

Energie- versorgung 2050

**KLIMA
SCHUTZ
STADT**
KIEL.100%



Dokumentation des Fachworkshops
zum „Masterplan 100 % Klimaschutz“
am 12. April 2017



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

Erstellung des Masterplans 100 % Klimaschutz für die Landeshauptstadt Kiel

Dokumentation des Workshops „CO₂-neutrale Energieversorgung“

12.04.2017 (09:00-17:00 Uhr), Rathaus der Landeshauptstadt Kiel

Teilnehmende

Name	Vorname	Organisation
Alznauer	Timo	Stadtwerke Kiel AG
Bäumann	Thomas	Müllverbrennung Kiel GmbH & Co KG
Bittner	Eyke	Tiefbauamt Landeshauptstadt Kiel
Brosius	Oliver	Wankendorfer Baugenossenschaft
Burmeister	Florian	getproject GmbH & Co KG
Clausen	Heidrun	Kieler Mieterverein
Dahmke	Andreas, Prof. Dr.	Inst. f. Geowissenschaften CAU Kiel
Drewek	Roland, Dr.	SWKiel Netz GmbH
Frölich	Heidy	Studentin CAU Kiel
Gaedeke	Gesa	Müllverbrennung Kiel GmbH & Co KG
Gäthje	Meike	Umweltschutzamt Landeshauptstadt Kiel
Hohmeyer	Olav, Prof. Dr.	Europa Universität Flensburg & SCS Hohmeyer Partner
Hühn	Ulrich	Elektro Hühn
Jacobsen	Peter	Umweltschutzamt Landeshauptstadt Kiel
Kittmann	Ulrich	Biomasse Verwertung
Koopmann	Jens-Peter	Umweltschutzamt Landeshauptstadt Kiel
Kostka	Christoph	Verband norddeutscher Wohnungsunternehmen e.V.
Kruse	Carina	Umweltschutzamt Landeshauptstadt Kiel
Mayer	Roger	Stadtwerke Kiel AG
Muche	Anna	Umweltschutzamt Landeshauptstadt Kiel
Müller	Christian	Denker & Wulf AG
Müller-Rüster	Gerrit	Treurat + Partner Unternehmensberatungsgesellschaft mbH
Ring	Claudia	freie Journalistin
Rissmann	Manfred	biotherm Services GmbH
Sause	Heinz	
Schirdewahn	Sabine	Eigenbetrieb Beteiligungen Landeshauptstadt Kiel
Schwanebeck	Malte	Geographisches Institut CAU Kiel
Stellmacher	Patrik	Stadtwerke Kiel AG
Tomsche	Diana	get2energy GmbH & Co KG
Beer	Martin	SCS Hohmeyer Partner
Breitenstein	Thomas	SCS Hohmeyer Partner
Jahn	Martin	SCS Hohmeyer Partner

Moderation

Martin Beer (SCS Hohmeyer | Partner)

Anlagen

Präsentationsfolien aus dem Workshop

Inhaltsübersicht

Ausgangslage und Zielsetzung.....	3
Workshop-Tagesordnung.....	4
<u>Teil I: CO₂-neutrale Stromversorgung</u>	6
1. Grußworte und Einführung.....	6
2. Inputvortrag „Klimapolitische Rahmenbedingungen für die Energieversorgung der Zukunft“ ..	6
3. Inputvortrag „Wie erreichen wir das Ziel der CO ₂ -neutralen Stromversorgung bis 2050?“	7
4. Arbeitsgruppenphase	10
4.1. Ergebnisse der Arbeitsgruppe 1.....	10
4.1.1. Diskussion des verwendeten Bilanzierungsprinzips der Treibhausgasemissionen	10
4.1.2. Strom- und Wärmeerzeugung der Müllverbrennungsanlage bis zum Jahr 2050....	11
4.1.3. Strom- und Wärmeerzeugung des Gasmotorenkraftwerks bis zum Jahr 2050.....	11
4.1.4. Ausbau regenerativer Energieträger auf dem Stadtgebiet.....	12
4.2. Ergebnisse der Arbeitsgruppe 2.....	13
4.3. Diskussion und Synthese der Ergebnisse im Plenum.....	14
<u>Teil II: CO₂-neutrale Wärmeversorgung</u>	17
5. Begrüßung & Einführung in den zweiten Teil.....	17
6. Inputvortrag „Wie erreichen wir das Ziel der CO ₂ -neutralen Wärmeversorgung bis 2050?“ ..	17
7. Arbeitsgruppenphase.....	20
7.1. Ergebnisse der Arbeitsgruppe 1: Leitungsgebunden Wärmeversorgung (Fernwärme) .	20
7.1.1. Großwärmepumpen	21
7.1.2. Feste Biomasse.....	21
7.1.3. CO ₂ -neutrales Gas	22
7.1.4. Saisonwärmespeicher im Untergrund.....	23
7.1.5. Wärmespeicher auf Basis von Kalk	23
7.1.6. Bedeutung der Energieeffizienz im Bereich Wärme.....	23
7.2. Ergebnisse der Arbeitsgruppe 2: Nicht-leitungsgebundene Wärmeversorgung	24
8. Diskussion der möglichen Handlungsschritte zur Umsetzung	28
9. Abschluss & Zusammenfassung.....	28

Ausgangslage und Zielsetzung

Der Workshop „CO₂-neutrale Energieversorgung“ ist der elfte aus einer Serie von insgesamt 14 Workshops zur Erstellung des „Masterplan 100 % Klimaschutz“ für die Landeshauptstadt Kiel. Die Zielsetzung des Projekts umfasst die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 95 % sowie eine Endenergieeinsparung von 50 % bis zum Jahr 2050 im Verhältnis zum Jahr 1990. Das Ziel des Workshops ist es, zu erörtern, wie es gelingen kann, eine CO₂-neutrale Energieversorgung für die Landeshauptstadt Kiel zu gestalten, die zukünftig sozial, ökologisch und ökonomisch den Kriterien der Nachhaltigkeit entspricht. Dafür ist es notwendig, die Energieerzeugungsstruktur aus zentralen Erzeugungsanlagen und dem Ausbau dezentraler erneuerbarer Energien aufeinander abzustimmen, um den zukünftigen Energiebedarf zu decken. Mit Hilfe einer Modellierung der zu erwartenden Lastgänge des Energieverbrauchs und der in der Region zur Verfügung stehenden Potentiale regenerativer Energieträger wird untersucht, welcher Anteil des zukünftigen Energieverbrauchs in der Landeshauptstadt lokal gedeckt werden kann und zu welchem Anteil erneuerbare Energie aus anderen Regionen bezogen werden müssen. Für die Diskussion dieser Herausforderungen setzt sich der Kreis der Teilnehmenden aus Expertinnen und Experten aus dem Bereich Energiewirtschaft und regenerative Energien sowie Vertreter*innen anderer am Projekt „Masterplan 100 % Klimaschutz“ beteiligten Organisationen zusammen.

Die vorhergehenden Workshops dienten dazu, die Energieeinsparpotentiale der einzelnen Verbrauchssektoren zu ermitteln. Im vorläufigen Ergebnis ist eine Verbrauchsreduktion bis zum Jahr 2050 von 46 % möglich. Aufbauend auf diese Workshops soll nun gemeinsam entwickelt werden, wie der verbleibende Energiebedarf im Jahr 2050 CO₂-neutral gedeckt werden kann.

Workshop-Tagesordnung

Teil I: CO ₂ -neutrale Stromversorgung		
09:00	20 min	Einführung <ul style="list-style-type: none"> - Projektvorstellung Masterplan 100 % Klimaschutz (Projektteam, Konzept und Umsetzungsphase) - Ziele und Ablauf des Workshops
09:20	30 min	Klimapolitische Rahmenbedingungen für die Energieversorgung der Zukunft Prof. Dr. Olav Hohmeyer, SCS Hohmeyer Partner GmbH
09:50	20 min	Ziele und Methodik der Erstellung des Konzepts für die Energieversorgung Kiels im Jahr 2050
10:10	15 min	Stromverbrauch und Stromversorgung in der Landeshauptstadt Kiel heute und morgen <ul style="list-style-type: none"> - Struktur der Stromversorgung und resultierende Treibhausgasemissionen (Status-Quo) - Entwicklung des Stromverbrauchs im „Masterplan 100 % Klimaschutz“ bis zum Jahr 2050
10:25	20 min	Potentiale und Ressourcen für die Stromversorgung von morgen <ul style="list-style-type: none"> - Annahmen zur Weiterentwicklung der Erzeugungsanlagen auf dem Stadtgebiet - Potentiale zur Nutzung regenerativer Energieträger in Kiel und im Umland
10:45	15 min	Pause
11:00	60 min	Arbeitsgruppenphase: Erarbeitung von Szenarien bis zum Jahr 2050 Diskussion u.a. zu folgenden Themen <ul style="list-style-type: none"> - Fahrweise der Erzeugungsanlagen auf dem Stadtgebiet - Ausbau der erneuerbaren Energieversorgung in Kiel und im Umland
12:00	30 min	Vorstellung und Zusammenführung der Arbeitsergebnisse
12:30	60 min	Mittagspause

Teil II: CO ₂ -neutrale Wärmeversorgung		
13:30	10 min	Begrüßung des Teilnehmer*innenkreises für den Nachmittags-Teil Peter Todeskino, Bürgermeister der Landeshauptstadt Kiel
13:40	20 min	Vorstellung der Ergebnisse des Vormittags
14:00	15 min	Wärmeverbrauch und Wärmeversorgung in der Landeshauptstadt Kiel heute und morgen <ul style="list-style-type: none"> - Struktur der Wärmeversorgung und resultierende Treibhausgasemissionen (Status-Quo) - Entwicklung des Wärmeverbrauchs im „Masterplan 100 % Klimaschutz“ bis zum Jahr 2050
14:15	25 min	Potentiale und Ressourcen für die Wärmeversorgung von morgen <ul style="list-style-type: none"> - Annahmen zur Weiterentwicklung der Erzeugungsanlagen auf dem Stadtgebiet - Potentiale zur Ausweitung der leitungsgebundenen Wärmeversorgung (Fern- und Nahwärme) - Potentiale zur Nutzung von regional erzeugtem Strom im Wärmesektor - Potentiale zur Nutzung regenerativer Energieträger in Kiel und im Umland
14:40	60 min	Arbeitsgruppenphase: Erarbeitung von Szenarien bis zum Jahr 2050 Diskussion u.a. zu folgenden Themen <ul style="list-style-type: none"> - Ausbau der leitungsgebundenen Wärmeversorgung (Fern- und Nahwärme) - Fahrweise und Weiterentwicklung der Erzeugungsanlagen auf dem Stadtgebiet (leitungsgebundene Wärmeversorgung: Fern- und Nahwärme) - Umrüstung und Umstellung der nicht leitungsgebundenen Wärmeversorgung
15:40	15 min	Pause
15:55	30 min	Vorstellung und Zusammenführung der Arbeitsergebnisse
16:25	30 min	Umsetzungsstrategien <ul style="list-style-type: none"> - Welche wichtigen langfristigen Weichenstellungen müssen erfolgen zur Realisierung des Handlungsplanes? - Welche Implikationen bestehen für zentrale Akteure der Umsetzungsphase?
16:55	5 min	Zusammenfassung und Ausblick <ul style="list-style-type: none"> - Ausblick auf den Workshop „Zukunft der Fernwärme“ am 09.05.2017
17:00		Ende der Veranstaltung

Teil I: CO₂-neutrale Stromversorgung

1. Grußworte und Einführung

Zu Beginn der Veranstaltung begrüßen **Meike Gäthje** und **Anna Muche** (Umweltschutzamt der Landeshauptstadt Kiel) die Teilnehmer*innen zum Workshop. Sie stellen den Anwesenden das Projekt „Masterplan 100 % Klimaschutz“ vor. Seit dem 01.07.2016 ermittelt das Projektteam, wo es in der Landeshauptstadt Kiel Potentiale zur Einsparung von Energie und Treibhausgasen gibt. Gemeinsam werden in persönlichen Gesprächen und Workshops mit Kielerinnen und Kielern, Akteuren aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Verwaltung kreative und innovative Ideen entwickelt, wie die ambitionierten Klimaschutzziele erreicht werden können. Als Ergebnis wird im Sommer 2017 der „Masterplan 100 % Klimaschutz“ vorliegen. Die darin enthaltenen Maßnahmen weisen den Weg zu einem klimaneutralen Kiel im Jahr 2050, den es im Anschluss an die Konzepterstellung zu beschreiten gilt. Herr Bittner weist auf die große Resonanz hin, die die Workshops zur Erstellung des „Masterplan 100 % Klimaschutz“ bislang erfahren haben – sowohl von Seiten der Kielerinnen und Kieler als auch von Fachexpertinnen und -Experten.

