

Klimaschutz im Sektor Energieversorgung

Zielsetzung und Akteursbeteiligung

Kiel ist seit 1995 Klimaschutzstadt. Um diesem Anspruch weiterhin gerecht zu werden, hat sich die Landeshauptstadt neue Ziele gesetzt: Bis 2050 wollen wir im Vergleich zu 1990 den Ausstoß von klimaschädlichen Treibhausgasen um mindestens 95 % reduzieren und den Endenergieverbrauch halbieren. Damit übernimmt Kiel bundesweit eine Vorreiterrolle im kommunalen Klimaschutz. Gemeinsam mit Kielerinnen und Kielern, Akteuren aus der Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Verwaltung ist es gelungen, die neue Klimaschutzstrategie „Masterplan 100 % Klimaschutz“ zu entwickeln. In 14 Workshops und zahlreichen Expertengesprächen wurden Ideen und Anregungen sowie realistische Einschätzungen der rund 1.000 engagierten Akteure zusammengetragen. Der Leitfaden mit über 250 Maßnahmen weist unserer Stadt Kiel den Weg zur Klimaneutralität im Jahr 2050. Die neue Kieler Klimaschutzstrategie betrachtet die fünf Sektoren: Haushalte und Einwohner*innen, kommunaler Einflussbereich der Landeshauptstadt Kiel, Gewerbe Handel Dienstleistungen, Industrie, Energieversorgung und Mobilität.

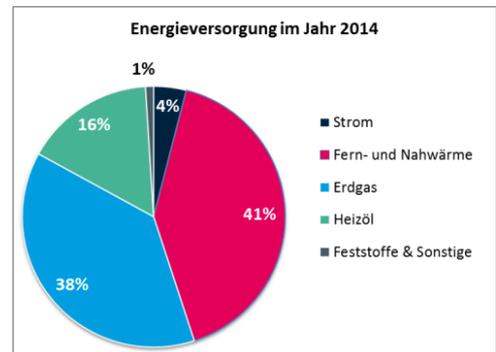
Die Inhalte für den Bereich Energieversorgung wurden mit Akteuren und Teilnehmer*innen im Rahmen der Workshops „CO₂-neutrale Energieversorgung 2050“ und „Zukunft der Fernwärme“ erarbeitet sowie in zahlreichen Einzelgesprächen konkretisiert.

Status Quo Sektor Energieversorgung

Im Sektor Energieversorgung werden die Bereiche Strom, Wärme- und Brennstoffe betrachtet.

Der lokale Absatzmarkt für **Strom** weist nur den Endenergieträger Strom auf. Eine weitere Differenzierung z. B. nach Produktkategorien oder Kunden erfolgt nicht. Der Anteil von Ökostrom am gesamten Stromabsatz auf dem Stadtgebiet ist unbekannt.

Die **leitungsgebundene Wärmeversorgung** (Fern- und Nahwärme) weist mit 41 % den größten Anteil am Wärme- und Brennstoffverbrauch im Stadtgebiet auf. Auf die **weiteren Endenergieträger** im Wärmesektor entfallen insgesamt 59 %, die im Bereich der Einzelheizungen wie folgt aufgeteilt sind: Erdgas 38 %, Heizöl 16 % sowie Strom (hauptsächlich für die dezentrale Warmwasserbereitung) 4 %. Sonstige Energieträger im Wärmemarkt wie etwa Holz oder Solarthermie haben in Summe einen Anteil von ca. 1 %. Die auf dem Stadtgebiet eingesetzten Kraftstoffe umfassen Dieselmotorkraftstoff (68 % Anteil am Kraftstoffverbrauch), Benzin (30 % Anteil) sowie Flüssiggas (LPG, 1 % Anteil) und Erdgas (CNG, Anteil unter 0,5 %).



Erzeugungsanlagen im Bereich Strom im Jahr Bilanzjahr 2014

Die Stromerzeugung auf dem Kieler Stadtgebiet ist geprägt von zentralen Erzeugungsanlagen, die alle in Kraft-Wärme-Kopplung Strom (KWK) erzeugen und dabei auch Wärme in das Kieler Fernwärmenetz einspeisen. Der regenerativen Stromerzeugung auf Basis von erneuerbaren Energien (EE) auf dem Stadtgebiet sind Photovoltaikanlagen und das Wasserkraftwerk zugeordnet. Erneuerbare Energieträger leisten einen Beitrag von ca. 1 % zur lokalen Stromerzeugung.

