Energiekonzept für die Region Rostock

Dezember 2022

Dr.-Ing. Grüttner Energie · Umwelt · Strategie GmbH
18239 Hohen Luckow
Bützower Straße 1 a

Im Auftrag des Landes Mecklenburg-Vorpommern,
vertreten durch das
Amt für Raumordnung und Landesplanung Region Rostock
Doberaner Straße 114
18057 Rostock
Tel.: (0381) 331 89-450
E-Mail: poststelle@afrlrr.mv-regierung.de

Rostock / Hohen Luckow, 9. Dezember 2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis ... 5
Tabellenverzeichnis ... 6
Kartenverzeichnis ... 7
Abkürzungen ... 7
0. Vorbemerkungen ... 9
1. Energiewirtschaftliches Leitbild der Region Rostock ... 12
1.1 Energie- und klimapolitische Ziele und Erfordernisse ... 12
1.1.1 Überregionale Ziele und Erfordernisse ... 12
1.1.2 Ziele des Landes Mecklenburg-Vorpommern ... 14
1.1.3 Eigene und übertragene Ziele der Region Rostock ... 14
1.2 Energiewirtschaftliches Leitbild der Region Rostock ... 23
1.3 Regionale Voraussetzungen und wirtschaftliche Effekte des Leitbilds ... 31
2. Grundlagen, Methodik und Datenbasis ... 35
2.1 Energieversorgung und formelle Regionalplanung ... 35
2.2 Abgrenzung, Daten und Methoden ... 38
3. Kurzbeschreibung der Region Rostock ... 40
3.1 Größe und Siedlungsstruktur der Region ... 40
3.2 Entwicklung von Bevölkerung, Privathaushalten und Wohnen ... 41
3.3 Wirtschaftliche Entwicklung ... 45
3.4 Entwicklung des Verkehrs ... 47
3.5 Natürliche und klimatische Bedingungen ... 50
4. Energieerzeugung und -verbrauch in der Region Rostock heute ... 55
4.1 Energie- und CO_2-Bilanz 2016 ... 55
4.2 Konventionelle Energieerzeugung ... 57
4.3 Erneuerbare-Energien-Potenziale und ihre derzeitige Nutzung ... 59
4.3.1 Erneuerbare-Energien-Potenziale ... 59
4.3.2 Regionale Rahmenbedingungen für die Nutzung Erneuerbarer Energien ... 64
4.3.3 Potenziale für die Nutzung Erneuerbarer Energien in der Region Rostock ... 71
4.3.4 Stand der Nutzung der Erneuerbare-Energien-Potenziale ... 81
4.4 Infrastrukturen der Energieversorgung und ihre zukünftige Entwicklung ... 85
4.4.1 Bestehende Infrastrukturen der Energieversorgung ... 85
4.4.2 Zukünftige Entwicklung der Infrastrukturen der Energieversorgung ... 89

5. Die Region Rostock 2035 ... 97
5.1 Zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs ... 98
5.2 Zukünftige Entwicklung der zentralen Energieerzeugung ... 104
5.2.1 Zukünftige Entwicklung der zentralen Stromerzeugung ... 104
5.2.2 Zukünftige Entwicklung der zentralen Wärmeerzeugung ... 106
5.3 Energie- und CO_2-Bilanz 2035 ... 109
5.4 Vergleich der Bilanzen 1990, 2016 und 2035 mit Ausblick auf 2050 ... 111
5.4.1 Vergleich der Energiebilanzen 2016 und 2035 mit Ausblick auf 2050 ... 111
5.4.2 Vergleich der CO_2-Bilanzen 1990, 2016 und 2035 mit Ausblick auf 2050 ... 113
5.5 Beitrag der Region Rostock zur Stromversorgung Deutschlands ... 117
5.6 Weitere Beiträge der Region Rostock zur Energieversorgung Deutschlands ... 121
5.7 Nutzung der Erneuerbare-Energien-Potenziale ... 125
5.8 Anforderungen an die regionalplanerische Flächenvorsorge ... 126
6. Zusammenfassung ... 129
7. Literatur- und Quellenverzeichnis ... 135
Anhang ... 141
A.1 Potenzialdefinitionen und methodische Aspekte der Potenzialermittlung ... 142
A.2 Rahmendaten für die Abgrenzung der Erneuerbaren-Energien-Potenziale ... 145
A.3 Beitrag der Region Rostock zur Stromversorgung Deutschlands ... 146
A.3.1 Vorbemerkung und Ausgangspunkte ... 146
A.3.1 Vorgehensweise zur Ermittlung des zukünftigen Strombedarfs ... 148
A.3.2 Zukünftige Entwicklung des Strombedarfs in Deutschland ... 148
A.3.3 Zukünftige Entwicklung der Stromerzeugung in Deutschland ... 149
A.3.4 Notwendige Beiträge der Bundesländer zur Stromversorgung in Deutschland ... 155
A.3.5 Umverteilung der Länderbeiträge in der Stromversorgung Deutschlands ... 159
A.3.6 Beitrag Mecklenburg-Vorpommerns zur Stromversorgung in Deutschland ... 162
A.3.7 Beitrag der Region Rostock zur Stromversorgung in Deutschland ... 164

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bruttowertschöpfung der Kreise in Deutschland im Zehnjahresvergleich 10
Abbildung 2: CO_2-Emissionen in der Region Rostock – Ist- und Zielwerte 15
Abbildung 3: Strombilanz der Region Rostock (vereinfacht) – Ist- und Zielwerte 2035 16
Abbildung 4: Energiekennwert des Wohngebäudebestands in der Region Rostock 22
Abbildung 5: Energiewirtschaftliches Leitbild der Region Rostock 24
Abbildung 6: Bevölkerungsentwicklung von 2000 bis 2035 42
Abbildung 7: Haushaltsentwicklung von 2000 bis 2035 43
Abbildung 8: Energieverbrauch der Industrie 2010 bis 2020 46
Abbildung 9: Struktur des Energieverbrauchs im (Straßen-)Verkehr 2016 48
Abbildung 10: Entwicklung des Pkw-Bestands im Sektor Verkehr (Zielszenario) 49
Abbildung 11: Gradtagzahlen von 1990 bis 2021 für Rostock 53
Abbildung 12: Klimatische Unterschiede innerhalb der Region Rostock 54
Abbildung 13: Energiebilanz der Region Rostock 2016 56
Abbildung 14: Energieerzeugung des Steinkohlekraftwerks Rostock 2008 - 2020 58
Abbildung 15: KWK-Energieerzeugung des GuD-Heizkraftwerks Rostock Marienehe 2008 - 2020 58
Abbildung 16: Energie-Potenziale – Rahmenbedingungen und Steuerbarkeit 61
Abbildung 17: Technisch mögliche Stromerzeugung aus Windenergie an Land 77
Abbildung 18: Technisch mögliche Stromerzeugung von Photovoltaik-FFA 79
Abbildung 19: Technisch mögliche Wärmeerzeugung von Solarthermie-FFA 80
Abbildung 20: Entwicklung der erneuerbaren Energieerzeugung von 1990 bis 2019 83
Abbildung 21: Systemvergleich Steinkohlekraftwerk - Speicherkraftwerk 91
Abbildung 22: Entwicklung des Wärmebedarfs insgesamt 98
Abbildung 23: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Bereichen 99
Abbildung 24: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Verbrauchersektoren 100
Abbildung 25: Energieträgerstruktur zur Deckung des Wärmebedarfs 101
Abbildung 26: Entwicklung des Energieverbrauchs im Straßenverkehr (Zielszenario) 102
Abbildung 27: Entwicklung des Stromverbrauchs (ab 2020 ohne E-Mobilität und E-Wärme) 103
Abbildung 28: Entwicklung des Gesamtstromverbrauchs (mit E-Mobilität und E-Wärme) 104
Abbildung 29: Entwicklung der Stromerzeugung insgesamt 105
Abbildung 30: Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung 106
Abbildung 31: Entwicklung der zentralen Wärmeerzeugung 107
Abbildung 32: Entwicklung der fossilen zentralen Wärmeerzeugung 108
Abbildung 33: Entwicklung der erneuerbaren zentralen Wärmeerzeugung 109
Abbildung 34: Energiebilanz der Region Rostock 2035 110
Abbildung 35: Energieerzeugung und -verbrauch 2016, 2035 und 2050 im Vergleich 112
Abbildung 36: Energie in PJ - Herkunft und Verbleib 2016, 2035 und 2050 im Vergleich 113
Abbildung 37: Quellenbezogene CO_2-Emission (temperaturbereinigt) im Vergleich 114
Abbildung 38: Entwicklung der quellenbezogenen CO_2-Emission nach Sektoren 114
Abbildung 39: Verursacherbezogene CO_2-Emission im Vergleich 115
Abbildung 40: Entwicklung der CO_2-Emissionen 116
Abbildung 41: Entwicklung des Stromexports in Mecklenburg-Vorpommern 117
Abbildung 42: Überregionale Stromvernetzung des Landes und der Region Rostock 119
Abbildung 43: Entwicklung des Imports und Exports von Energie 120

Abbildung 44: Raffineriestandorte und Mineralölfernleitungen in Deutschland 122
Abbildung 45: Flächenbedarf für die erneuerbare Energieerzeugung..... 127
Abbildung 46: Berücksichtigte Biomassen und ihre Nutzung 143
Abbildung 47: Technologische Kette zur Potenzialermittlung - Beispiel Gülle für Biogas 144
Abbildung 48: Stromerzeugungspotenziale der Bundesländer..... 150
Abbildung 49: Ausschöpfung des onshore-Windstrompotenzials der Länder 2017..... 150
Abbildung 50: Verhältnis von EE-Stromerzeugung/-potenzial (an Land) zum Stromverbrauch..... 154
Abbildung 51: Verhältnis von Gesamtstromerzeugung zum Stromverbrauch 2035 155
Abbildung 52: Entwicklung der Stromerzeugung in Deutschland bis 2035 157
Abbildung 53: Struktur der Stromerzeugung in Deutschland bis 2035 nach Bundesländern..... 157
Abbildung 54: Entwicklung der Stromerzeugung in Mecklenburg-Vorpommern bis 2035 158
Abbildung 55: Anteile der Länder an der Stromerzeugung Deutschlands 2017 und 2035..... 159
Abbildung 56: Anteile der Regionen Deutschlands 2017 und 2035 im Vergleich..... 160
Abbildung 57: Erzeugungsüberschüsse und -defizite der Länder 2017 und 2035 161
Abbildung 58: Erzeugungsüberschüsse und -defizite der Regionen 2017 und 2035 162
Abbildung 59: Strombedarf und Erzeugung sowie Potenzialausschöpfung in M-V 2035..... 164

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sektorziele zur Treibhausgasemissionsminderung..... 12
Tabelle 2: Strombilanzen 2016 und 2025/2035/2050 der Region Rostock (Zahlenwerte gerundet)... 19
Tabelle 3: Rahmendaten zur Entwicklung der Region Rostock bis 2035 51
Tabelle 4: Rahmendaten für die Nutzung Erneuerbarer Energien in der Region Rostock..... 71
Tabelle 5: Ausgewählte Erneuerbare-Energien-Potenziale der Region Rostock..... 73
Tabelle 6: Windstromerzeugung in der Region Rostock (Beispielrechnung) 78
Tabelle 7: Erneuerbare-Energien-Potenziale der Region Rostock (Zusammenfassung)..... 81
Tabelle 8: Erneuerbare Energien in der Stromerzeugung 2019 (gerundet)..... 84
Tabelle 9: Fernwärmenetze in der Region Rostock 2021..... 86
Tabelle 10: Kennziffern zur Entwicklung der Energieversorgung (gerundet) 132
Tabelle 11: Kennziffern zur erneuerbaren Stromerzeugung (gerundet) 133
Tabelle 12: Rahmendaten für die Abgrenzung der Potenziale 145
Tabelle 13: Erneuerbare-Energien-Potenziale für Mecklenburg-Vorpommern im Vergleich..... 152

Kartenverzeichnis

Karte 1: Region Rostock im Überblick 9
Karte 2: Einwohnerdichte in der Region Rostock 2019 44
Karte 3: Einwohnerdichte in der Region Rostock 2035 44
Karte 4: Unternehmen der Erdgasversorgung in der Region Rostock 88

Abkürzungen

BGA - Biogasanlage,
BHKW - Blockheizkraftwerk,
BIP - Bruttoinlandsprodukt,
BSR - Ostseeregion (*Baltic Sea Region*),
BWS - Bruttowertschöpfung,
EE - Erneuerbare Energie(n),
EFH - Einfamilienhaus,
GHDS - Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher,
GuD - Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerk,
HGÜ - Hochspannungsgleichstromübertragung,
HKW - Heizkraftwerk,
KNG - Kraftwerks-Netzgesellschaft,
KWK - Kraft-Wärme-Kopplung,
KWSB - Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“,
LEP - Landesraumentwicklungsprogramm,
LK - Landkreis,
LNG - Flüssigerdgas (*liquefied natural gas*),
SLNG - Synthetisches LNG,
LPG - Flüssiggas,
MFH - Mehrfamilienhaus,
MIV - Motorisierter Individualverkehr,
NEL - Nordeuropäische Erdgas-Leitung,
NEP - Netzentwicklungsplan,
NWG - Nichtwohngebäude,
OPAL - Ostsee-Pipeline-Anbindungsleitung,
ORC - Organischer Rankine-Kreisprozess (*Organic Rankine Cycle*),
ÖPNV - Öffentlicher Personennahverkehr,
PHH - Privathaushalt,
Pkw - Personenkraftwagen,
PtG - Power to Gas,
PtH - Power to Heat,
PV - Photovoltaik,
RPV - Regionaler Planungsverband,
RREP - Regionales Raumentwicklungsprogramm,
SK-KW - Steinkohlekraftwerk,
SP-KW - Speicherkraftwerk

ST - Solarthermie,
THG - Treibhausgas,
WEA - Windenergieanlage,
WEG - Windeignungsgebiet,
WP - Wärmepumpe,
ZFH - Zweifamilienhaus

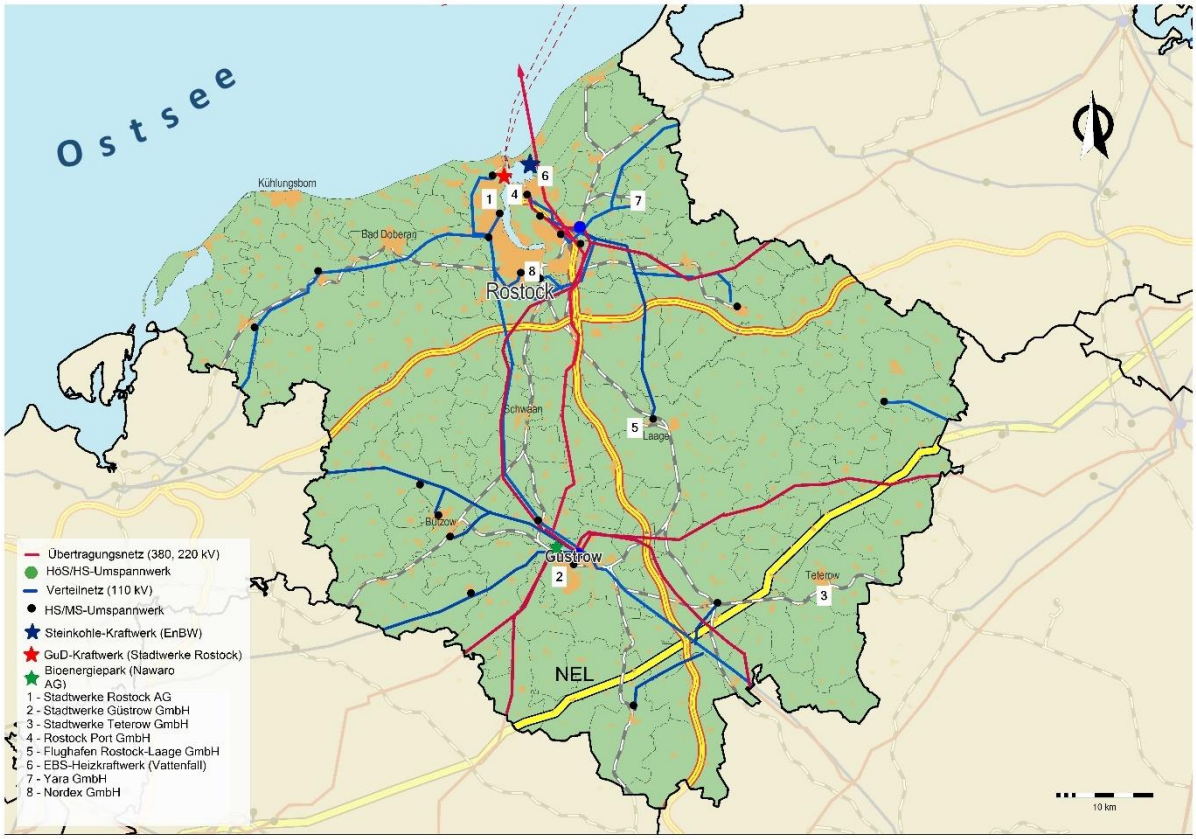
Regionalkürzel
HRO - Hansestadt Rostock,
LRO - Landkreis Rostock,
RR - Region Rostock

0. Vorbemerkungen

Das Regionale Raumentwicklungsprogramm des Planungsverbands Region Rostock stammt aus dem Jahr 2011 /1/. Nach zwischenzeitlichen Teilfortschreibungen wird nun auch eine Gesamtfortschreibung vorbereitet. Hierzu soll das vorliegende Regionale Energiekonzept beitragen.

Das Energiekonzept ist in seinem Planungshorizont wie die Gesamtfortschreibung des Regionalen Raumentwicklungsprogramms der Region auf das Jahr 2035 ausgerichtet. Darüber wird für Entwicklungen mit längerfristigen Zielperspektiven das Jahr 2050 zugrunde gelegt. Das Energiekonzept für die Region Rostock ist eng an den Fragestellungen der formellen Regionalplanung ausgerichtet. Dementsprechend werden vorrangig diejenigen Aspekte der Energiewende betrachtet, die im regionalen Maßstab flächenwirksam und einer Steuerung durch die Regionalplanung zugänglich sind.

Die Region Rostock liegt im Nordosten Deutschlands an der Ostsee und hat eine Fläche von 3.600 km², Karte 1. Sie besteht aus der Hanse- und Universitätsstadt Rostock sowie aus dem Landkreis Rostock mit seinen 112 Gemeinden. Aus der Küstenlage der Region mit ca. 70 km Küste – etwa ein Viertel ihres Umfangs wird durch Küste gebildet – resultieren besondere Bedingungen für die Energieversorgung der Region. *Einerseits* erfordert der Austausch von Energie andere Formen der infrastrukturellen Vernetzung und des Energietransports als mit benachbarten Landregionen. *Andererseits* bietet die Küstenlage erhebliche Möglichkeiten zur Energiegewinnung aus dem Meer, besonders durch die Nutzung der Windenergie auf See.



Karte 1: Region Rostock im Überblick

Die Region Rostock ist die wirtschaftsstärkste Region des Landes Mecklenburg-Vorpommern und gehört zugleich zu den Regionen in Deutschland, die in den letzten Jahren ein dynamisches Wirtschaftswachstum verzeichnen konnten, Abbildung 1.

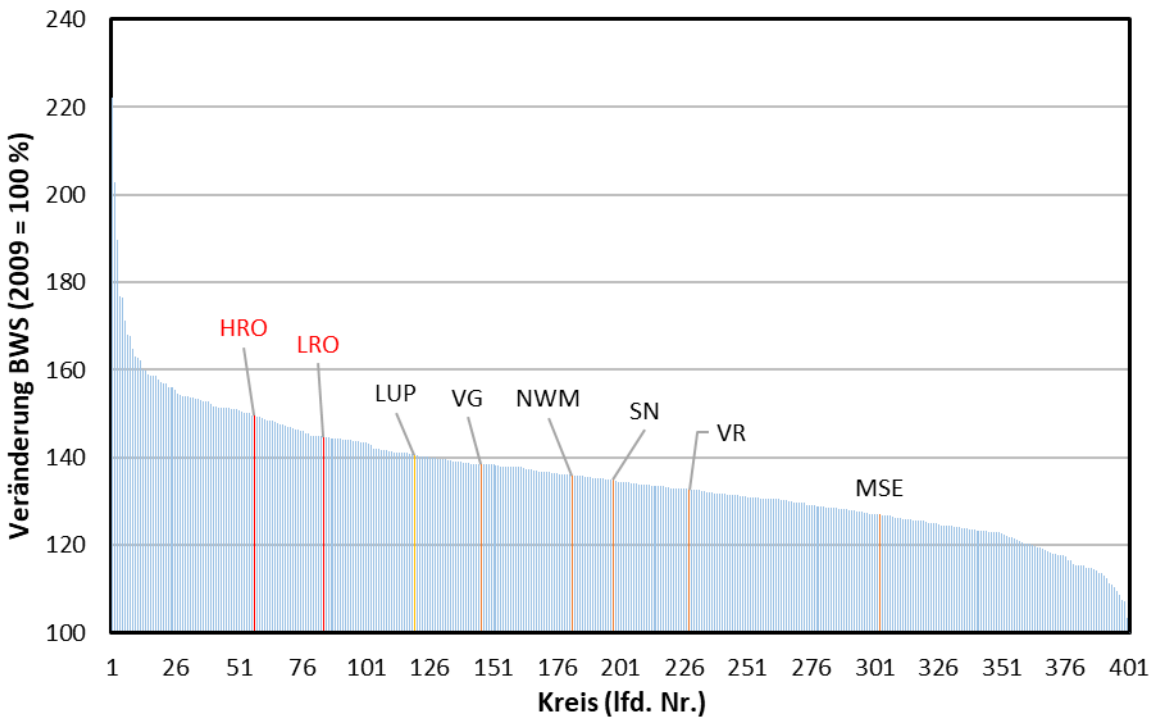


Abbildung 1: Bruttowertschöpfung der Kreise in Deutschland im Zehnjahresvergleich[1]

Das im Folgenden dargelegte Regionale Energiekonzept ist darauf ausgerichtet, den längst eingeschlagenen Weg hin zu einer zukunftsfähigen Energieversorgung fortzusetzen, dadurch neue und zudem erhebliche Potenziale zur regionalen Wertschöpfung zu erschließen und bis zum Jahr 2035 die CO_2-Neutralität zu erreichen. Zugleich werden mit der Umsetzung des Energiekonzepts auch die energie- und klimapolitischen Ziele erreicht, welche sich die Europäische Union und Deutschland gesetzt haben.

Die wesentlichen Erkenntnisse und Schlussfolgerungen des Konzepts wurden zu einem Energiewirtschaftlichen Leitbild verdichtet, welches im ersten Abschnitt des Energiekonzepts dargestellt und anschließend in einzelnen Abschnitten beschrieben und begründet wird.

In das Konzept und in das darin vorgeschlagene Energiewirtschaftliche Leitbild sind die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen eingeflossen, die im Auftrag der Hanse- und Universitätsstadt Rostock im Rahmen des Bundesprojekts „Regiopolen und Regiopolregionen für Deutschland“ bzw. im Auftrag des Planungsverband Region Rostock durchgeführt wurden /2/, /3/, /4/, /5/, /6/.

Bestandteil des Regionalen Energiekonzepts der Region Rostock ist außerdem ein Fachbeitrag Umweltplanung, welcher eine umweltfachliche Bewertung möglicher Auswirkungen vornimmt, die mit dem fortzusetzenden Ausbau der Erneuerbaren Energien verbunden sein können /7/.

Die Erarbeitung des Energiekonzepts erfolgte über einen längeren Zeitraum von Mitte 2018 bis Ende 2022. Dies begründet sich dadurch, dass sich während der Erarbeitung wesentliche Rahmenbedingungen deutlich stärker verändert haben als dies zu erwarten war: Zu der längerfristigen Klimakrise, die sich in dem inzwischen immer deutlicher wahrzunehmenden Klimawandel und in einem aufgrund

[1] Datenbasis: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder /9/. Die Abbildung zeigt die Rangfolge aller deutschen Land- und Stadtkreise, wobei diese nach der Veränderung ihrer Wirtschaftsleistung (Bruttowertschöpfung) in dem Zehnjahreszeitraum von 2009 bis 2019 geordnet wurden. Es handelt sich somit um einen „Vor-Krisen-Vergleich“, das heißt, vor dem Beginn der COVID-19-Pandemie und der Energiekrise.

dessen zunehmend dringlicher werdenden Klimaschutz äußern, kamen die seit März 2020 auch in Deutschland herrschende COVID-19-Pandemie sowie Energiekrise. Letztere begann spätestens im Herbst 2021 als Energiepreiskrise und hat sich im Gefolge des russischen Überfalls auf die Ukraine im Februar 2022 zu einer Versorgungskrise verschärft. Zur Bewältigung dieser Krisen wurde in Deutschland von Bund und Ländern eine Vielzahl von Maßnahmen ergriffen. Ein Teil dieser Maßnahmen hat erhebliche mittel- und langfristige Auswirkungen. Diese konnten in dem Regionalen Energiekonzept nicht unberücksichtigt bleiben, zumal dieses wie erwähnt die Gesamtfortschreibung des regionalen Raumentwicklungsprogramms vorbereiten soll. Aufgrund solcher längerfristig wirksamen Veränderungen in den Rahmenbedingungen wurde das Konzept immer wieder weiterentwickelt. Sie sind, soweit sie bis zum Jahresende 2022 realisiert bzw. absehbar waren, in das Konzept eingeflossen.

Infolge dieser Krisen und der Maßnahmen zu ihrer Bewältigung unterscheiden sich die Energie- und CO_2-Bilanzen insbesondere der Jahre ab 2020 deutlich von den Bilanzen ihrer Vorjahre. Sie sind daher für Analysen mittel- und längerfristiger energiewirtschaftlicher Entwicklungstrends kaum geeignet.

Ein erster Entwurf des Regionalen Energiekonzepts basierte auf den Energie- und CO_2-Bilanzen der Region Rostock für das Jahr 2016. Der Ersatz dieser Bilanzen in späteren Konzeptentwürfen durch neuere Bilanzen erwies sich weder als notwendig noch sinnvoll: Aus heutiger Sicht erweisen sich die Daten der Jahre von 2016 bis 2018 zur Energieerzeugung und zum Energieverbrauch als die jüngsten für die Betrachtung längerfristiger Entwicklungen repräsentativen Daten. Dagegen liegen zu den späteren Jahren noch kaum amtlich-statistische Energiedaten vor. Zudem werden diese Daten deutlich durch die COVID-19-Pandemie und durch die Energiekrisen beeinflusst sein. Da diese Einflüsse zumindest im Fall der Pandemie bereits nach zwei Jahren wieder weitgehend zurückgegangen sind, müssen bei Analysen mittel- und längerfristiger energiewirtschaftlicher Entwicklungstrends unberücksichtigt bleiben. Im Gegensatz dazu sind die Energie- und CO_2-Bilanzen der Jahre von 2016 bis 2018 einander bemerkenswert ähnlich. Dies begründet sich unter anderem durch die vergleichbaren Heizgradtagzahlen, die höchstens eine leicht sinkende Tendenz zeigten. Die Folge wäre ein leichter Rückgang des Heizenergieverbrauchs, der jedoch durch Zuwächse in neu errichteten Gebäuden kompensiert wurde. Des Weiteren hat sich auch der Energieverbrauch im Sektor Industrie in den drei Jahren faktisch nicht verändert. Im Verkehrssektor blieb der Verbrauch von Kraftstoffen zumindest in Mecklenburg-Vorpommern insgesamt ebenfalls nahezu konstant. Auf der Erzeugungsseite schließlich gab es bei der Nutzung der Erneuerbaren Energien insbesondere in der erneuerbaren Stromerzeugung kaum noch Fortschritte. Der einzige größere Unterschied besteht in der Stromerzeugung des Steinkohlekraftwerks Rostock, welche 2018 ein Drittel niedriger war als in den beiden Vorjahren. Ein erheblicher Teil der Berechnungen und Trendanalysen, die in der Erarbeitung des Energiekonzepts durchgeführt wurden, wurde daher mit Daten aus den Jahren bis 2019 durchgeführt. Nur bei solchen kumulativen Entwicklungen wie der Entwicklung der Bevölkerung und des Wohngebäudebestands, der Entwicklung des Fahrzeugbestands oder der Nutzung der Erneuerbaren Energien wurden auch neuesten vorliegenden Daten berücksichtigt.

Eine weitere Folge der genannten Krisen besteht darin, dass Prognosen energiewirtschaftlicher Rahmenbedingungen erheblich erschwert werden. Sie sind mit zusätzlichen Unsicherheiten behaftet, die zudem mit dem Zeithorizont der Prognosen schneller wachsen als üblich. Dies betrifft besonders die Preisentwicklungen der wichtigsten Energieträger wie Strom, Erdgas und Kraftstoffe. Darüber hinaus sind aber auch die zukünftige Nutzung der fossilen und erneuerbaren Energien sowie die Entwicklung der hierzu jeweils erforderlichen Energieinfrastrukturen und damit die Dynamik der Energiewende in Deutschland im Ganzen kaum sicher einzuschätzen.

1. Energiewirtschaftliches Leitbild der Region Rostock

Das Energiewirtschaftliche Leitbild der Region Rostock soll das zentrale Ziel für die zukünftige Entwicklung der regionalen Energieversorgung angeben und Wege zu seiner Erreichung aufzeigen. Für die Entwicklung des Leitbildes wurden zunächst die überregionalen energie- und klimapolitischen Ziele und Erfordernisse in der Europäischen Union und in Deutschland (Abschnitt 1.1.1) sowie im Land Mecklenburg-Vorpommern (Abschnitt 1.1.2) analysiert. Diese Ziele werden sodann auf die Region Rostock übertragen und mit bereits besetzten regionalen Zielen verglichen (Abschnitt 1.1.3).

Das zentrale Ziel der Region Rostock sollte in der Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 und in der Verbindung der dazu erforderlichen Entwicklungen mit steigender regionaler Wertschöpfung bestehen. Indem die CO_2-Neutralität früher als in Europa und in Deutschland erreicht wird, erfüllt die Region zugleich auch die wichtigsten überregionalen Energie- und Klimaziele.

Das Leitbild besteht aus einem Leitmotto, welches durch Leitsätze untersetzt wird (Abschnitt 1.2). Abschließend werden planerische und regionalwirtschaftliche Voraussetzungen dargestellt, die in der Region zur Umsetzung des Leitbildes bereits gegeben sind (Abschnitt 1.3).

1.1 Energie- und klimapolitische Ziele und Erfordernisse

1.1.1 Überregionale Ziele und Erfordernisse

Die Klimaschutzziele der Europäischen Union und Deutschlands basieren auf dem Pariser Übereinkommen 2015, wurden jedoch zwischenzeitlich angehoben: 2020 wurde in der Europäischen Union beschlossen, die Treibhausgasemissionen bis 2030 nicht nur um mindestens 40 Prozent, sondern um mindestens 55 Prozent der Emissionen von 1990 zu senken. Deutschland hat seine nationalen Minderungsziele mit dem Klimaschutzgesetz 2021 (KSG 2021) ebenfalls angehoben: Für 2030 und 2040 sind nun mindestens 65 bzw. 88 Prozent gesetzt und die Netto-Treibhausgasneutralität soll fünf Jahre früher als bisher erreicht werden /11/. **Für 2035 legt das KSG 2021 ein Minderungsziel von 77 Prozent gegenüber 1990 fest.** Diese Ziele sind im KSG 2021 durch Sektorziele untersetzt, Tabelle *1*.

Tabelle 1: Sektorziele zur Treibhausgasemissionsminderung[2]

Sektor / Bereich — Jahr	1990	2020	2025	2030	2035	Ziel - Minderung ggü. 1990 …	
	Mio. t CO_2-Äquivalent					auf	um
1	2	3	4	5	6	7	8
Energiewirtschaft	466	280		108	(65)	23,2 %	76,8 %
Industrie	283	186	157	118	(73)	41,7 %	58,3 %
Gebäude	209	118	92	67	(49)	32,1 %	67,9 %
Verkehr	163	150	123	85	(50)	52,1 %	47,9 %
Landwirtschaft	88	70	63	56	(49)	63,6 %	36,4 %
Abfallwirtschaft und Sonstiges	39	9	7	4	(1)	10,3 %	89,7 %
gesamt	1.248	813	442	438	(287)	35,1 %	64,9 %

[2] Quelle: /11/, Anlage 2 und 3. Für das Jahr 2035 gibt das Klimaschutzgesetz nur ein Gesamtziel an. Die in der Tabelle angegebenen Sektorziele wurden deshalb interpoliert und in Klammern gesetzt.

Damit Deutschland seine Ziele erreichen kann, ist es unerlässlich, dass sich auch die Bundesländer, Regionen und Städte Ziele setzen und dass diese Ziele in der Summe die nationalen Ziele erfüllen. Allerdings können sie auch eigene, ambitioniertere Ziele setzen. Dies ist sogar notwendig, weil die Voraussetzungen für eine klimaneutrale Energieversorgung in Deutschland unterschiedlich verteilt sind (auch in der Vergangenheit waren die Beiträge der Länder, Regionen und Städte zur Energieversorgung in Deutschland unterschiedlich verteilt). Tatsächlich gibt es bereits eine Vielzahl von Regionen und Städten mit anspruchsvolleren Klimazielen, beispielsweise die Hansestadt Rostock.

Die europäischen Ziele für den Ausbau der Erneuerbaren Energien wurden im Strombereich mit dem EEG 2021 in nationales Recht umgesetzt /14/. Danach ist der erneuerbare Anteil am Bruttostromverbrauch bis 2030 auf 65 Prozent, **bis 2035 auf 75 Prozent** und bis 2050 auf 100 Prozent zu steigern.

Die Energieeffizienz soll nach der neuen europäischen Energieeffizienzrichtlinie (EED) bis 2030 um 27 bis 30 Prozent steigen. Zudem soll der (fossile) Primärenergieverbrauch 2030 um 32,5 Prozent geringer sein als in einer angenommenen Referenzentwicklung zu erwarten ist[3]. **Auf das Jahr 2035 bezogen muss der (fossile) Primärenergieverbrauch dann um 42,5 Prozent geringer sein**.

Einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung dieser Ziele müssen die Sektoren Gebäude und Verkehr leisten. Da beide Sektoren die für 2021 vorgegebenen CO_2-Minderungsziele nicht erfüllten, haben die zuständigen Bundesministerien 2022 Sofortprogramme vorgelegt[4]. Zu den Maßnahmen des Sofortprogramms für den Gebäudesektor zählen strengere Neubaustandards und eine 65-Prozent-Vorgabe des Anteils Erneuerbarer Energien bei neuen Heizungssystemen. Die erforderlichen gesetzlichen Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) stehen allerdings noch aus.

Im Verkehrssektor kann besonders die Elektromobilität zur Senkung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen beitragen. Dementsprechend hat die Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag das Ziel definiert, dass in Deutschland bis 2030 mindestens 15 Mio. vollelektrische Pkw zugelassen sind und dass der hierfür erforderliche Ausbau der Ladeinfrastruktur beschleunigt wird /*16*/, S. 22. **2035 würden dann bis zu 30 Mio. Elektrofahrzeuge im Straßenverkehr zugelassen sein.** Des Weiteren legt die europäische Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) /17/ fest, dass der Anteil konventioneller pflanzlicher Biokraftstoffe am Verkehrsenergieverbrauch wie bisher maximal 7 Prozent betragen darf. Allerdings können die Mitgliedstaaten nun auch weniger als 7 Prozent vorschreiben, ohne dies an anderer Stelle ausgleichen zu müssen. Deutschland will konventionelle Biokraftstoffe nach Maßgabe des status quo nur bis zu einem Anteil von maximal 5,3 Prozent anrechnen.