Martin Beer (SCS Hohmeyer | Partner) begrüßt die Teilnehmer von Seiten des Auftragnehmers für die Erstellung des „Masterplans 100 % Klimaschutz“ und stellt die Agenda für den Workshop vor.

2. Inputvortrag „Klimapolitische Rahmenbedingungen für die Energieversorgung der Zukunft“

(Prof. Dr. Olav Hohmeyer, Europa-Universität Flensburg & SCS Hohmeyer | Partner)

Herr Prof. Dr. Hohmeyer gibt einen Überblick über den Themenkomplex der zukünftig notwendigen CO₂-neutralen Energieversorgung vor dem Hintergrund des Klimawandels und globalen Klimaschutz-Zielsetzungen. Anhand der historischen Entwicklung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre und den zu erwartenden Temperaturanstiegen verdeutlicht er die Notwendigkeit einer drastischen Reduktion der CO₂-Emissionen, die sich in der Zielsetzung einer Verminderung der Emissionen gegenüber 1990 um 80-95 % für die Industrieländer niederschlägt. Da es nicht möglich sein wird, alle Sektoren vollständig zu dekarbonisieren, bedeutet das für alle anderen Bereiche die Notwendigkeit, dass hier in jedem Fall eine vollständige CO₂-Neutralität erreicht werden muss. In den vergangenen Jahren sind bei der Reduzierung von CO₂-Emissionen bereits einige Erfolge zu verzeichnen, insgesamt ist die

Entwicklung aber zu langsam und nicht umfassend genug. Fossile Energieträger sind immer noch die Hauptquelle der deutschen Strom- und Wärmeenergieversorgung, die insgesamt ca. 90 % der gesamten Treibhausgasemissionen ausmacht.

Städte haben durch ihren großen Verbrauch und die Möglichkeit, z.B. die Wärmeenergieversorgung mittels zentraler Maßnahmen wie der Umstellung der Wärmeenergieerzeugung für die Fernwärme zu steuern, bei der Umstellung der Energiesysteme eine zentrale Bedeutung. Dabei müssen alle Klimaschutzmaßnahmen integriert betrachtet werden, sodass starke Energie-Verbrauchsreduzierungen im Gebäudesektor durch energetische Sanierungen nicht die wirtschaftliche Grundlage einer Fernwärmeversorgung gefährden und bezahlbares Wohnen weiterhin ermöglicht wird. Herr Prof. Dr. Hohmeyer schlussfolgert, dass Vorreiter-Kommunen für den internationalen Klimaschutz von großer Bedeutung sind, um zu zeigen, dass eine kooperative und auf die Zielerreichung im Jahr 2050 abgestimmte Strategie individuelle Kostenvorteile für die Akteure verspricht. Die lokale Strategie zu einer CO₂-neutralen Energieversorgung ist zentrale Einflussgröße für die Strategien in den Sektoren Haushalte, Unternehmen und Mobilität.

Die weiteren Inhalte des Inputvortrags sind der angehängten Präsentation zu entnehmen.

3. Inputvortrag „Wie erreichen wir das Ziel der CO₂-neutralen Stromversorgung bis 2050?“

(Martin Beer, SCS Hohmeyer | Partner GmbH)

Im Anschluss an den Inputvortrag von Herr Prof. Hohmeyer stellt **Martin Beer** von der Firma SCS Hohmeyer|Partner GmbH als Verantwortlicher für die Erarbeitung des Konzepts „Masterplan 100 % Klimaschutz“ zunächst die Ziele und Methodik der Konzepterstellung für die CO₂-neutrale Energieversorgung vor. In den vorangegangenen Workshops wurde über Energieeinsparpotentiale in den Verbrauchssektoren (Haushalte, öffentliche Liegenschaften, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, Industrie sowie Mobilität) diskutiert. Im aktuellen Workshop geht es nun um die CO₂-neutrale Erzeugung des zukünftig noch verbleibenden Verbrauches. Dazu stellt er die im Vorfeld des Workshops erfolgte Potentialanalyse zur regenerativen Energieerzeugung in Kiel und den umliegenden Kreisen Rendsburg-Eckernförde sowie Plön vor. Er erläutert dabei auch, dass Studien derzeit keine Notwendigkeiten für großtechnische Stromspeicher im Übertragungsnetzbereich sehen, wenn wie durch die

Bundesregierung vorgesehen ein moderater Ausbau der Übertragungsnetze stattfindet. Wärmespeicher hingegen ergeben aufgrund der zunehmenden Sektorkopplung (z.B. Nutzung von Überschussstrom zur Wärmeerzeugung) aus energiewirtschaftlicher Sicht zukünftig Sinn.

Abbildung 1 zeigt den Lastverlauf des Stromverbrauchs der Landeshauptstadt Kiel im Jahr 2014. (Anmerkung: Daten basieren auf den Daten für das Bundesland Schleswig-Holstein und ergeben eine maximale Last von ca. 150 MW. (Ein Vertreter der Stadtwerke Kiel AG merkt an, dass sich diese erfahrungsgemäß in der Realität eher bei 230 MW bewegt.)

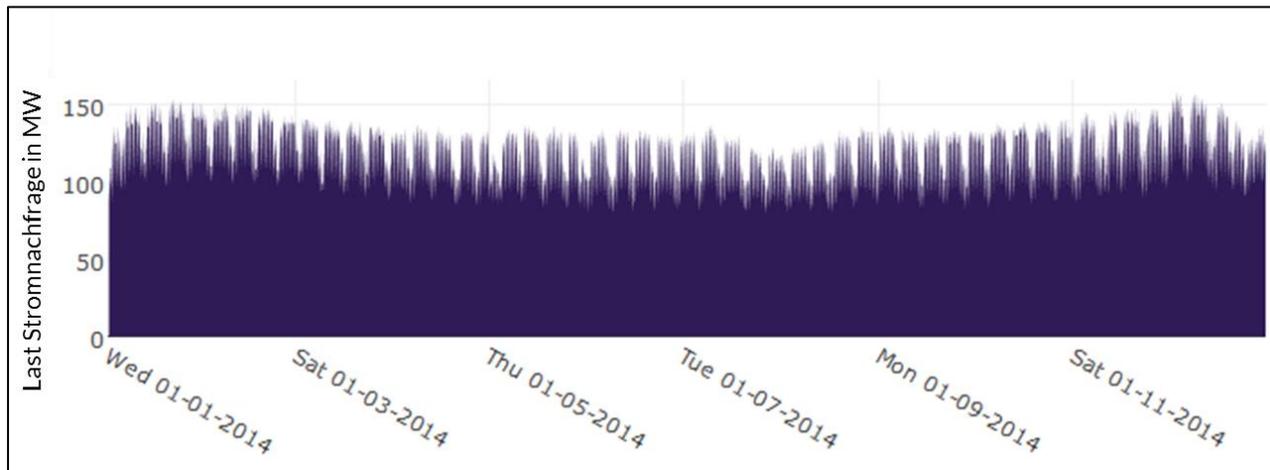


Abbildung 1: Lastgang des Stromverbrauchs der Landeshauptstadt Kiel für 2014

Anschließend stellt Herr Beer die Entwicklung der Kieler Energieverbräuche und der CO₂-Emissionen in der Vergangenheit vor. Er geht auf die derzeitige Struktur der Stromversorgung und die resultierenden Treibhausgasemissionen ein und erläutert das aus den in den vorigen Workshops ermittelte vorläufige Szenario zur Entwicklung des Stromverbrauchs im „Masterplan 100 % Klimaschutz“ bis zum Jahr 2050. Dieser wird um ca. 18 % gegenüber 2015 zurückgehen (inklusive eines höheren Stromverbrauchs durch Elektromobilität, siehe Abbildung 2).

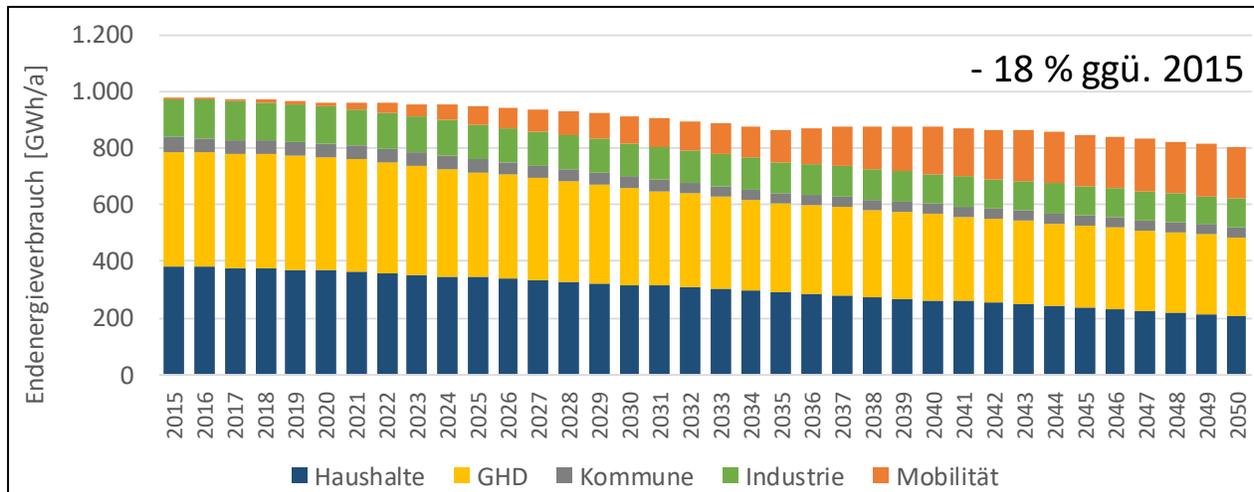


Abbildung 2: Entwicklung des Stromverbrauchs als Ergebnis der Abschätzung aller Reduktionspotentiale in den vorangegangenen Workshops (vorläufig)

Es schließt sich eine Vorstellung der Potentiale und Ressourcen für die zukünftige Stromversorgung an. Die Herausforderung für eine CO₂-neutrale Stromversorgung besteht insbesondere in der Substitution von Erdgas, welches im neuen Gasmotorenkraftwerk eingesetzt werden wird, durch erneuerbare Energieträger (siehe Abbildung 3). Es wird darauf hingewiesen, dass die vollständige Substitution von Erdgas durch Biomethan bei einer Fahrweise des Gasmotorenkraftwerks von 4.500 Volllaststundenäquivalenten im Jahr zu einem sehr hohen Verbrauch an Biomethan führen würde. Eine Fläche von ca. 335 % des Stadtgebiets würde bei heutigem Stand der Technik alleine für den Anbau von Energiepflanzen zur Biomethanproduktion benötigt.