Trotz eines über das Jahr gesehen deutlichen Überschusses der Stromerzeugung auf dem Kieler Stadtgebiet (187 %), kann der Stromverbrauch nicht zu jeder Stunde im Jahr durch die lokale Stromerzeugung gedeckt werden. Im Jahr 2014 mussten bilanziell gesehen ca. 9 GWh Strom aus anderen Regionen importiert werden.

Mit einem Anteil von ca. 92 % an der lokalen Stromerzeugung leistet das steinkohlebasierte Gemeinschaftskraftwerk Kiel (GKK) den größten Beitrag zur Stromerzeugung. Es soll im Jahr 2019 außer Betrieb gehen und durch das moderne Kieler Küstenkraftwerk (modulares Gasmotorenkraftwerk) ersetzt werden. Die Müllverbrennung Kiel GmbH & Co. KG (MVK), in der hauptsächlich gewerbliche Abfälle und Hausmüll verwertet werden, trägt mit einem Anteil von ca. 3 % der Gesamtmenge zur Stromerzeugung auf dem Stadtgebiet bei – ebenfalls in effizienter Kraft-

Wärme-Kopplung. Weitere Heizkraftwerke (HKW) und Blockheizkraftwerke (BHKW) auf dem Stadtgebiet werden auf Basis von Erdgas wärmegeführt eingesetzt. Der Anteil dieser Gruppe an der lokalen Stromerzeugung liegt bei ca. 5 % der Gesamtmenge.

Erzeugungsanlagen im Bereich Wärmeversorgung im Bilanzjahr 2014

Da der überwiegende Teil der Stromproduktion auf dem Kieler Stadtgebiet über KWK-Anlagen erfolgt, besteht eine sehr enge Verbindung zu der lokalen **leitungsgebundenen Wärmeerzeugung** (Anteil 41 %). Zusätzlich zu diesen KWK-Anlagen werden zur Abdeckung der Spitzenlast oder als Reserve Heizwerke auf dem Stadtgebiet vorgehalten, die jedoch nur wenige Stunden im Jahr in Betrieb sind.

Das Gemeinschaftskraftwerk erzeugt einen Anteil von 69 % an der Wärmeerzeugung für die Fern- und Nahwärme. Es wird stromgeführt betrieben und speist Abwärme aus der Stromerzeugung in das Kieler Fernwärmenetz ein, sofern ausreichender Wärmeverbrauch besteht. Die Müllverbrennung Kiel GmbH & Co. KG speist eine Wärmemenge in das Kieler Fernwärmenetz ein, die nahezu der Grundlast entspricht, und trägt in Summe ca. 16 % zur Gesamtwärmeerzeugung bei. Heizkraftwerke und Blockheizkraftwerke machen einen Anteil von ca. 13 % an der gesamten Wärmeerzeugung aus. Die Blockheizkraftwerke, die zur Objektversorgung eingesetzt werden, wurden im Gegensatz zur Stromerzeugung nicht für die leitungsgebundene Wärmeerzeugung berücksichtigt. Die lokalen Heizkraftwerke komplettieren die Erzeugung mit einem Beitrag von ca. 2 % an der Gesamtmenge.

Die verbleibenden 59 % der Wärmeversorgung erfolgt über **Einzelheizungen**, die im Wesentlichen mit Erdgas, Heizöl und Strom betrieben werden.

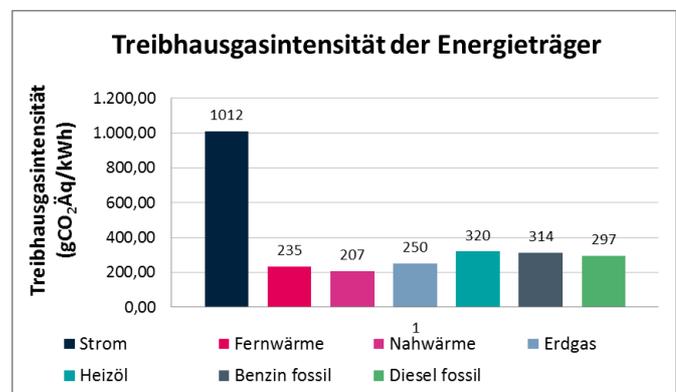
Treibhausgas-Intensität der Energieversorgung im Bilanzjahr 2014

Aufgrund des hohen Anteils des hauptsächlich mit Steinkohle betriebenen Gemeinschaftskraftwerks Kiel an der lokalen Stromerzeugung, lag die Treibhausgasintensität für den Strom im Jahr 2014 mit 1.012 g CO₂-Äq/kWh sehr hoch (Vergleich Bundesdurchschnitt (620 g CO₂-Äq/kWh)).

