf

[29] http://www.buergerenergie-jena.de/wiki/index.php/Erneuerbare_Energien

[30a] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (Freiburg): Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem. Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen. Freiburg, Februar 2020.

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem.pdf>

[30b] Im Dezember 2020 gab es ein Update aufgrund der verschärften europäischen Ziele:

Update unter einer Zielvorgabe von 65% CO₂-Reduktion im Jahr 2030 und 100% im Jahr 2050

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE-Studie-Wege-zu-einem-klimaneutralen-Energiesystem-Update-Zielverschaerfung.pdf>

[31] Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, Ökoinstitut, Wuppertalinstitut, Prognos und Stiftung Klimaneutralität: In drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von - 65% im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals. Oktober 2020

https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_192_KNDE_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf

[32] Astrid Matthey: Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten Kostensätze Stand 12/2020

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf

[33] „Norwegen plant Verdreifachung des CO₂-Preises bis 2030“

<https://www.energiezukunft.eu/wirtschaft/norwegen-plant-verdreifachung-des-co2-preises-bis-2030/>

[34] Umweltbundesamt: Freiwillige CO₂-Kompensation für Klimaschutzprojekte. Juli 2018.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/ratgeber_freiwillige_co2_kompensation_final_internet.pdf

[35] Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2021) „Natürliche Senken –Kurzgutachten im Rahmen der dena - Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität“, erstellt vom Ökoinstitut

https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Kurzgutachten_Natuerlich_Senken_OEkoinstitut.pdf

[36] Expertenrat für Klimafragen (25.8.2021): Pressemitteilung: Sofortprogramm 2020 allein kann prognostizierte Minderungswirkung im Gebäudesektor nicht erreichen

https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2021/08/210825_PM-Expertenrat-Klimafragen.pdf

https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2021/08/210825_Bericht_Expertenrat-Klimafragen_2021-02.pdf

[37] Öko-Institut (Freiburg, 24.6.2021): Wie rechtliche Vorschriften für den Klimaschutz Akzeptanz finden

<https://www.oeko.de/aktuelles/2021/wie-rechtliche-vorschriften-fuer-den-klimaschutz-akzeptanz-finden>

[38] Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende (Juni 2021): Politikinstrumente für ein klimaneutrales Deutschland. 50 Empfehlungen für die 20. Legislaturperiode (2021–2025)

https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2021/08/2021-06-17_Politikinstrumente_klimaneutrales_Deutschland_WEB_1.1.pdf

[39] Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, Stiftung Klimaneutralität (2021): Das Klimaschutz-Sofortprogramm. 22 Eckpunkte für die ersten 100 Tage der neuen Bundesregierung.

https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2021/08/2021-08-30_Klimaschutz-100TageProgramm_LP20.pdf

[40] Leipziger Institut für Energie, Aviso Aachen (2015): Thüringer Emissionskataster und Treibhausgasbilanz. [https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/00_tlubn/Klima/Dokumente/Treibhausgasemissionen/Thueringer_Emissionskataster_und_Treibhausgasbilanz - Emissionskataster 2012 - Treibhausgasbilanz 2015 Prognose 2015-2020 - Lokale Emissionskataster - Teil 1.pdf](https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/00_tlubn/Klima/Dokumente/Treibhausgasemissionen/Thueringer_Emissionskataster_und_Treibhausgasbilanz_-_Emissionskataster_2012_-_Treibhausgasbilanz_2015_Prognose_2015-2020_-_Lokale_Emissionskataster_-_Teil_1.pdf)

<https://tlubn.thueringen.de/klima/thg-emissionen>

[41] Hans Joachim Schellnhuber und Philipp Misselwitz: Bauwende zur nachhaltigen Stadtentwicklung.

Hilmar Schmundt: »Bauhaus der Erde«-Projekt. »Kaum jemand empfindet Bauscham« Spiegel, 17.9.2021, https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/bauhaus-der-erde-philipp-misselwitz-im-interview-a-fac328c6-2f8e-4e7b-a58d-82d6c59f527c?sara_ecid=soci_upd_KsBF0AFjflf0DZCxp-PYDCQgO1dEMph

[42] <https://www.klimareporter.de/technik/mehr-holz-und-carsharing>

[43] ÖPNV-Konzept 2030+ (Stadtratsbeschluss 20/0576-BV vom 15.10.2020)

https://mobilitaet.jena.de/sites/default/files/2021-02/20-10-08_OEPNV-Konzept_2030_Endfassung.pdf

[44] Julia Hopf, Marcus Meisel, Kersten Roselt (JENA-GEOS-Ingenieurbüro GmbH, Jena): Adaption von Technologien saisonaler geogener Wärmespeicher auf die Aquifere der Innovationsregion. Teil 1 Aquifer Thermal Energy Storage (ATES), Jena, 13.05.2021

[45] Bürgerrat Klima (2021)

<https://buergerrat-klima.de/neuigkeiten/der-verkehr-das-sorgenkind---neuigkeiten-aus-dem-handlungsfeld-mobilitaet>