Für die Stromerzeugung durch Photovoltaik und v.a. durch Windkraft bestehen auf dem Kieler Stadtgebiet nur begrenzte Potentiale, sodass eine Einbeziehung des Umlandes (Kreise Rendsburg-Eckernförde und Plön) in die Betrachtung notwendig ist, welches deutlich höhere Potentiale für die Erzeugung von Strom aus regenerativen Energiequellen besitzt.

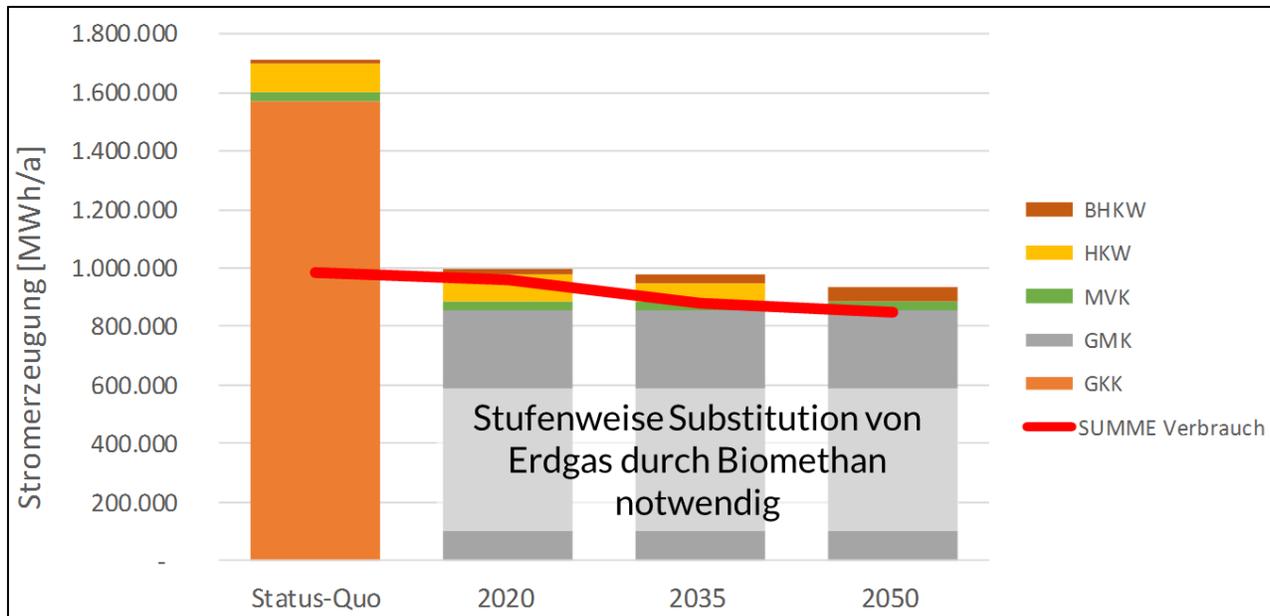


Abbildung 3: Stromerzeugung aus Kieler Kraftwerken und Stromnachfrage in den Jahren 2014, 2020, 2035 und 2050 bei Annahme einer vollständigen Substitution von Erdgas durch Biomethan (BHKW = Summe kleiner Einzelanlagen; HKW = Heizkraftwerke; MVK = Müllverbrennung; GMK = Gasmotorenkraftwerk; GKK = Gemeinschaftskraftwerk Kiel)

Die weiteren Inhalte sind der angehängten Präsentation zu entnehmen.

4. Arbeitsgruppenphase Strom

Im Anschluss stellt Martin Beer die Arbeitsgruppenphase für die Stromerzeugung vor, die für die weitere Diskussion mit den Teilnehmer*innen angeboten wird.

In zwei Arbeitsgruppen wird anschließend für die Zeit von ca. 60 Minuten darüber diskutiert, welcher Ausbau der erneuerbaren Energien und welche Fahrweise der großen Strom- Erzeugungsanlagen auf dem Stadtgebiet zukünftig für das Ziel der CO₂-neutralen Stromversorgung notwendig sind. Beide Arbeitsgruppen diskutieren parallel die gleichen Aspekte, um eine möglichst große Bandbreite an Ergebnissen zu erhalten. Im Anschluss sollen die Ergebnisse im Plenum vorgestellt werden.

4.1. Ergebnisse der Arbeitsgruppe 1

4.1.1. Diskussion des verwendeten Bilanzierungsprinzips der Treibhausgasemissionen

Die Teilnehmer*innen der Arbeitsgruppe kommen zunächst auf die Bilanzierungsmethodik im Projekt „Masterplan 100 % Klimaschutz“ für die CO₂-Intensität des lokalen Stromverbrauchs zu sprechen. Es ist in der bundesweit einheitlich anzuwendenden Bilanzierungsmethodik für den kommunalen Klimaschutz vorgesehen, dass die CO₂-Intensität (Einheit: Gramm CO₂-Äquivalent je Kilo-

wattstunde) jeder Kilowattstunde Strom (Endenergie) entweder komplett mit der CO₂-Intensität des Strom-Bundesmix angesetzt wird oder indem alternativ die Treibhausgasemissionen sämtlicher Stromerzeugung auf dem Stadtgebiet ins Verhältnis zur insgesamt erzeugten Strommenge gesetzt wird. Eine Berücksichtigung von Strom-Importen oder der Bezug von Herkunftsnachweisen für regenerativ erzeugten Strom ist nach diesem Standard nicht bzw. nur nachrichtlich möglich.

4.1.2. Strom- und Wärmeerzeugung der Müllverbrennungsanlage bis zum Jahr 2050

Es wird festgestellt, dass die Müllverbrennung Kiel zukünftig auch weiterhin in der Grundlast produzieren wird (7.600 h/a). Vor dem Hintergrund der Unsicherheiten bei der Entwicklung des Müllaufkommens in der Landeshauptstadt und in der Region Kiel sollte im Zuge turnusgemäßer Neuinvestitionen in die Verbrennungsanlagen diskutiert werden, wie sich die Erzeugungskapazitäten im Einklang mit den zukünftig zur Verfügung stehenden Abfallmengen entwickeln sollten. Derzeit wird davon ausgegangen, dass die elektrische Erzeugungskapazität der zwei bestehenden Verbrennungslinien bis zum Jahr 2050 konstant bleiben wird. Zusätzlich wird im Szenario „Masterplan 100 % Klimaschutz“ angenommen, dass die thermische Erzeugungskapazität durch die Verbrennung von Klärschlamm in einer neuen, dritten Feuerungslinie spätestens ab dem Jahr 2050 von derzeit 30 MW_{th} auf 35 MW_{th} zunehmen wird. Das im Rahmen der Arbeitsgruppenphase diskutierte Modellszenario wird im Anschluss an die Arbeitsgruppenphase derart angepasst, dass die Fahrweise in Grundlast nicht veränderbar im Modell festgelegt ist.

4.1.3. Strom- und Wärmeerzeugung des Gasmotorenkraftwerks bis zum Jahr 2050

Die Ausgestaltung der zukünftigen Stromversorgung der Landeshauptstadt Kiel im Jahr 2050 läuft auf die Frage hinaus, wie viele Betriebsstunden das Gasmotorenkraftwerk im Jahr 2050 zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung erreichen wird.

Während in dem in der Arbeitsgruppenphase vorgestellten Modellszenario davon ausgegangen wird, dass die Laufzeit des Gasmotorenkraftwerks im Jahr 2050 nur noch 1.000 Volllaststunden umfassen wird, wird seitens der Stadtwerke Kiel AG auf eine eigene Studie verwiesen, wonach das Gasmotorenkraftwerk bei Annahme der zu erwartenden Rahmenbedingungen im bundesdeutschen Strommarkt selbst im Jahr 2042 noch deutlich mehr als die im Szenario angesetzten 1.000 Volllaststunden in Betrieb sein kann. Dem wird von Seiten SCS Hohmeyer|Partner entgegnet, dass die Strom- und Wärmeerzeugung des Gasmotorenkraftwerks spätestens im Jahr 2050 dann zu 100 % auf Basis von CO₂-neutralem Gas erfolgen muss, um die Ziele des „Masterplan 100 % Klima-

schutz“ erreichen zu können und derzeit noch sehr unsicher ist, welche Mengen CO₂-neutrales Gas im Jahr 2050 bundesweit zu welchen Kosten und mit welchen ökologischen Auswirkungen zur Verfügung stehen werden.

Es wird festgehalten, dass die Rahmenbedingungen auf dem deutschen Strommarkt, der im Jahr 2050 nahezu vollständig auf regenerativer Stromerzeugung basieren wird, entscheidend für den Einsatz des Gasmotorenkraftwerks im Zieljahr 2050 sind. Es wird die Frage sein, zu welcher Anzahl von Stunden im Jahr die Stromerzeugung durch Onshore-Wind, Offshore-Wind und Photovoltaik in Deutschland nicht ausreichend wird, den Stromverbrauch zu decken und wie effektiv der Austausch zwischen verschiedenen Netzregionen in Deutschland aber auch in Europa funktionieren wird.

Die Frage der aus heutiger Sicht plausibelsten Annahme zur Fahrweise des Gasmotorenkraftwerks im Jahr 2050 wird im Nachgang zu diesem Workshop noch einmal im Detail mit der Stadtwerke Kiel AG erörtert werden.

Es wird ein Hinweis seitens der Stadtwerke Kiel AG zur Einsatzcharakteristik des Gasmotorenkraftwerks gegeben: Die Fahrweise des GMK wird in Abweichung von den Annahmen des Modells, welches eine regionale Einsatzoptimierung vorsieht, nicht in Teillast erfolgen. Wenn der Strommarkt die geeigneten Rahmenbedingungen für den Einsatz bietet, wird sämtliche zur Verfügung stehende elektrische Erzeugungskapazität eingesetzt werden. Im deutschen Strommarkt spielt die Kapazität eines der 20 Gasmotoren (9,5 MW_{el}) keine nennenswerte Rolle, aus diesem Grund wird bei geeignetem Marktumfeld immer maximal mit allen zur Verfügung stehenden Gasmotoren produziert.

4.1.4. Ausbau regenerativer Energieträger auf dem Stadtgebiet

In Bezug auf den Ausbau regenerativer Energieträger auf dem Stadtgebiet wird im Kreis der Teilnehmer*innen die Abschätzung getroffen, dass die zur Verfügung stehende Kapazität im Bereich der Stromerzeugung durch Photovoltaik (Dachanlagen) bis zum Jahr 2050 von derzeit 9,5 MW_{peak} auf ca. 30 MW_{peak} anwachsen wird. Dies entspricht der Nutzung von ca. 5-6 % der zur Verfügung stehenden geeigneten Dachfläche der Wohn- und Gewerbegebäude. Als Begründung für die Annahme wird darauf verwiesen, dass gegenwärtig einige Gebäude noch sehr begrenzte Dachlasten aufweisen, die z.T. für die Aufständigung von Photovoltaik-Modulen aufgrund der zu berücksichtigenden Windlasten nicht ausreichend sind.

Im Bereich der Windenergie wird davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2050 insgesamt 15 MW_{el} Erzeugungskapazität ausgebaut wird. Dieser Ausbau entspricht fünf Windenergieanlagen der Leistungsklasse von 3 MW_{el} oder 1.000 Kleinwindanlagen der Leistungsklasse von 5 kW_{el}. Letztere stellen aufgrund der deutlich höheren Investitionskosten der Anlagen derzeit kein wirtschaftlich attraktives Investment dar, können aber auf dem Stadtgebiet gerade in Gewerbegebieten oder in der Peripherie deutlich einfacher errichtet werden als Großanlagen der 3 MW_{el}-Leistungsklasse.