Im Wärmesektor weist Heizöl die höchste Treibhausgasintensität auf (320 g CO₂-Äq/kWh), gefolgt von Erdgas (250 g CO₂-Äq/kWh) sowie der Kieler Fernwärme (235 g CO₂-Äq/kWh). Die Kieler Nahwärmenetze, die ausschließlich mit Erdgas bzw. Biomethan betrieben werden, verursachen mit 207 g CO₂-Äq./kWh die geringsten Treibhausgasemissionen abgesehen von den erneuerbaren Energien.

Durch die kontinuierliche Umstellung von Heizkraftwerken auf Erdgas und einen Rückgang der Stromproduktion durch das Gemeinschaftskraftwerk Kiel

hat die Treibhausgasintensität der Stromerzeugung auf dem Stadtgebiet (Territorialmix) seit 1990 geringfügig abgenommen.



CO₂-neutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2050

Für die klimafreundliche Energieversorgung der Landeshauptstadt Kiel mit Strom und Fernwärme wird im Jahr 2019 mit der Inbetriebnahme des Kieler Küstenkraftwerks ein wichtiger Meilenstein erreicht. Aufgrund der Substitution von Steinkohle (die derzeit im Gemeinschaftskraftwerk Kiel eingesetzt wird) durch Erdgas wird es möglich, die Treibhausgasintensität der lokalen Stromerzeugung um ca. 55 % zu reduzieren. Analog wird die Treibhausgasintensität der lokalen Fernwärmeerzeugung um ca. 40 % gesenkt werden können. Bei dem Kieler Küstenkraftwerk handelt es sich um ein modulares Gasmotorenkraftwerk, dass zukünftig eine Umstellung auf den CO₂-neutralen Energieträger Biomethan ermöglicht.

Um die Klimaneutralität im Jahr 2050 erreichen zu können, sind die auf dem Stadtgebiet bestehenden Potentiale zur Nutzung regenerativer Energieträger nicht ausreichend, um den voraussichtlichen Endenergieverbrauch zu decken. Aus diesem Grund wurde auch das angrenzende Kieler Umland mit den Kreisen Rendsburg-Eckernförde und Plön sowie die Stadt Neumünster mitbetrachtet.

Auf Basis einer umfassenden Analyse der regional vorhandenen Potentiale zur Nutzung regenerativer Energieträger für die Strom- und Wärmeerzeugung sowie einer stundenscharfen Modellierung des Kieler Energiesystems, wurden im Rahmen der Workshops „CO₂-neutrale Energieversorgung 2050“ und „Zukunft der Fernwärme“ mögliche Pfade zu einer 100 % regenerativen Energieversorgung im Jahr 2050 diskutiert.

CO₂-neutrale Stromversorgung im Jahr 2050

Entsprechend der Untersuchungsergebnisse, kann der Stromverbrauch im Jahr 2050 zu jeder Stunde durch regional verfügbare regenerative Energieträger gedeckt werden. Ausnahme sind notwendige Importe des CO₂-neutralen Energieträgers Biomethan (biogen erzeugtes Gas bzw. zukünftig ggf. synthetisch hergestelltes Gas), die für die lokale Strom- und Wärmeerzeugung im Kieler Küstenkraftwerk sowie in dezentralen Blockheizkraftwerken benötigt werden. Um innerhalb der Grenzen der nachhaltig verfügbaren Erzeugungspotentiale von Biomethan in der Bundesrepublik Deutschland zu bleiben, ist es notwendig, die Fahrweise des Kieler Küstenkraftwerks im Jahr 2050 auf ca. 2.000 Volllaststundenäquivalente zu reduzieren, den Ausbau der Stromerzeugung durch Photovoltaik (Zielwert 50 MW_{peak}) und Kleinwindanlagen wie etwa der 5 kW-Klasse (Zielwert 15 MW_{el}) auf dem Stadtgebiet voranzutreiben und bilanziell regenerativ erzeugten Überschussstrom aus dem Kieler Umland (unter Berücksichtigung des zu erwartenden Eigenverbrauchs in den Kreisen Rendsburg-Eckernförde und Plön) zu importieren.