[46] Bürgerrat Klima (2021), Wolfgang Lucht, PIK, Abschlusskonferenz, 14.7.2021

<https://buergerrat-klima.de/neuigkeiten/statement-wolfgang-lucht-abschlusspressekonferenz>

[47] <https://www.bzfe.de/nachhaltiger-konsum/lagern-kochen-essen-teilen/planetary-health-diet/>

[48] Deutsche Energie-Agentur: dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität, Oktober 2021

https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/Abschlussbericht_dena-Leitstudie_Aufbruch_Klimaneutralitaet.pdf

[49] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. 14.5.2021, S. 18 www.pv-fakten.de

[50] Christoph Frenkel, Laura Hofmann, Jana Liebe, Amélie Oberdorfer, Theresa Reinhardt, Christoph Schmidt, Sebastian Voswinckel, Viktor Wesselak (Hochschule Nordhausen, Institut für Regenerative Energietechnik): So geht's. Wie Thüringen klimaneutral wird – Ergebnisse der Energiesystemmodellierung, November 2021, veröffentlicht am 21.1.2022; 164 Seiten; ISBN 978-3-940820-18-1; https://www.hs-nordhausen.de/fileadmin/daten/forschung/pdf/So_gehts.pdf; 12,3 MB.

[51] K. Roselt & A. Papsdorf (Redaktion), B. Felgentreff, J. Hopf, E. Kothe, D. Landgraf, M. Meisel, J. Schmidt, M. Voigt: aqstore: Adaption von Technologien saisonaler geogener Wärmespeicher auf die Aquifere der Innovationsregion Mitteldeutschland. – Band 1 (Studie) 131 S., 50 Abb., 8 Tab. Band 2 (Atlas) 14 S. – Jena & Leipzig, Dezember 2021; https://jena-geos.de/wp-content/uploads/2022/01/20211216_Schlussbericht-aqstore-V2.0.pdf; 8,2 MB

[52] Angelika Paar, Fabian Bergk, Miriam Dingeldey, Clemens Hecker, Vanessa Herhoffer (Umweltbundesamt): Klimaschutzpotenziale in Kommunen. Quantitative und qualitative Erfassung von Treibhausgasreduzierungspotenzialen in Kommunen. Climate Change 04/2022. Hrsg.: Umweltbundesamt, Februar 2022. 2,8 MB; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_04-2022_klimaschutzpotenziale_in_kommunen.pdf
Anhang (10,8 MB): Steckbriefe kommunaler Klimaschutzpotenziale; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_04-2022_klimaschutzpotenziale_in_kommunen_anhang-steckbriefe.pdf

[53] Martin Randelhoff: Amsterdam reduziert bis 2025 die Zahl der Anwohnerparkausweise um 1.500 pro Jahr (insgesamt 11.200). In: Zukunft Mobilität. 10.6.2019. <https://www.zukunft-mobilitaet.net/169960/urbane-mobilitaet/parken-in-amsterdambewohnerparkausweis-parkgebuehren-rueckbau/>

[54] Aletta Bonn (FSU Jena): Planetare Gesundheit: Wie wollen wir die Zukunft gestalten? Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU); 02.02.2022; <https://www.wbgu.de/de/veranstaltungen/veranstaltung/2022-02-02-ip-webinar>

[55] Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE e. V.): DGE-Qualitätsstandards für die Betriebsverpflegung; <https://www.in-form.de/materialien/dgequalitaetsstandard-fuer-die-betriebsverpflegung/>

[56] HyStarter-Konzept Region Weimarer Land/Weimar, Oktober 2021; https://www.weimarer-land.de/de/datei/anzeigen/id/8546,31/hystarter_weimarer_landweimar_finaler_projektbericht_inkl._anhaenge.pdf

[57] Stadtverwaltung Jena: „Jena.Regional – Stadt-Umland-Kooperationen. Stand und Ausblick“. Antwort auf Große Anfrage für die Sitzung des Stadtrates Jena am 26. Januar 2022, eingereicht durch die CDU-Fraktion am 26.10.2021

<https://sessionnet.jena.de/sessionnet/buergerinfo/getfile.php?id=106102&type=do&>

[58] Ute Scheub: „Nachhaltige Energie: Die coolere Kohle. Pflanzenkohle hat als Klimaretterin großes Potenzial. Die Technik ist einfach, skalierbar und sofort einsetzbar. Steht sie vor dem Durchbruch?“ taz 19.2.2022. <https://taz.de/Nachhaltige-Energie/!5834302/>

[59] Chelsea Wald: Recycling: Die Urin-Revolution. Spektrum (der Wissenschaft). 21.02.2022, https://www.spektrum.de/news/wie-das-urin-recycling-die-welt-retten-koennte/1989562?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE

[60] Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit e.V. (KLUG) <https://www.klimawandelgesundheit.de/bildung-fuer-transformatives-handeln/>