4.2. Ergebnisse der Arbeitsgruppe 2

In der zweiten Arbeitsgruppe wird nicht detailliert über die Annahmen zur Laufzeit des Gasmotorenkraftwerks diskutiert. Stattdessen wird intensiv der zukünftige Ausbau der Erzeugungsanlagen von Photovoltaik und Wind auf dem Stadtgebiet erörtert.

Für PV-Anlagen wird ein in der Gruppe als konservative eingeschätztes Potential von 50 MW_{peak} angenommen. Ausgehend von den derzeit installierten 9,4 MW_{peak} (was ca. 2 % der geeigneten Kieler Dachflächen entspricht) wird daher von einer Verfünffachung der Leistung ausgegangen. Insgesamt beträgt das maximale technische Potential etwa 250 MW_{peak}, wenn die Hälfte der im Kieler Dachkataster für geeignet gehaltenen Flächen genutzt würden (das selbst ca. 50 % der gesamten Kieler Dachflächen aufgrund ihrer Ausrichtung und Verschattungen für geeignet hält). Das Kataster wird von einigen Teilnehmer*innen kritisch gesehen, da es die statische Eignung zu optimistisch bewertet. Andererseits wird auch eingewandt, dass viele Dächer bis zum Jahr 2050 saniert und dadurch auch statisch ertüchtigt werden. Es wird auch über die Art und den Standort der Photovoltaikanlagen diskutiert. Größere Freiflächenanlagen haben bspw. kein Potential auf Kieler Stadtgebiet, weil es bereits jetzt einen starken Druck auf existierende Freiflächen gibt (u.a. durch geplante Wohnbebauung oder den Erhalt der Grünflächen), sodass andere Nutzungen prioritär sind.

Bezüglich der Windkraftanlagen wird konstatiert, dass es kein realisierbares Potential für große Anlagen der 3-MW_{el}-Klasse gibt. Ein früheres geplantes Projekt bzw. Flächen dafür sind im aktuellen Regionalplan der Landesregierung nicht mehr enthalten. Demzufolge werde lediglich ein Potential für Kleinwindanlagen gesehen, die allerdings nach Meinung der Diskutanten keinen nennenswerten Beitrag zur Kieler Stromversorgung beitragen können. Sie sind jedoch aufgrund ihrer Sichtbarkeit und Vorbildwirkung trotzdem erstrebenswert. Insgesamt wird geschätzt, dass im Stadtgebiet verteilt (z.B. Gewerbegebiete wegen der dort ohnehin schon vorhandenen

optischen Beeinträchtigung des Stadtbildes) circa 1 MW_{el} denkbar wäre, aufgeteilt auf eine Vielzahl von kleinen Anlagen der 5-kW_{el}-Klasse.

4.3. Diskussion und Synthese der Ergebnisse im Plenum

Im Anschluss an die Arbeitsgruppen werden die Ergebnisse und Annahmen im Plenum vorgestellt und zu einem gemeinsamen Syntheszenario zusammengefügt. Anschließend wird ein Szenario mit den von SCS Hohmeyer|Partner vorgeschlagenen bzw. in den Arbeitsgruppen diskutierten getroffenen Annahmen berechnet, dessen Ergebnisse in der nachfolgenden Tabelle 1 zu finden sind.

Tabelle 1: Diskutierte Szenarien zur (nahezu) CO₂-neutralen Stromerzeugung und -versorgung des Stadtgebiets im Jahr 2050

	Synthese-Szenario (2050)
Erzeugung Photovoltaik auf dem Stadtgebiet	50 MW _{peak} → 59 GWh _{el} (ca. 6 % des Verbrauchs)
Erzeugung (Klein-) Windkraft auf dem Stadtgebiet	15 MW _{el} → 33 GWh _{el} (ca. 3 % des Verbrauchs)
Stromerzeugung Gasmotorenkraftwerk	190 GWh _{el}
Import aus dem Umland	600 GWh _{el}
Import aus dem übrigen deutschen Netzgebiet	0 GWh _{el}
Direkte CO₂-Emissionen Stromerzeugung	
Direkte CO ₂ -Emissionen Stromerzeugung	4.800 t CO ₂
CO ₂ -Intensität Stromerzeugung (direkte Emissionen)	23 g/kWh _{el}
Flächenbedarf	
Flächenbedarf Photovoltaik	0,1 % d. Stadtfläche
Flächenbedarf Biomethan-Import (Strom & leitungsgebundene Wärme)	88,1 % d. Stadtfläche
Flächenbedarf Biomasse-Import (Strom & leitungsgebundene Wärme)	106,2 % d. Stadtfläche
Stromverbrauch	
Stromverbrauch in den Verbrauchssektoren inkl. Netzverluste (~ 3 %)	1.015 GWh _{el}
Verfügbarer Überschussstrom für Wärmepumpen	693 GWh _{el}
Annahme für Volllaststunden des Küstenkraftwerkes	Ca. 1.000h/a

Der in der folgenden Abbildung dargestellte zeitliche Verlauf der Stromnachfrage sowie der Stromerzeugung im Monat Februar des Jahres 2050 wird im Rahmen des Workshops durch das verwendete Modell generiert und gibt einen Überblick über die Verfügbarkeit von Strom aus regenerativen Energiequellen sowie der Fahrweise von großen Erzeugungsanlagen auf dem Stadtgebiet.

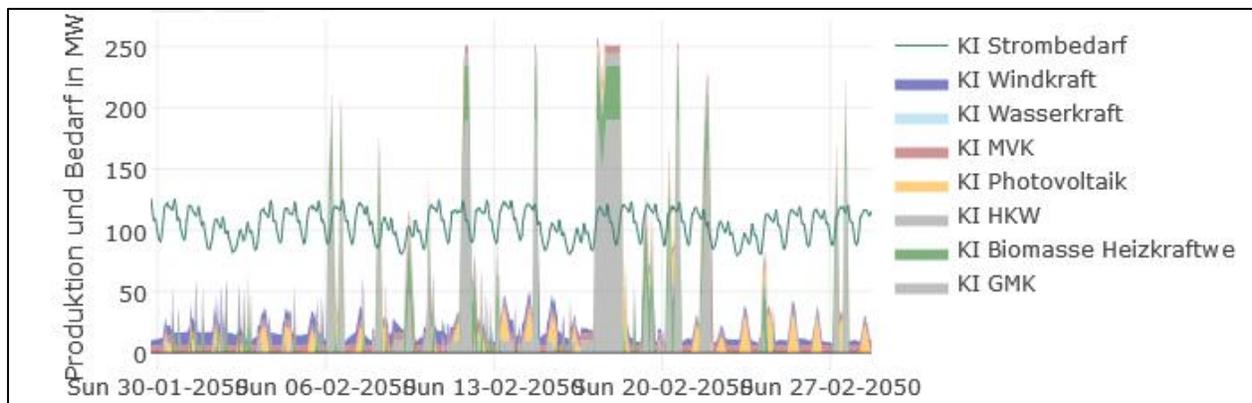


Abbildung 4: Beispielhafter Verlauf von Stromverbrauch und Einspeisung der verschiedenen Erzeugungsanlagen im Februar 2050

Auffällig ist, dass in dem Szenario kein Bezug von Strom von außerhalb der Region Kiel/Rendsburg-Eckernförde/Plön aus dem übrigen deutschen Netzgebiet nötig ist. Dies bedeutet, dass sich die Region Kiel im Jahr 2050 unter den getroffenen Annahmen zu jeder Stunde des Jahres selbst mit Strom versorgen kann. Circa 60 % des Kieler Stromverbrauchs wird dabei aus dem Umland gedeckt, ca. 40 % wird durch Kieler Erzeugungsanlagen produziert (siehe Abbildung 5). Dabei ist von einem konservativen Ausbau von Windkraft- und PV-Anlagen in den beiden umliegenden Kreisen ausgegangen worden: Lediglich die Hälfte der von der Landesregierung vorgeschlagenen Windeignungsflächen würden in diesem Szenario für die Windenergie genutzt werden.

Die von SCS Hohmeyer|Partner angenommene geringe Zahl an Volllaststunden des Küstenkraftwerkes/Gasmotorenkraftwerks ist nach Aussage der Stadtwerke Kiel AG in der Arbeitsgruppe 2 (trotz der höheren Annahmen in einer eigenen Studie, s. Seite 11) grundsätzlich denkbar. Die zentrale Rolle der Stadtwerke wird zukünftig eher in der Logistik (Stromhandel & Transport) und der Netzsteuerung gesehen werden und das Kraftwerk zudem bis dahin wirtschaftlich abgeschrieben sein.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die im Jahr 2050 nach der Modellrechnung im betrachteten Szenario auf dem Stadtgebiet erfolgende Stromerzeugung sowie die zu erwartende Stromnachfrage.

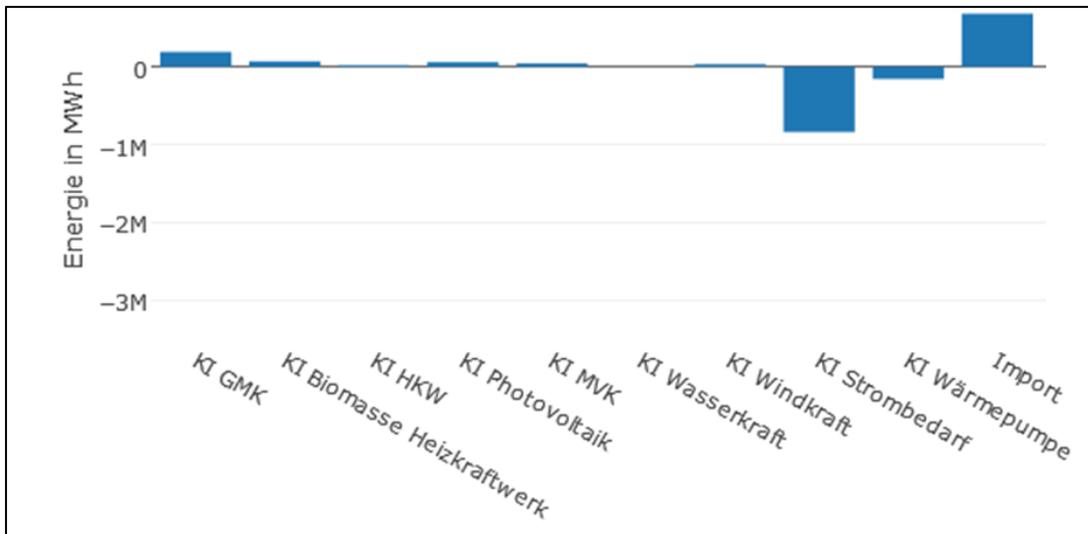


Abbildung 5: Lokale Erzeugung, Verbrauch und regionaler Import im Jahr 2050

Die im Jahr 2050 noch verbleibenden direkten CO₂-Emissionen für die Strom- und die leitungsgebundene Wärmeerzeugung (4.800 Tonnen CO₂) entsprechen einem Anteil von ca. 1,5 % der CO₂-Emissionen in der Landeshauptstadt Kiel im Jahr 1990. Sollte die Energieversorgung im Bereich der nicht-leitungsgebundenen Wärmeversorgung sowie des Bereichs Mobilität – hier im Speziellen die im Jahr 2050 ggf. noch benötigten Kraftstoffe – zu 100 % auf CO₂-neutralen Energieträgern erfolgen, so entspräche dies einer Reduzierung des CO₂-Ausstoßes von 98,5 % gegenüber dem Jahr 1990. Es ist zu beachten, dass diese Werte lediglich vorläufige Ergebnisse darstellen.