Ein möglicher Versorgungsmix für die Landeshauptstadt Kiel im Bereich Strom im Jahr 2050 ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Erzeugungsanlage	Energieträger	Kapazität (MW _{el})	Volllaststunden (h/a)	Stromerzeugung / -bezug (GWh/a)	Anteil lokale Stromerzeugung
Kieler Küstenkraftwerk	Biomethan	190	2.000	380	73%
Müllverbrennung	Abfall	6	7.600	45	9%
Heizkraftwerke	Biomethan	10	2.000	20	4%
Photovoltaik Dachflächen		50	900	45	9%
Kleinwindanlagen		15	2.177	33	5%
Wasserkraft		0,1	8.000	1	< 0,5 %
Import regenerativ erzeugter Strom aus der Region Kiel	Photovoltaik, Windkraft, Bioenergie			576	-
Import aus dem Bundesgebiet				0	-
Export				-249	-
SUMME		271		851	100%

Es wird angenommen, dass in der Region im Jahr 2050 eine Menge von 807 GWh Überschussstrom vorhanden ist, der für Wärmepumpen genutzt werden kann (Großwärmepumpen zur leitungsgebundenen Wärmeerzeugung und Wärmepumpen zur Versorgung von Einzelgebäuden). Bei der Ermittlung des Potentials wurde berücksichtigt, ob zum Zeitpunkt der Überschusssituation auch ein Wärmeverbrauch besteht, d. h. Überschussstrom in den Sommermonaten trägt nur in kleinem Umfang zum Potential für Wärmepumpen bei.

Mit dem dargestellten Versorgungsmix kann in der Landeshauptstadt Kiel im Jahr 2050 eine Treibhausgasintensität der Stromerzeugung nach dem Territorialmix von 41 g CO₂Äq / kWh_{el} erreicht werden. Die verbleibenden Treibhausgasemissionen resultieren aus dem verbleibenden fossilen Anteil der in der Müllverbrennung Kiel GmbH & Co. KG eingesetzten Abfallfraktionen.

CO₂-neutrale Wärmeversorgung im Jahr 2050

Das Ziel der CO₂-Neutralität in der Landeshauptstadt Kiel kann in der Zukunft nur erreicht werden, wenn die Endenergieträger Erdgas und Heizöl im Jahr 2050 nicht mehr zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Es gilt, eine optimale Kombination aus einer Versorgung mit Fern- und Nahwärme und einer Versorgung auf Basis von Einzelheizungen zu erzielen. Als Energieträger sollten dabei die lokal verfügbaren Potentiale der Solarthermie und der Biomasse, die regional verfügbaren Potentiale der Biomasse (sofern Überschusskapazitäten in der Region bestehen), regional verfügbarer Überschussstrom und als letzte Option überregional bezogene regenerative Energieträger wie etwa Biomethan eingesetzt werden. Eine ausschließlich auf lokalen und regionalen Potentialen basierende Wärmeversorgung wird voraussichtlich aufgrund des nach Energieeinsparungen verbleibenden Wärmeverbrauchs im Jahr 2050 nicht darstellbar sein. Es ist das Ziel den überregionalen Import (v.a. biogener) Energieträger auf ein verträgliches und nachhaltiges Maß zu reduzieren. Die Tabelle stellt einen möglichen Versorgungsmix für die Landeshauptstadt Kiel im Bereich Wärme im Jahr 2050 dar.

Der Anteil von Nah- und Fernwärme soll sich in allen Sektoren erhöhen. Durch den bevorzugten Anschluss von Neubauten in der Nachverdichtung und die konsequente Weiterführung der Ausweitung der Versorgungsgebiete (wenn wirtschaftlich sinnvoll) soll trotz Rückgang des Wärmeverbrauchs durch Maßnahmen der Energieeffizienz eine Ausweitung des Wärmeabsatzes durch Fern- und Nahwärme erreicht werden. Der absolute leitungsgebundene Wärmeabsatz wird jedoch proportional zur angestrebten Verbrauchsreduzierung zurückgehen. Durch die angenommene Entwicklung des Energieträgereinsatzes werden in größerem Umfang regionale verfügbare Potentiale für CO₂-neutrale Energieträger genutzt.

Energieträger / Technologie	Anteil am Wärmeverbrauch im Jahr 2014	Anteil am Wärmeverbrauch im Jahr 2050
Fern- und Nahwärme	41%	47%
Erdgas	38%	0%
Biomethan	0%	5%
Heizöl	16%	0%
Feste Biomasse	1%	9%
Solarthermie	0%	7%
Wärmepumpe	0%	24%
Strom für die Warmwassererzeugung	4%	8%

CO₂-neutrale Mobilität im Jahr 2050

Auch für den Bereich **Mobilität** gilt, dass das Ziel der CO₂-Neutralität in der Landeshauptstadt Kiel in der Zukunft nur erreicht werden kann, wenn die fossilen Endenergieträger Diesel und Benzin im Jahr 2050 nicht mehr zum Antrieb von Fahrzeugen eingesetzt werden und der für den Antrieb von Elektrofahrzeugen eingesetzte Strom komplett regenerativ bereitgestellt bzw. im Fahrzeug erzeugt wird (wie etwa in der Brennstoffzelle aus Wasserstoff).