Aufgrund der 2022 eingetretenen Versorgungskrise mit fossilen Energieträgern, insbesondere mit Erdgas aus Russland, hat die Bundesregierung erhebliche Anstrengungen unternommen, um andere Importquellen zu erschließen und um die dafür erforderlichen LNG-Terminals aufzubauen. Zudem wurden Maßnahmen ergriffen, um den Ausbau der Erneuerbaren Energien wieder zu beschleunigen. Von besonderer Bedeutung ist das Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land (WindBG) vom 20.7.2022. Es sieht vor, dass bis zum 31.12.2027 1,4 Prozent und bis zum 31.12.2032 2,0 Prozent der Bundesfläche für die Windenergie bereitgestellt werden soll /*19*/, S. 1356. Diese Vorgaben sind im Gesetz durch Flächenbeitragswerte für die Bundesländer ergänzt. Darüber hinaus sollen künftig Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf allen Ackerflächen grundsätzlich zulässig sein (Agri-PV-Anlagen).

---

[3] Verfügbar unter https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive. Da sich die Erzeugungsstrukturen bis dahin noch nicht wesentlich gewandelt haben werden und keine deutlichen Wirkungsgradverbesserungen in den etablierten Energietechnologien mehr zu erwarten sind, werden diese Zielwerte hier unverändert auf den Endenergieverbrauch übertragen.

[4] Das Sofortprogramm Verkehr besteht aus 6 Maßnahmen: Neben dem Ausbau der Tank- und Ladeinfrastrukturen für Pkw und Nutzfahrzeuge sollen effiziente Lkw-Trailer gefördert werden sowie die Radverkehrsinfrastruktur und der ÖPNV ausgebaut werden. Es wurde allerdings von dem Expertenrat für Klimafragen im Rahmen seines gesetzlichen Prüfauftrags als unzureichend eingeschätzt. Ein qualifiziertes Sofortprogramm liegt bislang nicht vor.

1.1.2 Ziele des Landes Mecklenburg-Vorpommern

Mecklenburg-Vorpommern soll gemäß dem Koalitionsvertrag der Landesregierung 2040 klimaneutral sein. 2035 soll der gesamte Energiebedarf des Landes für Strom, Wärme und Mobilität aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden. Die Landesverwaltung soll 2030 CO_2-neutral sein und so als Vorbild wirken. Diese Ziele werden durch ein Landesklimagesetz präzisiert, welches derzeit erarbeitet wird.

Die Landesregierung hatte sich 2015 in ihrer Energiepolitischen Konzeption /20/ das Ziel gesetzt, dass Mecklenburg-Vorpommern **ab 2025 einen jährlichen Beitrag des zur Stromversorgung Deutschlands von jährlich 25 TWh** leistet. 2018 betrug der Stromexport des Landes 8,4 TWh. Zu diesem Export trug die Region Rostock mit 4 TWh bei. Um das Landesziel erfüllen zu können, ist somit der Stromexport bis 2025 mindestens zu verdreifachen. Neben der auszubauenden erneuerbaren Stromerzeugung kann vorläufig auch das Steinkohlekraftwerk Rostock noch zum Stromexport beitragen.

Allerdings zeigen Analysen zur zukünftigen Stromversorgung in Deutschland, dass der 2015 definierte Beitrag des Landes aus nationaler Perspektive voraussichtlich nicht nur dringend erforderlich, sondern auch als zu niedrig zu bewerten ist (Anhang 3): Durch die Stilllegung von Großkraftwerken wird die Stromerzeugung in einigen Bundesländern in den nächsten Jahren weiter zurückgehen. Zudem ist ein beispielsweise durch die Elektromobilität wachsender Stromverbrauch zu erwarten. Somit ergibt sich hier für das Land Mecklenburg-Vorpommern und für die Region Rostock eine Möglichkeit zur Ausweitung des Stromexports und der damit verbundenen Wertschöpfung.

Gemäß dem Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land (WindBG) vom 20.7.2022 sollen bis zum 31.12.2027 1,4 Prozent und bis zum 31.12.2032 2,0 Prozent der Bundesfläche für die Windenergie bereitgestellt werden /*19*/, S. 1356. Diese Vorgaben sind im Gesetz durch Flächenbeitragswerte für die Bundesländer ergänzt. Sie betragen für Mecklenburg-Vorpommern 1,4 bzw. 2,1 Prozent seiner Landesfläche. Dementsprechend muss das Land bis 2027 ca. 32.600 ha und bis 2032 ca. 48.900 ha für die Nutzung der Windenergie an Land bereitstellen.

1.1.3 Eigene und übertragene Ziele der Region Rostock

Aufgrund der Erkenntnis, dass die Energie- und Klimaziele der Europäischen Union und Deutschlands die Erfordernisse des Klimaschutzes entsprechend dem heutigen Stand der Wissenschaft kaum hinreichend berücksichtigen und in den nächsten Jahren voraussichtlich weiter nachgeschärft werden müssen, wird für die Region Rostock von vornherein eine anspruchsvollere Zielsetzung vorgeschlagen. Diese sieht die Erreichung der CO_2-Neutralität in der Region bis zum Jahr 2035 vor. Damit werden zugleich auch die überregionalen Ziele erreicht. Das Regionale Energiekonzept orientiert sich damit an dem Ziel, das sich die Hansestadt Rostock bereits 2020 gesetzt hat.

<u>Regionale CO_2-Neutralität bis 2035</u>

Bei direkter Übertragung der nationalen Klimaziele müssen die CO_2-Emissionen in Mecklenburg-Vorpommern bzw. in der Region Rostock bis 2030 bzw. 2045 wie oben beschrieben zurückgehen. Das Land verzeichnete 1990 effektive CO_2-Emissionen in Höhe von 15,4 Mio. t. Davon lassen sich 25 Prozent bzw. 3,85 Mio. t der heutigen Region Rostock zuordnen. Diese CO_2-Emissionen müssten bis 2030 um 65 Prozent auf 1,35 Mio. t zurückgehen. Für 2035 ergibt sich aus der gesetzlich vorgeschriebenen Minderung um 77 Prozent der **Zielwert** von 0,9 Mio. t. Bis 2045 müssten die CO_2-Gesamtemissionen der Region dann gemäß den nationalen Klimazielen weiter auf Netto-Null sinken. Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Ist- und der Zielwerte für die CO_2-Emissionen. Dabei sind in den CO_2-Emissionen 2016 die CO_2-Emissionen des Steinkohlkraftwerks Rostock gesondert gekennzeichnet.

Der **aktuelle Stand** der CO_2-Emissionen in der Region Rostock ist in der CO_2-Bilanz für das Jahr 2016 angegeben (Abschnitt 4.1). Danach belaufen sich die CO_2-Emissionen auf 4,96 Mio. t (temperaturbereinigt 5,04 Mio. t), darunter 2,75 Mio. t aus Steinkohle, Abbildung 2.

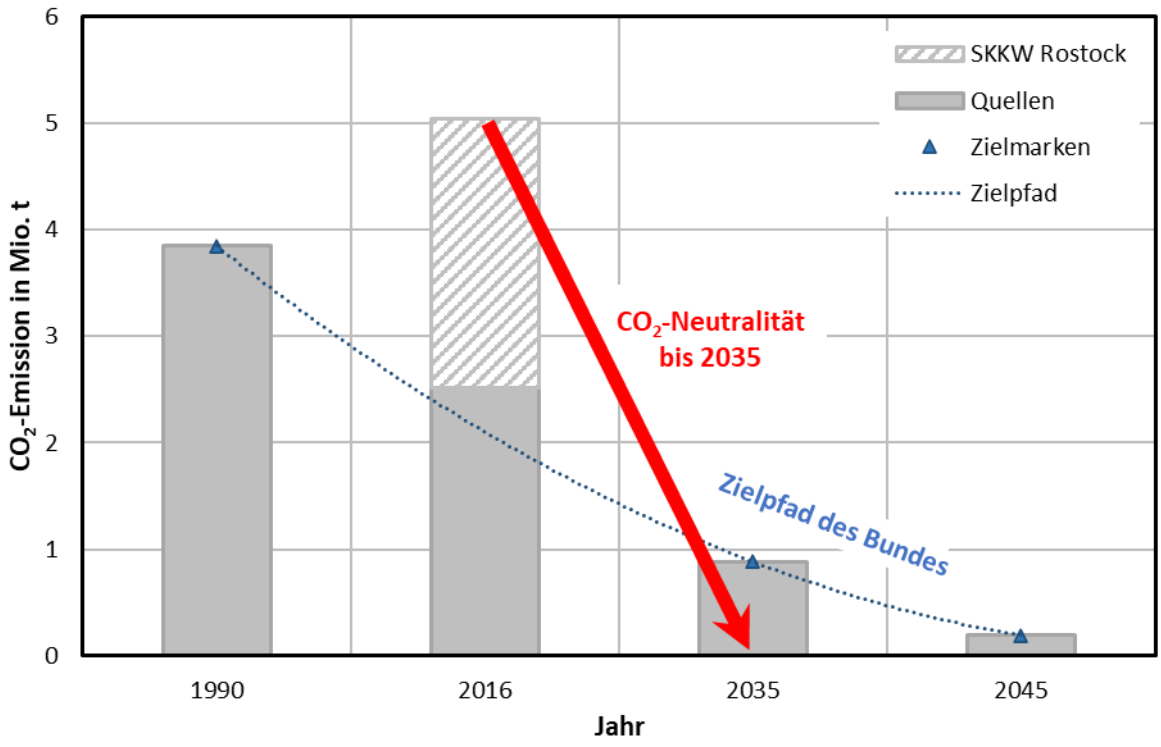


Abbildung 2: CO_2-Emissionen in der Region Rostock – Ist- und Zielwerte

Wie ein ebenfalls in Abbildung 2 dargestellter Minderungspfad zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 zeigt, ist dieses Ziel wesentlich anspruchsvoller als ein den nationalen Klimazielen entsprechender Minderungspfad. Voraussetzung für die Zielerreichung ist allerdings die Konzentration der Klimaschutzbemühungen auf die größeren Quellen in der Region Rostock und besonders in der Stadt Rostock. Dies ist umso bedeutsamer, als 2019, also fünf Jahre nach dem Beschluss des bis 2050 reichenden „Masterplans 100 % Klimaschutz“ festgestellt werden musste, dass die bislang erzielten Fortschritte zu gering sind. Zugleich vergrößert sich auch der Handlungsbedarf in der Anpassung an den Klimawandel, da Region und Stadt in besonderem Maße von dessen Auswirkungen betroffen sein könnten, also von Hochwasser, Sturmfluten, Starkregen oder Hitzeperioden.

Damit das Ziel CO_2-Neutralität erreicht werden kann, bedarf es einer näheren Bestimmung der Kriterien für die Ermittlung der CO_2-Emissionen und der Anforderungen an die Neutralität. Im vorliegenden Regionalen Energiekonzept der Region Rostock wird folgende Zieldefinition zugrunde gelegt:

- Minderungszeitraum und Zieljahr: 2020-2035,
- Bilanzraum: Region Rostock, bestehend aus der Hansestadt Rostock und dem Landkreis Rostock,
- Emissionsarten und Treibhausgase: energiebedingte Emissionen, Kohlendioxid (CO_2),
- Emissionsminderungspfad: nichtlinear-degressiv,
- Kompensationsmöglichkeiten: Anrechnung von im Minderungszeitraum neu geschaffenen Senken (Wald und Moore), Emissionszertifikate für verpflichtete Teilnehmer, CCU[5],
- Bilanzierungsmethode: Bilanzierung der energiebedingten CO_2-Emissionen nach der Methodik der Energie-/CO_2-Bilanzen des Bundes und der Länder (einschließlich Stromaustausch).

[5] CCU - Carbon Capture and Utilization: CO_2-Emissionen werden unmittelbar nach ihrer Entstehung aus einem (Rauch-)Gasstrom abgeschieden und - anders als bei CCS - nicht gespeichert, sondern als Grundstoff in Produktionsverfahren beispielsweise der Chemischen Industrie oder der Baustoffindustrie genutzt.

Stromexport als regionaler Beitrag zur Stromversorgung in Deutschland

Die Landesregierung in Mecklenburg-Vorpommern hat sich in ihrer Energiepolitischen Konzeption /20/ das Ziel gesetzt, ab dem Jahr 2025 mit mindestens 25 TWh/a zur gesamtdeutschen Stromversorgung beizutragen (Abschnitt 1.1.2). Auch aus gesamtdeutscher Perspektive ist ein Beitrag von mindestens 25 bis 30 TWh/a erforderlich (Anhang 3). Aus diesem Ziel leitet sich unmittelbar der **Zielbeitrag der Region Rostock** ab: Dieser könnte sich gemäß dem Anteil der Regionsfläche an der Landesfläche auf 15 Prozent belaufen, wobei zusätzlich die unterschiedliche Verteilung der Erneuerbare-Energien-Potenziale auf die Regionen im Land zu berücksichtigen ist. Im Folgenden wird ein Beitrag der Region zum Landesziel in Höhe von mindestens 2,5 bis 3,5 TWh/a zugrunde gelegt. Der Stromexport der Region sollte also in der Größenordnung auf dem **gegenwärtig erreichten Niveau von 4 TWh** bleiben. Diese Strommenge muss über den Stromverbrauch der Region hinaus erzeugt werden. Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Strombilanzen der Region bis 2050.

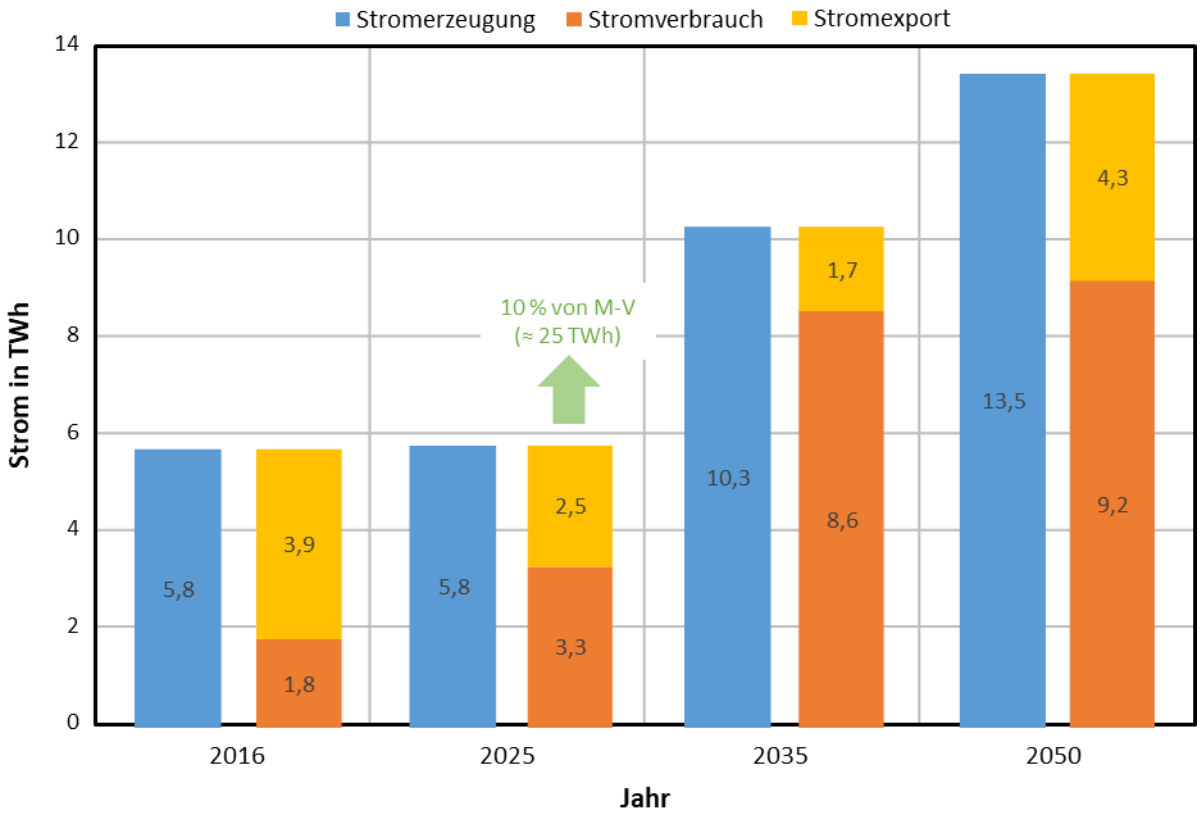


Abbildung 3: Strombilanz der Region Rostock (vereinfacht) – Ist- und Zielwerte 2035

In der Strombilanz der Region 2016 überstieg die Stromerzeugung von 5,8 TWh (blau) den Verbrauch von 1,8 TWh (orange) deutlich. Daher war ein Stromexport von 3,9 TWh (gelb) möglich. Bis 2025 steigt der Stromverbrauch in der Region infolge zusätzlichen Verbrauchs besonders in der Sektorkopplung Elektromobilität, Elektrowärme, *power to heat*) auf 3,3 TWh an. Weil die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern sinkt und die erneuerbare Stromerzeugung nicht beliebig schnell ausgebaut werden kann, steigt die Stromerzeugung insgesamt noch nicht. Daher verbleiben für den Stromexport bis 2025 nur 2,5 TWh, das heißt, die Region kann zumindest vorläufig noch nicht in der erforderlichen Höhe zum Stromexport des Landes und damit zur Erfüllung des Ziels der Landesregierung

beitragen[6]. Bis 2035 steigen der Stromverbrauch und die Stromerzeugung weiter auf 8,6 bzw. 10,3 TWh. Für den Export stehen dann 1,7 TWh zur Verfügung. Diese Entwicklung resultiert aus den Maßnahmen, welche zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 unabdingbar sind: Neben der Steigerung der Energieeffizienz in allen Sektoren bestehen vorrangige Maßnahmen vor allem in dem Ersatz des Steinkohlekraftwerks Rostock durch ein wasserstoffbasiertes Speicherkraftwerk und der Erzeugung von erneuerbaren Gasen und Kraftstoffen (eGase, eFuels) für den Wärme- und Verkehrssektor (Abschnitt 5). Deren Herstellung benötigt zwar erhebliche Mengen an erneuerbarem Strom, bindet jedoch auch erhebliche Mengen Kohlendioxid. Sofern nach Erreichen der CO_2-Neutralität die erneuerbare Stromerzeugung weiter steigt, steigt auch der Stromexport bis 2050 allmählich weiter auf 4,3 TWh an, sofern der Stromverbrauch nur noch geringfügig und hauptsächlich infolge des Eigenstromverbrauchs der Energieerzeugung steigt.

Da die lieferbaren Strommengen nicht nur von der Stromerzeugung, sondern auch vom Stromverbrauch in der Region Rostock abhängen, kann eine höhere Ausschöpfung ihrer erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale zumindest teilweise durch eine höhere Senkung des Stromverbrauchs im Wege der Steigerung der Energieeffizienz substituiert werden. Bezüglich der zukünftigen Entwicklung des Stromverbrauchs bestehen allerdings vielfältige Unsicherheiten:

- Die Effizienzpotenziale und -technologien sind seit langem bekannt. Ihre Erschließung erfolgt dagegen nur langsam. Bestehende Hemmnisse waren bislang jedenfalls nur bedingt zu überwinden.
- Erzielte Effizienzgewinne sind bislang durch Rebound-Effekte kompensiert worden. Möglicherweise kann die zunehmende Digitalisierung aller Bereiche diese Effekte zukünftig limitieren.
- Neue Stromanwendungen können zu einem deutlichen Anstieg des Stromverbrauchs führen:
  - Die Elektromobilität führt zwar zu einer deutlichen Reduzierung des Energieverbrauchs im Straßenverkehr, zugleich jedoch auch zu einem Anstieg des Stromverbrauchs.
  - Im Gebäudebereich ist der Ausbau der erneuerbaren Wärme mit einer weiteren Verbreitung elektrischer Wärmepumpen verbunden, wodurch sich der Stromverbrauch ebenfalls erhöht. Ein zusätzlicher Stromverbrauch könnte zudem auch aus der Digitalisierung von Gebäuden resultieren (Smart City, Smart Homes).
  - Perspektivisch wird mit dem Klimawandel im Gebäudebereich ein Bedarf an Kühlung und Klimatisierung entstehen und demzufolge auch der Stromverbrauch steigen.
  - Die Entwicklung vieler neuer Technologien könnte zu einem zusätzlichen, derzeit noch kaum absehbaren Anstieg[7] der Stromnachfrage führen (Internet of Value – IoV, Internet der Dinge - IoT/Industrie 4.0, Autonomes Fahren, Medienlandschaft/-nutzung, Stromverbrauch neuer Rechenzentren /22/, /23/).
  - In der Industrie und besonders in der Stahlherstellung, in der Zementindustrie und in der Chemischen Industrie könnte der Stromverbrauch mit der Ablösung fossiler Energieträger durch strombasierte Produktionsverfahren erheblich steigen. Der Stromverbrauch der deutschen Stahlherstellung könnte um bis zu 190 TWh steigen /24/, S. 62. Um die deutsche Chemieindustrie bis 2045 treibhausgasneutral zu stellen, könnte sich ihr Stromverbrauch bis 2050 verzehnfachen[8]. Insgesamt könnte dieser Stromverbrauch in Deutschland bis 2050 auf bis zu 685 TWh/a steigen, das wäre mehr als die gesamte deutsche Stromerzeugung im Jahr 2018 /27/, S. 9. Auch der zuletzt genehmigte Szenariorahmen der Netzentwicklungsplanung

---

6 Von 2012 bis 2020 ist die Stromerzeugung des Steinkohlekraftwerks Rostock von 3,8 TWh um 2,6 TWh auf 1,2 TWh zurückgegangen. Die Exportziele des Landes und der Region könnten vorläufig nur erfüllt werden, wenn das Steinkohlekraftwerk Rostock seine Stromerzeugung wieder deutlich erhöht.

7 In einer neueren Studie wird davon ausgegangen, dass dieser Zuwachs bis 2030 60 TWh betragen könnte, also ca. 10 Prozent des heutigen Bruttostromverbrauchs. Wegen des in gleicher Größenordnung rückläufigen „traditionellen“ Bruttostromverbrauchs könnte dieser insgesamt unverändert bleiben, /26/, S. 14.

8 Die dort untersuchten Technologien beziehen sich unter anderem auf die Herstellung der mengenmäßig größten Grundchemikalien Chlor, Ammoniak und Harnstoff und Methanol. Wichtige Technologien sind die Chlor-Alkali-Elektrolyse, die Ammoniak- und die Methanolsynthese zur Bereitstellung von Wasserstoff, die Harnstoffsynthese und elektrisch beheizter Cracker zur Herstellung von Olefinen und Aromaten.

der Übertragungsnetzbetreiber geht nicht mehr von einem sinkenden Nettostromverbrauch[9] aus, sondern von einem Anstieg um 15 bis 25 Prozent bis 2035 /28/.

Die umso notwendigere Steigerung der Energieeffizienz im Stromverbrauch der Region Rostock ist *zum einen* auf der Ebene des Einzelverbrauchers durch den Ersatz älterer elektrischer Geräte, Anlagen und Systeme durch effizientere realisierbar. *Zum anderen* kann die Energieeffizienz auf einer sektoralen bzw. volkswirtschaftlichen Ebene durch Veränderungen in der Wirtschafts- bzw. Branchenstruktur verbessert werden. Dazu können in der Industrie beispielsweise stromintensive Branchen bzw. Unternehmen bei der Verbesserung ihrer Energieeffizienz unterstützt werden.

Nutzung Erneuerbarer Energien

Der Anteil der Erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch muss gemäß dem in nationales Recht[10] umzusetzenden Ziel der Europäischen Union bis 2030 auf mindestens 32 Prozent steigen. Auf das Jahr 2035 umgerechnet ergibt sich daraus ein Zielwert von mindestens 40 Prozent. Im Stromsektor sind in der Region Rostock die Ziele der Europäischen Union und des Bundes zwar durch den aktuellen Stand bereits erfüllt, da sich aus der Energiebilanz 2016 (Abschnitt 4.1) ein Anteil des erneuerbaren Stroms am Bruttostromverbrauch von knapp 91 Prozent berechnen lässt. Im Wärmesektor betrug der Anteil der erneuerbaren Wärme einschließlich Fernwärme dagegen nur 8,4 Prozent und im Verkehrsbereich wurde sogar nur ein erneuerbarer Anteil von 3,1 Prozent erreicht. Insgesamt belief sich der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch 2016 auf 8,2 Prozent.

Im **Stromsektor** ist in der Region Rostock zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 eine weitere Erhöhung der erneuerbaren Stromerzeugung gegenüber dem derzeit erreichten Stand von 7,9 TWh erforderlich, Tabelle 2. Der derzeitige Stromendverbrauch von 1,65 TWh steigt bis 2025 auf 1,9 TWh und bis 2035 auf 2,7 TWh wohingegen danach kaum noch ein weiterer Anstieg zu erwarten ist. Hinzu kommt spätestens ab dem Jahr 2030 ein Bedarf von 1,0 TWh für die Erzeugung von Wasserstoff in einem wasserstoffbasierten Speicherkraftwerk Rostock (Abschnitt 4.4.2). Zugleich ist es erforderlich, dass in der Region Rostock erneuerbarer Strom zur Erzeugung von wasserstoffbasierten erneuerbaren Energieträgern eingesetzt wird (EE-Gase, EE- Kraftstoffe – eFuels). Zusammen mit anderen Formen der Sektorkopplung steigt der diesbezügliche Stromverbrauch bis 2025 auf 1,3 TWh, bis 2035 auf 5,9 TWh und bis 2050 auf 5,6 TWh.

Die Stromerzeugung bleibt in den nächsten Jahren auf dem heutigen Niveau von ca. 5,5 TWh, da sich der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung und die rückläufige Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern annähernd ausgleichen: Zugleich mit der weiter rückläufigen Stromerzeugung des Steinkohlekraftwerks Rostock geht auch die Stromerzeugung der allgemeinen Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und der sonstigen konventionellen Stromerzeuger zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 auf nahe null zurück[11]. Die Stromerzeugung im Steinkohlekraftwerk Rostock entfällt bereits ab dem Jahr 2030 ganz bzw. wird durch ein wasserstoffbasiertes Speicherkraftwerk mit einer jährlichen Stromerzeugung von 0,5 TWh abgelöst Dementsprechend muss die erneuerbare Stromerzeugung bis 2025 auf 4,0 TWh und bis 2035 auf 10,2 TWh (9,6 TWh ohne H_2-SpKW) steigen. Anschließend kann sie auf diesem Niveau gehalten bzw. zugunsten des Stromexports weiter auf 13,5 TWh (12,7 TWh

[9] Die Unterscheidung von Brutto- und Nettostromverbrauch ist unter anderem im Hinblick auf die Sektorenkopplung bedeutsam: Der Bruttostromverbrauch beinhaltet nicht nur die mit dem Verbrauch steigenden Transport- und Verteilungsverluste, sondern auch die in *Power-to-X*-Anwendungen eingesetzten Strommengen, die in der Zukunft erheblich anwachsen können, beispielsweise bis 2030 auf 20 TWh, wie ein Vergleich verschiedener Angaben zum Bruttostromverbrauch zeigt /25/, S. 6 und /26/, S. 14.

[10] Die Richtlinie (EU) 2018/2001 vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Erneuerbaren Energien (Erneuerbare-Energien-Richtlinie – RED II) war bis zum 30. Juni 2021 in deutsches Recht umzusetzen.

[11] Diese Energieanlagen werden derzeit mit Erdgas betrieben und müssten somit auf erneuerbare Gase umgestellt werden. Deren Herstellung müsste vornehmlich auf der Basis von Wasserstoff erfolgen und würde mindestens so viel (erneuerbaren) Strom verbrauchen, wie diese Anlagen erzeugen können.

ohne H_2-SpKW) ausgebaut werden. Zu dieser erneuerbaren Stromerzeugung trägt die in der Ostsee vor Warnemünde aufzubauende offshore-Windenergie ab dem Jahr 2026 mit 1,3 TWh/a bei. Demzufolge muss die erneuerbare Stromerzeugung an Land gegenüber dem heutigen Stand bis 2035 bzw. 2050 auf 8,3 bzw. 11,4 TWh ansteigen, also um 6,7 bzw. 9,7 TWh ausgebaut werden. Für den Stromexport stehen dann 2025 3,4 TWh, 2035 2,6 TWh und danach allmählich bis 2050 ansteigend 4,1 TWh Strom zur Verfügung. Zur erneuerbaren Stromerzeugung trägt außerdem die in der Ostsee vor Warnemünde aufzubauende offshore-Windenergie ab dem Jahr 2026 mit 1,3 TWh/a bei. Für den Stromexport stehen dann 2025 2,2 TWh, 2035 1,7 TWh und anschließend bis 2050 ansteigend 5,1 TWh Strom zur Verfügung.

Tabelle 2: Strombilanzen 2016 und 2025/2035/2050 der Region Rostock (Zahlenwerte gerundet)

Bereich		2016	2025	2035	2050
1	2	3	4	6	7
Erzeugung in GWh/a	SKKW HRO	3.500	1.000	0	0
	H_2-SpKW (aus Ausspeicherung)	0	**0**	**590**	**840**
	Allgemeine KWK (fossil)	530	480	150	0
	sonstige konv. Erzeuger	70	40	40	40
	EE-Strom (inkl. Allg. KWK mit EE)	1.700	4.000	9.560	12.660
	gesamt	**5.800**	**5.520**	**10.340**	**13.540**
Verbrauch in GWh/a	Stromverbrauch	1.650	1.900	2.670	2.700
	H_2-SpKW (für Einspeicherung)	0	**0**	**1.100**	**1.300**
	Sektorkopplung (PtG, PtH, PtL)	0	**1.300**	**4.800**	**4.300**
	Eigenverbrauch	100	40	40	40
	Verluste	80	80	80	80
	gesamt	**1.830**	**3.320**	**8.690**	**8.420**
Export in GWh/a	**Stromexport**	**-3.970**	**-2.200**	**-1.650**	**-5.120**

Im Wärmesektor muss der Energieverbrauch in der Region Rostock von 17 PJ im Jahr 2016 bis 2035 zur Erreichung der CO_2-Neutralität auf 11 PJ/a zurückgehen (Abschnitt 5.1). In Fortführung dieser Entwicklung sinkt der Wärmeverbrauch bis 2050 auf 7,2 PJ.

Im Verkehrssektor beträgt der Energieverbrauch in der Region Rostock gegenwärtig 17 PJ. Er muss zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 auf 11 PJ sinken. Bis zum Jahr 2050 geht der Energieverbrauch dann weiter auf 40 Prozent des heutigen Verbrauchs zurück, das sind 6 PJ. Allerdings muss dazu im Straßenverkehr erreicht werden, dass der private Pkw-Bestand nicht weiterwächst bzw. ab 2035 zugunsten des ÖPNV wieder sinkt und dass der Anteil der Elektrofahrzeuge am Bestand bis 2035 auf 60 Prozent und bis 2050 auf ca. 95 Prozent steigt (Batteriefahrzeuge und Hybridfahrzeuge, wobei 2035 mindestens 70 Prozent aller Hybridfahrzeuge Plug-In-Hybridfahrzeug sein müssen). Der

Strom für die Elektromobilität muss ausschließlich erneuerbar erzeugt werden. Außerdem müssen die Kraftstoffe für die noch vorhandenen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren zu steigenden Anteilen synthetisch erzeugt werden (eFuels). Dies vorausgesetzt, werden 2035 75 Prozent und 2050 95 Prozent des Energieverbrauchs im Verkehr insgesamt aus Erneuerbaren Energien stammen (die verbleibenden Anteile entfallen auf fossile Kraftstoffe im Straßen- und Luftverkehr, auch könnte die Bäderbahn Molli auch weiterhin mit Steinkohle betrieben werden, ohne die CO_2-Neutralität insgesamt zu gefährden).

Potenziale Erneuerbarer Energien

Die in der Region Rostock an Land realisierbare erneuerbare Energieerzeugung leitet sich wesentlich aus den natürlichen Gegebenheiten in der Region sowie aus den Flächen ab, die hierfür potenziell nutzbar sind bzw. zur Verfügung gestellt werden (Abschnitte 4.3.2/4.3.3).

Unter den derzeitigen bzw. absehbaren Rahmenbedingungen lassen sich in der Region Rostock jährlich bis zu 40 TWh Strom erzeugen (Abschnitt 4.3.3). Im Wärmebereich beläuft sich das technische Erneuerbare-Energien-Potenzial auf bis zu 100 PJ. Für diese Potenzialangaben wurde angenommen, dass sich die in der Region Rostock für Freiflächenanlagen nutzbare Gesamtfläche (Abschnitt 4.3.2) je zur Hälfte auf die Photovoltaik und auf die Solarthermie aufteilt (Abschnitt 4.3.3).

Im Verkehrssektor wird das Potenzial wesentlich durch den verfügbaren erneuerbaren Strom für die Elektromobilität bzw. für die Herstellung strombasierter Kraftstoffe (eFuels) und durch Biokraftstoffe bestimmt. Das Potenzial zur Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen für die Herstellung von Biokraftstoffen ist mit mindestens 0,4 PJ anzugeben (als Pflanzenöl gerechnet)[12].

Die in der Region Rostock bestehenden Potenziale werden derzeit erst teilweise genutzt. Zudem kann das ausschöpfbare Potenzial beispielsweise zur Stromerzeugung aus Windenergie an Land durch zusätzliche Eignungsgebietsflächen, durch die Erhaltung von Altstandorten und durch das Repowering von Altanlagen ausgeweitet werden. Die Möglichkeiten zur Nutzung der Solarenergie und der Umweltwärme wachsen mit der Bereitstellung von solar nutzbaren Freiflächen bzw. mit dem Gebäudebestand. Die Gewinnung von Bioenergie ist abhängig von den Agrarstrukturen, die sich aufgrund agrar- oder umweltpolitischer Einflüsse im Lauf der Zeit wandeln. Die regionale Erzeugung von Biokraftstoffen kann (und wird bereits) über die Anbaupotenziale der Region hinaus erhöht, indem Biomasse importiert und in hiesigen Produktionsanlagen verarbeitet wird. Andere technische Potenziale wie die Wasserkraft oder Deponie- und Klärgas sind dagegen vergleichsweise klein und kaum ausbaufähig. Eine höhere Ausschöpfung der vorhandenen Potenziale gegenüber dem heutigen Stand ist gleichwohl möglich, beispielsweise indem lokal angepasste kleine Wasserkraftanlagen installiert werden und indem auch kleinere Deponien und Abwasseraufbereitungsanlagen mit Anlagen zur Nutzung des Deponie- bzw. Klärgases ausgestattet werden.

Ein bislang ungenutztes Potenzial wird Errichtung einer Anlage zur Klärschlammverbrennung erschlossen werden. Derzeit laufen Planungen für eine solche Anlage in Rostock und auch in Güstrow.

Prioritäre Maßnahmen zur Erreichung der oben genannten Ziele bestehen in der Bereitstellung von Flächen für die erneuerbare Energieumwandlung, im Repowering/Retrofit vorhandener Energieanlagen in allen erneuerbaren Energiesparten. Die Nutzung der Solarenergie muss deutlich forciert werden, und zwar sowohl in der Photovoltaik als auch besonders in der Solarthermie. Die vorhandenen

[12] In der Potenzialanalyse ist das betreffende Potenzial als Strom angegeben, das heißt nach Abzug der Umwandlungsverluste (Tabelle 5 in Abschnitt 4.3.3).