Teil II: CO₂-neutrale Wärmeversorgung

5. Begrüßung & Einführung in den zweiten Teil

Zu Beginn des zweiten Teils begrüßt Bürgermeister **Peter Todeskino** die anwesenden Teilnehmer. Er verweist auf die wichtige Herausforderung des Klimawandels, der die Landeshauptstadt Kiel nach dem Grundsatz „global denken, lokal handeln“ mit dem „Masterplan 100 % Klimaschutz“ begegnet. Er freut sich auf das Handlungskonzept des Masterplans, das das Ziel, bis 2050 klimaneutral zu sein, aufzeigen soll. In der Informationstechnologie haben sich erstaunliche Entwicklungen in kürzester Zeit entwickelt. Aus diesem Grund vertraut der Bürgermeister auf neue Innovationen, um dem Klimawandel zu begegnen. Herr Todeskino betont, dass Pessimismus sich nicht lohnt und er lobt in dem Zusammenhang das zukunftsweisende Kraftwerksprojekt der Stadtwerke Kiel AG und zeigt sich fasziniert von den damit erreichbaren Möglichkeiten einer zeitlich flexiblen Strom- und Wärmeproduktion. Er bedauert, dass die StadtRegionalBahn nicht realisiert werden konnte, mit der man im Mobilitätssektor noch mehr Klimaschutz hätte voranbringen können. Auch im Gebäudebereich muss man eine Balance zwischen den notwendigen Gebäudesanierungen und dem Fernwärmeabsatz der Stadtwerke Kiel AG finden. Alle diese Dinge wird der „Masterplan 100 % Klimaschutz“ zu einem sinnvollen Konzept vereinen. Er dankt allen Teilnehmer*innen für ihr Engagement im Rahmen der Workshops und ihre Hilfe für die Landeshauptstadt Kiel auf dem Weg zur klimaneutralen Stadt.

Herr Beer als Verantwortlicher für die Erarbeitung des Konzepts „Masterplan 100 % Klimaschutz“ begrüßt die neuen Teilnehmer und stellt zusammenfassend die Ergebnisse des ersten Teils zur Stromversorgung vor. Im ersten Teil wurde mit den Teilnehmer*innen die zukünftige klimaneutrale Stromversorgung diskutiert. Für den zweiten Teil sind nun zusätzliche Fachexpert*innen zum Thema Wärme (z.B. aus der Wohnungswirtschaft) dazugestoßen.

6. Inputvortrag „Wie erreichen wir das Ziel der CO₂-neutralen

Wärmeversorgung bis 2050?“

(Martin Beer, SCS Hohmeyer | Partner GmbH)

Herr **Beer** stellt in einem weiteren Inputvortrag zunächst die in den vorangegangenen Workshops erarbeiteten Energieeinsparpotentiale in den Verbrauchssektoren (Haushalte, öffentliche Liegenschaften, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, Industrie und Mobilität) und die zukünftige Ent-

wicklung der Kieler Energieverbräuche und der CO₂-Emissionen im „Masterplan 100 % Klimaschutz“ bis zum Jahr 2050 vor. Der Wärmeverbrauch wird nach den vorläufigen Berechnungen bis zum Jahr 2050 um ca. 33 % gegenüber 2015 zurückgehen (siehe Abbildung 6). Es wird allerdings davon ausgegangen, dass der Verbrauch im Bereich leitungsgebundener Wärmeversorgung (Fern- und Nahwärme) bis zum Jahr 2025 gegen den Trend der Energieeinsparung jährlich um ca. 1 % zunehmen wird, da vorgesehen ist, das Netzgebiet und damit die Zahl der angeschlossenen Haushalte auszuweiten. Die im Folgenden dargestellte Abbildung zeigt den Lastverlauf für die leitungsgebundene Wärmeversorgung (Fern- und Nahwärme) auf dem Stadtgebiet.

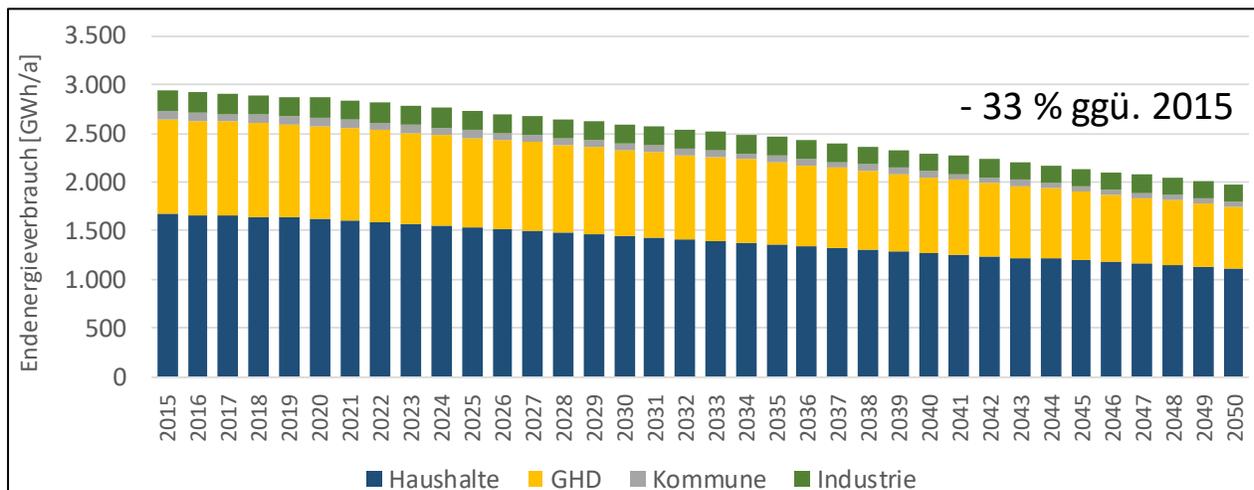


Abbildung 6: Entwicklung des (witterungsbereinigten) Wärmeverbrauchs als Ergebnis der Abschätzung aller Reduktionspotentiale in den vorangegangenen Workshops (vorläufig)

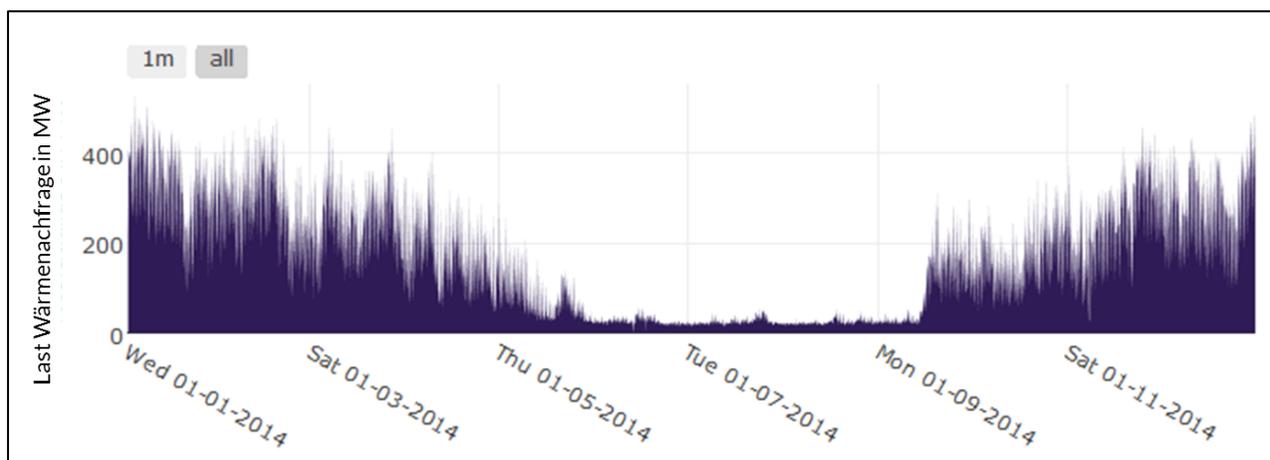


Abbildung 7: Lastgang des Wärmeverbrauchs der LH Kiel für 2014 (Grundlast im Sommer ca. 20 MW, Spitzenlast im Winter ca. 500 MW)

Im aktuellen Workshop geht es um die CO₂-neutrale Erzeugung des zukünftig zu erwartenden Wärmeverbrauchs auf dem Kieler Stadtgebiet. Als Einführung zu dieser Fragestellung stellt Martin Beer die vorweg erfolgte Potentialanalyse zur regenerativen Wärmeenergieerzeugung in Kiel vor.

Es wird zwischen den Bereichen leitungsgebundene Wärmeversorgung (Fern- und Nahwärme) und nicht-leitungsgebundene Wärmeversorgung (Einzelheizungsanlagen) unterschieden. Eine Herausforderung für die Fernwärmeversorgung wird es sein, für den in naher Zukunft durch das Küstenkraftwerk/Gasmotorenkraftwerk aus Erdgas erzeugten Teil der Wärmeversorgung bis zum Jahr 2050 alternative Versorgungsoptionen zu finden, die 100 % CO₂-neutral sind.

Unter der Annahme von SCS Hohmeyer|Partner, dass das Küstenkraftwerk im Jahr 2050 stromgeführt nur noch 1.000 Volllaststunden pro Jahr läuft, besteht eine Lücke in der Wärmeerzeugung. Diese kann durch verschiedene andere Quellen gedeckt werden (siehe Abbildung 8):

- eine höhere Produktion aus (Groß-)Wärmepumpen oder Elektrodenheizkesseln,
- eine zusätzliche Leistung aus einem oder mehreren (Biomasse-) Heizkraftwerk(en) von insgesamt ca. 45 MW_{th}, und/oder
- der Klärschlammverwertung aus der Region im Müllverbrennungskraftwerk (ca. 5 MW_{th}).

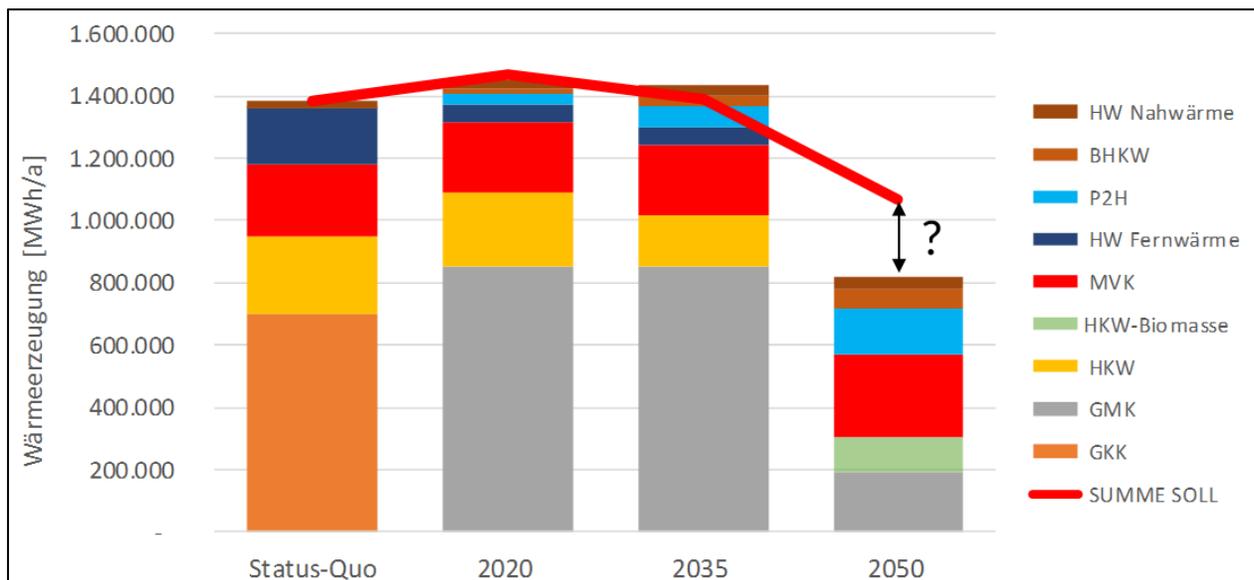


Abbildung 8: Fernwärmeerzeugung aus Kieler Kraftwerken und -nachfrage (HW/BHKW = Summe verschiedener kleiner Heizwerke/Blockheizkraftwerke, P2H = Wärmepumpen; MVK = Müllverbrennungskraftwerk; HKW = Heizkraftwerk; GMK = Gasmotorenkraftwerk; GKK = Gemeinschaftskraftwerk Kiel)

Auch bei Nutzung der o.g. CO₂-neutralen Versorgungsoptionen ergibt sich im Jahr 2050 noch eine Erzeugungslücke von ca. 200 MWh_{th}/a, die durch Erzeugungsanlagen in der Größenordnung von etwa 100-150 MW_{th} für den Mittellastbereich (2.000-3.000 Volllaststundenäquivalente p.a.) erzeugt werden muss. Optionen dafür können laut Herrn Beer weitere Biomasse-Heizkraftwerke mit flexiblem Betrieb (wechselnder Betrieb zwischen Kraft-Wärme-Kopplung und reiner

Wärmeauskopplung je nach Bedarf) oder Großwärmepumpen in Kombination mit tiefer Geothermie sein.