Es wird davon ausgegangen, dass die im Jahr 2050 noch im Mobilitätsbereich eingesetzten **Kraftstoffe** nahezu CO₂-neutral sein müssen. Dies kann durch die Substitution fossiler Kraftstoffe durch biogene Kraftstoffe wie etwa Biodiesel oder Bioethanol oder durch synthetisch hergestellte CO₂-neutrale Kraftstoffe (z. B. nach dem Power-to-Liquid-Verfahren). Es wird davon ausgegangen, dass die Treibhausgasintensität der eingesetzten Kraftstoffe von derzeit ca. 310 g CO₂Äq/kWh_{Hu} auf 58 g CO₂Äq/kWh_{Hu} im Jahr 2050 reduziert werden kann. Des Weiteren wird für die Bereiche Schienenpersonennahverkehr und Schienengüterverkehr davon ausgegangen, dass Wasserstoff aus regenerativ erzeugtem Überschussstrom zum Einsatz kommen wird, der im Jahr 2050 zu 100 % CO₂-neutral zur Verfügung gestellt werden kann.

Der gegenüber dem Status Quo zusätzliche **Stromverbrauch** für die Umstellung einiger Verkehrsmittel auf Elektromobilität wird bei den Betrachtungen zur CO₂-neutralen Stromversorgung berücksichtigt. Der zusätzliche Stromverbrauch liegt niedriger als die in den Sektoren Haushalte und Einwohner*innen, kommunaler Einflussbereich, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie angenommenen Stromeinsparungen. Eine Zunahme des Stromverbrauchs auf dem Stadtgebiet durch Elektromobilität bis zum Jahr 2050 ist also nicht zu erwarten. Der zusätzliche Stromverbrauch für die Versorgung von Fähr- und Kreuzfahrtschiffen mit Landstrom ist ebenfalls im Szenario zur Transformation der lokalen Stromversorgung berücksichtigt.

Unter Berücksichtigung der zukünftigen Entwicklungen bei den Energieträgerpreisen, den Erzeugungstechnologien sowie den energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen können sich die hier dargestellten Zielszenarien verändern. Eine regelmäßige Evaluierung der Kieler Klimaschutzstrategie ist insbesondere im Bereich der Energieversorgung demnach von großer Bedeutung.

Neben den im Text erwähnten klimaschutzwirksamen Maßnahmen, die im Wesentlichen im Einflussbereich der verschiedenen Akteure liegen, wurde auch eine Vielzahl von Umsetzungsmaßnahmen entwickelt, die nach Möglichkeit durch das Masterplanmanagement der Landeshauptstadt Kiel zu initiieren sind.

Umsetzungsmaßnahmen

E-101	Gezielte Ansprache von Öl- und Gasheizungsbesitzern
E-102	Anreize für Fernwärmekunden zum Energiesparen schaffen
E-103	Beratung zur Umstellung von Heizungssystemen auf regenerative Energien
E-104	Absenkung Rücklauftemperatur - Anreize für Verbraucher schaffen
E-105	Energieversorgungskonzepte für Neubaugebiete
E-106	Prüfung regionaler Biomethanpotentiale
E-107	Modellquartier Strominfrastruktur
E-108	Untersuchung der Möglichkeiten und Potentiale saisonaler Wärmespeicher
E-109	Pilotprojekt "Ultrafiltration des Trinkwassers gegen Legionellen"
E-110	Quartiersenergiegenossenschaften / Bürgersolaranlagen / Mieterstrommodell
E-111	Detailuntersuchung Potentiale überbetriebliche Abwärmenutzung
E-112	Detailuntersuchung Notwendigkeit für Stromspeicher im Strom-Verteilnetz
E-113	Detailuntersuchung Quellen Umgebungswärme für große Wärmepumpen (> 500 kW)
E-114	Detailuntersuchung Betriebsweise des Kieler Küstenkraftwerks im Jahr 2050
E-115	Detailuntersuchung gesamtenergetische Betrachtung Klärschlammverbrennung
E-116	Initiierung Energieverbund KielRegion
E-117	Lastgangmanagement in den kommunalen Gebäuden (Fernwärme)

Den ausführlichen Endbericht zum „Masterplan 100 % Klimaschutz“ sowie die Workshop-Dokumentationen und die Kontaktdaten zu dem Projektteam finden Sie unter www.kiel.de/klimaschutz.