Biogasanlagen müssen erhalten und mindestens teilweise auf die Produktion und Einspeisung von Biomethan umgestellt werden. Zukünftig ist auch die offshore-Windenergie zu nutzen.

Der zur Erreichung der oben genannten Ziele erforderliche Erneuerbare-Energien-Anteil an der Deckung des Energiebedarfs ist nicht nur durch die Erhöhung der erneuerbaren Energieerzeugung erreichbar, sondern auch durch die Senkung des Energieverbrauchs. Dieser Weg kann gegebenenfalls den Nutzungsdruck auf die regionalen Ressourcen senken und muss daher mindestens die gleiche Priorität erhalten wie der Ausbau der Erneuerbaren Energien.

Energieeffizienz

Die in der Region Rostock bis 2030 bzw. 2035 zu erreichende Energieeffizienz leitet sich aus dem Ziel der CO_2-Neutralität bis 2035 ab, da die hierfür erforderlichen Verbesserungen größer sind als jene, die zur Erreichung europäischer oder nationaler Effizienzziele erforderlich sind.

Die **bisher erreichten Effizienzverbesserungen** sind zwar vielfältig, wurden jedoch bislang weitgehend durch Zuwächse im Energieverbrauch kompensiert. Im Ganzen sinkt der Energieverbrauch bislang zu langsam, um in den jährlichen (witterungsbedingten) Schwankungen messbare Effizienzverbesserungen identifizieren zu können. Zudem ist der Energieverbrauch der Industrie in der Region von 2008 bis 2020 sogar von 2,78 auf 3,37 PJ angestiegen.

Effizienzpotenziale bestehen *zum einen* in technologischen Fortschritten, die zu verbesserten Wirkungs- und Nutzungsgraden auf der Erzeugungs- bzw. auf der Verbrauchsseite führen. Notwendig ist *zum anderen* aber auch eine aktive Erschließung von Effizienzpotenzialen, besonders durch die Minderung des spezifischen Energieverbrauchs in der Energieumwandlung und im Gebäudebereich.

Über den gesamten Wohngebäudebestand der Region Rostock gemittelt belief sich dessen spezifischer Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser am Ende des Jahres 2020 auf ca. 139 kWh/m²a (Rostock: 137 kWh/m²a, Landkreis Rostock: 139 kWh/m²a). Zugleich ist der Anteil der erneuerbaren Wärme am Wärmeverbrauch mit 13 Prozent noch relativ gering. Als Referenzentwicklung können eine jährliche Sanierung von 0,5 Prozent des Wohnflächenbestands und eine durchschnittliche Sanierungstiefe von 50 Prozent zugrunde gelegt werden. Dadurch würde der durchschnittliche Energiekennwert bis 2050 auf ca. 120 kWh/m²a reduziert.

Bis 2030 muss der (fossile) Endenergieverbrauch gegenüber dieser Referenzentwicklung jedoch um mindestens 32,5 Prozent zurückgehen. Dieses Ziel ist bei einem Anteil der erneuerbaren Wärme von mindestens 27 Prozent erst mit einem durchschnittlichen Kennwert von etwa 105 kWh/m²a erreichbar. Auf das Jahr 2035 bezogen, muss ein durchschnittlicher Kennwert von 70 kWh/m²a erreicht werden. Zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 ist allerdings entweder ein niedrigerer Kennwert oder – bei gleichem Kennwert – ein Erneuerbare-Wärme-Anteil von mindestens 50 Prozent erforderlich, Abbildung 4.

Mit einer jährlichen Sanierung von 1 Prozent des jeweils noch unsanierten Wohnflächenbestands der Region ließe sich der Wert von 139 kWh/m²a bis 2050 auf 115 kWh/m²a absenken, wenn dabei der Energiekennwert jedes Gebäudes wie erwähnt halbiert würde. Mit einer jährlichen Sanierung von 1,5 Prozent würden ca. 100 kWh/m²a erreichbar. Der Zielkennwert ist so allerdings nicht erreichbar: Er wird erst bei einer jährlichen Sanierung von mindestens 2,25 Prozent des gesamten Wohnflächenbestandes und bei einem schrittweise steigenden Sanierungsumfang von 50 Prozent auf 30 Prozent des unsanierten Energiekennwertes erreicht.

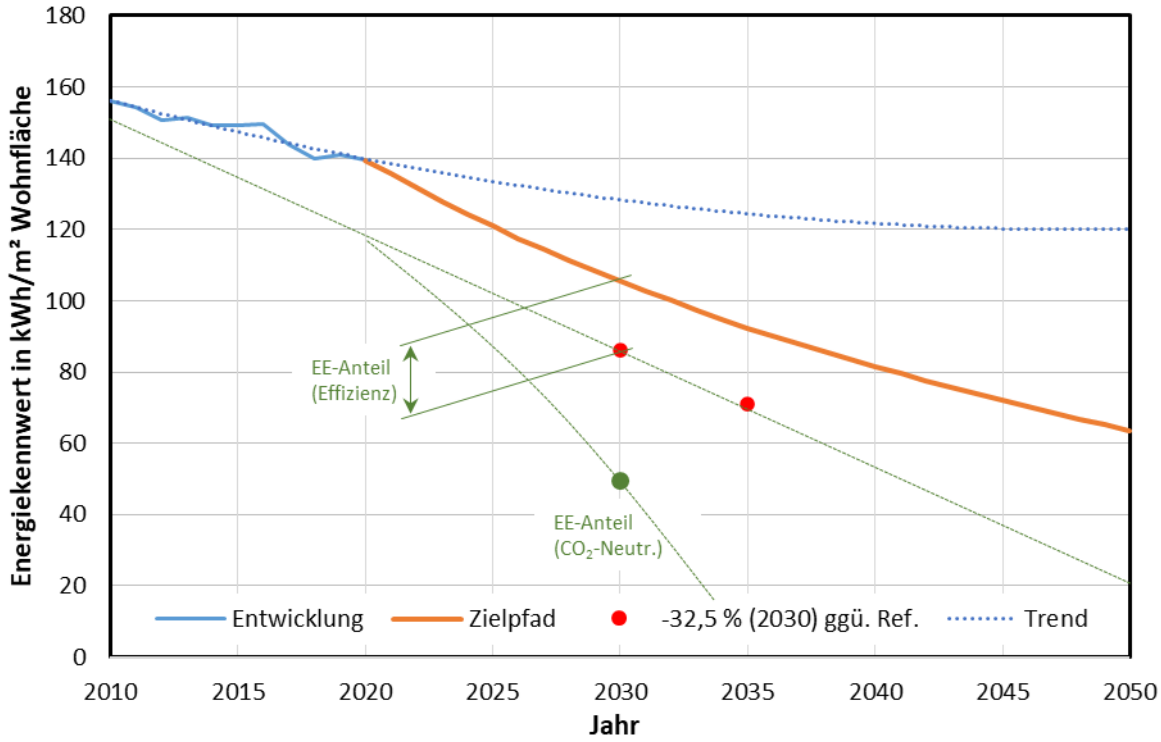


Abbildung 4: Energiekennwert des Wohngebäudebestands in der Region Rostock

Elektromobilität

Das nationale Ziel von 15 Mio. im Straßenverkehr zugelassenen Elektrofahrzeugen bis 2030 lässt sich ebenfalls auf die Region Rostock übertragen. Sofern die Anzahl privater und gewerblicher Pkw je 1.000 Einwohner in den nächsten Jahren nicht mehr so deutlich ansteigt wie in den letzten 5 Jahren, werden in der Region 2030 voraussichtlich 220 Tsd. Pkw zugelassen sein, das heißt ca. 14 Tsd. Pkw mehr als am Jahresbeginn 2018. Ermittelt man den Zielwert des in der Region Rostock bis 2030 zu erreichenden Elektrofahrzeug-Anteils am Pkw-Gesamtbestand, müssen dort 2030 ca. 30 Tsd. Elektrofahrzeuge zugelassen sein (bei 15 Mio. in Deutschland). Auf das Jahr 2035 umgerechnet würde sich der Bestand in der Region Rostock dann auf ca. 65 Tsd. zugelassene Elektrofahrzeuge belaufen.

Die bisher durch verkehrs- und förderpolitische Maßnahmen unterstützten Veränderungen im Pkw-Bestand sind noch gering: Am 31. Dezember 2021 waren in der Region ca. 1.700 reine Elektrofahrzeuge und 1.500 Plug-in-Hybride zugelassen (Abschnitt 3.4). Um die Entwicklung zu beschleunigen, muss auch der Ausbau der Ladeinfrastruktur intensiviert werden, die sowohl als Voraussetzung als auch als Folge eines wachsenden Bestandes an Elektrofahrzeugen betrachtet werden kann[13].

Da für Elektrofahrzeuge ein Gebrauchtwagenmarkt erst entsteht, gehen in den nächsten Jahren fast nur fabrikneue Elektrofahrzeuge in den Bestand ein. Die jährlichen Pkw-Zulassungszahlen belaufen sich in der Region Rostock derzeit auf knapp 11 Tsd. Pkw. Das theoretische Potenzial an bis 2030 bzw. 2035 zugelassenen neuen Elektrofahrzeugen ist daher auf etwa 135 bzw. 190 Tsd. Pkw abzuschätzen. Allerdings können in die Zieldefinition nicht nur Pkw, sondern auch andere im Straßenverkehr zugelassene Elektrofahrzeuge wie Nutzfahrzeuge oder Stadt- und Überlandbusse einbezogen werden.

[13] Ordnet man die 400 Stadt- und Landkreise in Deutschland nach der Anzahl der Ladepunkte je 100.000 Einwohner, lag die Stadt Rostock zur Jahresmitte 2020 auf Rang 216 und der Landkreis Rostock auf Rang 366. Von den ca. 30.000 im Ladesäulenregister der Bundesnetzagentur verzeichneten Ladepunkten in Deutschland entfielen nur 1,2 Prozent auf Mecklenburg-Vorpommern.

Aus diesen energie- und klimapolitischen Zielen und aus dem Bestreben, in der Region Rostock neue regionale Wertschöpfungspotenziale zu erschließen, leitet sich das im Folgenden dargestellte normative „Energiewirtschaftliche Leitbild der Region Rostock“ ab.

1.2 Energiewirtschaftliches Leitbild der Region Rostock

Zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035, zur Umsetzung der erforderlichen Entwicklungen sowie zur Erschließung der erzielbaren Wertschöpfungseffekte wird für die Region Rostock ein Energiewirtschaftliches Leitbild vorgeschlagen. Es besteht aus einem Leitmotto und einer Reihe von untersetzenden Leitsätzen, die auf ihre wesentlichen Aussagen verkürzt auch in Abbildung 5 dargestellt sind:

Leitmotto: Die Region Rostock erreicht 2035 CO_2-Neutralität. Gleichzeitig setzt sie ihr regionales Wirtschaftswachstum fort und trägt zur Energieversorgung Deutschlands bei.

Leitsatz 1: Die **energiebedingten CO_2-Emissionen** der Region Rostock werden bis 2035 auf netto null abgesenkt. Dazu wird 2029 das Steinkohlekraftwerk Rostock stillgelegt. Zusammen mit den Emissionsminderungen in den Sektoren sinken die CO_2-Emissionen bis 2030 um 80 und bis 2035 um 95 Prozent. Die restlichen CO_2-Emissionen werden durch die Abscheidung und Nutzung von CO_2 aus vorhandenen Energieanlagen kompensiert.

Leitsatz 2: Bis 2035 wird die **Energieeffizienz** in allen Verbrauchssektoren deutlich erhöht. Insbesondere wird der Wärmeverbrauch von Gebäuden und Produktionsprozessen um ein Drittel reduziert. Der fossile Energieverbrauch im Wärmesektor wird auf 15 Prozent des heutigen Verbrauchs gesenkt. Der Anteil Erneuerbarer Energien am verbleibenden Energieverbrauch im Wärmesektor steigt bis 2030 auf 65 und bis 2035 auf 85 Prozent.

Leitsatz 3: Der **Verkehrssektor** trägt zur Erreichung der CO_2-Neutralität 2035 durch eine Minderung des Energieverbrauchs im Straßenverkehr um 40 Prozent bei. Der Anteil der Elektrofahrzeuge (Batteriefahrzeuge und Plug-in-Hybride) steigt bis 2030 auf 35 und bis 2035 auf 60 Prozent. Der Anteil der Erneuerbaren Energien am Energieverbrauch steigt zeitgleich auf 45 bzw. auf 75 Prozent.

Leitsatz 4: Bis 2035 werden zur Dekarbonisierung des Wärmesektors und des Verkehrssektors steigende Mengen an **erneuerbaren Gasen und Kraftstoffen** erzeugt. Das dafür erforderliche CO_2 wird durch Abscheidung aus den Emissionen der größeren Energieanlagen in der Region gewonnen.

Leitsatz 5: Die **erneuerbare Stromerzeugung** in der Region steigt gegenüber ihrem heutigen Stand besonders durch den Ausbau der Wind- und Solarstromerzeugung bis 2030 auf das 4- und bis 2035 auf das 6-fache.

Leitsatz 6: Zur Gewährleistung einer sicheren Stromversorgung wird das stillzulegende Steinkohlekraftwerk in Rostock durch ein **Wasserstoff-Speicherkraftwerk** ersetzt. Dieses gewährleistet nicht nur einen stabilen Stromnetzbetrieb, sondern liefert auch Fernwärme und Wasserstoff für den Verkehr.

Leitsatz 7: Die **erneuerbare Wärmeerzeugung** in der Region steigt gegenüber ihrem heutigen Stand besonders durch die verstärkte Nutzung erneuerbarer Gase und erneuerbarer Fernwärme bis 2030 auf das 2,5- und bis 2035 auf das 2,9-fache.

Leitsatz 8: Die Erzeugung und Nutzung **erneuerbarer Kraftstoffe im Verkehr** in der Region steigt gegenüber ihrem heutigen Stand besonders durch die Nutzung von Biodiesel und erneuerbarem Dieselkraftstoff (eFuel) bis 2030 auf das 5,4- und bis 2035 auf das 7,3-fache.

Leitsatz 9: Die Region Rostock trägt durch die **Lieferung von Strom und erneuerbaren Energieträgern** auch zukünftig zur Energieversorgung Deutschlands insgesamt bei.

Leitsatz 10: Die **regionale Wertschöpfung** steigt gegenüber dem heutigen Stand bis 2030 auf das 2- und bis 2035 auf das 2,5-fache.

Leitsatz 11: Die Stadt Rostock und ihr umgebender Landkreis Rostock bilden **eine kooperative Energieallianz**, deren Ziel die Verwirklichung dieses Leitbildes bis 2035 bzw. 2050 ist.

Leitsatz 12: In der Siedlungsentwicklung werden in der Region Rostock zukünftig nur noch **gemischte und klimagerechte Wohngebiete mit unmittelbarer ÖPNV-Anbindung** geplant und realisiert.

Leitsatz 13: In der Verkehrsentwicklung der Region Rostock werden die Fahrzeugbestände und Fahrleistungen im innerregionalen Straßenverkehr (außerhalb des ÖPNV) schrittweise abgesenkt und klimaneutral gestellt.

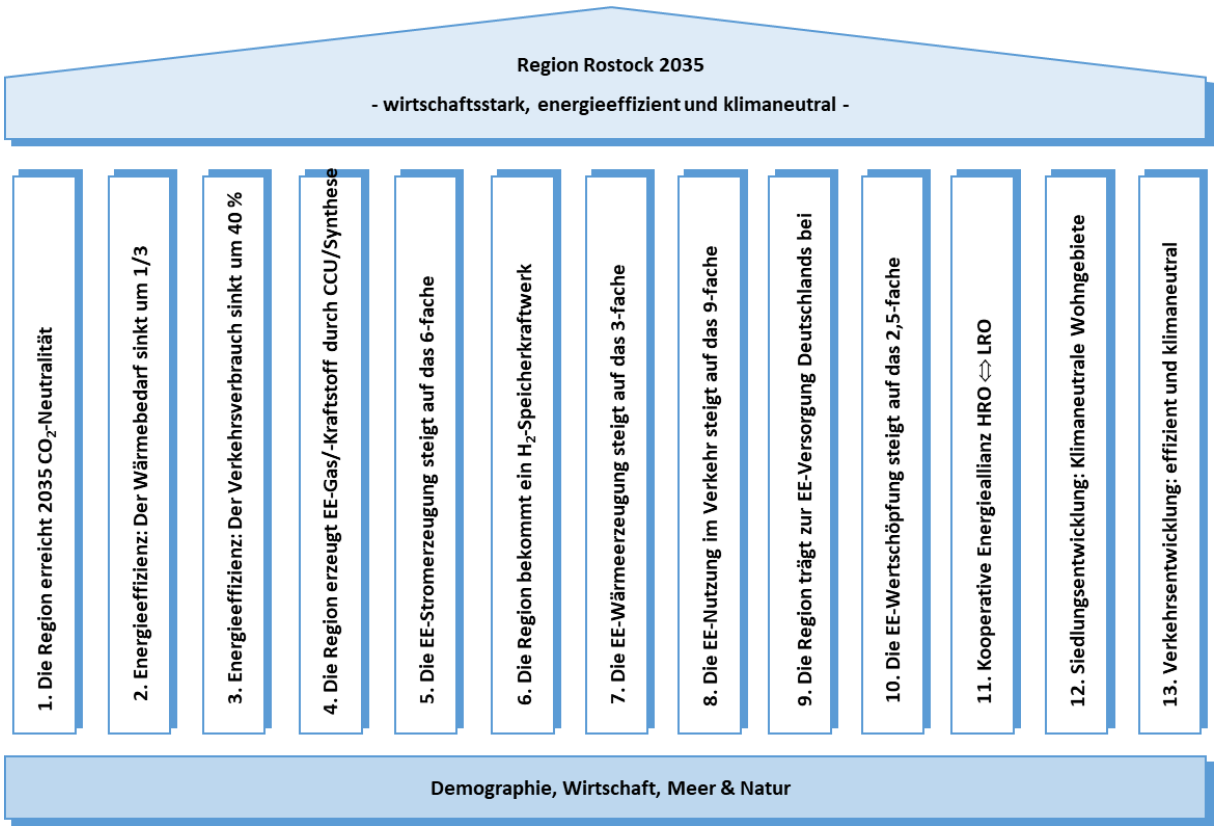


Abbildung 5: Energiewirtschaftliches Leitbild der Region Rostock

Diese letztlich auf das Hauptziel CO_2-Neutralität ausgerichteten Leitsätze sind untereinander durch vielfältige Zusammenhänge bzw. Wechselwirkungen miteinander verbunden (dies wurde durch einige wenige Querverweise auf jeweils andere Leitsätze nur angedeutet). Die Umsetzung dieser Leitsätze muss durch eine Vielzahl von aufeinander abgestimmten Maßnahmen erfolgen. Die Festlegung

und Abstimmung dieser Maßnahmen, die Beförderung ihrer Umsetzung und die periodische Erfolgskontrolle müssen zentrale Aufgaben der kooperativen Energieallianz werden. Sie ist gemäß der ihr zukommenden Bedeutung in einem eigenständigen Leitsatz verankert.

Vorrangige Maßnahmen zur Umsetzung des Leitbilds sind solche, die zu den erheblichen Verbesserungen der Energieeffizienz führen, die besonders im Gebäudebestand, darüber hinaus aber in allen Sektoren erforderlich ist. Vorrangige sind des Weiteren Maßnahmen zur intensiveren Ausschöpfung der regionalen Erneuerbare-Energien-Potenziale. Hierbei sind vor allem die Flächen und die Flächeneffizienz der physikalischen Erneuerbaren Energien (Wind- und Solarenergie) sowie die Bereitstellungseffizienz von Bioenergie zu erhöhen. Diese Maßnahmenkomplexe ermöglichen die erforderliche Substitution fossiler Energieträger, die besonders in der zentralen Stromerzeugung (in Rostock), in der Beheizung des Gebäudebestands sowie im Verkehr vorangetrieben werden muss. Schließlich besteht eine weitere vorrangige Maßnahme in der beschleunigten Umstellung der Verkehrsmittel auf alternative Antriebe und Kraftstoffe. Diese Maßnahmen sollen im Folgenden in ihrem Bezug zu den einzelnen Leitsätzen näher beschrieben werden:

Zum Leitsatz 1: Damit die Region Rostock die CO_2-Neutralität bis 2035 erreichen kann, ist insbesondere die Stilllegung des Steinkohlekraftwerks Rostock erforderlich. Seit der Inbetriebnahme 1994 werden dort jährlich ca. 1 Mio. t Steinkohle vorrangig zur Stromerzeugung eingesetzt und ca. 2,7 Mio. t CO_2 emittiert. Zwar erlaubt das Kohleverstromungsbeendigungsgesetz vom 8. August 2020 (KVBG) den Betrieb von Steinkohlekraftwerken bis längstens zum Ablauf des Kalenderjahres 2038, jedoch muss das Kraftwerk deutlich früher und insbesondere vor 2035 stillgelegt werden. In diesem Konzept wird von einer Stilllegung spätestens im Jahr 2029 ausgegangen.

Auch das Gas- und Dampf-Heizkraftwerk in Rostock-Marienehe muss zur Erreichung der CO_2-Neutralität vor 2035 entweder stillgelegt oder dekarbonisiert, also auf Erneuerbare Energien umgestellt werden. Dies gilt auch für alle anderen Anlagen zur Strom- und Fernwärmeversorgung, die mit fossilen Energieträgern betrieben werden.

Die Zeitpunkte der Stilllegung des Kraftwerks bzw. der vollständigen Dekarbonisierung der anderen größeren Energieanlagen sind in diesem Konzept so abgestimmt, dass für die CO_2-Nutzung zur Herstellung erneuerbarer Gase und Kraftstoffe (eFuels) bis 2035 genügend CO_2 zur Verfügung steht.

Zum Leitsatz 2: Zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 ist eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz und damit eine Senkung des spezifischen Energieverbrauchs unerlässlich. Dies gilt insbesondere für die beiden Verbrauchssektoren, in denen der Anteil der fossilen Energieträger am Verbrauch gegenwärtig noch sehr hoch ist: Im Wärmesektor muss der Bedarf an Raumwärme und Warmwasser in Gebäuden sowie der Bedarf an Prozesswärme der Wirtschaft bis 2035 um ein Drittel reduziert werden, damit der verbleibende Wärmebedarf mit erneuerbarer Wärme gedeckt werden kann. Im (Straßen-)Verkehr muss der Energieverbrauch bis 2035 um 40 Prozent zurückgehen.

Die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs im Gebäudebestand stellt allerdings eine besondere Herausforderung dar. Die bis 2050 voraussichtlich auf etwa 11 °C ansteigende Jahresdurchschnittstemperatur verkürzt zwar die Heizperiode und mildert sie ab. Der sinkende Heizenergieverbrauch wird aber auf der anderen Seite durch die steigende Notwendigkeit der sommerlichen Klimatisierung und Kühlung kompensiert, die ebenfalls aufgrund des Klimawandels zu erwarten ist. Deshalb werden die Sanierung und die energetische Modernisierung im Gebäudebestand, die möglichst zügig und gegenüber dem heutigen Stand deutlich zu intensivieren ist, voraussichtlich etwa ab 2035 zunehmend stärker auch auf den sommerlichen Wärmeschutz ausgerichtet werden.

Um die CO_2-Neutralität bis 2035 zu erreichen, ist nach der erforderlichen Steigerung der Energieeffizienz auch eine deutliche Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Wärme notwendig (Leitsatz 7). Dazu *ist zum einen* die leitungsgebundene Wärmeversorgung auszubauen und der erneuerbare Anteil in der Fernwärme zu erhöhen. *Zum anderen* ist auch das Erdgas, welches der wichtigste in der Deckung des regionalen Wärmebedarfs eingesetzte Energieträger ist, durch kontinuierlich steigende Anteile erneuerbarer Gase zu substituieren. Die Nutzung erneuerbarer Gase ist neben dem Einsatz

von erneuerbarem Strom (*power to heat*) die wichtigste Maßnahme zur Dekarbonisierung der zentralen Wärmeerzeugung. Insgesamt steigt so der Anteil erneuerbarer Wärme im Wärmesektor bis 2030 auf 65 und bis 2035 auf 75 Prozent.

Zum Leitsatz 3: Im Verkehrssektor, dessen steigende CO_2-Emissionen heute um ein Drittel über jenen des Jahres 1990 liegen, muss zunächst eine Umkehr der bisherigen Entwicklung erreicht werden. Insbesondere ist es bedeutsam, einen weiteren Zuwachs des motorisierten Individualverkehrs (MIV) zu vermeiden. Um den Energieverbrauch im Verkehr wirksam zu reduzieren, sind innovative Verkehrskonzepte erforderlich, welche die Wettbewerbsfähigkeit des ÖPNV und des Schienentransports deutlich erhöhen und den energieintensiveren Individual- und Güterverkehr auf der Straße senken.

Zudem ist die CO_2-Neutralität bis 2035 im Verkehrssektor selbst mit einem schnellen Zuwachs der Elektromobilität allein nicht zu erreichen. Vielmehr sind weitergehende Maßnahmen wie der verstärkte Einsatz von Biokraftstoffen und vor allem der Einsatz von erneuerbaren Kraftstoffen (eFuels) zur Substitution von fossilem Vergaser-, Diesel- und Flugkraftstoff erforderlich.

Diese strombasierten Kraftstoffe müssen innerhalb der Region hergestellt werden, damit die von den großen Energieanlagen abgeschiedenen und verarbeiteten CO_2-Mengen (CCU) für die Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 wirksam werden können. Außerdem kann ein Teil des Wasserstoffs, der in einem zukünftigen Wasserstoff-Speicherkraftwerk und in anderen Energieanlagen in der Region erzeugt wird, als Energieträger im Verkehrssektor verwendet werden. Hinzukommen müssen allerdings noch weitere Maßnahmen, die über eine reine „Motorwende“ weit hinausgehen, wie eine gezielte Steuerung der Siedlungsentwicklung (Leitsatz 12) und des hiervon ausgehenden Verkehrs sowie eine Weiterentwicklung der vorhandenen ÖPNV-Angebote (Leitsatz 13).

Durch den Wandel der Antriebsstruktur im Straßenverkehr steigt der Anteil der Elektrofahrzeuge (Batteriefahrzeuge und Plug-in-Hybride) bis 2030 auf 35 und bis 2035 auf 60 Prozent. Dennoch kann der Gesamtenergieverbrauch des Verkehrssektors bis 2035 voraussichtlich um 45 Prozent reduziert werden. Ein wesentlicher Beitrag des Sektors zur CO_2-Neutralität muss also auch durch eine Erhöhung des Anteils der Erneuerbaren Energien am Energieverbrauch geleistet werden (Leitsatz 8).

Zum Leitsatz 4: Die zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 erforderliche Dekarbonisierung des Wärme- und des Verkehrssektors kann nur durch einen zunehmenden Einsatz von erneuerbaren, also synthetischen Gasen und Kraftstoffen erreicht werden. Deren Erzeugung durch CO_2-Abscheidung und -Nutzung (CCU) trägt allerdings in doppelter Weise zur Minderung der CO_2-Emissionen in der Region bei: *Erstens* werden für die Syntheseprozesse neben Wasserstoff größere Mengen an CO_2 benötigt, die von den mit fossilen Energieträgern betriebenen Energieanlagen in der Region geliefert werden können und so deren CO_2-Emissionen (und Zertifikatkosten) mindern. *Zweitens* substituieren die erzeugten erneuerbaren Gase und Kraftstoffe im Wärme- und im Verkehrssektor den Einsatz fossiler Energieträger und mindern so deren CO_2-Emissionen.

Damit die abgeschiedenen CO_2-Mengen für die CO_2-Neutralität wirksam werden können, müssen sowohl die CO_2-Abscheidung als auch die Wasserelektrolyse mit in der Region erzeugtem erneuerbarem Strom erfolgen (Sektorkopplung: *power to gas*, *power to liquids*). Damit die erforderlichen CO_2-Mengen von in der Region vorhandenen Energieanlagen gewonnen werden können, ist eine Ansiedlung der Produktionsanlagen für die erneuerbaren Gase und Kraftstoffe in unmittelbarer Nähe zu deren Standorten zweckmäßig. Die hierfür erforderlichen Flächen sollten rechtzeitig durch die Regionalplanung gesichert werden.

Zum Leitsatz 5: Der Stromendverbrauch der Region Rostock, der sich gegenwärtig auf 1.700 GWh beläuft, steigt trotz der Steigerungen der Energieeffizienz in allen Sektoren bis 2030 auf 2.200 GWh, bis 2035 auf 2.670 GWh und bis 2050 auf 2.700 GWh. Dieser Anstieg ist vor allem durch den neu hinzukommenden Verbrauch für Elektromobilität und Elektrowärme bedingt (Sektorkopplung: *power to heat*). Diese Entwicklung des Stromendverbrauchs muss zur Erreichung der CO_2-Neutralität durch eine Dekarbonisierung der Stromerzeugung ergänzt werden. Zugleich kommt im Hinblick auf die CO_2-

Neutralität der zunehmenden Stromanwendung im Verkehr und im Wärmesektor eine große Bedeutung zu, da sie einen erheblichen Teil der dort heute eingesetzten fossilen Energieträger substituiert.

Der Gesamtstromverbrauch in der Region ist allerdings wesentlich größer: Zu dem Stromendverbrauch kommen der Eigenverbrauch der Energiewirtschaft sowie die Netzverluste und insbesondere der Bedarf an erneuerbarem Strom für die Sektorkopplung hinzu (*power to x*). Um den regionalen Gesamtstrombedarf zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 decken und außerdem zur Stromversorgung Deutschlands beitragen zu können, muss die erneuerbare Stromerzeugung in der Region gegenüber ihrem heutigen Stand besonders durch den Ausbau der Wind- und Solarstromerzeugung bis 2030 auf das 4- und bis 2035 auf das 6-fache steigen.

Zum Leitsatz 6: Die Region Rostock muss zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 die erneuerbare Stromerzeugung deutlich ausbauen. Dadurch steigt zugleich auch der Bedarf an Technologien, mit denen die zunehmende Volatilität der Stromerzeugung beherrscht werden kann. Zur Gewährleistung einer sicheren Stromversorgung ist es erforderlich, dass das netzstützende Steinkohlekraftwerk Rostock durch ein netzbildendes H_2-Speicherkraftwerk mit einer geeigneten Kapazität ersetzt wird (Abschnitt 4.4.2). Die Inbetriebnahme eines wasserstoffbasierten Speicherkraftwerks wird deshalb in diesem Konzept zeitlich parallel zu Stilllegung des Steinkohlekraftwerks Rostock (Leitsatz 1), also für 2030 vorgesehen. Dieses Speicherkraftwerk gewährleistet nicht nur einen stabilen Stromnetzbetrieb, sondern ermöglicht neben der Energiespeicherung auch die Lieferung von Fernwärme und von Wasserstoff für den Verkehr.

Zum Leitsatz 7: Zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 ist es weiterhin erforderlich, den Anteil der erneuerbaren Wärme im Wärmesektor der Region zu erhöhen. Hierzu müssen in der zentralen Wärmeversorgung die kontinuierliche Dekarbonisierung der Fern- bzw. Nahwärme sowie die Nutzung von erneuerbarem Strom in *power to heat*-Anlagen beitragen. In der dezentralen Wärmeversorgung müssen neben der kontinuierlichen Dekarbonisierung des leitungsgebundenen Energieträgers Erdgas auch Einzelheizungen auf Kohle-, Heizöl- oder Flüssiggasbasis durch solche ersetzt werden, die besonders mit solchen Erneuerbaren Energien wie Solarthermie oder Umweltwärme betrieben werden.

Gegenwärtig basieren nahezu 50 Prozent der in der Region Rostock dezentral erzeugten Wärme und ca. 70 Prozent der zentral erzeugten Wärme auf Erdgas. Im Hinblick auf die Erreichung der CO_2-Neutralität und um die vorhandenen Erdgasnetze weiter nutzen zu können ist es somit unerlässlich, dass die kontinuierliche Dekarbonisierung sowohl der zentralen als auch der dezentralen Wärmeversorgung durch die stetige Erhöhung der Nutzung erneuerbarer Gase anstelle von Erdgas erfolgt. Hierzu können verschiedene erneuerbarer Gase, insbesondere aber synthetisch hergestelltes Methan erzeugt und eingesetzt werden (Leitsatz 4). Insgesamt steigt die erneuerbare Wärmenutzung in der Region gegenüber ihrem heutigen Stand bis 2030 auf das 2,5- und bis 2035 auf das 3,0-fache.

Darüber hinaus müssen auch Abwärmepotenziale ermittelt und soweit möglich genutzt werden. Beispielsweise sollte das *Yara*-Düngemittelwerk in Poppendorf abwärmeseitig in ein Wärmenetz in der Region eingebunden werden.

Zum Leitsatz 8: Im Verkehr ist der Energieverbrauch, der in der Region Rostock nahezu vollständig auf den Straßenverkehr entfällt, in den letzten Jahren weiter angestiegen. Zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 ist es deshalb unerlässlich, diesen Trend umzukehren. Dabei ist durch einen Wandel der Antriebsstrukturen hin zu einem höheren Anteil von Elektromobilität bis 2035 noch keine substantielle Minderung des Energieverbrauchs zu erreichen (Leitsatz 3). Selbst bei der erforderlichen Vervielfachung der heutigen Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen wird der Anteil der Verbrennungsmotoren in der Antriebsstruktur des Straßenverkehrs erst allmählich zurückgehen. Die Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 ist deshalb nur möglich, wenn der Anteil der im Verkehr genutzten Erneuerbaren Energien gegenüber dem heutigen Stand von 6 Prozent bis 2030 auf mindestens 40 Prozent und bis 2035 auf mindestens 75 Prozent steigt. Dies bedeutet eine Steigerung auf das 5,4- bzw. auf das 7,3-fache des heutigen Verbrauchs. Neben dem Einsatz von erneuerbarem

Strom in der Elektromobilität muss hierzu auch die Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Kraftstoffe beitragen, wobei aufgrund der Verbrauchsrelationen die in Dieselmotoren einsetzbaren Kraftstoffe wie Biodiesel und erneuerbarer Dieselkraftstoff (eFuel) von besonderer Bedeutung sind.

Eine wesentliche Voraussetzung für die erforderliche Elektrifizierung des Verkehrs besteht in dem weiteren Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge[14]. Einer Erhebung der *Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern GmbH* (LEKA) zufolge existierten in Mecklenburg-Vorpommern am Jahresende 2017 ca. 300 öffentliche Ladepunkte an 200 Standorten. Nach Berechnungen der LEKA muss dieser Bestand bis 2030 um 750 Ladepunkte erweitert werden. Diese Relationen gelten auch für die Region Rostock.

Zum Leitsatz 9: Die Region Rostock ist aufgrund ihrer Potenziale zur erneuerbaren Energieerzeugung in der Lage und zugleich auch gefordert, zur Sicherstellung der gesamtdeutschen Energieversorgung andere Regionen mitzuversorgen. Diese Mitversorgung ist erforderlich, weil nicht alle Bundesländer über ähnlich günstige Voraussetzungen für den Ausbau von Erneuerbaren Energien verfügen: Um die nationalen energie- und klimapolitischen Ziele zu erreichen, müssen Bundesländer und Regionen mit höheren Erneuerbare-Energien-Potenzialen zur Versorgung solcher Bundesländer und Regionen mit geringeren Potenzialen beitragen.