Die weiteren Inhalte sind der angehängten Präsentation zu entnehmen.

7. Arbeitsgruppenphase Wärme

Im Anschluss stellt Herr Beer den Teilnehmer*innen die Arbeitsgruppen für die Wärmeerzeugung vor, die für die weitere Diskussion angeboten werden:

- Leitungsgebunden Wärmeversorgung (Fern- und Nahwärme)
- Nicht-leitungsgebundene Wärmeversorgung (Einzelheizungsanlagen)

In den beiden Arbeitsgruppen wird für die Zeit von ca. 60 Minuten diskutiert, welche Energiequellen zukünftig für das Ziel der CO₂-neutralen Wärmeversorgung genutzt werden sollten. Im Anschluss werden die Ergebnisse im Plenum vorgestellt.

7.1. Ergebnisse der Arbeitsgruppe 1: Leitungsgebunden Wärmeversorgung (Fernwärme)

Den Teilnehmer*innen der Arbeitsgruppe wird zunächst anhand des Energiemodells vorgestellt, welche Auswirkungen das als Ergebnis der Arbeitsgruppenphase im Bereich Strom abgestimmte Szenario („Syntheszenario“, s. Abschnitt 4.3) auf die Erzeugung der leitungsgebundenen Wärme im Jahr 2050 hat. Folgende Tabelle gibt eine Übersicht der wichtigsten Einflussfaktoren.

Tabelle 2: Diskutiertes Szenario zur (nahezu) CO₂-neutralen Wärmeerzeugung und-versorgung (Fern- und Nahwärme) des Stadtgebiets im Jahr 2050

	Synthese-Szenario (2050)
Erzeugung Gasmotorenkraftwerk	177 GWh _{th}
Erzeugung Biomasse Heizkraftwerk/Heizwerk	447 GWh _{th}
Wärmeabgabe Speicher am Gasmotorenkraftwerk	84 GWh _{th}
Erzeugung Elektrodenheizkessel	150 GWh _{th}
Erzeugung Müllverbrennung	268 GWh _{th}
Direkte CO ₂ -Emissionen Wärmeerzeugung	29.000 t CO ₂
CO ₂ -Intensität Wärmeerzeugung (direkte Emissionen)	0,043 t/MWh _{th}
Flächenbedarf Biomethan-Import (Strom und leitungsgebundene Wärme)	88,1 % d. Stadtfläche
Flächenbedarf Biomasse-Import (Strom und leitungsgebundene Wärme)	106,2 % d. Stadtfläche
(Leitungsgebundener) Wärmeverbrauch in den Verbrauchs-sektoren inkl. Netzverluste (~ 10%)	1.069 GWh _{el}

Auf Basis der vorgestellten Annahmen des Szenarios werden im Kreis der Teilnehmer*innen verschiedene mögliche Optionen für die Wärmeerzeugung im Bereich der Nahwärmenetze sowie des Fernwärmenetzes diskutiert.

7.1.1. Großwärmepumpen

Es wird seitens der Teilnehmer*innen darauf hingewiesen, dass die im „Syntheszenario“ angenommene Erzeugung von Wärme durch Elektrodenheizkessel mit einer gesamten Kapazität von 150 MW_{el} zu 1.000 Stunden im Jahr 2050 als unrealistisch angesehen wird. Hierfür sind nach Einschätzung der Teilnehmer*innen die Netzkapazitäten nicht vorhanden und es werden hohe Kosten für den einzusetzenden Strom bestehen, auch wenn es sich ggf. um regionale Überproduktionen handelt. Aus diesem Grund wird in der Gruppe die Option von Großwärmepumpen zur Steigerung der Effizienz im Bereich Power-to-Heat diskutiert. Durch die Nutzung verfügbarer Umgebungs- und Abwärme mittels einer Wärmepumpe wird der Stromeinsatz gegenüber Elektrodenheizkesseln auf bis zu einem Viertel reduziert.

Dabei können im Fall von Großwärmepumpen verschiedene Quellen für Umgebungswärme genutzt werden: das Grundwasser, Flusswasser oder die Kieler Förde. Allerdings muss derzeit davon ausgegangen werden, dass die Förde durch den Schiffsverkehr thermisch stark durchmischt wird, wodurch die Temperaturschichtung mit konstant 4 °C in tiefen Wasserschichten nicht zu erwarten sein wird. Eine weitere Wärmequelle für Großwärmepumpen könnte das Rauchgas des Gasmotorenkraftwerks sein. Durch die Abkühlung auf unter 40 °C kann hierdurch sogar die Kondensationswärme des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes genutzt werden (Brennwerteffekt). Diese Wärmequelle ist jedoch nur in der Zeit verfügbar, in der das Gasmotorenkraftwerk im Jahr 2050 noch in Betrieb ist (siehe Ergebnisse AG 1 Strom). Auch eine Verbindung mit dem etwas später diskutierten geothermischen Großwärmespeicher (s. Abschnitt 7.1.4) ist hier anzudenken.

7.1.2. Feste Biomasse

Das zu Beginn der Arbeitsgruppe vorgestellte Szenario für das Jahr 2050 basiert zu einem großen Teil auf dem Einsatz fester Biomasse für die Erzeugung von Wärme und Strom in einem flexibel zu betreibenden Biomasseheiz(kraft)werk. Im Fall hoher Erzeugung von Windstrom im Kieler Umland bei gleichzeitigem Wärmebedarf sollte diese Anlage in der Lage sein, die Stromerzeugung auszusetzen und in den Betrieb einer reinen Wärmeversorgung zu wechseln. Im Fall einer geringen Erzeugung von Windstrom sollte die Anlage in Kraft-Wärme-Kopplung Strom und Wärme gleichzeitig erzeugen.

Eine derartige Anlage würde bei dargestellter Fahrweise feste Biomasse in der Größenordnung von 630 GWh_{Hu} benötigen. Dieser Brennstoffverbrauch liegt entsprechend der durchgeführten Potentialanalyse in der Größenordnung sämtlicher in der Region Kiel (Stadtgebiet, Kreis Rendsburg-Eckernförde und Kreis Plön) verfügbarer Potentiale für feste Biomasse inkl. Stroh und Treibsel. Von der Stadtwerke Kiel AG bereits durchgeführte Potentialanalysen bestätigen, dass die regionalen Potentiale für feste Biomasse auch im größeren Umkreis von 50 km stark begrenzt sind. Nennenswerte Kapazitäten zur Erweiterung dieses Potentials z.B. durch Kurzumtriebsplantagen werden von den Teilnehmer*innen der Arbeitsgruppe nicht gesehen.

Der überregionale Import fester Biomasse z.B. aus nachhaltiger Forstwirtschaft im Baltikum wird von den Teilnehmer*innen ebenfalls kritisch gesehen. Es ist nicht absehbar, welche Nachfrage nach den großen aber dennoch begrenzten Ressourcen in Nord- und Osteuropa bestehen wird. Es wird nicht möglich sein, dass sich in Europa alle Ballungsräume mit fester Biomasse aus diesen Gegenden in Europa für die Wärmeversorgung eindecken können. Zudem ist der Flächenbedarf für die Bereitstellung der im Fall des Szenarios im Jahr 2050 in Kiel benötigten Mengen fester Biomasse sehr hoch (über 115 % der Stadtfläche) und auch die Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien des Anbaus kann nicht immer geprüft werden.

Ein weiteres Problem in der Nutzung fester Biomasse wird im Platzbedarf für die zu errichtenden Verbrennungsanlagen gesehen. Biomasse weist eine deutlich geringere Energiedichte im Vergleich zur Steinkohle auf. Aufgrund des hohen Volumens der zu lagernden Holzhackschnitzel sowie der Dimensionen der Erzeugungsanlagen besteht hoher Platzbedarf. Insbesondere in der wachsenden Stadt Kiel könnten daher große Probleme auftreten, wenn ein geeigneter Standort für eine Anlage in der Größenordnung von 110 - 120 MW Feuerungswärmeleistung (wie im Szenario angenommen) gefunden werden müsste.

7.1.3. *CO₂-neutrales Gas (Power-to-Gas)*

An dieser Stelle wird von einigen Teilnehmer*innen darauf hingewiesen, dass zukünftig aus Photovoltaik- oder Windstrom mittels Elektrolyse Wasserstoff oder Methan erzeugt werden könnte. Diese Erzeugung könnte in Gegenden Europas oder angrenzenden Regionen erfolgen, die sehr gute Standortbedingungen für die regenerative Stromerzeugung aufweisen (z.B. Wüstengebiete). An dieser Stelle wird im Teilnehmer*innenkreis diskutiert, welche Wirkungsgradverluste die Umwandlung von Strom in Wasserstoff oder Methan aufweist gegenüber einer direkten Nutzung des Stroms in Elektrodenheizkesseln oder Wärmepumpen. Dennoch wird die Nutzung CO₂-neutral

erzeugtem Synthesegas als mögliche Option für die Wärmeversorgung der Landeshauptstadt Kiel beibehalten.

7.1.4. Saisonwärmespeicher im Untergrund

Aufgrund der beschränkten Verfügbarkeit der CO₂-neutralen Erzeugungsoptionen für die leitungsgebundene Wärmeversorgung ergibt sich die Notwendigkeit, die eingesetzten Energieträger im Gesamtsystem der leitungsgebundenen Wärmeversorgung so effizient wie möglich zu nutzen. Insbesondere Wärmeverluste durch kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung im Sommer sollten daher vermieden werden und auch die Potentiale der Solarthermie in den Sommermonaten sollten für die leitungsgebundene Wärmeversorgung nutzbar gemacht werden. Derzeitig verfügbare Wärmespeicher für städtische Wärmenetze weisen Speicherkapazitäten von Stunden oder wenigen Tagen auf. Eine saisonale Speicherung ist aufgrund der begrenzten Kapazitäten nicht möglich.

Herr Prof. Dahmke (Professor für Angewandte Geologie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel - CAU) stellt in der Arbeitsgruppe die Idee für die saisonale Speicherung von Wärme in geeigneten geologischen Strukturen im Untergrund (z.B. Aquiferen) vor. Im Sommer kann erwärmtes Wasser in den Untergrund gepumpt werden, wo die Wärme aufgrund der hohen Umgebungstemperatur des umliegenden Gesteins mit geringen Abwärmeverlusten gespeichert werden kann. Im Winter kann das warme Wasser wieder an die Erdoberfläche gepumpt werden, um die Wärme mittels Großwärmepumpen auf das benötigte Temperaturniveau zu bringen. Derzeit laufen an der CAU Untersuchungen und Studien zur weiteren Erforschung der Möglichkeiten für saisonale Wärmespeicher in dieser Größenordnung.

7.1.5. Wärmespeicher auf Basis von Kalk

Ein Teilnehmer stellt die Möglichkeit der Wärmespeicherung auf Basis von Kalk vor. Dieser Wärmespeicher basiert auf der Reaktion von gelöschtem zu gebranntem Kalk bei Temperaturen von ca. 450 °C. Dabei wird ein großer Teil der zugeführten Wärmeenergie chemisch gespeichert. Durch Zugabe von Wasser zu dem gebranntem Kalk wird Wärme auf einem Temperaturniveau von ca. 100 °C wieder abgegeben. Es muss allerdings beachtet werden, dass die technische Umsetzung dieser Speichertechnologie sehr komplex ist und die Technologie derzeit noch nicht marktreif verfügbar ist.

7.1.6. Bedeutung der Energieeffizienz im Bereich Wärme

Insbesondere im Bereich der zukünftigen Wärmeversorgung der Landeshauptstadt Kiel wird deutlich, welche besondere Bedeutung die Reduzierung des Wärmebedarfs für die Erreichung der Kli-

maschutzziele hat. Aus der Diskussion der Teilnehmer*innen wird deutlich, dass viele der diskutierten Versorgungsoptionen in Bezug auf ihr verfügbares Potential an ihre Grenzen stoßen und Hemmnisse aufweisen, wenn es darum geht, einen nennenswerten Anteil (> 20 % des leitungsgebundenen Wärmebedarfs im Jahr 2050) zur Wärmeversorgung in Kiel im Jahr 2050 zu leisten. Vor diesem Hintergrund wird umso mehr deutlich, wie wichtig die Anstrengungen zur Reduzierung des Wärmebedarfs sind. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Nichterfüllung des angestrebten Pfads zur Reduzierung des Wärmebedarfs zu einer deutlichen Erhöhung der spezifischen Wärmegestehungskosten führen wird, da dann zusätzlich auf Energieträger oder Technologien zurückgegriffen werden muss, die deutlich teurer sein werden als die Optionen, die für die Deckung des bis zum Jahr 2050 reduzierten Wärmebedarf diskutiert werden. Die Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz beziehen sich dabei nicht nur auf die Energieeffizienz der Gebäude, sondern auch auf die Steigerung des Gesamtsystems der Fern- und Nahwärmenetze. Die Maßnahmen und technischen Optionen für dieses Teilziel sollen ausführlich im Rahmen des Workshops „Zukunft der Fernwärme“ am 09.05. 2017 diskutiert werden.

7.2. Ergebnisse der Arbeitsgruppe 2: Nicht-leitungsgebundene Wärmeversorgung

In der zweiten Arbeitsgruppe wird über die zukünftige CO₂-neutrale Deckung des nicht-leitungsgebundenen Wärmeverbrauchs diskutiert, der im Jahr 2014 knapp 58 % des Gesamtwärmebedarfs der Landeshauptstadt Kiel ausmachte. Die Hauptenergieträger sind derzeit mit Erdgas und Heizöl dabei immer noch fossiler Natur. Die Anteile von Strom für Wärmepumpen, Solarthermie und Holz sind derzeit noch vernachlässigbar. Für die Zukunft gilt die Prämisse, dass Erdgas und Heizöl für das Ziel der CO₂-Neutralität ersetzt werden müssen. Biomethan kann dafür nur begrenzt als Ersatz eingesetzt werden, weil es zum einen aufgrund zu erwartender Preissteigerungen in Bezug auf die Kosten nicht wettbewerbsfähig sein könnte und zum anderen das nachhaltige Biomethanpotential nicht sehr groß ist und prioritär für andere Anwendungen benötigt wird (z.B. Prozesswärme in Industrie, Stromproduktion, Luft- und Schifffahrt), in denen Brennstoffe nur schwer ersetzbar sind. Es schließt sich in der Gruppe eine Diskussion über die möglichen Alternativen an.

(Erd-)Wärmepumpen werden zunächst aufgrund des benötigten Platzbedarfes für Sonden insbesondere in innerstädtischen Lagen als problematisch angesehen, ihr Potential ist also begrenzt. Allerdings wendeten Teilnehmer*innen ein, dass nicht-leitungsgebundene Verbraucher eher in städtischen Randbereichen angesiedelt sind, die weniger dicht besiedelt sind und damit wiederum doch ein gewisses Potential ergeben. Die Landeshauptstadt Kiel hat in der

Vergangenheit durch eine Masterarbeit die Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit von Erdwärmepumpen überprüfen lassen – mit dem Ergebnis, dass sie derzeit keine großflächig anwendbare Alternative darstellen. Die mittlerweile technisch immer weiter entwickelten Luft-Luft-Wärmepumpen, die einen geringeren Flächenbedarf haben, wurden in der Masterarbeit allerdings nicht betrachtet. Als Vorteile von Wärmepumpen wird eine höhere Akzeptanz gesehen, weil sie weniger optisch beeinträchtigend sind. Die Gruppe erwartet zudem bis zum Jahr 2050 einen Technologieschub, u.a. durch eine vermehrte Anwendung in E-Autos zur Beheizung des Innenraumes. Trotzdem wird die Verwendung von Wärmepumpen im Jahr 2050 konservativ abgeschätzt (9-30% Anteil am Markt für nicht-leitungsgebundene Wärmeversorgung, siehe Abbildung 9 weiter unten), obwohl in der Region Kiel ein deutlich höheres Angebot an Überschussstrom (der gleichzeitig mit dem Wärmeverbrauch anfällt) vorhanden wäre (siehe Abbildung 10 weiter unten).

Die Anwendung von **Solarthermie** wird auch im Jahr 2050 im Wesentlichen nur für die Warmwassererzeugung und in geringerem Maße zur Heizungsunterstützung gesehen. Ein großer Vorteil dieser Technologie ist allerdings das große Potential auf den Kieler Dachflächen. Ihr Nachteil sei allerdings, dass sie trotzdem stets mit einem weiteren Energieträger zu kombinieren ist, um den Wärmeverbrauch im Winter zu decken, wenn die solare Einstrahlung nicht hoch genug ist. Dies bedingt einen höheren technischen Aufwand als bei nur einem Energieträger. Es werden angesichts der zur Verfügung stehenden (noch nicht durch PV-Anlagen genutzten) Dachflächen letztlich nach der Diskussion nur geringe Potentiale angenommen (3-15% Anteil am Markt für nicht-leitungsgebundene Wärmeversorgung). Es wird aber auch festgestellt, dass man von allen erneuerbaren Energieträgern für die Wärme die Solarthermie am stärksten ausbauen könnte, um weniger Holz oder Biomethan zu verbrauchen.

Für die Nutzung von **Holz oder anderer fester Biomasse** zur Verbrennung in Einzelfeuerungsanlagen besteht der recht hohe Platzbedarf (für Bunker und Verbrennungsanlage) in den Gebäuden als Hindernis. Allerdings sind hier nach Aussage der Teilnehmer*innen v.a. wiederum Gebäude mit einer Heizölversorgung für eine Umrüstung auf Biomasse prädestiniert, weil dort der Platz des alten Heizöltanks vorhanden ist. Mit den getroffenen Annahmen für das Jahr 2050 (5-12% Anteil am Markt für nicht-leitungsgebundene Wärmeversorgung) ist das regional verfügbare Potential an...allerdings deutlich überschritten.

Biomethan als alternativer Energieträger für bestehende Erdgasanlagen soll nach Meinung der Teilnehmer*innen für den nicht durch Wärmepumpe, Solarthermie oder Holz zu deckenden

Verbrauch verwendet werden. Für den Industriesektor könnte eine Nutzung in Blockheizkraftwerken (BHKW) interessant sein. Insbesondere der industrielle Prozesswärmebedarf wird bis zum Jahr 2050 nicht komplett von Gas zu lösen sein, wofür dann Biomethan eingesetzt werden müsste (ca. 10 % Anteil am Markt für nicht-leitungsgebundene Wärmeversorgung im Jahr 2050). Auch bei kommunalen Gebäuden geht der Trend zu BHKW, die zusammen mit PV-Anlagen auf Stromproduktion ausgelegt werden (Annahme: Nutzung für 7 % Anteil am Markt für nicht-leitungsgebundene Wärmeversorgung im Jahr 2050). In den anderen Sektoren (Haushalte, Gewerbe, Handel) werden keine bzw. nur geringe Potentiale (5 %) angenommen. Problematisch wird allerdings trotz der getroffenen Annahmen das begrenzte nachhaltig verfügbare Potential an Biomethan gesehen. Auch stellt die Nutzung des vorhandenen Gasnetzes, das zukünftig nur noch sehr gering ausgelastet sein wird, eine Herausforderung dar. Lokal stärker ausgelastete „Insel-Biomethanetze“ sind hingegen langfristig planerisch sehr schwierig zu realisieren.

Die folgende Abbildung stellt die Ergebnisse der Arbeitsgruppe in der Übersicht dar: Die Entwicklung des Energieträgeranteils an der nicht-leitungsgebundenen Wärmeversorgung aktuell und im Jahr 2050.

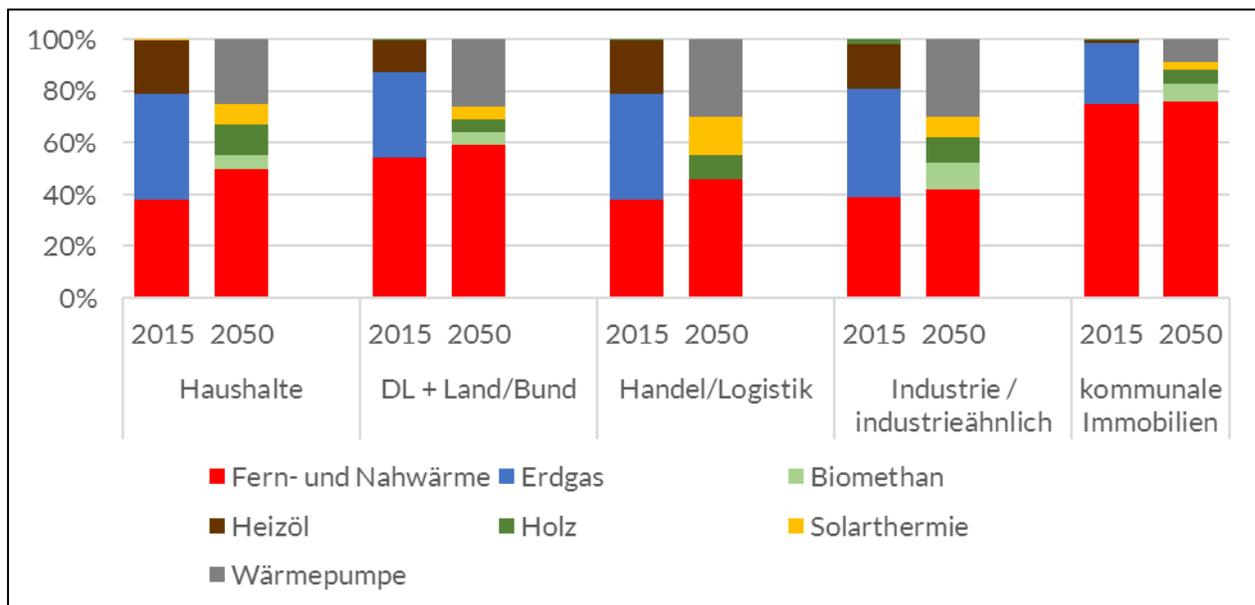


Abbildung 9: Verteilung der Energieträger zur nicht-leitungsgebundenen Wärmeversorgung 2015 und 2050

Darauf aufbauend kann betrachtet werden, welcher Anteil der jeweilig bestehenden Potentiale für die CO₂-neutrale Wärmeversorgung durch die Festlegungen der Arbeitsgruppen benötigt würden (siehe Abbildung 10).