Die Landesregierung Mecklenburg-Vorpommerns hatte sich in ihrer Energiepolitischen Konzeption 2015 das Ziel gesetzt, 2025 mit jährlich ca. 27 TWh zur Stromversorgung Deutschlands beizutragen. Legt man diese Strommenge auf die Regionen im Land um, entfallen auf die Region Rostock 15 Prozent bzw. 4 TWh.

Der Ausbau der Erneuerbaren Energien und besonders der erneuerbaren Stromerzeugung in der Region Rostock ist in diesem Konzept so konzipiert, dass wie in den vergangenen Jahren auch in den nächsten Jahren bis 2029 eine mittlere Stromlieferung von 3 TWh/a möglich ist. Ab dem Jahr 2035, also nach Erreichen der CO_2-Neutralität können dann jährlich steigende Strommengen geliefert werden, die bis 2050 auf 7,8 TWh/a ansteigen. Dazwischen benötigt die Region erhebliche Strommengen für die eigene Dekarbonisierung, weshalb zeitweise nur ein reduzierter Stromexport möglich ist.

Weitere Beiträge zur gesamtdeutschen Energieversorgung kann die Region Rostock durch die Erzeugung und durch den Export von transportfähigen erneuerbaren Energieträgern wie Biomethan und Biokraftstoffen leisten (Abschnitt 5.6). Insgesamt sollte das Ziel darin bestehen, die Wertschöpfung der Erneuerbare-Energien-Wirtschaft in der Region Rostock bis zum Jahr 2035 gegenüber dem heutigen Stand zu verdoppeln.

Zum Leitsatz 10: Eine wesentliche Voraussetzung für die Mitversorgung anderer Regionen in Deutschland und insbesondere für die Ausweitung der dafür erforderlichen erneuerbaren Stromerzeugung in der Region Rostock besteht in einer fairen Verteilung der damit verbundenen Wertschöpfung. Nur wenn ein signifikanter Teil dieser Wertschöpfung innerhalb der Region entsteht, kann auch mit der erforderlichen Akzeptanz der Bevölkerung und der Wirtschaft in der Region gerechnet werden. In erster Näherung steigt die regionale Wertschöpfung durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien in der Region Rostock gegenüber dem heutigen Stand bis 2030 auf das 2- und bis 2035 auf das 2,5-fache.

Zum Leitsatz 11: Damit die Region Rostock die CO_2-Neutralität bis 2035 erreichen kann, ist eine umfassende Umgestaltung der Energieversorgung der Region erforderlich (Leitsätze 1 bis 8). Diese Transformation des Energiesystems der Region kann flächen- und kostensparend nur in einer intensivierten Kooperation erreicht werden, die vor allem zwischen der Stadt Rostock und dem sie umgebenden Landkreis Rostock intensiviert werden muss. Eine kooperative Energieallianz kann die für die

[14] Die Bauleitplanung bietet einen erheblichen Gestaltungsspielraum, um Elektromobilität auf örtlicher Ebene zu fördern (Planungsleitlinie nach § 1 Abs. 6 BauGB, planerische Abwägung nach § 1 Abs. 6 Nr. 7 BauGB, Ladeinfrastruktur als Regelbebauung nach § 2 Abs. 2 BauNVO). Darüber hinaus kann die Entwicklung der Elektromobilität auch durch Kommunen gezielt gefördert bzw. unterstützt werden /*29*/.

Umsetzung des Leitbildes erforderlichen Maßnahmen initiieren, koordinieren und in ihren Fortschritten kontrollieren. Eine solche Allianz müsste weit über den bestehenden gemeinsamen Entwicklungsrahmen für den Stadt-Umland-Raum Rostock (Abschnitt 1.3) hinausgehen, zumal dieser bislang nur die unmittelbaren Umlandgemeinden der Stadt Rostock einschließt. Vielmehr bedarf es einer Governance-Struktur, welche eine Reihe von Unternehmen sowie bereits weitgehend existierende Institutionen und Organisationen in eine kooperative Struktur einbindet /*3*/.

Einer der ersten Beschlüsse, welche die Allianz herbeiführen sollte, könnte eine regionale Initiative zur Verbesserung der energetischen Qualität des Gebäudebestands betreffen (Leitsatz 12). Weiterhin können sich die Akteure über gesetzliche Mindestanforderungen hinausgehend darauf verständigen, ab einem bestimmten Zeitpunkt Neubauten mit einem steigenden Anteil als Nullenergiehäusern zu errichten.

Ein Teil der für die Erreichung der CO_2-Neutralität in der Region Rostock erforderlichen Maßnahmen etwa im Gebäudesektor oder im Verkehr ist unter den gegenwärtigen energiepolitischen, energiewirtschaftlichen und energierechtlichen Rahmenbedingungen nicht oder nur eingeschränkt umsetzbar. Deshalb ist eine schnelle und umfassende Verbesserung dieser Rahmenbedingungen unerlässlich. Allerdings werden diese Rahmenbedingungen vielfach auf übergeordneten Ebenen des Landes, des Bundes und der Europäischen Union gesetzt, auf welche viele Akteure in der Region nur einen verhältnismäßig geringen Einfluss haben. Deshalb sollte die Allianz besonders auch auf die Verbesserung dieser Rahmenbedingungen hinwirken und hierfür gegebenenfalls die Unterstützung der Landesregierung suchen.

Allerdings könnte die Verbesserung dieser Rahmenbedingungen in Deutschland noch mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Und auch in der Europäischen Union werden die energie- und klimapolitischen Aushandlungsprozesse zunehmend komplizierter und zeitaufwendiger. Für die Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 ist jedoch ein schnelles Handeln erforderlich. Daher ist es notwendig, dass sich die Akteure im Land und in der Region Rostock, aber auch in anderen Bundesländern, Regionen und Städten selbst auf mögliche Verbesserungen der Rahmenbedingungen verständigen. Die Moderation einer solchen Verständigung ist als eine vordringliche Aufgabe der kooperativen Energieallianz zu betrachten. Hierzu würden beispielsweise die Benennung und Ansprache der jeweils einzubeziehenden Akteure, die Analyse und ihrer Ziele, die Entwicklung von Maßnahmenvorschlägen und der diesbezügliche Abstimmungsprozess gehören.

Zum Leitsatz 12: Der Gebäudesektor ist einer der beiden Bereiche, die in besonders hohem Maße zu den regionalen CO_2-Emissionen beitragen und in denen der Klimaschutz bislang am weitesten hinter den Erfordernissen zurückbleibt. Er muss deshalb im Mittelpunkt der Anstrengungen zur Erreichung der Klimaneutralität in der Region Rostock bis 2035 stehen.

Zwar existiert der größte Teil des Gebäudebestands des Jahres 2035 bereits heute und Maßnahmen zur Erreichung der CO_2-Neutralität in der Region Rostock müssen sich vorrangig auf diesen Bestand richten (Leitsätze 2, 4 und 7). Zugleich muss jedoch auch vermieden werden, dass durch den Neubau von Gebäuden die bis 2035 zu neutralisierenden CO_2-Emissionen weiter zunehmen. Diesbezügliche Maßnahmen müssen sich besonders auf neue Wohngebiete richten, die den wesentlichen Teil des Neubaus von Gebäuden bilden.

Wohngebiete, welche ausschließlich aus Einfamilienhäusern bestehen, stellen die energie- und ressourcenintensivste Form von Wohngebieten dar. Künftig muss der Schwerpunkt der Siedlungsentwicklung durch neue Wohngebiete auf gemischten Wohngebieten mit kompakteren Gebäudeformen und höheren Bebauungsdichten liegen, in denen neben Einfamilienhäusern auch energie- und ressourceneffizientere Mehrfamilienhäuser realisiert werden. Zudem müssen diese Wohngebiete auch funktionsgemischt sein, das heißt sie müssen die Verbindung von Wohnen und Arbeiten sowie grundlegende Versorgungs- und Dienstleistungen ermöglichen. Dadurch sollen Wohngebiete mit kurzen Wegen entstehen, die zur Senkung des regionalen Mobilitäts- und Transportbedarfs beitragen. Die Baunutzungsverordnung ermöglicht diesbezüglich die Planung von neuen Wohngebieten in den

Gebietstypen „urbanes Gebiet“ und „dörfliches Wohngebiet“. Dem Wandel zur Informationsgesellschaft und der Digitalisierung Rechnung tragend, müssen diese Wohngebiete mit leistungsfähigen Kommunikationsinfrastrukturen erschlossen werden, sodass sie beispielsweise Formen des Arbeitens wie Telearbeit bzw. Home Office unterstützen (Smart City, Smart Home). Außerdem müssen diese Wohngebiete mit wohngebietszentralen Parkplätzen und Ladeinfrastrukturen ausgestattet werden, um neue Mobilitätsdienstleistungen und die Entwicklung der Elektromobilität zu ermöglichen.

Damit diese neuen Wohngebiete klimagerecht sind, müssen sie zum einen klimaneutral in ihrer Energieversorgung sein. Auch wenn die Bauleitplanung bereits heute über diesbezügliche Möglichkeiten verfügt, muss in der Region möglichst schnell ein über die einschlägigen gesetzlichen Anforderungen hinausgehender Beschluss gefasst werden, demzufolge neue Wohngebiete nur noch mit Gebäuden bebaut werden dürfen, die entweder keinen Energieverbrauch mehr aufweisen (Passivhäuser) oder die ihren Energieverbrauch ausschließlich aus Erneuerbaren Energien decken. Zum anderen müssen klimagerechte Wohngebiete auch klimawandelgerecht sein: Sie müssen ausgeführt sein, dass sie bereits heute den Anforderungen entsprechen, welche aus den im Laufe ihrer Lebensdauer zu erwartenden klimatischen Bedingungen entstehen. Beispielsweise müssen die Wohngebäude für eine Kühlung während sommerlicher Hitzeperioden möglichst ohne zusätzlichen Energieaufwand auskommen und im Winter ein Maximum an solaren Wärmegewinnen ermöglichen. Darüber hinaus sind diese Wohngebiete auch mit windschützenden „Vegetationsinfrastrukturen“ auszustatten. Dabei sind neue Formen der Dachnutzung wie das *Urban gardening* oder die Begrünung von Fassaden und Dächern mit der Nutzung für die solare Energiegewinnung abzustimmen.

Zum Leitsatz 13: Der Verkehrssektor ist der zweite Bereich, der in besonders hohem und vor allem steigendem Umfang zu den regionalen CO_2-Emissionen beiträgt. Auch der Verkehr und insbesondere der Straßenverkehr muss deshalb im Mittelpunkt der Anstrengungen zur Erreichung der Klimaneutralität in der Region Rostock bis 2035 stehen (Leitsätze 2, 3, 4 und 8).

Eigentlich sollte schon wegen der sinkenden Einwohnerzahl ein weiterer Anstieg der Fahrzeugbestände und Fahrleistungen im regionalen Straßenverkehr nicht erforderlich sein: Mit der Einwohnerzahl muss neben dem Mobilitätsbedarf auch der Transportbedarf zur Versorgung der Bevölkerung[15] oder zum Bau neuer Wohnungen (Baustoffe) sinken, zumal wenn diese im Laufe der Zeit – und auf Seiten der Mobilität besonders durch die Verlagerung hin zum ÖPNV – zunehmend effizienter organisiert werden. Darüber hinaus sollte auch die steigende Materialeffizienz im Baubereich und in der Industrie zu einem rückläufigen Transportbedarf führen. Schließlich muss zur Erreichung der CO_2-Neutralität der Verbrauch und in der Folge auch der Straßentransport von fossilen Energieträgern wie Heizöl oder Kraftstoffe verschwinden.

Sofern der Bedarf an regionalen Fahrzeugbeständen und Fahr- bzw. Transportleistungen beispielsweise durch neue Mobilitätszwecke oder durch die Ansiedlung neuer Produktionskapazitäten dennoch steigt, darf dieser Zuwachs nicht mehr wie bisher durch den Zuwachs im Pkw-, im Lkw- bzw. im (Straßen-)Zugmaschinenbestand gedeckt werden, zumal wenn diese fossile Kraftstoffe nutzen. Vielmehr muss künftig der Bedarf an Mobilität und Transport im Straßenverkehr effizienter und vor allem klimaneutral gedeckt werden. Dazu müssen die Energieeffizienz, die Materialeffizienz (Fahrzeugmasse) sowie die Flächeneffizienz weiter steigen (jeweils bezogen auf die jährlich innerregional erbrachten Beförderungs- bzw. Transportleistungen). Dies kann im regionalen Straßenverkehr insbesondere durch den Wandel der Verkehrsstrukturen weg vom Motorisierten Individualverkehr mit Pkw hin zum ÖPNV/SPNV, weg vom Straßengütertransport hin zum Schienentransport sowie weg von Fahrzeugen mit fossilen Kraftstoffen hin zur Elektro- bzw. Wasserstoffmobilität erreicht werden. Zudem muss auch die Zeiteffizienz steigen, indem beispielsweise ein gleichmäßigerer innerstädtischer Verkehrsfluss nicht nur den Energieverbrauch senkt, sondern auch Staus vermindert und so Fahrzeiten reduziert.

[15] Ein Beispiel hierfür ist der Ersatz von einzelnen Einkaufsfahrten durch Sammeleinkäufe und Lieferverkehre.

1.3 Regionale Voraussetzungen und wirtschaftliche Effekte des Leitbilds

Mit der Umsetzung des entworfenen Energiewirtschaftlichen Leitbilds verbinden sich *einerseits* große Wertschöpfungspotenziale, die allerdings überwiegend erst noch zu erschließen sind. *Andererseits* verfügt die Region Rostock bereits über eine Vielzahl von Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung des Leitbilds, die es auszubauen und weiterzuentwickeln gilt. Hierzu zählen

- regionale Konzepte zur Erreichung gesetzter Ziele,
- Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz im Wohngebäudebestand,
- Bestand an ausbaufähiger Wirtschaft in Schlüsselbranchen.

Diese Voraussetzungen werden im Folgenden kurz beschrieben.

Regionale Konzepte zur Erreichung gesetzter Ziele

In der Region Rostock ist in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Konzepten entstanden, die entweder direkt auf die Erreichung von energie- und klimapolitischen Zielen gerichtet sind oder die indirekt dazu beitragen können. Hierzu zählen besonders Energie- und Klimaschutzkonzepte.

Der ehemalige Kreis Bad Doberan war einer der ersten Kreise im Land, die nach 1990 zur zielgerichteten Gestaltung ihrer Energieversorgung ein Regionales Energiekonzept erstellen ließen. Weiterhin verfügen inzwischen viele Städte und Gemeinden in der Region über lokale Konzepte, die allerdings zwischenzeitlich oft nicht fortgeschrieben wurden. Auch ist für den heutigen Landkreis Rostock kein eigenständiges oder die lokalen Konzepte integrierendes Gesamtkonzept bekannt.

In der Stadt Rostock stellte sich die Situation insoweit anders dar, als dort seit 2014 ein „Masterplan 100 % Klimaschutz“ existiert, der bis 2050 reicht /30/. 2008 wurde außerdem eine *Klimaschutzleitstelle* gegründet. Ziel ihrer Arbeit sind der Klimaschutz durch die Verminderung der CO_2-Emissionen und die Moderation der Energiewende in Rostock, die zudem von dem 2016 gegründeten *Energiebündnis Rostock e. V.* und von dem *Agenda21-Arbeitskreis Energiewende* begleitet wird[16]. Ziel der Energiewende in Rostock ist es, einen durch Einsparung und Effizienzsteigerung gegenüber dem heutigen Niveau deutlich abgesenkten Energiebedarf der Hanse- und Universitätsstadt schrittweise vollständig aus erneuerbaren Energiequellen zu decken. Über den Masterplan hinausgehend hat die Bürgerschaft der Stadt Rostock 2020 den Beschluss gefasst, die CO_2-Neutralität bereits bis 2035 zu erreichen. Dieser Beschluss wurde auch durch eine Untersuchung vorbereitet, welche für die Stadt Rostock auf der Grundlage des Pariser Klimaschutzabkommens ein noch zur Verfügung stehendes Emissionsbudget berechnet /31/. Zur Umsetzung des Beschlusses wurde ein „Klimaplan 2035“ mit Maßnahmen zur Erreichung der CO_2-Neutralität erarbeitet /32/. Außerdem wurden Fachbeiräte „Wärmebedarfe und Gebäudeenergieeffizienz“ „Große Solaranlagenfelder“ und „Saisonale Großwärmespeicher“ sowie eine *Projektgruppe Wärmeplan* gebildet. Diese hat die Erarbeitung einer Vielzahl von Studien begleitet, um die zur Erreichung der CO_2-Neutralität erforderlichen Maßnahmen vorzubereiten. Dabei wurde unter anderem untersucht, welche Energiequellen aus Abwärme, Umweltwärme und Biomasse genutzt werden können und wie groß der Bedarf an Flächen zur Wärmeerzeugung sowie für die saisonale Wärmespeicherung ist. Im Ergebnis wurde ein Wärmeplan Rostock 2035 (2050) vorgelegt, welcher im Juni 2022 von der Bürgerschaft der Stadt geschlossen wurde[17]. Mit diesem Wärmeplan liegt erstmals eine ganzheitliche Strategie für die Wärmewende in der Stadt Rostock vor. Dem Werbeplan zufolge ist es möglich, die Fernwärmeversorgung bis 2035 klimaneutral zu stellen und zudem auch in begrenztem Umfang zu erweitern. Für die bislang mit Erdgas versorgten Gebiete wurden die Wärmebedarfe abgeschätzt und erste Überlegungen für die Erschließbarkeit mit

[16] Quelle und weiterführende Informationen: https://rathaus.rostock.de/de/umwelt_gesellschaft/klimaschutzleitstelle/251060.

[17] Quelle und weiterführende Informationen: https://rathaus.rostock.de/de/service/aemter/amt_fuer_umwelt_und_klimaschutz/immissions_und_klimaschutz_umweltplanung/klimaschutzleitstelle/waermeplan/312421.

Fernwärme oder anderen klimaneutralen Quellen angestellt. Daraus leiten sich auch die nächsten Schritte für die Stadtverwaltung ab, welche unter anderem im Aufbau einer ämterübergreifenden Arbeitsstruktur für die energetische Quartierssanierung sowie in der Überführung der Projektgruppe Wärmeplan in einen Wärmebeirat bestehen sollen. In den nächsten Jahren sollen erste Sanierungsfahrpläne für kommunale Gebäude entwickelt und die städtische Fernwärmesatzung an den Wärmeplan angepasst werden[18].

Des Weiteren verfügt die Stadt Rostock seit 2008 über einen Luftreinhalte- bzw. Aktionsplan mit Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität. Weitere Maßnahmen betrafen den Aufbau eines Emissionskatasters sowie periodische Begutachtungen der Immissionssituation im Überseehafen Rostock, um den Einfluss des Schiffsverkehrs auf die Luftqualität in Rostock und in Warnemünde zu erfassen. Insgesamt weist sowohl der Luftreinhalteplan als auch der Maßnahmenkatalog vielfältige Bezüge zur Energieversorgung, zur Verbesserung der Energieeffizienz und zum Klimaschutz auf[19].

Darüber hinaus wurden bzw. werden in der Stadt Rostock Konzepte und Planungen in weiteren Bereichen entwickelt, die ebenfalls für die Belange von Energie und Klimaschutz bedeutsam sind, darunter ein Abfallwirtschaftskonzept (2012) und ein Flächennutzungsplan (2009). Dieser wird gegenwärtig auch deshalb fortgeschrieben[20], weil Anforderungen des Verkehrs, des Klimaschutzes und der Klimaanpassung an Bedeutung gewonnen haben und weil bei der Entwicklung des Flächennutzungsplans 2009 noch davon ausgegangen wurde, dass die zukünftige Entwicklung der Region eher von Schrumpfung als von Wachstum geprägt sein würde.

Bereich Verkehr hat die Stadt in den vergangenen Jahren ein Mobilitätsmanagementkonzept für die Hansestadt und Region Rostock (2016) /33/ und einen Mobilitätsplan Zukunft (MOPZ, 2018[21]) /34/entwickelt. Um die Elektromobilität auf kommunaler und regionaler Ebene zu entwickeln, wurde außerdem bereits 2015 eine Elektromobilitätsstrategie und einen Aktionsplan vorgelegt /36/. Darin wird in fünf Handlungsfeldern wie „Öffentlicher Nahverkehr“, „Die elektrifizierte Kommune“ oder „Tourismus“ eine Vielzahl von Maßnahmen vorgeschlagen. Sie reichen von multimodalen Verkehrsverknüpfungspunkten über ein verbessertes Fuhrparkmanagement und die Anschaffung von Elektrofahrzeugen bis zur Kooperation mit Car-Sharing-Unternehmen.

Hinzu kommt ein Gemeinsamer Entwicklungsrahmen für den Stadt-Umland-Raum Rostock (2011). Er schließt die direkten Umlandgemeinden der Stadt Rostock sowie solche Gemeinden ein, für die sich aus dem Stadt-Umland-Konzept starke räumliche Verflechtungen zur Kernstadt ableiten lassen. Der gemeinsame Entwicklungsrahmen leitet aus verschiedenen Analysen Leitlinien für die zukünftige Entwicklung unter anderem in den Bereichen Wohnen, Gewerbe und Freiraum ab. Der Entwicklungsrahmen wurde 2017 hinsichtlich der Wohnentwicklung fortgeschrieben. Parallel dazu soll ein jährliches Monitoring der realen Wohnentwicklung Hinweise auf zukünftige Anpassungsbedarfe liefern.

Eine wesentliche Basis für die zukünftige Regionalentwicklung ist das fortzuschreibende Regionale Raumentwicklungsprogramm. Dieses wurde 2011 als Programm für die damalige Region Mittleres Mecklenburg/Rostock beschlossen und stellte unter anderem die Weichen für die Entwicklung der Erneuerbaren Energien. Dazu traf es insbesondere Festlegungen zur Windenergie (Ausweisung von ca. 1.200 ha an neuen Windeignungsgebieten) und zu Infrastrukturtrassen (Trassenbündelung, Konzentration auf den Siedlungsachsen, Anlandungspunkte unterseeischer Leitungen), die auch im Ein-

---

18 Quelle und weiterführende Informationen: https://ksd.rostock.de/bi/vo020?3--anlagenHeaderPanel-attachmentsList-0-attachment-link&VOLFDNR=1022486&refresh=false.

19 Weiterführende Informationen zum Luftreinhalte- bzw. Aktionsplan Rostock finden sich unter: https://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/umwelt/luft/luft_lrp/lrp_luftreinhalteplan.htm.

20 Ein bereits umfassend mit der Öffentlichkeit diskutierter Vorentwurf soll bis 2023 in eine endgültige Fassung überführt werden. Der neue Flächennutzungsplan soll 2025 Rechtskraft erhalten /35/, S.24.

21 Mit dem MOPZ erfolgte eine Neuaufstellung des Integrierten Gesamtverkehrskonzeptes (IGVK) aus dem Jahr 1998. Als Rahmenplan gibt der MOPZ die Planungsleitlinien und Schwerpunkte für den Bereich Verkehr und Mobilität bis 2030 vor. Der MOPZ wurde 2017 von der Bürgerschaft beschlossen.

klang mit der Tourismuswirtschaft und mit der Landwirtschaft stehen sollten. Die Land- und Forstwirtschaft sollte als multifunktionale Landwirtschaft auch zur Produktion von nachwachsenden Rohstoffen und zur Energieerzeugung beitragen. Um den ländlichen Raum als Lebens- und Wirtschaftsraum neben dem Stadt-Umland-Raum weiterzuentwickeln, sollte dort der Energiesektor gestärkt werden. Weiterhin wurden zum Beispiel Ziele und Grundsätze zur Siedlungsentwicklung formuliert.

Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz im Wohngebäudebestand

Derzeit existieren in Rostock ca. 125 und im Landkreis ca. 114 Tsd. Wohnungen. Davon befinden sich in Rostock knapp 90 Prozent in Mehrfamilienhäusern, während im Landkreis Rostock 55 Prozent aller Wohnungen auf Ein- und Zweifamilienhäuser entfallen. Geht man davon aus, dass sich Mehrfamilienhäuser überwiegend im Besitz von Wohnungsunternehmen und Ein- bzw. Zweifamilienhäuser überwiegend in Privatbesitz befinden, ergibt sich die Notwendigkeit der Schaffung differenzierter Rahmenbedingungen, um die erforderliche deutliche Intensivierung der energetischen Sanierung des Wohngebäudebestands zu erreichen (Abschnitt 5.1). Wirksame Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz im Wohngebäudebestand können in der Region Rostock besonders von den in den Städten angesiedelten Wohnungsunternehmen durchgeführt werden. Beispielsweise verfügt das größte Rostocker Wohnungsunternehmen WIRO heute über einen Bestand von 36.000 Wohnungen und versorgt fast ein Drittel der Einwohner der Stadt Rostock mit Wohnraum. Das Unternehmen hatte zunächst „die bau- und energietechnische Sanierung ihres Gebäudebestands im Jahr 2004 abgeschlossen“ /30/, S. 12. Heute werden moderne Messtechniken, neue Energiekonzepte und Heizungssanierungsprogramme durch das WIRO-Tochterunternehmen WIR realisiert und die energetische Sanierung im Wohnungsbestand fortgesetzt, um die Auswirkungen steigender Energiekosten zu dämpfen /37/, S. 17. Inzwischen führt die WIRO wieder verstärkt komplexe Instandhaltungsmaßnahmen durch, da die umfassenden Baumaßnahmen teilweise über 20 Jahre zurückliegen /37/, S. 20.

Die im Landkreis Rostock angesiedelten Wohnungsunternehmen sind naturgemäß deutlich kleiner als die WIRO. Beispielsweise verfügt die *Wohnungsgenossenschaft eG Güstrow* über einen Bestand von 3.500 Wohnungen. Die *Wohnungsgesellschaft Güstrow (WGG) GmbH* versorgt weitere 25 Prozent der Einwohner in der Stadt mit Wohnraum. Einige der im Landkreis angesiedelten Unternehmen verfügen über Wohnungsbestände in mehreren Gemeinden. Beispielsweise bewirtschaftet die *Wohnungsbaugenossenschaft Nord eG* in Güstrow insgesamt mehr als 700 Wohnungen in den Städten Güstrow, Bützow und Neubukow.

Darüber hinaus nehmen in Rostock die *Rostocker Gesellschaft für Stadterneuerung, Stadtentwicklung und Wohnungsbau mbH* (RGS) und der Eigenbetrieb *Kommunale Objektbewirtschaftung und -entwicklung* (KOE) vielfältige Aufgaben wahr, die bei der Planung und Durchführung von Sanierungsmaßnahmen in der Stadt und an denen verwalteten Gebäuden[22] zu erfüllen sind. Hierzu zählen neben Kindertagesstätten auch Schulen und andere Bildungsinfrastrukturen. Darüber hinaus realisiert die KOE eine Vielzahl von Neu- und Ersatzbauten, darunter ein neues Volkstheater, eine neue Feuerwache sowie die Generalsanierung der Rostocker Kunsthalle.

Ausbaufähige Wirtschaft in Schlüsselbranchen

Die Umsetzung des entworfenen energiewirtschaftlichen Leitbildes ermöglicht der Wirtschaft in der Region Rostock die Erschließung neuer, umfangreicher Wertschöpfungspotenziale. Im Hinblick auf die hierzu notwendigen wirtschaftlichen Aktivitäten lassen sich einige Schlüsselbranchen benennen. Zu diesen gehören neben den bereits angesprochenen Wohnungsunternehmen vor allem die Energieunternehmen. Hinzu kommt die Land- und Forstwirtschaft als Erzeuger von Bioenergieträgern.

[22] Die KOE bewirtschaftet derzeit über 360 Gebäude in Rostock. Quelle: https://www.koe-rostock.de/.

Weiterhin ist die die landwirtschaftlichen Produkte verarbeitende Industrie zu nennen, darunter besonders auch die in der Region ansässigen Unternehmen, die pflanzliche Öle verarbeiten.

Zu den größten in der Region Rostock aktiven bzw. ansässigen Energieunternehmen zählen in der Stromversorgung neben dem Übertragungsnetzbetreiber *50Hertz Transmission GmbH* mit Sitz in Berlin besonders die *WEMAG AG* mit Sitz in Schwerin und die *E.DIS AG* mit Sitz in Fürstenwalde (Brandenburg), die zu den größten Unternehmen in Mecklenburg-Vorpommern gehören und jeweils nicht nur mit Strom, sondern auch mit Erdgas versorgen.

Hinzu kommen die *Stadtwerke Rostock AG* sowie eine Vielzahl von kleineren Energieunternehmen wie die Stadtwerke in Güstrow und in Teterow oder die *Wärmeversorgung Bützow GmbH*, die teilweise neben der Stromversorgung auch die Versorgung mit Erdgas und Fernwärme durchführen.

Die überregionale Erdgasversorgung erfolgt durch die *Verbundnetz Gas AG* mit Sitz in Leipzig und durch ihren unabhängigen Fernleitungsnetzbetreiber *ONTRAS Gastransport GmbH*. Neben der *E.DIS AG* ist die *HanseWerk AG* mit Sitz in Quickborn ein weiterer in der Gasversorgung tätiger Flächennetzbetreiber. In deren Versorgungsgebiete eingebettet sind die Gasnetze der Stadtwerke. Somit ist an der Energieversorgung der Region Rostock eine Vielzahl von Unternehmen beteiligt. Ihnen kommt bei der Umsetzung des entworfenen energiewirtschaftlichen Leitbildes eine tragende Rolle zu.

In der Region Rostock sind mehrere stromintensive Unternehmen angesiedelt, die produktions- bzw. prozessbedingt einen besonders hohen Stromverbrauch aufweisen (Abschnitt 3.3). Diesen Unternehmen kommt *einerseits* eine wichtige Rolle bei der Senkung des Stromverbrauchs der Region Rostock durch eine Verbesserung der Energieeffizienz zu. *Andererseits* werden in der zukünftigen, auf erneuerbaren Energien basierenden Stromversorgung auch flexible Verbrauchseinrichtungen benötigt. Diese müssen in der Lage sein, ihren Verbrauch so anzupassen, dass sie zum Ausgleich der schwankenden Netzbelastung beitragen können, die unter anderem durch die volatile Einspeisung der erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen bedingt ist. Können hierfür Verbrauchseinrichtungen herangezogen werden, die einen größeren und zumindest teilweise flexiblen Stromverbrauch aufweisen, ist ein solches Lastmanagement je nach Netzsituation gegebenenfalls effektiver als wenn auf eine Vielzahl von Verbrauchseinrichtungen mit kleinem Stromverbrauch zurückgegriffen werden muss. In jedem Fall wird das Lastmanagement in der zukünftigen Stromversorgung an Bedeutung gewinnen.

Schließlich ist in der Region Rostock eine Vielzahl von Unternehmen der Erneuerbare-Energien-Wirtschaft angesiedelt. Neben Herstellern von Windenergieanlagen wie *Nordex SE* und *Enercon GmbH* in Rostock oder eno energy GmbH und Kloss New Energy GmbH in Rerik zählen hierzu weitere Unternehmen, die erneuerbare Energieanlagen entwickeln, planen, installieren, betreiben und warten, darunter die Unternehmen ENERTRAG SE - Büro Rostock, Windrad Engineering GmbH und WIND-projekt Ingenieur- und Projektentwicklungsgesellschaft mbH in Rostock, WIND-consult Ingenieurgesellschaft für umweltschonende Energiewandlung mbH in Bargeshagen, APEX Energy Teterow GmbH, SmartHeat Deutschland GmbH in Güstrow, UKA Umweltgerechte Kraftanlagen GmbH & Co. KG in Rostock und Lohmen oder die G.E.N.E. mbH in Bentwisch.

Eine weitere Branche, die in der Zukunft durch einen steigenden Bedarf an biogenen Energieträgern und Kraftstoffen an Bedeutung gewinnen wird, ist die Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte. In der Region Rostock sind mit der *Power Oil Rostock GmbH* und der *Biopetrol Rostock GmbH* bereits zwei solche Unternehmen angesiedelt. In der Stadt Sternberg in der Nachbarregion Westmecklenburg ist mit der *ecoMotion GmbH* ein Hersteller von Biodiesel angesiedelt, der ein potenzieller Kooperationspartner sein kann.

In den folgenden Abschnitten wird das Energiewirtschaftliche Leitbild näher beschrieben und begründet. Dazu werden zunächst Grundlagen dargestellt (Abschnitt 2), auf die eine Kurzbeschreibung der Region Rostock folgt (Abschnitt 3). Diese Kurzbeschreibung wird anschließend hinsichtlich des derzeitigen Standes von Energieerzeugung und Energieverbrauch vertieft (Abschnitt 4), bevor die zukünftige Entwicklung der Region und ihrer Energieversorgung bis 2035 dargestellt werden (Abschnitt 5).

2. Grundlagen, Methodik und Datenbasis

In diesem Abschnitt werden zunächst wesentliche Aspekte der zukünftigen Entwicklung der Energieversorgung in der Region Rostock angesprochen, soweit diese für die formelle Regionalplanung bedeutsam sind bzw. von ihr planerisch befördert werden können (Abschnitt 2.1). Anschließend wird das Regionale Energiekonzept räumlich und zeitlich abgegrenzt. Die verwendeten Methoden der Energie- und CO_2-Bilanzierung, der Szenariokonstruktion, der Potenzialanalyse und der Energiemodellrechnungen werden kurz beschrieben und die herangezogenen Daten bzw. deren wesentliche Quellen angegeben (Abschnitt 2.2).

2.1 Energieversorgung und formelle Regionalplanung

Die Energieversorgung der Region Rostock basiert noch wesentlich auf fossilen Energieträgern. Neben Steinkohle zur Stromerzeugung wird Erdgas zur Strom- und Fernwärmeerzeugung sowie dezentral in den Verbrauchersektoren eingesetzt. Hinzu kommen fossile Kraftstoffe im Straßenverkehr.

Gemäß den energie- und klimapolitischen Zielen der Europäischen Union und Deutschlands und vor allem im Hinblick auf das regionale Ziel der Erreichung der CO_2-Neutralität in der Region Rostock bis 2035 muss Energie deutlich effizienter genutzt werden. Zudem muss die Energieversorgung der Zukunft faktisch ohne fossile Energien auskommen. Diese sind zunehmend durch erneuerbaren Strom, durch erneuerbare Gase und Wärme sowie erneuerbare Kraftstoffe zu ersetzen. Da außer bei Strom, Gasen und Kraftstoffen ein Energietransport über größere Entfernungen nicht in Betracht kommt, muss sich die Region Rostock in der Zukunft zunehmend aus eigenen Energieressourcen versorgen. Darüber hinaus kann und muss die Region zur Mitversorgung anderer Regionen in Deutschland beitragen, die sich nicht allein aus ihren erneuerbaren Energieressourcen versorgen können.

Aus der Perspektive der Erneuerbaren Energien kann die Region in zwei Teilgebiete unterteilt werden: Die Hansestadt Rostock hat bezogen auf ihre Gebietsfläche einen hohen Energieverbrauch und verfügt nur über relativ kleine Erneuerbare-Energien-Potenziale. Genau umgekehrt ist die Situation in dem sie umgebenden ländlichen Raum. Er verfügt über große Erneuerbare-Energien-Potenziale und der Energieverbrauch ist bezogen auf seine Gebietsfläche relativ klein (hier gibt es nur wenige Städte wie Güstrow, in denen sich ein gewisser Energieverbrauch konzentriert). Um zukünftig eine erneuerbare Energieversorgung der Region sicherzustellen, muss somit der Energieverbrauchsschwerpunkt (Groß-)Stadt primär aus dem ländlichen Raum als Energieerzeugungsschwerpunkt versorgt werden.