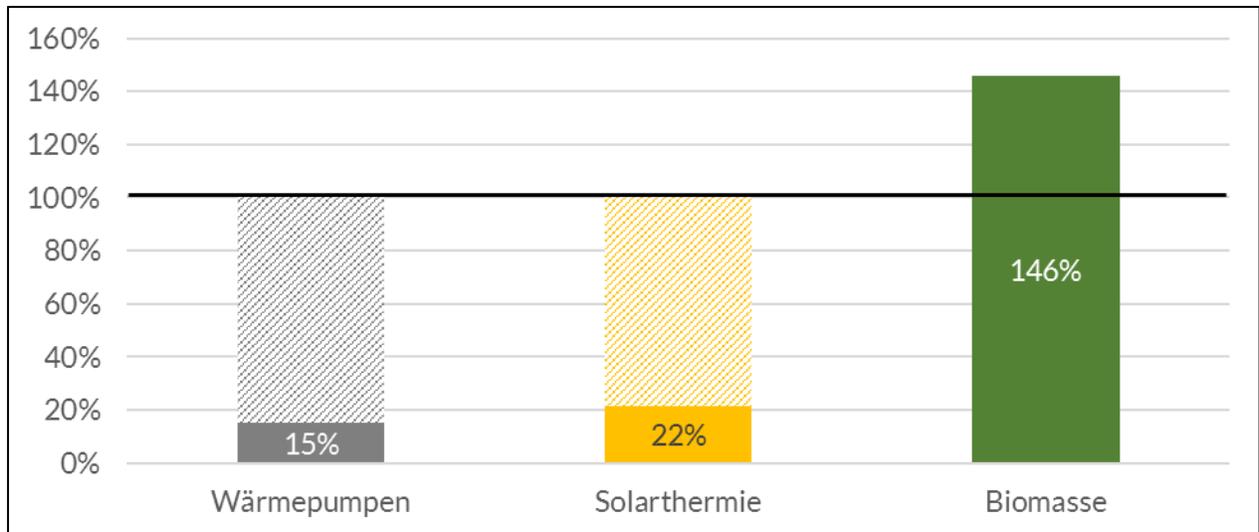


Abbildung 10: Ausnutzung der regional zur Verfügung stehenden Potentiale im Jahr 2050

Alternativ werden weitere mögliche Potentiale diskutiert:

- Nutzung von Abwärme aus Industrie (Allerdings wurden im Workshop „Industrie“ am 14.02.2017 keine nennenswerten Potentiale identifiziert, die zudem eher in Fern-/ Nahwärmenetzen genutzt werden müssten.)
- Nutzung von Methylsäureester aus der Kieler Raffinerie (der dort als derzeit weitestgehend ungenutztes Vorprodukt abfällt) als Heizölersatz

Die Arbeitsgruppe hielt darüber hinaus fest, dass bis zum Jahr 2050 jede Heizungsanlage mind. einmal erneuert werden wird, sich also immer wieder die Chancen zur Umstellung ergeben werden, solange die Rahmenbedingungen stimmen. Derzeit hingegen gebe es nur sehr geringe Umstellungsraten. Um dies zu beschleunigen sahen die Diskutanten folgende grundsätzliche Möglichkeiten:

- Angebot einer Holzpelletlogistik durch die Stadtwerke Kiel AG
- Verstärkte Nutzung von Quartierskonzepten als Instrument für die quartiersbezogene Wärmeplanung
- Die Erschließung von Neubaugebieten ggf. nur noch ohne Erdgasleitung (was z.T. bereits schon praktiziert wird)
- Stärkung von Beratungsangeboten und Informationen für Hausbesitzer*innen
- Förderung des neutralen Austauschs der Hausbesitzer*innen (als Alternative zum Verlassen auf die Empfehlungen/Beratung des Heizungsbauers)

Abschließend halten die Teilnehmer*innen fest, dass das Hauptargument gegen oder für einen Energieträger stets die Wirtschaftlichkeit ist, die allerdings kaum auf kommunaler Ebene beeinflussbar ist. Es bleibt die Hoffnung, dass sich langfristig durch Preisanstiege Anreize bieten, auf CO₂-neutrale Versorgungstechniken umzusteigen.

8. Diskussion der möglichen Handlungsschritte zur Umsetzung

Zum Abschluss der Veranstaltung werden im Kreise aller Teilnehmer*innen erste Handlungsansätze und Strategien für die Umsetzung der in den Arbeitsgruppen diskutierten Maßnahmen und zukünftigen Energieträgerverwendungen erörtert.

Notwendig sei die Entwicklung und Kommunikation einer langfristigen „Vision“ insbesondere für die Fernwärmeversorgung, um einen gesellschaftlichen Konsens und die Akzeptanz für sich daraus ableitende Maßnahmen zu erreichen. Die Steuerung und Akzeptanz der Sozialisierung der entstehenden Zusatzkosten (Netzausbau, Dimensionierung der Infrastruktur) wird zukünftig eine große Herausforderung darstellen auf dem Weg zur CO₂-Neutralität. Zusätzlich müssen die Kosten transparent kommuniziert werden, um Hausbesitzer*innen die Entscheidung zu erleichtern. Dem (v.a. nicht-leitungsgebundenen) Wärmeversorgungssystem steht aufgrund der enormen Vielzahl an Akteuren eine anspruchsvolle Transformation bevor.

Weitere genannte Aspekte waren die Forderung, das Genehmigungsrecht auf den Änderungsbedarf der Energieversorgungsinfrastruktur anzupassen (Flächen für BHKW, Umbauten an Versorgungsnetzen etc.) und der Hinweis, bei Quartierskonzepten nicht immer nur auf die Wärme-, sondern auch auf die Stromversorgung sowie den ggf. notwendigen Ausbaubedarf der Strom-Verteilnetze zu achten. Die SWKiel Netz GmbH weisen darauf hin, dass insbesondere die Anpassung der Stromnetze an hohe zu erwartende Leistungsspitzen durch Ladevorgänge von Elektromobilen eine große (auch bauliche) Herausforderung ist. Die zukünftige Entwicklung der Last steigt dabei stärker an als der prognostizierte Strombedarf.

9. Abschluss & Zusammenfassung

Herr Beer dankt im Namen von SCS Hohmeyer | Partner den Teilnehmer*innen für ihr Kommen und ihre Mitarbeit in den Arbeitsgruppen. Nach Auswertung der Workshopergebnisse werden diese ggf. mit einzelnen Akteuren zu offen gebliebenen oder bisher nicht berücksichtigten Aspekten abgestimmt. Die Ergebnisse werden in die Überarbeitung der Klimaschutzszenarien sowie die Ausarbeitung der Klimaschutzmaßnahmen im Projekt „Masterplan 100 % Klimaschutz“

einfließen. Mit den Ergebnissen des Workshops liegt eine Grundlage für die weitere Entwicklung der Klimaschutzstrategie für die Landeshauptstadt Kiel vor.

Mit den Ergebnissen des Workshops kann nun zum ersten Mal im Projekt auf fundierter Grundlage ein Szenario zur Erreichung des Ziels der CO₂-Neutralität Kiels im Jahr 2050 aufgezeigt werden. Ein denkbarer Pfad zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

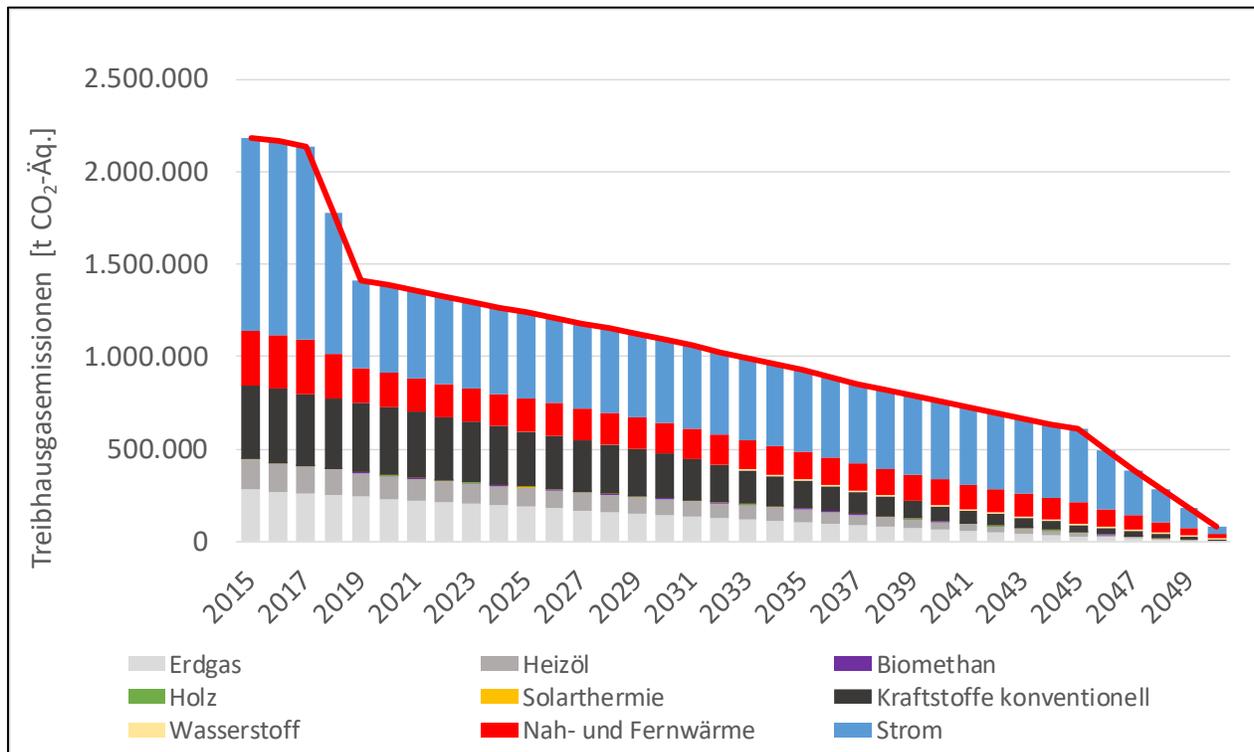


Abbildung 11: Vorläufiger Pfad zur Erreichung der CO₂-Neutralität der Landeshauptstadt Kiel im Jahr 2050 auf Basis der im Workshop diskutierten Maßnahmen unterschieden nach Energieträger

Es verbleibt im Jahr 2050 eine Menge von ca. 38.000 t CO₂Äq aufgrund des fossilen stofflichen Anteils des in der Müllverbrennung eingesetzten Abfalls. Diese Restemissionen im Jahr 2050 entsprechen einem Anteil von weniger als 2 % der Treibhausgasemissionen Kiels im Jahr 1990. Es wird angeregt, diese verbleibenden Emissionen durch geeignete Maßnahmen zur CO₂-Einsparungen an anderer Stelle z.B. durch Aufforstungsprojekte in anderen Regionen zu kompensieren, um die vollständige CO₂-Neutralität zu erreichen.