Die zwingende Notwendigkeit, künftig die regionale Energieversorgung durch eine noch engere Kooperation von Stadt und ländlichem Raum zu gestalten, ist nicht nur ein Beleg für die These, dass der ländliche Raum und das Landleben unverzichtbar sind und dass der ländliche Raum erhalten und gestärkt werden muss /38/, S. 251. Sie bietet auch eine ausgezeichnete Möglichkeit hierfür. Die dazu erforderliche Erzeugung von erneuerbaren Energien stellt zudem für die Landwirtschaft eine wichtige Möglichkeit dar, ihre Energie- und Treibhausgasbilanzen wieder positiv zu gestalten /39/, S. 296.

Unter marktwirtschaftlichen Bedingungen können die Stadt Rostock und der Landkreis Rostock ihre Energie freilich auch anderenorts beziehen bzw. vermarkten, falls sie dort zu günstigeren Preisen erhältlich bzw. absetzbar ist. Doch abgesehen davon, dass dies mit steigender Entfernung wegen der zusätzlichen Transportkosten immer unwahrscheinlicher wird, kann nur in der engen regionalen Kooperation von Stadt und Landkreis sichergestellt werden, dass nachhaltige, auf die lokalen und regionalen Bedingungen zugeschnittene Versorgunglösungen entstehen. Andernfalls besteht auch überregional die Gefahr, dass der die Großstädte umgebende ländliche Raum auf die Funktion der Energieerzeugung festgelegt, auf diese neue Weise fremdbestimmt und gegebenenfalls mit großtechnischen Standardlösungen zur Energieerzeugung bebaut wird /38/, S. 253.

Hinsichtlich der Energieinfrastruktur basiert die Energieversorgung der Region Rostock heute wesentlich auf den leitungsgebundenen Energieträgern Strom, Fernwärme und Erdgas. Hinzu kommt eine

Anzahl zentraler Energiestandorte, an denen fossile Energieträger in Strom und Wärme umgewandelt werden, sowie eine wachsende Zahl von dezentralen Energiestandorten wie Windparks und Biomasseanlagen, an denen Erneuerbare Energien gewonnen werden. Die Energienetze bilden auch die Basis für die zukünftige Energieversorgung. Die zentralen Energiestandorte in den Städten müssen dekarbonisiert, also auf erneuerbare Energieträger umgestellt werden. Außerdem müssen vorhandene dezentrale Energiestandorte erweitert und neue Standorte erschlossen werden.

Solche Standorte werden beispielsweise zum Ausbau der leitungsgebundenen Wärmeversorgung benötigt. Hier kann die Regionalplanung nicht nur durch Abwägungsvorgaben für die Bauleitplanung steuernd wirksam werden, sondern auch durch die Festlegung raumordnerischer Ziele. Diese entfalten für öffentliche Stellen bzw. Planungsträger eine strikte Beachtungspflicht gegenüber raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen. Solche Standorte werden aber auch für den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung benötigt. Hier verfügt die Regionalplanung insbesondere im Hinblick auf die Windenergie an Land und auf die Freiflächen-Photovoltaik mit den Instrumenten der Regionalplanung über direkte Steuerungsmöglichkeiten. Weitere Standortbedarfe beispielsweise für dezentrale Bioenergieanlagen können ebenfalls durch die Regionalplanung mit Abwägungsvorgaben für die Bauleitplanung und durch die Festlegung von raumordnerischen Zielen gesteuert werden /7/, S. 6/7.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Nutzung Erneuerbarer Energien wegen ihrer spezifischen Eigenschaften deutlich von der Nutzung fossiler Energieträger unterscheidet: Die Nutzung Erneuerbarer Energien erfolgt vorwiegend in Energieanlagen, welche im Vergleich zu fossil gefeuerten Kraftwerken wesentlich kleinteiliger sind und die daher näher an den Verbrauchsorten und im Fall von Aufdach-Photovoltaikanlagen sogar unmittelbar dort angeordnet werden können. Diese Siedlungsnähe führt somit in eine wesentlich dezentralere Versorgungstruktur. Wegen der relativ geringen Flächendichte des erneuerbaren Energiedargebots sind eine größere Anzahl von Anlagen, d. h. viele Flächen und Standorte erforderlich. Beide sind allerdings nicht überall verfügbar und zudem für die Nutzung einzelner Erneuerbarer Energien unterschiedlich geeignet. Ihre Nutzung für die erneuerbare Energieerzeugung wird daher *erstens* von der Flächen- bzw. Standorteignung sowie von technologischen und wirtschaftlichen Aspekten bestimmt. Diese definieren die tatsächlich nutzbaren Teile der theoretischen Erneuerbare-Energien-Potenziale einer Region. *Zweitens* kann sich durch eine stetige Steigerung der Energieeffizienz die Flächendichte der Energienachfrage verringern, wodurch die potenziellen technischen Nutzungsmöglichkeiten der Erneuerbaren Energien steigen. *Drittens* wird der Umfang der erneuerbaren Energieerzeugung in einer Region auch davon bestimmt, welche Ziele damit erreicht werden sollen, welche Mittel und Wege zur Erreichung dieser Ziele regional konsensfähig sind und welche Prioritäten die Gesellschaft setzt (beispielsweise Tourismus vs. Windenergie).

Mit dieser, die folgenden Abschnitte einleitenden Kurzbeschreibung der zukünftigen Energieversorgung der Region Rostock sind zugleich wesentliche flächenwirksame und steuerbare und daher für die formelle Regionalplanung bedeutsame Aspekte benannt. Sie kann eine planerische Perspektive für die Energieversorgung entwickeln, die damit verbundenen Chancen für die Regionalentwicklung erkennen und gegebenenfalls bestehende Risiken aufzeigen und so zu deren Vermeidung beitragen. Sie kann bzw. muss raumbedeutsame Versorgungsoptionen, Standorte und verbindende Infrastrukturen[23] vorschlagen bzw. sichern, die damit gegebenenfalls verbundenen Raumnutzungsansprüche zum Beispiel im Rahmen von Strategischen Umweltprüfungen (SUP) mit den Ansprüchen anderer Nutzungen abstimmen und nicht zuletzt zur Partizipation und zum Konfliktmanagement beitragen. Ein mögliches Problem besteht darin, dass Flächensicherungen und vorhandene Flächennutzungen nur wenig Raum lassen für spätere Planungen von Trassen oder Standorten, weshalb auch deren vorsorgliche Sicherung an Bedeutung gewinnt. Dabei können vorsorgliche Standortsicherungen die spätere Umsetzung von Trassen erleichtern und umgekehrt. Wo Grundstückseigner überörtliche Lasten

[23] Hier kann die Regionalplanung durch die Bestimmung des Bedarfs, der verfügbaren Flächen bzw. Grundstücke und der gegebenenfalls erkennbaren Nachbarschaftskonflikte beitragen. Dabei sind die betreffenden Standorte und Trassen auch hinsichtlich der Erfüllung jeweils bestehender technischer Anforderungen zu bewerten (zum Beispiel Abstände, Geländeform, Schutz vor Überflutungen und Ähnliches).

übernehmen müssen, sollten geeignete Formen der Kompensation gefunden werden, da andernfalls deren Akzeptanz für solche Energieprojekte schwinden könnte. Die E.DIS schlägt hierzu einen konzeptionellen Dialog vor, der die Belange der Errichter von Erzeugungsanlagen, Netzbetreibern, Verbrauchern und Kommunen ergebnisoffen und ganzheitlich diskutiert und Wege sucht, wie der Bestand und Ausbau der Netzinfrastruktur regionalplanerisch berücksichtigt werden können.

In diesem Zusammenhang ist bedeutsam, dass die Regionalplanung zu jeder Zeit einen möglichst vollständigen Überblick nicht nur über die Bauleitplanung verfügt, sondern auch darüber, welche Energie- und Klimaschutzkonzepte und Planungen zu Energieprojekten in der Region vorhanden sind bzw. erarbeitet werden. Hierzu sollten perspektivisch auch kommunale oder übergreifende Wärmeplanungen gehören /40/. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz hat diesbezüglich im Juli 2022 einen bundesweiten Diskussionsprozess gestartet und ein Diskussionspapier „Konzept für die Umsetzung einer flächendeckenden kommunalen Wärmeplanung“ veröffentlicht. Außerdem sollten in regelmäßigen Abständen übergeordnete Planungen ausgewertet werden (Bundesbedarfs- und Bundesfachplanung, Netzentwicklungsplanung Strom/Gas).

Chancen erwachsen der Region Rostock aus ihren Möglichkeiten, stärker als bisher zur zukünftigen Energieversorgung in der Europäischen Union beizutragen. Diese hat sich die Schaffung einer Energieunion zum Ziel gesetzt, um in Zukunft eine bezahlbare, sichere und nachhaltige Energieversorgung für alle Verbraucher in Europa zu gewährleisten. Zur Entwicklung gemeinsamer Energiemärkte wurde bzw. wird bereits eine Vielzahl von transnationalen Infrastrukturprojekten geplant bzw. realisiert. Beispiele sind die *Combined Grid Solution* und *die Hansa Powerbrigde*, aber auch Gaspipelines, überregionale Energiestandorte wie LNG-Terminals und Verkehrsnetze. Planungen für weitere Projekte liegen speziell auch in der Ostseeregion (*Baltic Sea Region* – BSR) vor. Für die Region Rostock sind solche Entwicklungen und Planungen aufgrund ihrer geografischen Lage und ihrer überregional bedeutsamen Energie- und Transportinfrastrukturen von besonderer Relevanz.

Weiterhin erwachsen der Region Rostock Chancen aus ihren Möglichkeiten, stärker als bisher zur zukünftigen Energieversorgung Deutschlands beizutragen und so die regionale Wertschöpfung zu steigern. Die Region verfügt aufgrund ihrer Küstenlage über größere Windenergiepotenziale als andere Regionen im Binnenland. Sie kann zudem erhebliche Mengen an Bio- und Solarenergie erzeugen und die bereits vorhandene Industrie zur Erzeugung von Pflanzenölen, Biokraftstoffen und anderen erneuerbaren Energieträgern ausbauen.

Aus der Nutzung dieser Chancen entstehen ebenso wie bei dem fortgesetzten Wohnungsbau oder bei dem Ausbau der See- und Hafenwirtschaft zusätzliche Flächenbedarfe, weil die Erneuerbaren Energien und auch die Energienetze ausgebaut werden müssen. Diese müssen die erzeugte Energie zu den Verbrauchsstandorten transportieren und solche Standorte miteinander verbinden, die der Sektorenkopplung dienen sollen. Um die erzeugte Energie in der Region und zugleich effizient und flexibel nutzen zu können, sind außerdem größere Energiespeicherstandorte erforderlich.

Perspektivisch kann für die Region Rostock ein Technologiepfad besondere Bedeutung erlangen, weil er spezifisch auf die Ressourcen der Region abgestimmt werden kann, mehr als zwei Sektoren koppeln kann, die Weiternutzung bereits vorhandener Energienetze ermöglicht und die zukünftig notwendige Flexibilität von Energieerzeugung und -verbrauch schaffen kann. Dieser Technologiepfad besteht in der Erzeugung und Nutzung von erneuerbaren Gasen wie EE-Methan und Wasserstoff und erneuerbaren Kraftstoffen (*power to gas*-Technologie). Folgerichtig entstehen in der Region Rostock bereits mehrere Projekte, die diesem Technologiepfad zugeordnet werden können, beispielsweise die folgenden:

- In der Regiopolregion Rostock entstand 2020 die *Initiative HY! Rostock*, welche sich die Entwicklung von Wasserstoff als zukunftsfähigen Standortfaktor für die Regiopolregion zum Ziel gesetzt hat. Als regionales Netzwerk führt sie die Akteure und Treiber der Wasserstoffwirtschaft in der Region zusammen, um Projekte zu initiieren, zu unterstützen und voranzutreiben. Als langfristige Vision sieht die Initiative die Region Rostock im Jahr 2040 als klimaneutral und als Zentrum für

grünen Wasserstoff. Eines von derzeit neun Leitprojekten der Initiative ist der Aufbau des Energiehafens Rostock als ein Zentrum der grünen Wasserstoffindustrie und die Transformation des Seehafens Rostock zum Drehkreuz für den Export und den Import von Erneuerbaren Energien. Weitere Leitprojekte betreffen beispielsweise die Erzeugung von Ammoniak als Kraftstoff und als Transportlösung für grünen Wasserstoff am Standort Poppendorf und die Herstellung von erneuerbarem Kerosin und grünem Wasserstoff für die Luftfahrt am Airport Rostock-Laage.

- Im Seehafen Rostock soll bis 2030 ein Zentrum der grünen Wasserstoffindustrie entstehen. Dazu ist ein Initialprojekt mit einer Elektrolyse-Leistung von 100 MW geplant. Der erforderliche erneuerbare Strom soll zunächst durch in der Region Rostock bereits existierende Windparks geliefert werden. Sofern die erneuerbare Stromerzeugung in der Region entsprechend ausgebaut wird, ist eine Erweiterung der Elektrolyse-Leistung auf 1 GW möglich und realistisch /41/. Das Projekt beinhaltet eine Prozesskette, in welcher der aus dem volatil verfügbaren Windstrom erzeugte Wasserstoff in einem Pufferspeicher zwischengelagert und in einer kontinuierlichen Ammoniaksynthese zu Ammoniak umgewandelt wird. Abnehmer dieses Wasserstoffs ist die *YARA GmbH & Co. KG* in Poppendorf. Das Projekt wird von einer Vielzahl von Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen getragen und fügt sich in die *Initiative HY! Rostock* ein.
- In Rostock-Laage hat die *Apex Energy Teterow GmbH* in einer ersten Ausbaustufe im März 2021 ein Wasserstoffkraftwerk in Betrieb genommen. Es kann aus temporär überschüssigem erneuerbarem Strom mit einer Kapazität von 2 MW elektrolytisch bis zu 300 t/a grünen Wasserstoff erzeugen. Dieser kann anschließend bedarfsgerecht in einem Blockheizkraftwerk wieder in Strom umgewandelt werden, wobei sich die geplante jährliche Stromerzeugung auf 16 GWh/a belaufen soll. Mit diesem Strom sollen am Standort ansässige bzw. umliegende Unternehmen versorgt werden. Darüber hinaus wird gegenwärtig die Möglichkeit der Verwendung von Wasserstoff in Transport- bzw. Verkehrsunternehmen der Region geprüft.
- Weiterhin gibt es erste Überlegungen, denen zufolge in der Ostsee vor Warnemünde ein Windpark entstehen soll. Der von diesem Windpark erzeugte Strom soll in einer Wasserstoffanlage in Wasserstoff umgewandelt werden, die in dem Rostocker Überseehafen entstehen soll. Die Anlage soll eine Leistung von 120 MW haben und jährlich bis zu 12,5 Tsd. t Wasserstoff erzeugen können. Solche und weitere Aktivitäten können bzw. sollen Ausgangspunkte für eine Wasserstoff-Region Rostock sein.

2.2 Abgrenzung, Daten und Methoden

Das Betrachtungsgebiet des vorliegenden Regionalen Energiekonzepts ist die Region Rostock. In ihr ist der Planungsverband Region Rostock der Träger der Regionalplanung. Die Region besteht aus der Hanse- und Universitätsstadt Rostock und aus dem Landkreis Rostock, der sich in 112 Gemeinden untergliedert (Gebietsstand 31. Dezember 2021). Alle hier durchgeführten räumlichen Analysen zur Energieerzeugung/-gewinnung und zum Energieverbrauch sowie zu den Erneuerbare-Energien-Potenzialen in der Region erfolgten auf der Gemeindeebene.

Der Betrachtungszeitraum dieses Konzepts gliedert sich in zwei Zeitbereiche: In einem ersten Zeitbereich wird die Entwicklung der Region Rostock und ihrer Energieversorgung von 2005 bis heute betrachtet[24]. Dieser retrospektive Teil dient besonders der Erfassung der aktuellen Situation sowie der Erfassung wesentlicher Entwicklungstrends. In einem zweiten Zeitbereich wird die zukünftige Entwicklung der Region und ihrer Energieversorgung in dem Zeitraum von heute bis 2035 bzw. bis 2050 untersucht. Dieser Teil basiert wesentlich auf Einwohnerprognosen, auf modellbasierten Vorausberechnungen wesentlicher Bestimmungsgrößen des Energieverbrauchs und der Energieerzeugung. Diese wiederum bilden die Basis für die Vorausberechnung des Energieverbrauchs und der Energieerzeugung für die Jahre 2035 und 2050. Die Verbindung zwischen der bisherigen Entwicklung und den

[24] Neben den verfügbaren amtlich-statistischen Daten werden Daten weiterer Institutionen einbezogen, die bis zum November 2022 vorlagen.

Stichjahren 2035 und 2050 wird durch Szenarien hergestellt: Deren Konstruktion liefert einerseits wesentliche Eingangsdaten für die Vorausberechnungen und visualisiert andererseits deren Ergebnisse. Dabei handelt es sich ausdrücklich nicht um Prognosen: Ein wesentlicher Unterschied zwischen Prognosen und Szenarien liegt in dem mit ihrer Anwendung verfolgten Erkenntnisinteresse: Während Prognose danach fragen, welche Entwicklung sich wahrscheinlich vollziehen wird, fragen Szenarien danach, welche Entwicklungen möglich sind und welche Maßnahmen zu ergreifen sind, damit sich ein gewünschtes oder ein beispielsweise aus Klimaschutzgründen notwendiges Szenario realisiert[25].

Die Energiebilanzen und die Bilanzen der energiebedingten CO_2-Emissionen für die Region wurden entsprechend einer bundeseinheitlichen Methodik erarbeitet. Dadurch sind die Bilanzen mit jenen der benachbarten Planungsregionen und des Landes Mecklenburg-Vorpommern vergleichbar und können insoweit wechselseitig geprüft werden, als die Summe der vier Regionalbilanzen die Landesbilanz ergeben muss. Die Energiebilanzen bilden alle Verbrauchssektoren ab – Industrie, Privathaushalte, Verkehr sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher (GHDS). Weiterhin sind die Energiegewinnung in der Region und die Energieflüsse aus bzw. in die Region ersichtlich (Lieferungen, Bezüge, darunter Hochseebunkerungen und Flugkraftstoffe – die Energieflüsse des Überseehafens Rostock sowie des Flughafens Rostock-Laage wurden somit berücksichtigt).

Der heutige Energieverbrauch und die heutige Energieerzeugung in der Region werden wie oben begründet (Abschnitt 0) anhand der Energiebilanz 2016 beschrieben, welche näherungsweise auch für die Folgejahre bis einschließlich 2019 gilt. Sie basiert auf einer Vielzahl von Daten, die beispielsweise der amtlichen Statistik oder den Statistiken von branchenspezifischen Vereinen und Verbänden entnommen sind oder aus Erhebungen bei den Energieunternehmen stammen.

Für die Energie- und CO_2-Bilanzen des Jahres 2035 wurden für die einzelnen Energieträger die gleichen Heizwerte und CO_2-Emissionsfaktoren verwendet wie in den Bilanzen des Jahres 2016. Bei den letzteren handelt es sich um die Emissionsfaktoren, die 2017 vom Umweltbundesamt neu berechnet wurden. Sie umfassen alle seit 1990 in Deutschland eingesetzten fossilen Energieträger.

Die Potenziale der Erneuerbaren Energien in der Region Rostock wurden für heutige Technologien betrachtet. Besondere Berücksichtigung finden somit die Wind-, Solar- und Bioenergie sowie die Erdwärme. Die Bioenergie wurde in Energiepflanzen, in forstliche Biomasse sowie in biogene Reststoffe unterteilt (Anhang 1). Bei der Potenzialanalyse wurden verschiedene Potenzialstufen betrachtet.

Für die Berechnung der Erneuerbare-Energien-Potenziale wurden mehrfach erprobte und weiterentwickelte Modelle angewandt. Sie bilden die jeweilige Prozesskette einer erneuerbaren Energiequelle in ihren wesentlichen Schritten ab. Diese bestehen zum Beispiel bei der pflanzlichen Biomasse in der Ertragsbildung, in der Ernte, in der Umwandlung zu energetisch nutzbaren Bioenergieträgern sowie abschließend in der Energieumwandlung in Strom und Wärme (Anhang 1).

Für die hier durchgeführten Analysen war eine Vielzahl von Daten erforderlich. Zu deren Gewinnung wurden Studien, Dokumentationen und Berichte zur Region und zu ihrer künftigen Entwicklung ausgewertet. Darüber hinaus wurden Daten besonders des Statistischen Amtes Mecklenburg-Vorpommern zusammengetragen, darunter solche zur demographischen und wirtschaftlichen Entwicklung, zum (Wohn-)Gebäude-, Wohnungs- und Wohnflächenbestand, zum Verkehr, zur konventionellen und zur erneuerbaren Energieerzeugung sowie zum Energieverbrauch. Hinzu kamen Daten zu Flächenstrukturen und zur Flächennutzung sowie zu Tierbeständen, die für die Potenzialanalyse der Erneuerbaren Energien in der Region erforderlich waren. Diese amtlich-statistischen Daten ergänzend wurde eine Vielzahl weiterer Datenquellen auf der Bundes- und auf der Landesebene ausgewertet.

[25] Die Ableitung von Handlungsfeldern und die Entwicklung von konkreten Maßnahmen für eine zielorientierte Gestaltung der zukünftigen Energieversorgung in der Region Rostock sind nicht Gegenstand des vorliegenden Konzepts. Diese müssen vielmehr weiterführenden Untersuchungen vorbehalten bleiben.

3. Kurzbeschreibung der Region Rostock

In diesem Abschnitt wird die Region Rostock näher beschrieben. Diese Beschreibung gibt zunächst weitere wesentliche geographische Merkmale an (Abschnitt 3.1) und führt damit die Vorbemerkungen (Abschnitt 0) fort. Im Weiteren wird die Region aus der Perspektive der Energieverbrauchssektoren beschrieben: Privathaushalte (Abschnitt 3.2), Industriesektor, Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, kurz GHDS (Abschnitt 3.3) und Verkehrssektor (Abschnitt 3.4). Diese Sektoren werden durch solche Merkmale beschrieben, die den Energieverbrauch wesentlich mitbestimmen. Diese Merkmale werden zum einen in ihrer bisherigen Entwicklung von 2005 bis heute und zum anderen in ihrer zukünftigen Entwicklung bis 2035 bzw. bis 2050 beschrieben. Abschließend werden die natürlichen und die klimatischen Bedingungen dargestellt, die – wie die geografischen und die sozioökonomischen Merkmale – einen erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch und auf die Nutzung der Erneuerbaren Energien in der Region haben (Abschnitt 3.5).

3.1 Größe und Siedlungsstruktur der Region

Die Region Rostock, deren Lage bereits beschrieben wurde (Abschnitt 0), hat eine Gesamtfläche von 3.613 km². Davon entfallen 181 km² bzw. 5 Prozent auf die Stadt Rostock und 3.431 km² bzw. 95 Prozent auf den Landkreis Rostock. Am Jahresende 2021 hatte die Region 426 Tsd. Einwohner. Sie sind etwa zu gleichen Anteilen in der Stadt und im Landkreis angesiedelt. Die Einwohnerdichte der Region betrug am Jahresende 2021 118 Einwohner je km², sie ist in der großstädtischen Regiopole 18-mal höher als die im überwiegend ländlich geprägten Landkreis. Mit 60 Prozent lebt mehr als die Hälfte aller Einwohner der Region in den drei größten Städten Rostock, Güstrow und Bad Doberan. In der Größenstruktur der Gemeinden überwiegen die kleinen und sehr kleinen Gemeinden: Mehr als 60 Prozent aller Gemeinden haben weniger als 1.000 Einwohner. Viele der heute bestehenden Gemeinden sind durch Gemeindezusammenschlüsse entstanden, die tatsächlichen Siedlungsgrößen sind also noch kleinteiliger als die Einwohnerzahlen der Gemeinden erkennen lassen. Dies lässt sich näherungsweise an der durchschnittlichen Anzahl von 5,7 Ortsteilen je Gemeinde ablesen. Betrachtet man jeden Ortsteil als eine Siedlung, kommen im Durchschnitt nur knapp 20 Siedlungen auf ein Gebiet von 100 km². In ihren Grundzügen ist diese heutige Siedlungsstruktur vor ca. 700 Jahren entstanden – ebenso wie viele der heute noch vorhandenen Siedlungsformen (Haus- und Dorfformen, Stadtgrundrisse). Neben verschieden großen Anger- und Straßendörfern entstanden dort, wo die Besiedelung durch umfangreiche Waldrodungen vorbereitet wurde, Reihendörfer /42/. Deutliche Veränderungen der Siedlungsstruktur sind erst im 20. Jahrhundert und darin zuletzt durch den Bauboom ab Mitte der 1990er Jahre eingetreten. Er setzt sich – in abgeschwächter Form – auch gegenwärtig weiter fort. Dabei entstanden zunächst besonders Einfamilienhaussiedlungen ohne Regionalspezifik an den Ortsrändern, wohingegen in Ortskernen vorhandene Mehrfamilienhäuser vielerorts zurückgebaut wurden bzw. heute leer stehen. Seit einigen Jahren trägt die Lenkung der Siedlungsentwicklung mit ihrer regionalplanerischen Prämisse des Vorrangs der Innen- vor der Außenentwicklung zu einer insgesamt positiven innerörtlichen Entwicklung sowohl in den Städten als auch in den ländlichen Gemeinden bei.

Die heute existierenden Siedlungsstrukturen begünstigen bzw. erfordern dezentralere Formen der Energiegewinnung und -versorgung. Dagegen sind zentrale Formen wie Wärmenetze nur in den Städten und größeren Gemeinden wirtschaftlich zu betreiben. Viele Dörfer erreichen die erforderliche Anschlussdichte weder in den alten Dorfkernen noch in den neuen Einfamilienhaussiedlungen[26].

Die Region Rostock ist vergleichsweise waldarm. Von der Gesamtfläche der Region nehmen Wälder nur eine Fläche von 631 km² ein (16 Prozent). Dies ist sowohl für das Biomassepotenzial (Wald- und

[26] Allerdings kann durch neuere Technologien die Wirtschaftlichkeitsgrenze von Wärmenetzen hin zu geringeren Anschlussdichten verschoben werden.

Waldrestholz) als auch für die Potenziale anderer Erneuerbarer Energien der Region bedeutsam, beispielsweise für das Potenzial der Windenergie an Land. Weitere 138 km² werden durch Gewässer gebildet (5 Prozent). Von Siedlungen und Verkehr werden zusammen 379 km² beansprucht (11 Prozent), darunter sind 70 km² Wohnbaufläche. Demgegenüber werden nur 53 km² Fläche durch Industrie und Gewerbe genutzt (2 Prozent). Bestimmt wird die Flächennutzung in der Region jedoch wesentlich durch die Landwirtschaft, die 2.374 km² nutzt (66 Prozent).

3.2 Entwicklung von Bevölkerung, Privathaushalten und Wohnen

Nach 1990 hatte die Region Rostock zunächst einen erheblichen Rückgang der Einwohnerzahl zu verzeichnen: Lebten 1990 noch 464 Tsd. Einwohner dort, waren es 2000 nur noch 431 Tsd. und 2012 nur noch 414 Tsd. Einwohner. Inzwischen steigt die Einwohnerzahl wieder leicht an, so dass die Bevölkerung zum Jahresende 2021 bereits wieder 430 Tsd. Einwohner umfasste. Zugleich begann in den ersten Jahren nach 1990 in der Region ein Suburbanisierungsprozess, der mit einer Abwanderung von Einwohnern aus der Stadt Rostock in das Umland verbunden war und der wesentlich zur heutigen Einwohnerverteilung in der Region beitrug. Im Ergebnis dieser Entwicklungen weist die Einwohnerzahl der Stadt Rostock seit vielen Jahren einen leicht steigenden Trend auf. Die Einwohnerzahl des Landkreises Rostock fiel dagegen in den vergangenen Jahren und stabilisiert sich erst etwa seit 2010. Diese Entwicklungen bestimmten in den letzten Jahren, also etwa seit 2010 auch die Entwicklung der Einwohnerzahl in der Region insgesamt, die zu einem Zuwachs von 11.000 Einwohnern geführt hat.

Parallel dazu waren deutliche Veränderungen in den Haushaltszahlen und -größen zu beobachten: Die Bevölkerung der Region des Jahres 2000 lebte in ca. 207 Tsd. Haushalten, zu einem Haushalt gehörten also durchschnittlich 2,08 Personen. Diese Haushaltsgröße ist in den Folgejahren bis 2021 auf 1,90 Personen je Haushalt und damit erheblich geschrumpft. Zugleich stieg die Zahl der Haushalte bis 2021 auf 223,5 Tsd. Haushalte. Die damit einhergehende Veränderung der Haushaltsgrößenstruktur in der Region zeigt sich besonders bei den Einpersonenhaushalten: 2000 waren knapp 39 Prozent aller Haushalte Einpersonenhaushalte. Dieser Anteil ist bis 2021 auf über 45 Prozent gestiegen. Entsprechend ist der Anteil der Mehrpersonenhaushalte von 61 Prozent auf 55 Prozent gesunken (weitere Strukturveränderungen gab es auch innerhalb der Mehrpersonenhaushalte). In der Stadt Rostock waren im Jahr 2000 53 Prozent aller Haushalte Einpersonenhaushalte. Dieser Anteil ist bis zum Jahr 2021 auf über 55 Prozent gestiegen. Im Landkreis Rostock stieg der Anteil der Einpersonenhaushalte im gleichen Zeitraum von 30 Prozent auf 35 Prozent.

Die Entwicklungen der Haushaltszahlen und -größen verliefen in der Stadt Rostock und im Landkreis Rostock also durchaus unterschiedlich: Während die Haushaltszahl in der Stadt bei steigender Einwohnerzahl und abnehmender Haushaltsgröße angestiegen ist, nahm sie im Landkreis bei sinkender Einwohnerzahl und annähernd gleichbleibender Haushaltsgröße ab. Im Ergebnis beider Entwicklungen nahm die Haushaltszahl in der Region insgesamt in den letzten Jahren nur noch leicht zu.

Die Entwicklungen der Privathaushalte wirkten sich auf den Wohnungsbedarf und in der Folge auch den Energieverbrauch aus: Der Wohnungsbestand in der Region Rostock ist im gleichen Zeitraum, also von 2000 bis 2021, von 207 Tsd. auf 241 Tsd. Wohnungen gestiegen. Zudem wurden die Wohnungen im Durchschnitt auch größer: Die Wohnfläche je Wohneinheit (WE) wuchs von 69,4 m² je Wohneinheit auf 76,4 m² je Wohneinheit. Waren 2000 in der Region noch 14,4 Mio. m² Wohnfläche vorhanden, belief sich diese Fläche 2021 bereits auf 18,53 Mio. m².

Mit dem Wohnungsbedarf steigt nicht nur der Stromverbrauch, sondern besonders auch der Wärmeverbrauch für Heizzwecke. Der Heizenergiebedarf hängt nicht nur von der zu beheizenden Wohnfläche und von den energetischen Gebäudestandards ab, sondern besonders auch von der Gebäudeart. Befanden sich 2000 in der Region noch 42,7 Tsd. Wohnungen bzw. 20,6 Prozent aller vorhandenen Wohnungen in Einfamilienhäusern, waren es 2021 bereits 61,7 Tsd. Wohnungen bzw. 25,6 Prozent. Weitere ca. 15,6 Tsd. Wohnungen gibt es in Zweifamilienhäusern (das waren sowohl 2000 als auch

2021 6,5 Prozent aller in der Region vorhandenen Wohnungen). Die Mehrzahl der Wohnungen befindet sich allerdings – bedingt besonders durch den (groß-)städtischen Siedlungsanteil – in Mehrfamilienhäusern. Hier ist der Bestand in der Region von 150 auf 164 Tsd. Wohnungen gestiegen (das waren 2000 73 Prozent und 2021 68 Prozent aller vorhandenen Wohnungen).

Eine wichtige Einflussgröße auf den Energieverbrauch in der Region ist die **Bevölkerungsentwicklung**. Sie lässt sich für den Zeitraum von 2000 bis 2035/2037 anhand amtlicher Daten und vorliegender Bevölkerungsprognosen beschreiben, Abbildung 6. Danach nimmt die Einwohnerzahl in der Region Rostock bis 2035 um knapp 7 Tsd. auf 423 Tsd. Einwohner ab /*55* /, /56/. Einer annähernd konstanten Einwohnerzahl in der Stadt Rostock steht ein leichter Rückgang der Einwohnerzahl im Landkreis Rostock gegenüber. Die Bevölkerung in der Region wird sich also voraussichtlich weiter umverteilen, indem sie sich in den Städten und in bestimmten Gemeinden konzentriert, während die Einwohnerzahlen in vielen ländlichen Gemeinden weiter sinken werden.

Im Weiteren werden die Bevölkerungsprognosen für die Stadt Rostock /*55* / und für den Landkreis Rostock /56/ zugrunde gelegt, die bis 2035 bzw. bis 2037 reichen. Sie wurden hier trendbasiert bis 2050 fortgeschrieben.

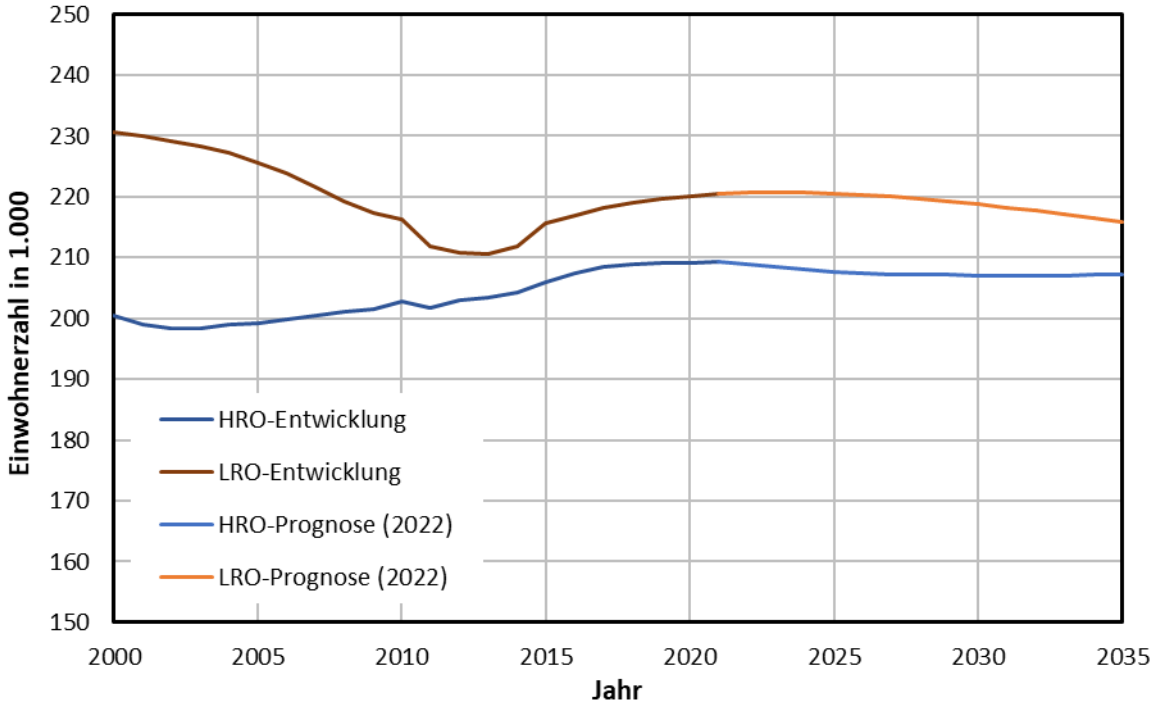


Abbildung 6: Bevölkerungsentwicklung von 2000 bis 2035[27]

Die **zukünftigen Haushaltszahlen** werden voraussichtlich weitgehend proportional der Bevölkerungsentwicklung folgen, Abbildung 7, weil sich die durchschnittliche Haushaltsgröße in der Region Rostock voraussichtlich kaum noch verändern wird: Bereits in den vergangenen Jahren war sie in der Stadt Rostock kaum noch gestiegen und im Landkreis Rostock kaum noch gesunken. Da keine Haushaltsprognosen vorliegen, wird in einer hier durchgeführten Fortschreibung näherungsweise davon

[27] Datenbasis: Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern, Kommunale Statistikstelle Rostock, Wimes – Stadt- und Regionalentwicklung Rostock /54/, /55/, /56/. Da die Prognosen unterschiedliche Zeithorizonte aufweisen, wurden die jeweils fehlenden Zeitabschnitte extrapoliert. Unstetigkeiten in den Kurven sind darauf zurückzuführen, dass es sich sowohl um Zensusdaten als auch um Fortschreibungen handelt.

ausgegangen, dass die durchschnittliche Haushaltsgröße in der Region Rostock, die 2021 1,909 Personen je Haushalt betrug (HRO: 1,717, LRO: 2,137), im Jahr 2035 1,908 Personen je Haushalt betragen wird. Entlang der Bevölkerungsprognosen für die Stadt /*55* / und für den Landkreis /56/ gerechnet sind dann 2035 in der Region 221,7 Tsd. Haushalte zu erwarten.

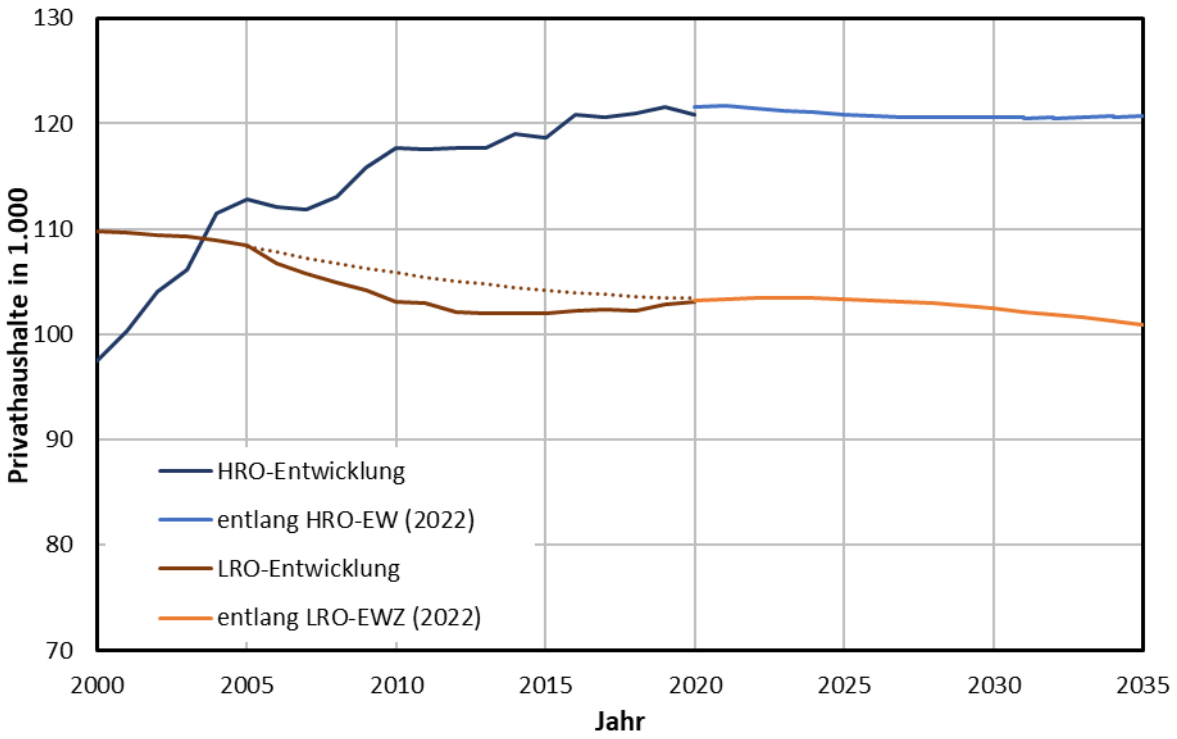
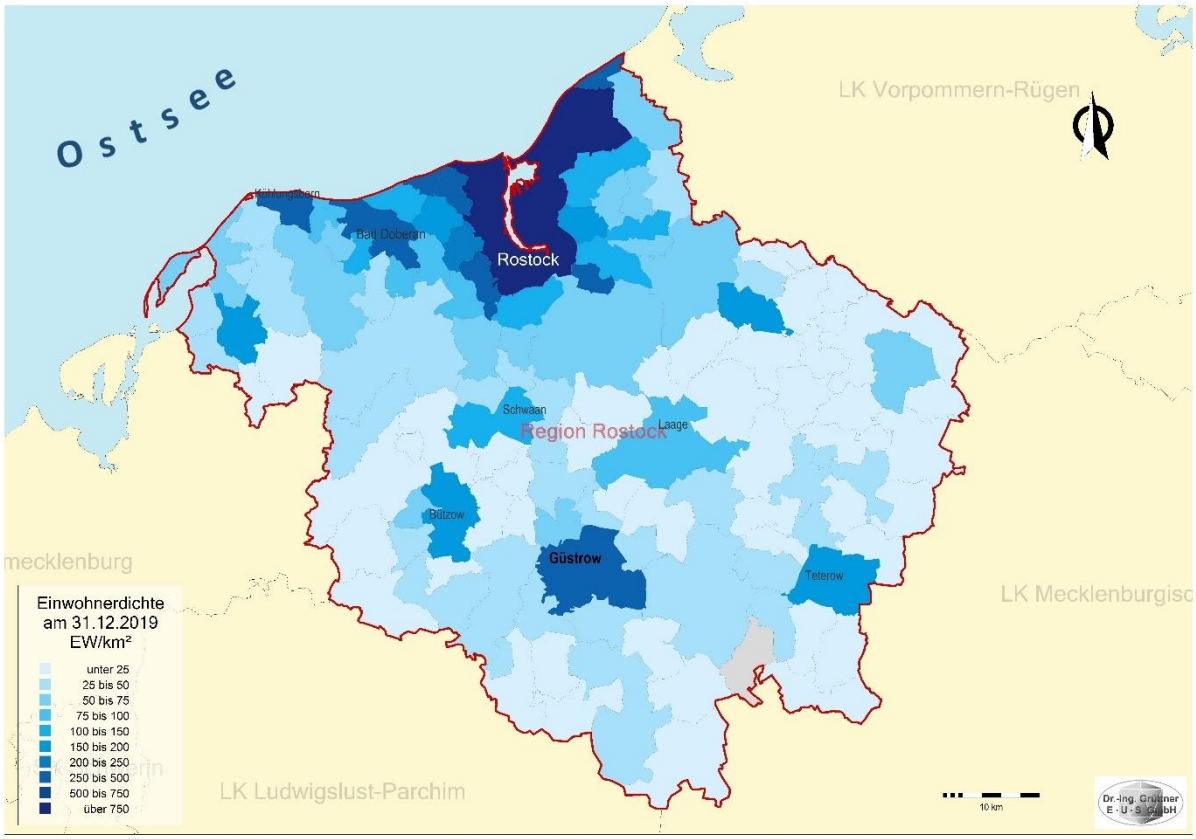


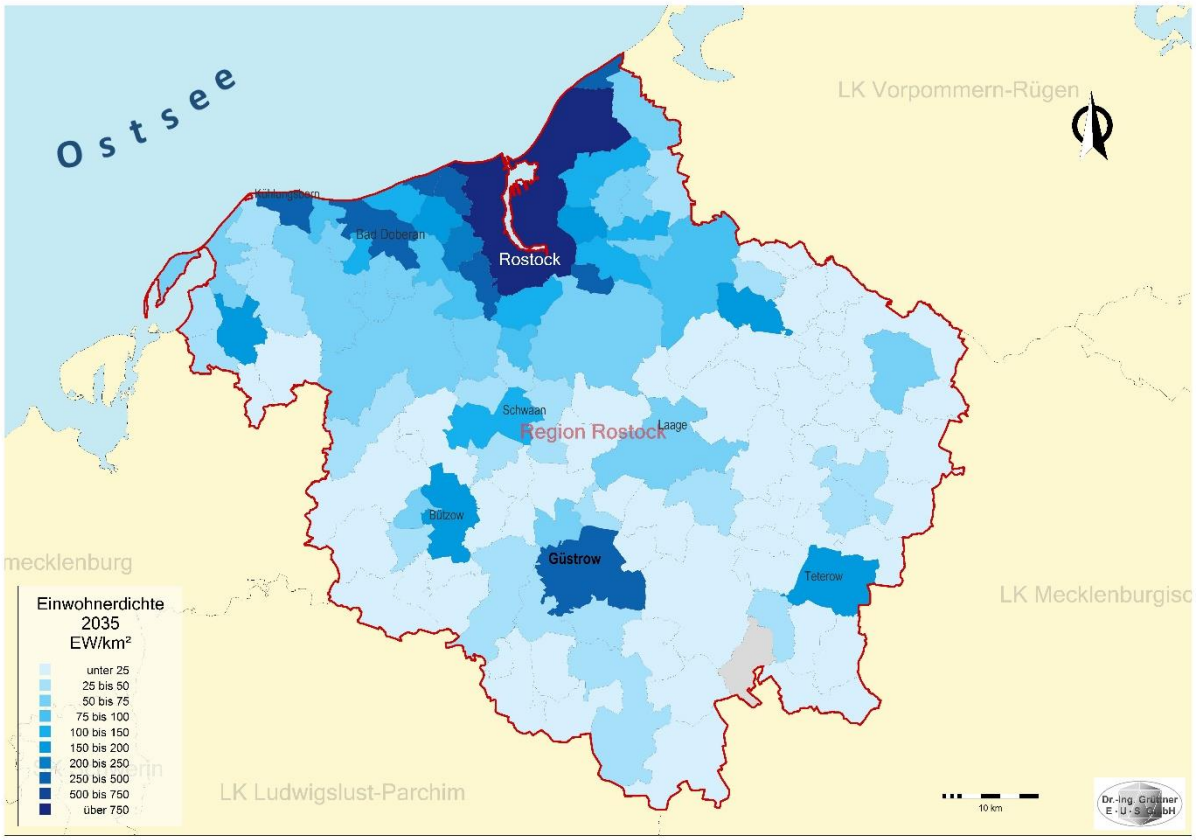
Abbildung 7: Haushaltsentwicklung von 2000 bis 2035[28]

Aus der Entwicklung der Einwohnerzahlen resultieren, gleichbleibende Gebietsflächen vorausgesetzt, bis 2035 folgende **Einwohnerdichten**: Ausgehend von 1.149 Einwohnern je km² in der Stadt Rostock bzw. von 63,5 Einwohnern je km² im Landkreis Rostock (jeweils am 31. Dezember 2021) sinkt sie auf 1.143 Einwohner je km² bzw. auf 62,9 Einwohner je km² zurück. In der Region Rostock insgesamt bleibt die Einwohnerdichte von 117,10 EW/km² im Jahr 2035 gegenüber der Einwohnerdichte von 117,98 EW/km² im Jahr 2021 nahezu unverändert. In Karte 2 und in Karte 3 sind die Einwohnerdichten für die Jahre 2019 bzw. 2035 auf der Gemeindeebene vergleichend dargestellt. Danach lassen sich in der Region Rostock zwei Gebiete benennen, in denen die Einwohnerdichte

[28] Die im Landkreis Rostock 2016 kurzzeitig erhöhte Anzahl der Privathaushalte hängt mit der verstärkten Unterbringung von Migranten in eigenen Wohnungen zusammen. In den Folgejahren zogen viele von ihnen nach Rostock oder verließen die Region. Um die mit dem Jahr 2018 einsetzende Vorausberechnung leichter nachvollziehen zu können, wurde im Fall des Landkreises Rostock eine punktierte Linie eingezeichnet. Sie verbindet diejenigen Stellen der Kurve „LRO-Entwicklung“ miteinander, die zu der Ermittlung der im Text genannten Kennziffern herangezogen wurden (Ulm gegen die anderen, von dem langfristigen Trend abweichenden Stellen verworfen wurden). Allerdings sollten diese statistischen Probleme erkennbar bleiben, weshalb sie in der Abbildung beibehalten wurden.



Karte 2: Einwohnerdichte in der Region Rostock 2019



Karte 3: Einwohnerdichte in der Region Rostock 2035

voraussichtlich steigen wird. Dies sind *zum einen* die näheren Umlandgemeinden der Städte Rostock und Bad Doberan (in ihrem westlichen Umland) und *zum anderen* die Stadt Bützow sowie die ihr westlich und südlich angrenzenden bzw. umliegenden Gemeinden. Gebiete mit abnehmender Einwohnerdichte finden sich dagegen am westlichen Rand der Region und besonders östlich der Städte Laage und Güstrow. Diese Gebiete mit (weiter) sinkender Einwohnerdichte entsprechen somit zum Teil den Ländlichen Gestaltungsräumen im Landesraumentwicklungsprogramm (LEP) Mecklenburg-Vorpommern 2016 /47/ (Nahbereiche Krakow am See und Gnoien in den Mittelbereichen Güstrow und Teterow). Betrachtet man die Stadt Rostock als den Siedlungsschwerpunkt der Region, lässt sich – jenseits der Umlandgemeinden um diesen Siedlungsschwerpunkt - vereinfachend ein Rückgang in der Einwohnerdichte feststellen, der mit der Entfernung von dem Siedlungsschwerpunkt zunimmt.

3.3 Wirtschaftliche Entwicklung

Die Wirtschaftsleistung der Region Rostock belief sich im Jahr 2000 auf 8,4 Mrd. EUR. Von diesem Bruttoinlandsprodukt (BIP) entfielen 4,9 Mrd. EUR auf die Stadt Rostock und 3,5 Mrd. EUR auf den Landkreis Rostock. Bis 2021 ist die Wirtschaftsleistung der Region auf 7,8 bzw. 5,8 Mrd. EUR gestiegen (zusammen 13,7 Mrd. EUR).

Die Wirtschaft der Region umfasst verschiedene Bereiche. Die Stadt Rostock hat seit jeher ausgeprägte maritime Stadtfunktionen. Dementsprechend ist die Wirtschaft durch Schiffbau, Hafenwirtschaft und Kreuzschifffahrt sowie durch die Zulieferindustrie geprägt. Hinzu kommen BioTech- und Life Science-, Logistik- sowie Luft- und Raumfahrtunternehmen. Die Wirtschaftsstruktur im Landkreis Rostock bestimmen neben Logistik- und Handelsunternehmen kleine und mittelständische Unternehmen der Nahrungsmittelproduktion und der Getränkeindustrie sowie Zulieferbetriebe für den Schiff- und Fahrzeugbau. Zudem ist die Region insgesamt ein Standort der Windenergiebranche. Hinzu kommen die Dienstleistungs-, die Gesundheits- und die Tourismuswirtschaft, die beispielsweise in Warnemünde, in Kühlungsborn und in Graal-Müritz bedeutsame Standorte hat. In der Wirtschaftsstruktur des Landkreises Rostock ist außerdem die Landwirtschaft von großer Bedeutung.

Von den nach Beschäftigtenzahlen 100 größten Unternehmen in Mecklenburg-Vorpommern sind 27 Unternehmen in der Region Rostock angesiedelt, darunter auch produzierende Unternehmen wie die Werften, *Nordex* und *Enercon*, *Liebherr-MCCtec GmbH* in Rostock und *TRW Airbag Systems GmbH* in Laage sowie *YARA GmbH & Co. KG* in Poppendorf. Gleichwohl gibt es in der Region Rostock kaum Unternehmen, welche mit ihrem Energieverbrauch die Energiebilanz der Region deutlich prägen (dies ist etwa in der Region Westmecklenburg mit dem Holzcluster Wismar anders). Besonders hervorzuheben ist jedoch das Unternehmen *YARA GmbH & Co. KG,* welches einen hohen Prozessenergieverbrauch hat, wobei große Mengen Abwärme auf einem nutzbaren Temperaturniveau entstehen. Um diese zu nutzen, liefert *YARA* seit 2016 Wasserdampf an das Unternehmen *Clearum GmbH* für Produktionszwecke. Weitere Abwärmepotenziale von *YARA* sind noch nutzbar und werden z. B. für die Ansiedlung von energieintensiven Unternehmen auf den vorhandenen Industrieflächen im Industriegebiet Rostock-Poppendorf angeboten /57/. Einige Unternehmen in der Region gelten aufgrund ihrer Produktionsprozesse als stromverbrauchsintensiv: Neben der *YARA GmbH & Co. KG* sind dies die *ALBA Metall Nord GmbH*, die *Malt-europ Deutschland GmbH*, die *Power Oil Rostock GmbH*, die *Heidelberger Sand und Kies GmbH* in Langhagen, die *Biopetrol Rostock GmbH*, die *Rostocker Straßenbahn AG* sowie die *SGS Geniesser Service* in Laage und die *Teterower Kunststoffe GmbH*.

Ein weiteres überregional bedeutsames Unternehmen ist die *ROSTOCK PORT GmbH*. Sie ist der Infrastrukturbetreiber des Seehafens Rostock und zugleich die für die langfristige Hafenentwicklung zuständige Institution der Stadt Rostock. In seiner derzeitigen Umschlagfunktion wird der Hafen noch zu einem erheblichen Anteil durch fossile Energien wie der Steinkohle für das Steinkohlekraftwerk Rostock geprägt. Aufgrund des beschlossenen Ausstiegs aus der Kohlestromerzeugung und der Orientierung auf Erneuerbare Energien befindet sich der Hafen in einem voraussichtlich mehrere Jahrzehnte dauernden Transformationsprozess, der von der *ROSTOCK PORT GmbH* gestaltet wird. Bereits

heute ist der Hafen ein wichtiger Standort für die Anlagenproduktion im Erneuerbare-Energien-Bereich: Die *EEW Special Pipe Constructions GmbH* (EEW) produziert Offshore-Gründungselemente, die *Liebherr-MCCtec Rostock GmbH* baut Schiffskrane für den Offshore-Einsatz und die *Nordex Energy GmbH* stellt Onshore-Windenergieanlagen her. Die Weiterentwicklung des Hafens wird besonders durch die Zukunft als Kraftwerksstandort geprägt, die mit dem Aufbau zentraler Kapazitäten für die Erzeugung und Weiterverarbeitung von Wasserstoff verbunden werden soll. Ebenfalls von strategischer Bedeutung ist die Entwicklung des Hafens zu einem Energieimporteur von überregionaler bzw. bundesweiter Bedeutung. Die *ROSTOCK PORT GmbH* schätzt den Import synthetischer Kraftstoffe als ein wichtiges Zukunftsfeld des Hafens ein. Das können aus Ölpflanzen, Getreide, Zuckerrüben, Restholz, Energiepflanzen oder tierischen Abfällen hergestellte Biokraftstoffe sein, aber auch Pflanzenöl, Biodiesel, Bioethanol oder aus organischen (Rest-)Stoffen erzeugtes Biomethan. Auch synthetische Biokraftstoffe kommen in Betracht. Schließlich können synthetische Kraftstoffe hergestellt und umgeschlagen werden, also strombasierte, „grüne“ Kraftstoffe (E-Fuels) wie E-LNG, E-LPG, E-Methanol, E-Ammoniak oder E-Wasserstoff sowie „blaue“ Kraftstoffe wie Wasserstoff und Ammoniak /58/.

Die Industrie ist der einzige Verbrauchersektor in der Region Rostock, zu dem eine amtliche Statistik zum Energieverbrauch /52/ geführt wird. Diesen Daten zufolge ist der Energieverbrauch in den vergangenen Jahren besonders durch einen wachsenden Stromverbrauch angestiegen, Abbildung 8. Der Erdgasverbrauch ist dagegen seit vielen Jahren gleichbleibend. Ansonsten gibt es nur leichte Verschiebungen zwischen den einzelnen Energieträgern, wobei ein leicht rückläufiger Heizölverbrauch und eine etwas deutlicher zunehmende Nutzung von Erneuerbaren Energien zu verzeichnen sind.

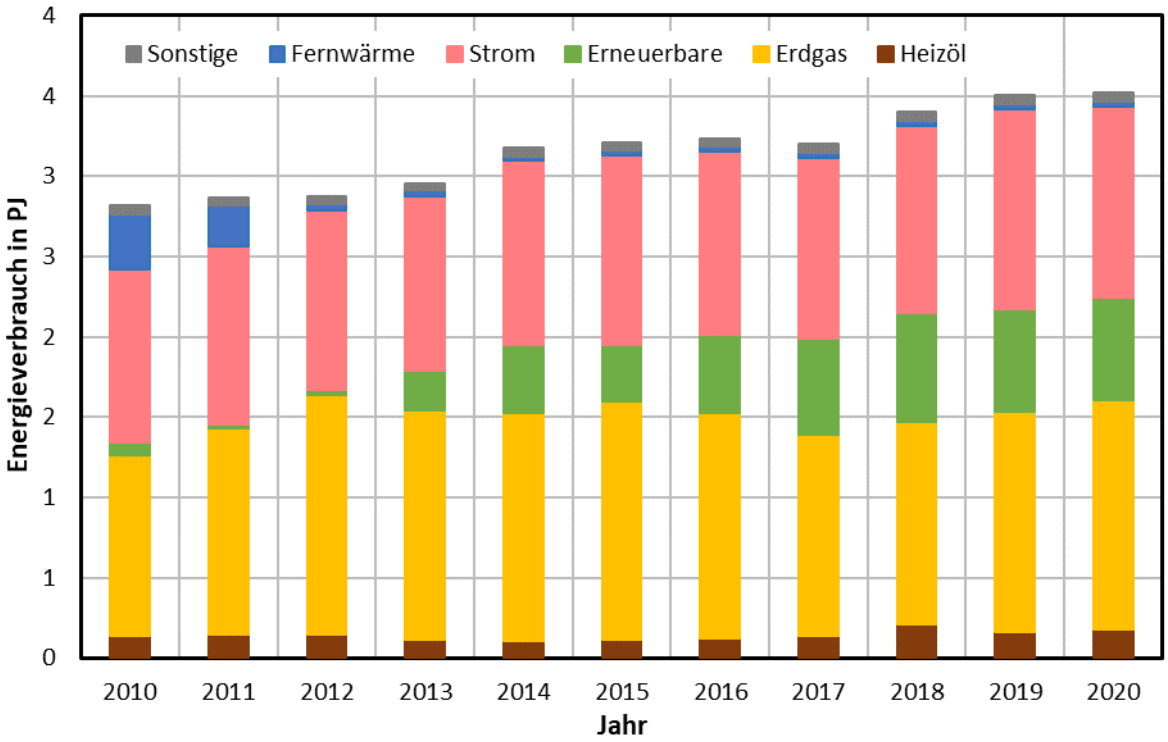


Abbildung 8: Energieverbrauch der Industrie 2010 bis 2020[29]

[29] Datenbasis: /52/. Erfasst sind Unternehmen mit mindestens 20 Erwerbstätigen. Für 2021 liegen noch keine Daten vor. Bei den „Erneuerbaren“ handelt es sich um feste und flüssige biogene Brennstoffe, um Biogas sowie um sonstige erneuerbare Energieträger (ohne biogene Abfälle). Über den Gesamtverbrauch an „Erneuerbaren“ hinaus sind zu ihrer Verbrauchsstruktur allerdings keine Daten zugänglich.

Die **zukünftige wirtschaftliche Entwicklung** wird wesentlich von der Entwicklung der Erwerbstätigenzahl in der Region Rostock mitbestimmt. Sie steigt von 213,0 Tsd. im Jahr 2020 bis 2035 voraussichtlich um knapp 5 Prozent auf ca. 223,1 Tsd. Erwerbstätige. Da voraussichtlich auch die Wirtschaftsleistung je Erwerbstätigen weiter steigt, ist ein fortgesetzter Anstieg der Wirtschaftsleistung zu erwarten. Unter der Voraussetzung, dass keine die wirtschaftliche Entwicklung beeinträchtigenden Ereignisse wie die Finanz- und Wirtschaftskrise 2008 auftreten[30], wird die Wirtschaftsleistung bis 2035 auf ca. 140 Prozent ihres heutigen Wertes ansteigen. Voraussichtlich wird die Wirtschaftsleistung der Stadt Rostock wie bisher etwas schneller steigen als die des Landkreises Rostock. Als Wachstumsbereiche werden in der Region die Energieversorgung und die Umwelttechnik, das Baugewerbe, die maritime Wirtschaft, die Tourismuswirtschaft sowie der online-Handel eingeschätzt /51/.

3.4 Entwicklung des Verkehrs

Die Region Rostock ist insgesamt verkehrstechnisch gut erschlossen und bildet einen überregionalen Verkehrsknotenpunkt. Das Schienennetz ist ebenso gut ausgebaut wie das Straßennetz (die Region ist Schnittpunkt von zwei Bundesautobahnen). Hinzu kommt Rostock Port als Umschlagplatz für steigende Gütermengen, wobei neben dem Kombinierten Ladungsverkehr (sogenannte rollende Ladung) auch Schüttgüter wie Kohle, Baustoffe, Düngemittel und Getreide bedeutsam sind. Außerdem ist die Stadt Rostock ein wichtiger Standort für die Kreuzschifffahrt sowie Ausgangspunkt für den Fähr- und RoRo-Verkehr beispielsweise nach Skandinavien, ins Baltikum und nach Russland. Der Regionalflughafen Rostock-Laage ist seit 2016 in amtlichen Statistiken als Hauptverkehrsflughafen klassifiziert (mehr als 150 Tsd. Passagiere/a) und wird sowohl zivil als auch militärisch genutzt.

Die Stadtteile Rostocks ordnen sich entlang des Seekanals, des Breitlings bzw. der Warnow auf jeweils beiden Seiten an. Die größeren Werften liegen auf der Westseite, der Überseehafen auf der Ostseite. Aus dieser bänderförmigen Lage resultiert ein relativ hohes innerstädtisches Verkehrsaufkommen, wobei das südliche Stadtzentrum die beiden „Stadthälften“ verbindet. Zur Entlastung trägt – bislang jedenfalls – weniger der 2003 eröffneten Warnow-Tunnel als vielmehr die südlich der Stadt verlaufende Bundesautobahn A 20 bei, die 2009 für den Verkehr freigegeben wurde.

Der Verkehr der Region Rostock hat mit nahezu 40 Prozent einen erheblichen Anteil am Endenergieverbrauch der Region. Dieser Energieverbrauch wird besonders durch den Straßenverkehr bestimmt, Abbildung 9, welcher gegenwärtig ca. 95 Prozent des gesamten Energieverbrauchs des Verkehrssektors (einschließlich Hochseebunkerungen) verursacht und der insoweit aus energetischer Perspektive für den Verkehrssektor der Region Rostock insgesamt stehen kann.

Die Stadt Rostock und der Landkreis Rostock betreiben einen gemeinsamen Verkehrsverbund Warnow (*Verkehrsverbund Warnow GmbH* – VVW), der sämtliche in der Region aktiven Verkehrsunternehmen verbindet und so verschiedene Verkehrsträger wie Bahn, Bus, Fähre, Straßenbahn und Fahrgastschifffahrt sowie die Mecklenburgische Bäderbahn Molli miteinander kombiniert. Da der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) in der Stadt Rostock großstädtisch und damit dichter ausgebaut ist als im Landkreis Rostock, ist die Ausstattung der Haushalte mit Privatfahrzeugen in der Stadt geringer als im Landkreis. Gab es je 1.000 Einwohner am 1. Januar 2022 in der Stadt Rostock 416 Pkw, waren es im Landkreis Rostock 583 Pkw. In der Region Rostock insgesamt sind es 501 Pkw (im Jahr 2000 waren 409 Pkw je 1.000 Einwohner vorhanden, die Ausstattung steigt somit an).

[30] Allerdings ist mit der Pandemie, welche von dem Virus COVID-19 im Jahr 2019 ausgelöst wurde, bereits eine solche Situation eingetreten. Sie muss und kann im Folgenden unberücksichtigt bleiben, weil zum einen die langfristigen Auswirkungen auf den Energieverbrauch noch kaum bewertbar sind und weil zum anderen dieses Ereignis am Beginn des hier zugrunde gelegten Betrachtungszeitraumes liegt. Soweit davon ausgegangen werden kann, dass die Auswirkungen – anders als in der Finanzkrise 2007/2008 – in einem Zeitraum von wenigen Jahren überwindbar sind, haben sie keinen Einfluss auf die Ergebnisse dieses Konzeptes, die sich wesentlich auf das Jahr 2035 und teilweise auf das Jahr 2050 beziehen.

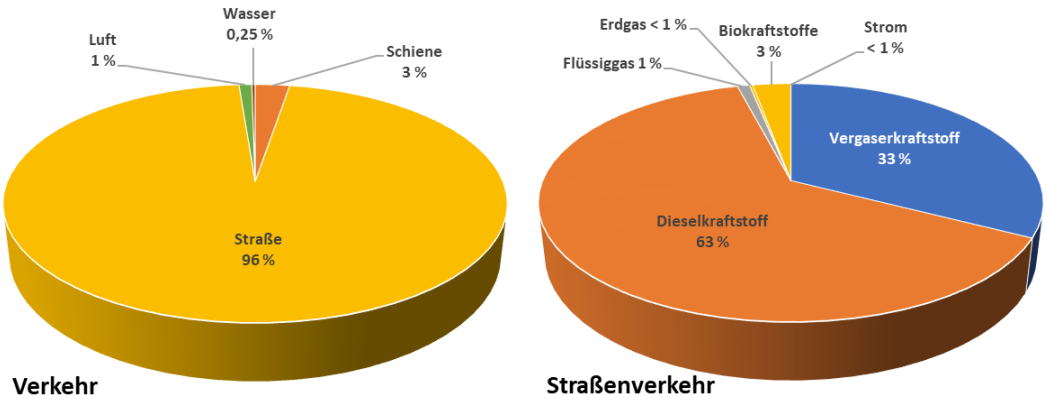


Abbildung 9: Struktur des Energieverbrauchs im (Straßen-)Verkehr 2016[31]

Von den im Durchschnitt des Jahres 2021 in der Region Rostock vorhandenen 215 Tsd. Pkw waren 138 Tsd. Pkw mit Ottomotor und knapp 69 Tsd. Pkw mit Dieselmotor angetrieben. Über einen Flüssiggasantrieb verfügten weitere 1.300 Pkw und 350 Pkw nutzten Erdgas als Kraftstoff. Die Elektromobilität steht mit 1.250 elektrisch bzw. mit 4.750 hybrid angetriebenen Pkw (davon 1.100 Plug-in-Hybride) erst am Beginn ihrer Entwicklung. Dies zeigt sich auch in der bislang noch kaum ausgebauten Ladeinfrastruktur: In der Region Rostock existierten im Oktober 2022 gemäß dem Ladesäulenregister der Bundesnetzagentur 205 öffentliche Ladepunkte an 95 Standorten. Im ganzen Land Mecklenburg-Vorpommern waren dem Register zufolge 836 Ladepunkte an 434 Standorten vorhanden.

Ein erheblicher Teil des regionalen Energieverbrauchs im Straßenverkehr dürfte durch den Tourismus bedingt sein. Davon wiederum entfällt ein größerer Teil auf die An- und Abreise von Touristen, soweit diese mit eigenen Pkw erfolgt. Weiterer Energieverbrauch entsteht durch den Verkehr von Tourismusunternehmen, der beispielsweise mit Reisebussen durchgeführt wird. Zwar sind zu dem tourismusbedingten Energieverbrauch in der Region Rostock keine Erhebungen oder Analysen bekannt, jedoch gab es in den zurückliegenden Jahren verschiedentlich Vorschläge und Projekte, wie dieser Energieverbrauch und die damit verbundenen Emissionen gesenkt werden könnten. Soweit Touristen im Straßenverkehr Kraftstoffe an Tankstellen innerhalb der Region tanken, ist dieser in den Energiebilanzen enthalten (Abschnitte 4 und 5).

Ein weiterer Verbrauchsschwerpunkt innerhalb des Verkehrssektors ist der Personen- und Gütertransport mit Bussen und Lastkraftwagen (Lkw). Im Durchschnitt des Jahres 2021 waren in der Region Rostock ca. 340 Kraftomnibusse und 21,14 Tsd. Lastkraftwagen in Betrieb.

Schließlich trägt die Schifffahrt nicht unerheblich zum Energieverbrauch der Region Rostock bei. Hierbei sind besonders der Kraftstoffverbrauch der Fracht- sowie der Fährschiffe, die Rostock anlaufen, und der Stromverbrauch der Kreuzfahrtschiffe während der Hafenliegezeit bedeutsam. In allen drei Bereichen ist die Tendenz steigend. Die von Rostocker Bunkerunternehmen an Schiffe abgegebenen Kraftstoffmengen unterliegen dabei ebenso wie die Zahl der Schiffsanläufe und die Größe der anlaufenden (Fracht-)Schiffe größeren jährlichen Schwankungen. 2016 wurden von Rostocker Bunkerunternehmen 95 Tsd. t, 2017 141 und 2018 119 Tsd. t Kraftstoffe an Schiffe abgegeben.

Auch die **zukünftige Entwicklung des Verkehrs** wird wesentlich durch den Straßenverkehr geprägt sein. Dieser wird besonders von der Entwicklung des Pkw-MIV, des ÖPNV und des Straßengüterverkehrs bestimmt. Würden sich bisherige Mobilitätstrends fortsetzen, stiege der Pkw-Bestand entsprechend der Einwohner- und Haushaltsentwicklung weiter an: Dann würden 2035 in der Stadt Rostock über 90 Tsd. Pkw und im Landkreis Rostock über 140 Tsd. Pkw, zusammen also mehr als 230 Tsd. Pkw vorhanden sein. Diese werden zwar sowohl privat als auch gewerblich genutzt, jedoch ist in der Region der Anteil gewerblich genutzter Pkw am Gesamtbestand gegenwärtig und voraussichtlich auch

[31] Linkes Diagramm: Ohne Hochseebunkerungen („Wasser“ = Küsten- und Binnenschifffahrt).

künftig sehr gering: Er liegt seit vielen Jahren knapp unter 10 Prozent. In dem Maße, wie Bevölkerung und Wirtschaftsleistung zunehmen, muss bei Fortführung der heutigen Versorgungs-, Verbrauchs- und Produktionsstrukturen zudem auch der Gütertransport in und aus der Region zunehmen (wohingegen der Transport durch die Region von überregionalen Entwicklungen geprägt wird).

Eine mögliche Entwicklung des Pkw-Bestandes in der Region Rostock, welche die nationalen Elektromobilitätsziele erfüllt (Abschnitt 1.1.3) und vor allem auch dem Energiewirtschaftlichen Leitbild der Region entspricht (Abschnitt 1.2), zeigt Abbildung *10*. Damit sich dieses Zielszenario realisiert wird, darf *erstens* die Ausstattung der Privathaushalte mit Pkw bis 2035 nicht mehr wie bisher steigen. Vielmehr müssen jetzt Maßnahmen getroffen werden, damit sich der Zuwachs in der Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw spätestens ab 2025 deutlich verlangsamt. Ab dem Jahr 2030 sollte die Anzahl der zugelassenen Pkw je 1.000 Einwohner überhaupt nicht mehr steigen und anschließend sogar zugunsten energieeffizienterer und insgesamt nachhaltigerer Mobilitätsformen sinken. In diesem Zielszenario würden zwischen 2030 und 2035 höchstens noch 440 Pkw und im Jahr 2050 höchstens noch 370 Pkw je 1.000 Einwohner zugelassen sein. Gemäß den oben für 2035 genannten 423 Tsd. Einwohnern in der Region Rostock würde sich dann der Bestand nicht mehr wie bei der trendbasierten Fortschreibung auf 232 Tsd. Pkw belaufen, sondern nur noch auf 220 Tsd. Pkw, also mehr als 10 Tsd. Pkw weniger. *Zweitens* müssen sich die Zulassungszahlen in den nächsten Jahren so verändern, dass der Bestand an allein mit Verbrennungsmotoren angetriebenen Pkw zurückgeht. Dieser Rückgang muss besonders Fahrzeuge mit Otto- und mit Dieselmotoren betreffen. Erdgasfahrzeuge könnten weiter zugelassen werden, da ihr heutiger Bestand so gering ist, dass er selbst bei einer Vervielfachung kaum größere Anteile am Gesamtbestand erreicht. In der dargestellten Entwicklung werden bis 2030 ca. 65 Tsd. Elektrofahrzeuge bzw. bis 2035 115 Tsd. Elektrofahrzeuge zugelassen. Bis 2050 steigt der Bestand auf 142 Tsd. Elektrofahrzeuge an. Hinzu kommen jeweils noch Hybridfahrzeuge. Letztere sind in diesem Konzept mit einem steigenden Anteil als Plug-in-Hybridfahrzeugen berücksichtigt: Ihr Anteil an den Hybridfahrzeugen insgesamt belief sich 2021 auf 25 Prozent und hatte sich damit innerhalb von fünf Jahren mehr als verdoppelt. Im Falle einer Beibehaltung dieser Geschwindigkeit würde der Plug-in-Anteil 2037 die 100-Prozent-Marke erreichen (Abschnitt 5).

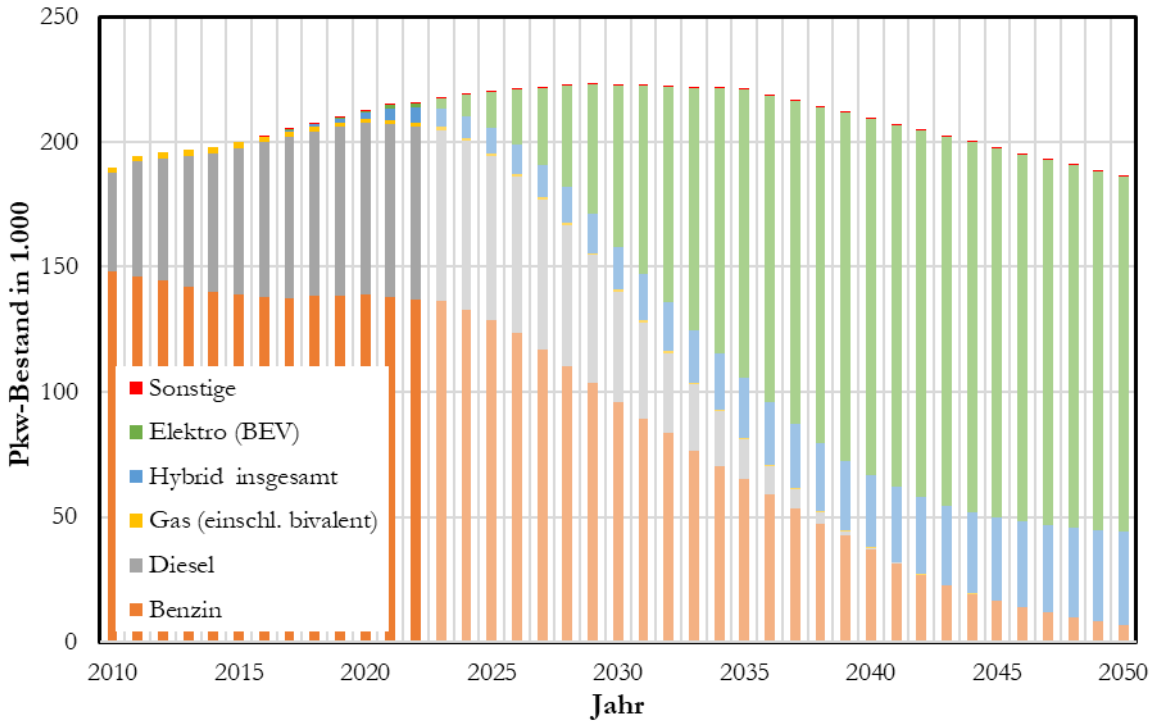


Abbildung 10: Entwicklung des Pkw-Bestands im Sektor Verkehr (Zielszenario)

Die Antriebsstruktur des Pkw-Bestands muss sich gemäß der Abbildung bereits bis 2035 deutlich verändern[32]. Dabei werden die Antriebsstrukturen zunehmend elektrifiziert bzw. auf wasserstoffbasierte erneuerbare Kraftstoffe umgestellt (eFuels). Für neue Antriebslösungen zeigen die Verkehrsunternehmen in der Region bereits heute ein großes Interesse, welches nicht nur aus der europäischen CVD-Richtlinie resultiert /*4*/. Darüber hinaus sind sie beispielsweise auch Energieunternehmen bedeutsam /*8*/, da ein netzdienlicher Betrieb von Anlagen zur Wasserstofferzeugung und-speicherung die Stromverteilnetze entlasten kann. Während es im Pkw-Bereich noch kaum entsprechende Fahrzeuge gibt, gewinnen auch neue Antriebstechnologien mit Wasserstoff als Kraftstoff für (Nutz-)Fahrzeuge sowie für (Stadt-)Busse an Bedeutung. Um den dafür erforderlichen Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur wirtschaftlich zu gestalten und gleichzeitig die Stückzahlen der mit Brennstoffzellen betriebenen Nutzfahrzeuge für eine geeignete Auslastung entsprechender Tankstellen zu erhöhen, ist die Bündelung einer Vielzahl an Flottenbetreibern nötig. Potenzielle Treiber in der Region Rostock sind die Logistikbranche und die Nahrungsmittelindustrie, aber auch der kommunale oder private Lieferverkehr mit Leichttransportern. Nach dem Auf- bzw. Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur in der Region und in Mecklenburg-Vorpommern bildet die Entwicklung eines „BlueLine“-Korridors mit anderen Bundesländern und schließlich mit angrenzenden Ländern ein übergeordnetes Ziel.

Im Kreuzfahrtbereich wurden die landseitigen Passagierkapazitäten beispielsweise in Form eines neuen Kreuzfahrtterminals ausgebaut, um eine weiter steigende Zahl von Schiffsanläufen pro Jahr zu bewältigen. Hierfür befindet sich in der Stadt Rostock derzeit auch eine Landstromanlage im Aufbau, um die Kreuzfahrtschiffe während ihrer Hafenliegezeit mit Strom zu versorgen, damit diese ihre eigene, die Umwelt stärker belastende Bordstromerzeugung abschalten können (Abschnitt 4.4.2).

Die steigende Elektromobilität erfordert neben dem Ausbau der Ladeinfrastruktur gegebenenfalls auch einen Ausbau der Verteilnetze, der von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. So können durch die Implementierung von Lademanagementsystemen netzdienliche Ladestrategien realisiert werden, welche die Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge reduzieren und dadurch netzentlastend wirken. Darüber hinaus können perspektivisch neben der Ladeinfrastruktur auch steuerbare Verbraucher in der Industrie und in den Privathaushalten (Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen) in ein erweitertes Demand Side Management einbezogen und so die Netze zusätzlich entlastet werden.

Anhand der beschriebenen Entwicklungen konnten wesentliche Rahmendaten bzw. Einflussgrößen auf die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs der Region Rostock abgeschätzt werden. In Tabelle 3 wurden diese Rahmendaten für die Jahre 2000, 2020 und 2035 zusammengestellt.

3.5 Natürliche und klimatische Bedingungen

Der Energieverbrauch einer Region wird ebenso wie die Potenziale der Erneuerbaren Energien vom Klima und von der Witterung beeinflusst, beispielsweise von der Außentemperatur, von der Solarstrahlung, von den Windverhältnissen und von der Niederschlagsmenge, welche die erzielbaren Biomasse-Erträge, also die je Hektar und Jahr erzeugbare Biomasse, mitbestimmt.

Die Klimaverhältnisse in der Region Rostock sind durch ihre Lage im Norddeutschen Tiefland sowie durch regionale Faktoren geprägt, beispielsweise durch die geringen Höhenunterschiede im Oberflächenrelief. Ein insgesamt gemäßigtes Klima ist durch überwiegende Westwinde und durch ganzjährig von West nach Ost wandernde Tiefdruckgebiete beeinflusst. Die Ostsee, die im Norden der Region

[32] Allerdings bestehen hinsichtlich dieser Entwicklung erhebliche Unsicherheiten: Sie bestehen unter anderem in der relativ geringen Kaufkraft der Bevölkerung und in der fehlenden Verfügbarkeit preisgünstiger Elektrofahrzeuge. In der Folge werden vorhandene Fahrzeuge länger gefahren, was sich im steigenden Durchschnittsalter des hiesigen Pkw-Bestandes ausdrückt. Außerdem werden eher Gebrauchtfahrzeuge als Neuwagen gekauft, die jedoch im Bereich der Elektrofahrzeuge noch kaum verfügbar sind. Zudem sind die politisch gesetzten Kaufanreize für Elektrofahrzeuge für die vorhandene Kaufkraft zu gering, um die gewünschte Wirkung zeigen. Hinzu kommen altersabhängige Präferenzen für den Pkw-Besitz bzw. Pkw-Kauf.

Tabelle 3: Rahmendaten zur Entwicklung der Region Rostock bis 2035

Bezeichnung	Jahr	Hansestadt Rostock	Landkreis Rostock	Region Rostock
1	2	3	4	5
Bevölkerung am 31.12. in 1.000	2000	200,5	230,7	431,2
	2020	209,1	220,1	429,2
	2035	207,3	215,8	423,1
	2035 in % von 2020	*99,2*	*98,0*	*98,6*
Einwohnerdichte am 31.12. in EW/km²	2000	1.105,5	67,2	119,3
	2020	1.153	64,1	118,8
	2035	1.143	62,9	117,1
	2035 in % von 2020	*99,2*	*98,0*	*98,6*
Privathaushalte am 31.12. in 1.000	2000	116,3	110,0	227,1
	2020	121,6	103,2	224,8
	2035	120,8	100,9	221,7
	2035 in % von 2020	*99,3*	*97,8*	*98,6*
Einfamilienhäuser in 1.000	2000	6,0	36,6	42,7
	2020	11,1	50,0	61,0
	2035	12,0	53,2	65,2
	2035 in % von 2020	*109,0*	*106,4*	*106,9*
Zweifamilienhäuser in 1.000	2000	1,0	5,8	6,8
	2020	1,3	6,5	7,7
	2035	1,3	6,6	7,9
	2035 in % von 2020	*101,9*	*101,7*	*101,8*
Mehrfamilienhäuser in 1.000	2000	9,0	6,7	15,7
	2020	9,8	7,3	17,1
	2035	10,3	7,4	17,7
	2035 in % von 2020	*105,3*	*101,8*	*103,8*
Wohnfläche in Mio. m²	2000	6,6	7,8	14,4
	2020	8,2	10,2	18,4
	2035	8,8	10,9	19,7
	2035 in % von 2020	*107,7*	*107,5*	*107,6*
Wohnungen in 1.000	2000	110,9	96,0	206,9
	2020	125,2	114,3	239,4
	2035	132,2	118,1	250,3
	2035 in % von 2020	*105,6*	*103,3*	*104,5*
Erwerbstätige am 31.12. in 1.000	2000	105,6	89,5	195,2
	2020	120,7	92,3	213,0
	2035	126,6	96,5	223,1
	2035 in % von 2020	*104,9*	*104,5*	*104,7*
Bruttoinlands-produkt in Mill. EUR	2000	4.767	3.570	8.337
	2020	8.026	5.657	13.683
	2035	10.792	7.593	18.385
	2035 in % von 2020	*134,5*	*134,2*	*134,4*
Pkw-Bestand [1] **(privat + gewerblich)** in 1.000	2000	64,6	107,8	172,4
	2020	87,1	128,4	215,5
	2035	91,2	141,0	232,2
	2035 in % von 2020	*104,8*	*109,8*	*107,8*

[1] Die Zahlenangaben zum Pkw-Bestand 2035 basieren auf einer trendbasierten Fortschreibung.

eine natürliche Grenze bildet, schwankt gezeiten- und windbedingt in ihrem Wasserstand nur wenig, wodurch eine Nutzung von Meeresenergie weitgehend auf die Wellenbewegungen und auf den Wärmeinhalt im Wasser begrenzt ist. Allerdings beeinflusst die Ostsee die Witterung in der Region erheblich: Die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen werden – abgesehen vom thermischen Einfluss der Nordsee im Winter – durch die Ostsee gedämpft, so dass ihre Amplituden an der Küste kleiner sind als im Binnenland. Das Wetter in Europa wiederum steht in einem Zusammenhang mit der Nordatlantischen Oszillation (NAO), also mit einer Schwankung der Luftdruckverhältnisse über dem Nordatlantik. Sie wird durch das subpolare Islandtief und durch das subtropische Azorenhoch als Aktionszentren geprägt. Die Oszillation beeinflusst das regionale Klima- und Wettermuster in der nördlichen Hemisphäre und ist verantwortlich für mehr als 80 Prozent der jährlichen Luftdruckschwankungen in Europa. Diese Oszillation steht in Wechselwirkung mit der so genannten Atlantischen Multidekadischen Oszillation (AMO), die eine Periodizität von 50 bis 90 Jahren aufweist. Wie erst kürzlich gezeigt werden konnte, bewirkte in der Vergangenheit die AMO-bedingte Verschiebung von Azorenhoch und Islandtief[33] auch in der Ostseeregion Veränderungen von Klimavariablen wie Meereis oder Wassertemperatur. Gegenwärtig beginnt eine kalte AMO-Phase, wodurch das Islandtief näher an Europa heranrückt und die NAO mehr Einfluss auf das Klima in Nordeuropa gewinnt. Damit wird zum einen der Energieverbrauch und zum anderen das Potential der erneuerbaren Energien beeinflusst, wie beispielhaft für Großbritannien und für Norwegen /45/ gezeigt werden konnte, wo diese Einflüsse ausgeprägter sein dürften als im Ostseeraum.

Zu den natürlichen Bedingungen in der Region gehören somit besonders der Meereseinfluss, das relativ flache Oberflächenrelief und auch der geringe Waldbestand. Sie stehen in Wechselwirkung mit den klimatischen Bedingungen in der Region und bilden den längerfristigen Rahmen für die jährlichen Witterungsverhältnisse, also für die Lufttemperaturen, für die Solarstrahlungs- und die Windverhältnisse sowie für die Niederschläge. Die natürlichen und die klimatischen Bedingungen in der Region Rostock prägen *einerseits* die Potenziale und die Nutzungsmöglichkeiten der Erneuerbaren Energien.

Dies gilt nicht nur für die Windenergie und für die Solarenergie. Auch die Auswahl von Nutzpflanzen, die erzielbaren Erträge und damit die Bioenergiepotenziale unterliegen dieser Prägung. Die Witterung hat *andererseits* einen erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch besonders zur Beheizung und Klimatisierung des Gebäudebestandes. Der Wärmeverbrauch von Gebäuden korreliert mit der Heizgradtagzahl, welche die Strenge der Winter eines Jahres misst. Sie schwankt witterungsbedingt von Jahr zu Jahr und weist in der Region Rostock einen seit vielen Jahren abnehmenden Trend zu milderen Wintern auf, Abbildung 11. Dass die Heizperioden zunehmend milder werden, muss als eine Folge des Klimawandels betrachtet werden (insoweit wird sich der in der Abbildung dargestellte Trend bis 2035 fortsetzen; eine Trendumkehr bzw. eine Rückkehr zu früheren Werten sind sehr unwahrscheinlich). Damit verbunden ist zwar tendenziell ein geringerer Energieverbrauch für die Beheizung des Gebäudebestands im Winter (in den letzten 30 Jahren traten nur zwei strengere Winter auf: 1996 und 2010). In allen anderen Jahren lag die Heizgradtagzahl am bzw. deutlich unter dem langjährigen Mittelwert für diesen Zeitraum. Jedoch führen die steigenden Jahresmitteltemperaturen absehbar auch zu einem neuen und steigenden Energiebedarf zur Kühlung und Klimatisierung der Gebäude im Sommer. Dieser steigende Energiebedarf wird voraussichtlich vor allem zu einem steigenden Stromverbrauch führen: Während bei der Heizenergie ein Rückgang besonders des Verbrauchs an Erdgas zu erwarten ist, wird die künftige Kühlung und Klimatisierung im Wesentlichen mit elektrisch betriebenen Geräten und Anlagen erfolgen.

Der Normalwert für die Jahresmitteltemperatur (Durchschnitt der Jahre 1961 bis 1990) wird mit 8,4 °C angegeben /46/, S.14. Allerdings liegen viele der tatsächlichen Jahresmittelwerte der letzten Jahre oberhalb dieses Temperaturwertes (2016 und 2017 betrugen sie beispielsweise 10,1 °C).

[33] Darüber hinaus beeinflussen weiteren Faktoren die Verschiebung von Azorenhoch und Islandtief und damit das NAO-Muster, darunter die steigenden Treibhausgas-Konzentrationen in der Atmosphäre /44/.

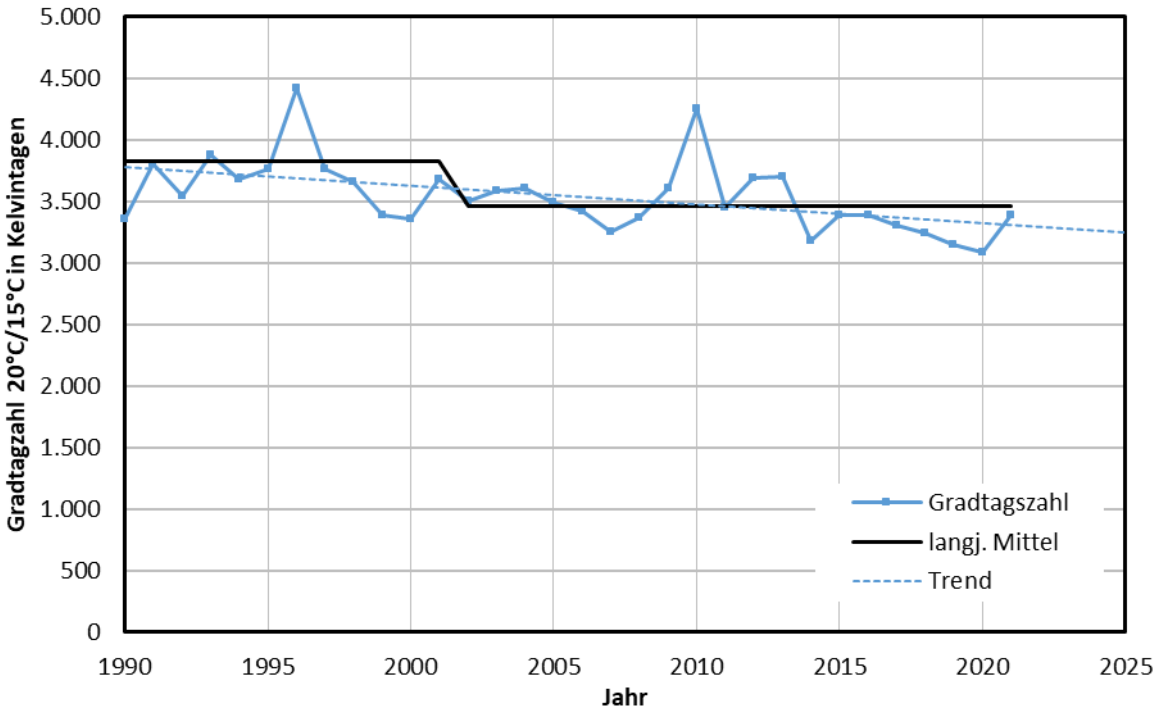


Abbildung 11: Gradtagzahlen von 1990 bis 2021 für Rostock[34]

Einige der genannten Bedingungen weisen innerhalb der Region Rostock durchaus lokale Unterschiede auf. Abbildung 12 zeigt dies beispielhaft für die

- Lufttemperatur (Jahresmittel 1961 – 1990: Min. 7,3°C, Max. 8,9°C),
- Niederschläge (Jahresmittel 1961 – 1990: Min. 550 mm, Max. 700 mm),
- Sommertage (Jahresmittel 1961 – 1990: Min. 13 Tage, Max. 22 Tage) und für die
- Frosttage (Jahresmittel 1961 – 1990: Min. 63 Tage, Max. 85 Tage).

Der Meereseinfluss und das Oberflächenrelief prägen auch die Niederschlagsverteilung im Land, wodurch wiederum die Sonnenscheindauer beeinflusst wird, die beispielsweise an der vorpommerschen Küste länger ist als in der Region Rostock. Innerhalb der Region sind die Unterschiede bei der Globalstrahlung jedoch nicht so ausgeprägt. Sie betrug im Durchschnitt der Jahre von 1981 bis 2010 1.020 bis 1.040 kWh/m²a. Nennenswerte regionale Unterschiede gibt es dagegen bei den jahresmittleren Windgeschwindigkeiten. Für den Zeitraum von 1981 bis 2000 betrugen die Unterschiede im Jahresmittel beispielsweise bis zu 1 m/s. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt an der Küstenlinie und im Küstenbereich bei 6,5 m/s, im Binnenland dagegen bei 5,5 m/s.

Die in die Ostsee mündende Warnow ist der einzige größere Fluss in der Region Rostock. Er entwässert diese in einem Einzugsgebiet von ca. 3.000 km², also in einem Gebiet, das fast so groß ist wie die Region selbst[35]. In der Wasserführung treten jahreszeitliche Schwankungen auf. Zusammen mit den geringen Höhenunterschieden im Oberflächenrelief der Region begründen diese, dass dort eine Wasserkraftnutzung zur erneuerbaren Stromerzeugung kaum erfolgt. Auch wird die Bedeutung der Wasserkraftnutzung in der Region als gering eingeschätzt /53/, S. 128/133.

[34] Datenbasis: Deutscher Wetterdienst (DWD).

[35] Die Warnow gehört zu der Flussgebietseinheit (FGE) Warnow/Peene, die sich gemäß dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) aus mehreren benachbarten Einzugsgebieten zusammensetzt und eine Gesamtfläche von 13.550 km² hat. Die Flüsse Peene und Warnow decken mit ihren Einzugsgebieten ca. 60 Prozent der Fläche der Flussgebietseinheit ab. Ein relevanter Nebenfluss der Warnow innerhalb der Region Rostock ist die Nebel mit einem Einzugsgebiet von knapp 950 km².

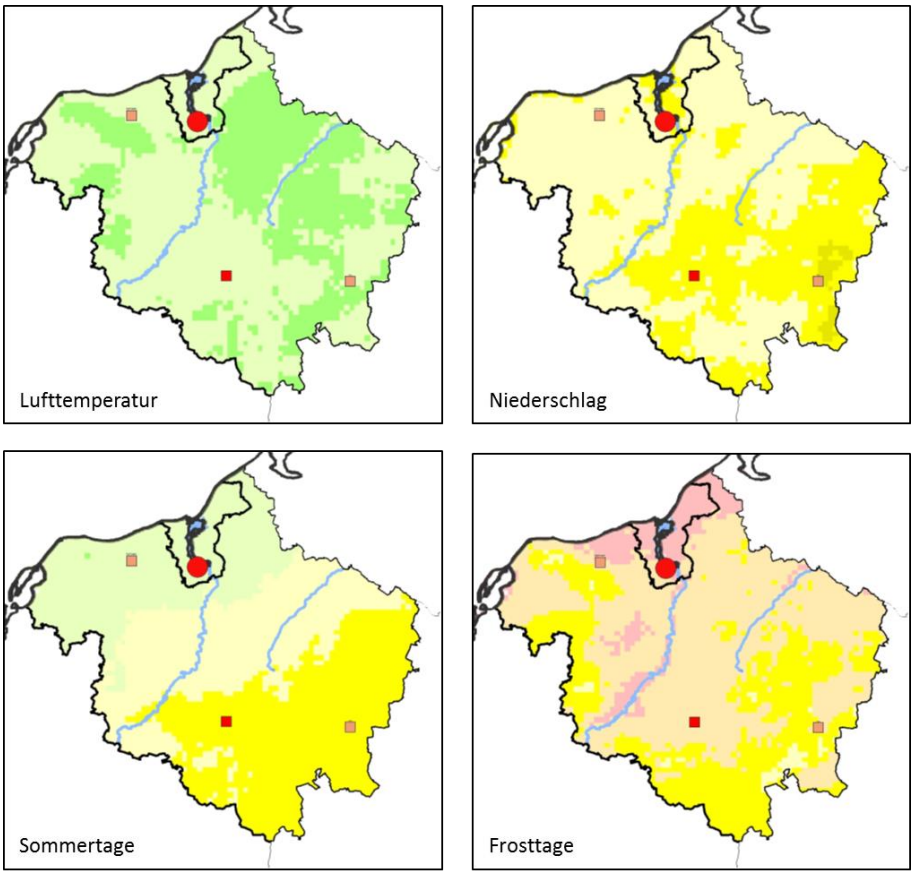


Abbildung 12: Klimatische Unterschiede innerhalb der Region Rostock[36]
Kalenderjahr, Normalwerte (1961 - 1990), Angabe der Bandbreiten im Text

Die Region Rostock verfügt über einen Waldbestand, der insgesamt eine Fläche von 631 km² mit einem Anteil von 16 Prozent an der Bodenfläche der Region einnimmt. Damit sind der Waldflächenanteil und das diesbezügliche Bioenergiepotenzial bei Waldholz und bei Waldrestholz um ein Viertel kleiner als in den drei benachbarten Regionen. Andererseits zählt die Stadt Rostock mit ca. 6 Tsd. ha Wald in der Rostocker Heide[37] und auf weiteren Flächen zu den fünf waldreichsten Kommunen in Deutschland.

[36] Bildquellen: Klimaatlas des Deutschen Wetterdienstes, verfügbar unter www.dwd.de/klimaatlas. Auf Kartenlegenden wurde verzichtet, da hier nur die regionalen Unterschiede erkennbar werden sollen.

[37] Die Rostocker Heide ist seit 1995 als Landschaftsschutzgebiet festgesetzt. Das Landschaftsschutzgebiet erfasste Teile des Waldgebietes der Rostocker Heide sowie das Waldgebiet des Staatsforstes Altheide.

4. Energieerzeugung und -verbrauch in der Region Rostock heute

Die Energieversorgung in der Region Rostock basiert auf den Energieträgern Erdgas, Strom und Wärme, wobei letztere sowohl zentral als auch dezentral erzeugt werden. Dabei kommt eine Vielzahl von fossilen und erneuerbaren Energieträgern zum Einsatz. Außerdem werden im Verkehr große Mengen an Kraftstoffen verbraucht, die aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden (nur ein kleiner Teil der verbrauchten Kraftstoffe in Höhe der Beimischungsquote stammt aus Erneuerbaren Energien). Diese gegenwärtige Situation wird im Folgenden durch die Energie- und CO_2-Bilanz für das Jahr 2016 (Abschnitt 4.1), anhand der konventionellen Energieerzeugung (Abschnitt 4.2) sowie anhand des erreichten Standes der Nutzung der Erneuerbaren Energien beschrieben (Abschnitt 4.3). Außerdem werden die in der Region Rostock zur Energieversorgung vorhandenen Infrastrukturen und Grundzüge ihrer zukünftigen Entwicklung dargestellt (Abschnitt 4.4).

4.1 Energie- und CO_2-Bilanz 2016

Der Energieverbrauch in einer Region und die Herkunft der verbrauchten Energie können anhand einer Energiebilanz beschrieben werden, welche nach Energieträgern aufgegliedert die Energiegewinnung, die Energieerzeugung und den Energieverbrauch in dem betrachteten Bilanzraum angibt. Eine solche Bilanz wurde für die Region Rostock für das Jahr 2016 aufgestellt[38]. Abbildung 13 zeigt diese Energiebilanz im Überblick: Danach belief sich das Energieaufkommen 2016 auf 83 PJ. Davon wurden in der Region selbst 19 PJ in Form von Erneuerbaren Energien gewonnen (fossile Energieträger werden in der Region nicht gewonnen). Von außerhalb wurden 64 PJ an fossilen Energieträgern – insbesondere Erdgas und Kraftstoffe – bezogen. Im Gegenzug wurden 18 PJ in andere Regionen Deutschlands abgegeben, überwiegend als Strom. Dieser Stromexport ist möglich, weil neben der bis 2016 annähernd konstanten jährlichen Stromerzeugung des Steinkohlekraftwerks Rostock die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in den letzten Jahren deutlich gestiegen ist.

Durch Abzug des Exports und der Hochseebunkerungen vom Energieaufkommen errechnet sich der Primärenergieträgerverbrauch in Höhe von 64 PJ. Von diesem wurden 44 PJ als Erdgas (160 Mio. m^3), Heizöl oder Erneuerbare Energie[39] in zentralen und dezentralen Energieanlagen für die Strom- und Fernwärmeerzeugung eingesetzt. Außerdem enthält der Primärenergieverbrauch den Kohleverbrauch des Steinkohlekraftwerks in Rostock in Höhe von 1,15 Mio. t Steinkohle entsprechend 28,9 PJ. Der vom Steinkohlekraftwerk abgegebene Strom – 2016 waren dies ca. 3,5 TWh (12,6 PJ) – trug wie erwähnt auch zum Energieexport der Region bei. Insgesamt wurden 6 PJ an Strom und 4 PJ an Fernwärme an Endverbraucher abgegeben. 2 PJ an Primärenergie wurden als Eigenverbrauch, als Verluste oder nichtenergetisch verbucht. Die übrigen 25 PJ des Primärenergieverbrauchs wurden direkt in den Verbrauchersektoren eingesetzt, besonders in Form von Erdgas (210 Mio. m^3) und Kraftstoffen, aber auch in Form von Erneuerbaren Energien wie Solar- und Umweltwärme oder Brennholz.

Für den als Endenergie bezeichneten Verbrauch standen 2016 somit diese 25 PJ an direkt einsetzbaren Energieträgern sowie ca. 10 PJ an Strom und Fernwärme zur Verfügung, zusammen ca. 35 PJ.

Der oben genannte Primärenergieverbrauch von 64 PJ enthält 15 PJ Erneuerbare Energien (Gewinnung von 19 PJ abzüglich des biogenen Abfalls 0,6 PJ und des exportierten Biokraftstoffs 3,4 PJ). Damit enthält der Primärenergieverbrauch einen erneuerbaren Anteil von 23 Prozent.

---

38 Das Jahr 2016 wurde gewählt, weil für ein späteres Bilanzjahr die erforderlichen Daten erst teilweise vorliegen. Da sich die Heizgradtagzahl dieses Jahres kaum von jenen der folgenden Jahre unterscheidet, kann diese über das Jahr 2016 hinaus näherungsweise auch für den heutigen Energieverbrauch in der Region gelten. Allerdings ist die erneuerbare Energieerzeugung zwischenzeitlich weiter angestiegen.

39 Entsprechend der Bilanzmethodik wird bei Windenergie, Wasserkraft und Solarenergie der Primärenergieeinsatz mit dem erzeugten Strom bzw. mit der gewonnenen Wärmeenergie rechnerisch gleichgesetzt und lediglich in die entsprechenden Energieeinheiten umgerechnet.

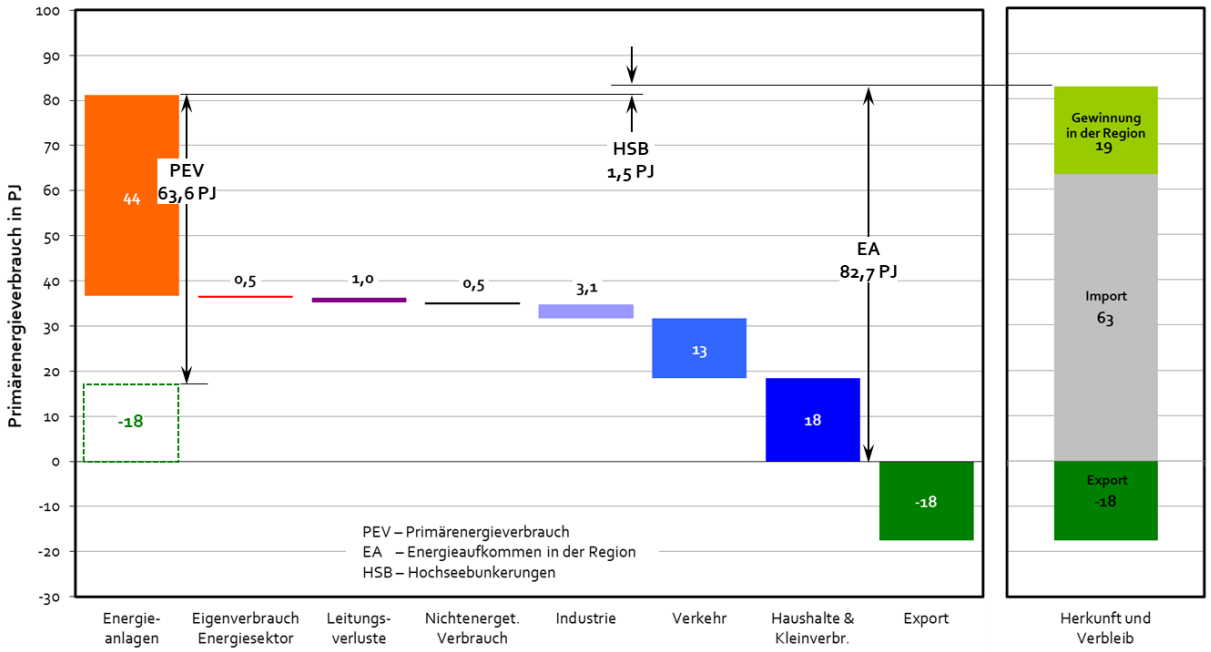


Abbildung 13: Energiebilanz der Region Rostock 2016

Der Endenergieverbrauch von 35 PJ verteilte sich 2016 sehr unterschiedlich auf die Verbrauchersektoren. Der Verbrauch der Industrie war mit 3,1 PJ deutlich kleiner als der Verbrauch der anderen Sektoren. Im Verkehr wurden 13 PJ verbraucht, besonders in Form von Kraftstoffen und als Strom (Eisenbahn, Elektromobilität). Die Privathaushalte verbrauchten 2016 10,4 PJ und der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher 8,1 PJ, beide Sektoren zusammen also 18,5 PJ (in der Abbildung als „Haushalte & Kleinverbraucher“ bezeichnet).

In der Energiebilanz 2016 sind auch Hochseebunkerungen enthalten. Diese berücksichtigen den Energieverbrauch der Schiffe im Seeverkehr. Er setzt sich aus den Kraftstofflieferungen der Bunkerunternehmen[40] an die Schiffe im Hafen Rostock sowie aus dem Kraftstoffverbrauch zusammen, der auf den Kreuzfahrtschiffen durch die Eigenstromversorgung[41] während ihrer Liegezeit am Kreuzfahrtterminal in Warnemünde entsteht[42]. Für 2016 wurden zusammen 36 Tsd. t Dieselkraftstoff berücksichtigt[43]. In der Energiebilanz erhöhen sich durch diese Kraftstoffmenge die Energiebezüge der Region um 1,5 PJ. Sie gehen somit auch in das Energieaufkommen in der Region ein. Der Primär- und der Endenergieverbrauch bleiben dagegen unverändert, da entsprechend der Methodik der Energiebilanzen die Hochseebunkerungen überregional zugeordnet werden[44].

---

40 Für einzelne Jahre vorliegende Kraftstoffverbrauchswerte /62/ wurden anteilig der Rostocker Hochseeschifffahrt zugeordnet und mit einem spezifischen, auf die Tonne Güterumschlag bezogenen Energieverbrauch berechnet. Danach lässt sich für Rostock für 2016 ein Kraftstoffverbrauch von 30 Tsd. t abschätzen.

41 Dieser Kraftstoffverbrauch lässt sich anhand der Rostocker Kreuzfahrtstatistik für 2016 in Höhe von 5,5 Tsd. t abschätzen, wobei eine elektrische Hotelleistung von ca. 3 kW je Passagier zugrunde gelegt ist.

42 In Warnemünde soll eine Landstrom-Anlage für Kreuzfahrtschiffe entstehen, die zwei Schiffe zeitgleich mit Strom versorgen kann. Der Landstromanschluss soll für Schiffe aller Reedereien verfügbar sein, darunter die Rostocker Reederei AIDA, die derzeit über 12 Schiffe verfügt, von denen 9 für eine Versorgung mit Landstrom vorbereitet sind. Weitere Informationen: https://www.swrng.de.

43 Da die Ostsee seit 2015 *Sulphur Emission Control Area* (SECA)-Gebiet ist, dürfen hier nur schwefelarme Kraftstoffe mit einem maximalen Schwefelgehalt von 0,1 Prozent eingesetzt werden, jedoch kein Schweröl.

44 Nur die Lieferungen an Binnen- und Küstenmotorschiffe sowie an die Fischerei werden regional zugeordnet. Dazu werden sie im Sektor Verkehr, also im Endenergieverbrauch, ausgewiesen.

Aus der Energiebilanz lässt sich unter Verwendung von CO_2-Emissionsfaktoren für alle fossilen Energieträger die CO_2-Bilanz berechnen. Sie kann sowohl quellen- als auch verursacherbezogen sowie effektiv und temperaturbereinigt dargestellt werden[45]. In der Quellenbilanz der Region Rostock errechnet sich für das Jahr 2016 eine CO_2-Emission in Höhe von 4,96 Mio. t CO_2 (effektiv) von 5,04 Mio. t CO_2 (temperaturbereinigt[46]). Das war knapp die Hälfte der CO_2-Emissionen des Landes Mecklenburg-Vorpommern in dem betreffenden Jahr. Dieser hohe Anteil ist wesentlich auf die 2,75 Mio. t CO_2 zurückzuführen, die aus dem Steinkohleeinsatz im Kraftwerk Rostock resultieren. In den Verbrauchersektoren entstanden weitere 1,7 Mio. t CO_2. Davon entfielen knapp 6 Prozent auf den Sektor Industrie, 55 Prozent auf den Sektor Verkehr, 21 Prozent auf den Sektor Privathaushalte und 19 Prozent auf den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher (GHDS).

Die verursacherbezogenen CO_2-Emissionen beliefen sich 2016 temperaturbereinigt auf 2,84 Mio. t. Dabei sind zum einen die CO_2-Emissionen des Stromaustauschs berücksichtigt und zum anderen die CO_2-Emissionen des Umwandlungsbereiches auf die Verbrauchersektoren aufgeteilt. Mit 34 Prozent hatte der Verkehrssektor 2016 den größten Anteil an den verursacherbezogenen CO_2-Emissionen. An zweiter Stelle stand mit 30 Prozent der Sektor Privathaushalte. Weitere 25 Prozent entfielen auf den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher (GHDS). Die übrigen 21 Prozent der verursacherbezogenen CO_2-Emissionen 2016 wurden im Sektor Industrie verursacht.

4.2 Konventionelle Energieerzeugung

Die konventionelle Energieerzeugung, also die Erzeugung von Strom und Wärme aus fossilen Energieträgern, leistet bislang einen erheblichen Beitrag zur Energieversorgung der Region Rostock. Dieser Beitrag resultiert zunächst aus der Energieerzeugung des Steinkohlekraftwerks in Rostock. Abbildung 14 zeigt für die letzten 12 Jahre die Entwicklung der Stromerzeugung sowie der Wärmeauskopplung, die an die *Stadtwerke Rostock AG* erfolgte.

Ein weiterer größerer Beitrag zur konventionellen Energieerzeugung in der Region wird durch das GuD-Heizkraftwerk der *Stadtwerke Rostock AG* in Rostock Marienehe geleistet. Im Jahr 2020 erzeugte es 347 GWh KWK-Strom. Abbildung 15 zeigt die Entwicklung der Strom- und Wärmeerzeugung des Heizkraftwerks, soweit diese in Kraft-Wärme-Kopplung erfolgt ist.

Schließlich trägt in der Region Rostock eine Anzahl von Blockheizkraftwerken (BHKW) und von Heizwerken zur konventionellen Energieerzeugung bei, die besonders von den kleineren Stadtwerken sowie von anderen Unternehmen betrieben werden (Abschnitt 3.4). Beispielsweise verfügen die *Stadtwerke Güstrow GmbH* für die Fernwärmeversorgung der Stadt Güstrow über 6 Heizkraftwerke sowie über 16 Heizzentralen, die zum Teil mit fossilen Energieträgern wie Erdgas und zum Teil mit Erneuerbaren Energien wie Biomethan betrieben werden. Die Erdgas-BHKW Nord und Süd der *Stadtwerke Güstrow GmbH* bestehen aus vier bzw. aus drei Gasmotoren mit einer Gesamtleistung von 4,2 MW_{el} (Nord) bzw. 5,81 MW_{el} (Süd). Die Gesamtleistung dieser Anlagen beläuft sich gegenwärtig auf 10 MW_{el} und 80 MW_{th}. Die Fernwärmeabgabe im Jahr 2018 betrug 71,3 GWh[47].

---

45 Die *Quellenbilanz* bezieht die CO_2-Emissionen auf den Primärenergieverbrauch und unterteilt sie nach den Emissionsquellen (die Emissionen im Umwandlungsbereich und Endenergieverbrauch werden zusammen betrachtet, aber ohne die mit dem Strombezug importierten Emissionen). Die *Verursacherbilanz* ist dagegen eine auf den Endenergieverbrauch bezogene Darstellung. Hier werden unter Berücksichtigung des Saldos aus Stromexport und Stromimport die Emissionen des Umwandlungsbereichs nicht als solche ausgewiesen, sondern den verursachenden (nachfragenden) Endverbrauchersektoren zugeordnet. Die Differenz zwischen beiden Bilanzen resultiert somit aus der Berücksichtigung der Emissionen für die Erzeugung von ausgeführtem Strom in der Quellenbilanz, wohingegen die Emissionen für eingeführten Strom dort nicht mitgerechnet werden, sondern bei dessen Erzeugerland verbucht werden.

46 Die Temperaturbereinigung korrigiert die Emissionen nach oben: Die Heizperiode des Jahres war 2016 wärmer als es dem langjährigen Mittelwert entsprochen hätte.

47 Quelle: https://www.stadtwerke-guestrow.de/unser-unternehmen/daten-und-fakten/.

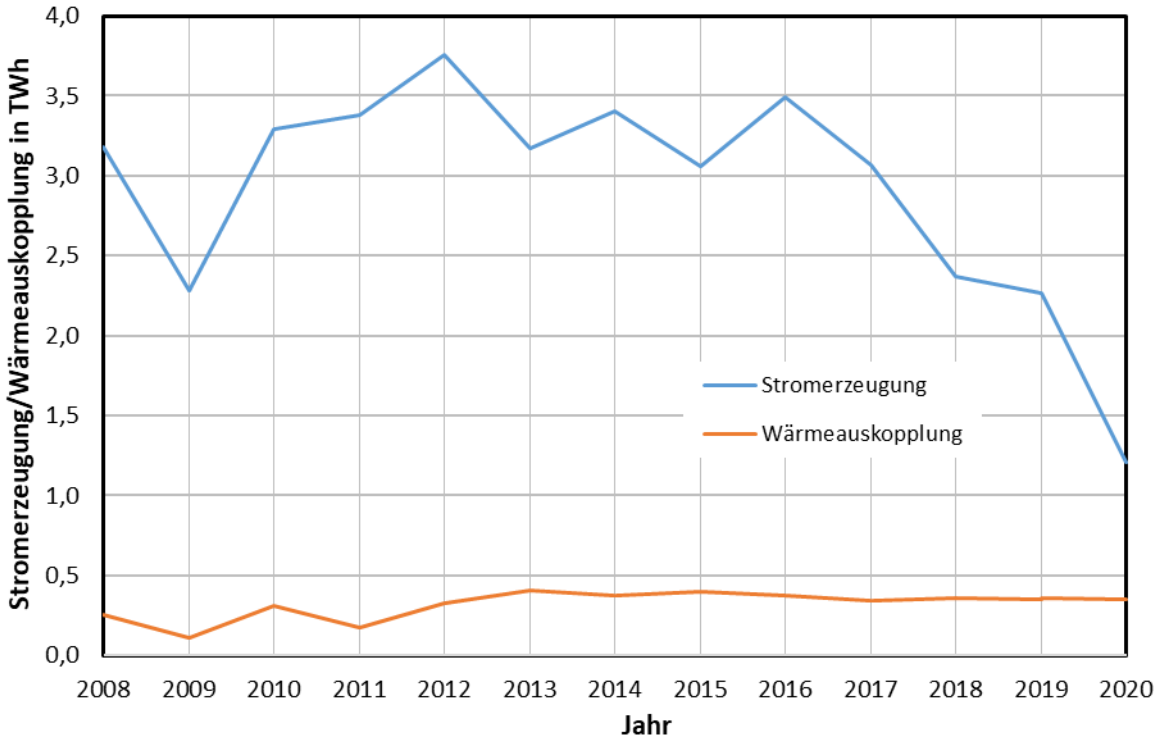


Abbildung 14: Energieerzeugung des Steinkohlekraftwerks Rostock 2008 - 2020[48]

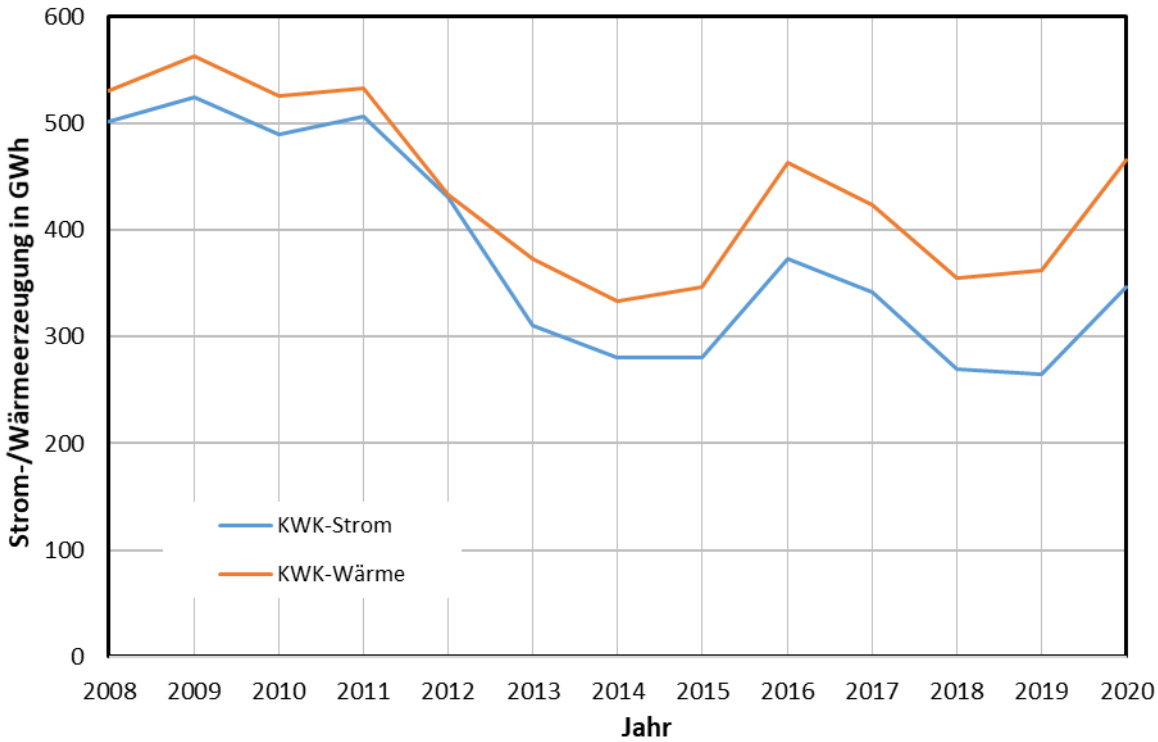


Abbildung 15: KWK-Energieerzeugung des GuD-Heizkraftwerks Rostock Marienehe 2008 - 2020[49]

[48] Datenquellen: Jahresabschlüsse der *Stadtwerke Rostock AG* bzw. https://kraftwerk-rostock.de/.
[49] Datenquelle: Jahresabschlüsse der *Stadtwerke Rostock AG* zu verschiedenen Geschäftsjahren.

4.3 Erneuerbare-Energien-Potenziale und ihre derzeitige Nutzung

Im Folgenden werden zunächst Erneuerbare-Energien-Potenziale definiert und in ihren wesentlichen Eigenschaften betrachtet (Abschnitt 4.3.1). Anschließend wird die Region Rostock hinsichtlich ihrer Eignung für die Nutzung Erneuerbarer Energien analysiert (Abschnitt 4.3.2). Sodann werden die Potenziale der Erneuerbaren Energien in der Region berechnet (Abschnitt 4.3.3) sowie die Entwicklung und der Stand ihrer Ausschöpfung durch die derzeitige Nutzung ermittelt (Abschnitt 4.3.4).

4.3.1 Erneuerbare-Energien-Potenziale

Energie-Potenziale

Allgemein lässt sich ein Energie-Potenzial als die Energiemenge (im Folgenden kurz als Energie bezeichnet) definieren, die **von einer bestimmten Primärenergiequelle** gewinnbar ist. Betrachtet man beispielsweise die Solarenergie als Primärenergiequelle, besteht die theoretisch (maximal) gewinnbare Energie in dem Teil der von der Sonne abgestrahlten Energie, welcher die Erde erreicht.

Die gewinnbare Energie ist grundsätzlich mit einem Zeitbezug anzugeben, zum Beispiel als Energie, die über einen Zeitraum von einem Jahr gewinnbar ist. Somit lässt sich ein Energie-Potenzial genauer als die Energie definieren, die von einer bestimmten Primärenergiequelle **innerhalb eines bestimmten Zeitraums** gewinnbar ist. Diese Energie wird beispielsweise bei der Solarenergie als Jahressumme der Globalstrahlung angegeben.

Um die gewinnbare Energie tatsächlich zu gewinnen, also für die Energieversorgung nutzbar zu machen, muss sie in geeigneter Form umgewandelt werden. Dafür kommt beispielsweise bei der Solarenergie die Umwandlung in Biomasse, in Wärme und in Strom in Betracht. Jede Umwandlung erfordert Fläche, auf der diese Umwandlung durchgeführt werden kann[50]. Daher ist ein Energie-Potenzial als diejenige Energie zu definieren, die von einer bestimmten Primärenergiequelle in einem bestimmten Zeitraum und **in einem bestimmten Gebiet** gewinnbar ist. Auf die Region Rostock bezogen definiert sich ein Energie-Potenzial nun als die Energie, die innerhalb des Gebietes gewinnbar ist, das durch die Region Rostock gebildet wird bzw. ihr zugeordnet werden kann (das ist der ihrer Küste vorgelagerte Teil des deutschen Küstenmeeres).

Die theoretischen Energie-Potenziale (als gewinnbare Energie) sind von deren Erschließung (als Gewinnung von Energie) zu unterscheiden: Letztere erfolgt immer unter dem Einfluss äußerer Rahmenbedingungen. Somit definiert sich ein von dem theoretischen Energie-Potenzial zu unterscheidendes Energie-Potenzial letztlich als die Energie, die von einer bestimmten Primärenergiequelle **unter bestimmten Rahmenbedingungen** in einem bestimmten Zeitraum und Gebiet gewinnbar ist. Beispielsweise beschreibt das technische Energie-Potenzial den Teil des theoretischen Energie-Potenzials, der mit verfügbaren Technologien gewonnen werden kann.

Die Rahmenbedingungen für die Energiegewinnung bestehen somit zunächst in der Verfügbarkeit von Technologien, die anwendungsreif sind bzw. deren Anwendungsreife innerhalb des Betrachtungszeitraums dieses Energiekonzepts erwartet werden kann. Weiterhin erfolgt die Gewinnung von Energie unter wirtschaftlichen und unter gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, zu denen wiederum neben den politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen beispielsweise auch die in der Region vorhandene bzw. erzielbare Akzeptanz für bestimmte Formen der Energiegewinnung zählt.

---

[50] Die Nutzung faktisch aller (fossilen und erneuerbaren) Energiequellen setzt die Verfügbarkeit von Flächen voraus (bzw. von Volumen - Luftraum, Untergrund, Wasserkörper - die auf die Erdoberfläche projiziert werden können). Daher lassen sich Energie-Potenziale auch als Flächen-Potenziale angeben. Diese sind – zusätzlich zu den Obergrenzen der Energie-Potenziale auch dadurch nach oben begrenzt, dass die verfügbare Gesamtfläche unveränderlich ist, dass es eine Vielzahl von Raumnutzungen mit jeweils eigenen Flächenansprüchen gibt, die abgestimmt werden müssen und dass auf einer Fläche bislang oft nur eine oder höchstens zwei Energiequellen zugleich genutzt werden.

Diese Rahmenbedingungen wirken restriktiv, da sie die Möglichkeiten zur Gewinnung von Energie beschränken: Nicht jede theoretisch gewinnbare Energie ist auch technisch gewinnbar, nicht jede technisch realisierbare Energiegewinnung ist auch wirtschaftlich darstellbar und nicht jede wirtschaftlich durchführbare Energiegewinnung wird auch gesellschaftlich akzeptiert. In der Potenzialtheorie hat sich durchgesetzt, in Entsprechung zu diesen technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen technische, wirtschaftliche und ausschöpfbare Energie-Potenziale zu definieren (Anhang 1), wobei sich die jeweiligen Rahmenbedingungen in einer stufenweisen Verkleinerung der theoretischen Energie-Potenziale ausdrücken /84/, S. 25.

Bei dieser Betrachtungsweise wird der oben angedeutete qualitative Unterschied zwischen den theoretischen Potenzialen (als gewinnbare Energie) und den davon abgeleiteten Potenzialen (als Gewinnung von Energie) ausgeblendet[51]: Die abgeleiteten Potenziale erscheinen als ebenso *gegeben* wie die theoretischen Potenziale, obwohl sie nicht nur von diesen, sondern auch von den Rahmenbedingungen abhängen, die vom Menschen *gesetzt* werden. In diesem Energiekonzept soll dieser Unterschied jedoch sichtbar bleiben, weil das Setzen der Rahmenbedingungen zu den wesentlichen Stellschrauben für seine praktische Umsetzung gehört. Im Folgenden werden daher die theoretischen Potenziale als *gegeben* und die davon abgeleiteten Potenziale als *gesetzt* betrachtet. Außerdem werden sie in unterschiedlicher Weise quantifiziert und dargestellt.

Rahmenbedingungen für die Erschließung von Energie-Potenzialen

Für das Gebiet der Region Rostock lassen sich auf der Grundlage der vorstehend entwickelten Definitionen für jede erneuerbare Energiequelle *erstens* theoretische Energie-Potenziale bestimmen. Diese ergeben sich beispielsweise aus den vorherrschenden Windverhältnissen oder aus der Solarstrahlung und werden hier als gegeben, das heißt als unveränderbar betrachtet[52], Abbildung 16. *Zweitens* können als Teile der theoretischen Energie-Potenziale die technischen, wirtschaftlichen und ausschöpfbaren Energie-Potenziale bestimmt werden, die unter technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen erschlossen werden können. Die diese Energie-Potenziale bestimmenden Rahmenbedingungen sind nicht gegeben, sondern gesetzt und insoweit auch veränderbar.

Bei einigen erneuerbaren Energiequellen lässt sich die Erschließung der Energie-Potenziale durch die Setzung von Rahmenbedingungen direkt beeinflussen, beispielsweise durch energie- und klimapolitische Vorgaben, durch Gesetze und Verordnungen und durch deren Umsetzung in der Regionalplanung. Dies gilt beispielsweise für den erschließbaren Teil des theoretischen Windenergiepotenzials, der gemäß den derzeit bestehenden rechtlichen Rahmenbedingungen direkt von der Gesamtfläche der in einer Region ausgewiesenen Windeignungsgebiete abhängt. Demgegenüber lässt sich die Erschließung der Energie-Potenziale bei anderen erneuerbaren Energiequellen durch die Setzung von Rahmenbedingungen nur indirekt beeinflussen. Dies gilt zum Beispiel für finanzielle Anreize, wie sie in Förder- und Marktanreizprogrammen gesetzt werden. So hängt die Größe des technischen Solarenergie-Potenzials zu einem großen Teil von den gebauten Oberflächen ab, die in einer Region vorhanden sind. Bauliche Entscheidungen werden jedoch von einer Vielzahl von Akteuren mit individuellen Präferenzen und Zielen getroffen, die von den Zielen abweichen können, die mit den gesetzten finanziellen Anreizen verfolgt werden. Ebenfalls nicht direkt beeinflussbar sind die mit der Zeit fortschreitende technologische Entwicklung und die damit erzielten Wirkungsgradsteigerungen. Sie können zwar forschungs- und entwicklungspolitisch unterstützt, jedoch in ihrem tatsächlichen Verlauf

[51] Dieser qualitative Unterschied zeigt sich auch darin, dass die Sonnenenergie als gewinnbare Energie ein ursprüngliches theoretisches Potenzial darstellt, während die Angabe von technischen Solarenergie-Potenzialen erst sinnvoll ist, seit die Photovoltaik und die Solarthermie Möglichkeiten zur praktischen Umwandlung der Sonnenenergie bieten.

[52] Dass sich diese Gegebenheiten durch den Klimawandels verändern, ist im Rahmen dieses Konzepts insofern nicht relevant, als sich dieser Wandel sehr langsam vollzieht und als er sich zumindest jeglicher Einflussnahme durch die Region Rostock entzieht.

und besonders in ihren Innovationen kaum geplant werden. Zu den technologischen Fortschritten sind neben verbesserten Energieanlagen auch das Repowering und das Retrofit zu zählen, also der Ersatz von Altanlagen durch fortgeschrittene Neuanlagen bzw. die Ertüchtigung von Altanlagen durch gezielte technische Maßnahmen. Eine solche Maßnahme besteht beispielsweise in der Nachrüstung von Strömungsleiteinrichtungen an Rotorblättern von Windenergieanlagen. Diese drei Formen technologischer Fortschritte gelten auch für andere physikalische erneuerbare Energiequellen. Bei den biogenen Energiequellen werden ähnliche Fortschritte erzielt, da sich die in einer Region erzielbaren Ernteerträge etwa durch die Züchtungsforschung im Laufe der Zeit erhöhen können.

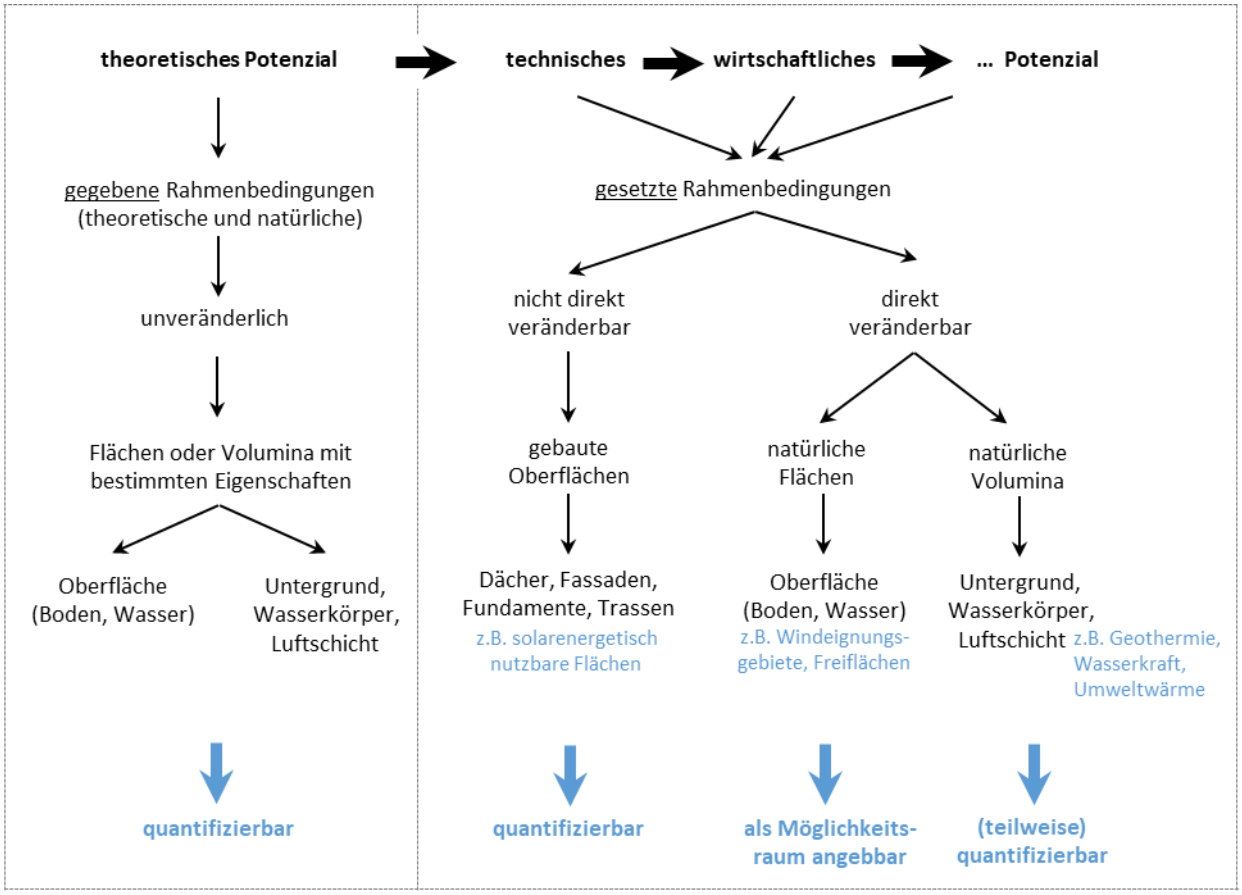


Abbildung 16: Energie-Potenziale – Rahmenbedingungen und Steuerbarkeit

Quantifizierbarkeit von Energie-Potenzialen

Um die zukünftige Nutzung der Erneuerbaren Energien in der Region Rostock abschätzen und bewerten zu können, ist es erforderlich, die dort vorhandenen Energie-Potenziale zu bestimmen. Diese Bestimmung berücksichtigt die Spezifik der jeweilige Potenziale gemäß Abbildung 16:

- Soweit die theoretischen und die natürlichen, also die *gegebenen Rahmenbedingungen* (wie Windgeschwindigkeit und Solarstrahlung) quantifiziert werden können, sind auch die theoretischen Potenziale quantifizierbar, die von diesen Rahmenbedingungen abhängig sind.
- Die technischen Potenziale können für diejenigen Erneuerbaren Energien quantifiziert werden, die von *gesetzten und nicht direkt veränderbaren Rahmenbedingungen abhängig* sind: Diese sind

technisch an die in der Region vorhandenen gebauten Oberflächen gebunden und ebenso wie diese quantifizierbar[53].

- Demgegenüber können diejenigen Teile der theoretischen Potenziale, deren Erschließung *direkt von gesetzten Rahmenbedingungen abhängig* ist, nur als Möglichkeitsraum quantifiziert werden. Dies begründet sich dadurch, dass die Erschließung von Ressourcen abhängig ist, die in einer Region hierfür zur Verfügung gestellt werden müssen[54] und dadurch, dass diese Zurverfügungstellung ihrerseits von energie- und klimapolitischen und von regionalplanerischen Erwägungen und Setzungen abhängt, die sich jederzeit verändert werden können und die tatsächlich auch immer wieder verändert werden. Zu diesen Ressourcen zählen neben Flächen beispielsweise auch Infrastrukturen wie ausgebaute Stromnetze. (Die regionalen Rahmenbedingungen werden für die Nutzung der einzelnen Erneuerbaren Energien im Abschnitt 4.3.2 näher beschrieben.)

Umwandlung und Umwandlungsstufen von Energie-Potenzialen

Um die Energie-Potenziale erschließen zu können, sind geeignete Energieumwandlungen erforderlich. In dieser Hinsicht können Erneuerbare Energien nach ihrer Eignung für die ausschließliche Stromerzeugung, für die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung, für die alleinige Wärmeerzeugung sowie für die Kraftstoffherstellung unterschieden werden. Die Windenergie, die Photovoltaik und die Wasserkraft erzeugen ausschließlich Strom. Aus fester und flüssiger Biomasse, aus Biogas, aus biogenen Abfällen sowie aus Deponie- und Klärgas können dagegen sowohl Strom und Wärme als auch Kraftstoffe gewonnen werden (zudem können diese Energieträger auch in andere Energieträger umgewandelt werden; beispielsweise kann der feste Bioenergieträger Holz durch die Holzvergasung in einen gasförmigen Energieträger umgewandelt werden, weshalb Bioenergie gelegentlich auch als der Alleskönner unter den Erneuerbaren Energien bezeichnet wird /67/). Die Tiefengeothermie ist sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeerzeugung einsetzbar. Die oberflächennahe Geothermie und die Solarthermie werden dagegen ausschließlich zur Bereitstellung von Wärme verwendet.

Weiterhin lassen sich für die Energie-Potenziale verschiedene Umwandlungsstufen unterscheiden: Das Primärenergie-Potenzial gibt die Energiemenge vor ihrer Umwandlung an. Den Teil des Primärenergie-Potenzials, der nach seiner Umwandlung noch genutzt werden kann, wird durch das Sekundärenergie-Potenzial angegeben (Primärenergie-Potenzial abzüglich Umwandlungsverluste). Das Endenergie-Potenzial schließlich ist die Energie, die in umgewandelter oder in verarbeiteter Form nach ihrer Verteilung in den Verbrauchersektoren eingesetzt werden kann (Sekundärenergie-Potenzial abzüglich der Verteilungsverluste). Beispielsweise können die für eine energetische Verwertung erzeugten Nachwachsenden Rohstoffe als Primärenergie-Potenzial betrachtet werden. Als Sekundärenergie-Potenziale kommen insbesondere erneuerbarer Strom und erneuerbare Wärme in Betracht. Endenergie-Potenziale wiederum können beispielsweise für Biomasse wie Brennholz oder Holzpellets, für Kraftstoffe sowie für Strom und für Fern- bzw. Nahwärme angegeben werden. Dabei sind die Grenzen allerdings nicht immer eindeutig zu ziehen. So stellen Biogas und Biomethan keine Primärenergieträger mehr dar, werden aber auch nicht als Sekundärenergieträger wie Strom oder Wärme vom Umwandlungssektor für den Endenergieverbrauch an die Verbrauchersektoren übergeben.

---

[53] Auch die technischen Potenziale der Wasserkraft und der Umweltwärme lassen sich mit Einschränkungen insoweit quantifizieren, als sie von der „gebauten“ Kulturlandschaft (im Fall der Fließgewässer) bestimmt werden bzw. an die gebauten Oberflächen (im Fall der Umweltwärme) anschließen.

[54] Beispielsweise hängt das technische Potenzial der Windenergie an Land oder der Freiflächen-Photovoltaik davon ab, in welchem Umfang die Ressource Bodenfläche zur Verfügung gestellt wird. Der Möglichkeitsraum beschreibt hierbei die mögliche jährliche Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Größe der Fläche (und in Abhängigkeit von weiteren technischen Parametern wie der durchschnittlichen Anlagenleistung und der durchschnittlichen Fläche, die für die Aufstellung einer Energieanlage benötigt wird).

Zeitabhängigkeit von Energie-Potenzialen

Im Gegensatz zu den theoretischen Energie-Potenzialen, die zeitinvariant sind oder sich nur infolge des längerfristigen Klimawandels verändern, unterliegen die technischen und mehr noch die wirtschaftlichen und ausschöpfbaren Energie-Potenziale mittelfristigen Veränderungen.

Die technisch erschließbaren Teile des theoretischen Energie-Potenzials sind insoweit zeitabhängig, als sie sich durch technologische Fortschritte und Innovationen erweitern lassen. Die technischen Energie-Potenziale sind aber auch deshalb zeitabhängig, weil die technische Energieumwandlung Fläche benötigt und sich die Möglichkeiten zur Bereitstellung von Fläche in einer Region mit der Zeit verändern. Diese Veränderungen resultieren ihrerseits aus allmählichen Strukturveränderungen in der Flächennutzung, beispielsweise durch das Siedlungsflächenwachstum, durch den Neu- bzw. Umbau von technischen Infrastrukturen (Ausbau von Energie-, Straßen- oder Kommunikationsnetzen/Breitbandausbau) oder durch agrarstrukturelle Veränderungen und Wiederaufforstungen.

Im Weiteren werden die Erneuerbaren-Energie-Potenziale in der Region Rostock unter den heutigen Rahmenbedingungen und auf ihrem heutigen bzw. perspektivisch absehbaren technologischen Stand betrachtet. Diese technischen Potenziale sind gültig, solange sich keine größeren Veränderungen in den Rahmenbedingungen oder innovative Sprünge in den technologischen Parametern ergeben. Solche Technologiesprünge sind bis 2035 für viele der hier relevanten Technologien nur (noch) bedingt zu erwarten. Vielmehr vollziehen sich Innovationen derzeit eher durch die Erweiterung der Anwendungsbereiche für bereits bekannte Technologien. Ein Beispiel hierfür ist die winterliche Beheizung von besonders gefährdeten Straßenabschnitten oder Brücken durch Umweltwärme.

Im Gegensatz zu den technischen Energie-Potenzialen unterliegen das wirtschaftliche Potenzial und das ausschöpfbare Potenzial einer Vielzahl von zusätzlichen Rahmenbedingungen. Diese sind in ihren zeitlichen Veränderungen deutlich dynamischer als technische Fortschritte und in ihrer zukünftigen Entwicklung nur mit Unsicherheiten vorausberechnen, die mit dem Zeitabstand zunehmen[55]. Dabei dürften sich die wesentliche Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit und auf die Wirtschaft in der Region nicht gravierend verändern (Abschnitt 3.3). Für die Möglichkeiten zur erneuerbaren Energiegewinnung in einer Region sind auf lange Sicht jedoch letztlich die technisch erschließbaren Teile des theoretischen Energie-Potenzials bedeutsamer. Deshalb basieren die weiteren Analysen auf den technischen Energie-Potenzialen, wohingegen das wirtschaftliche und das von ihm abgeleiteten ausschöpfbare Potenzial nicht mehr betrachtet wird.

Umweltwirkungen bei der Nutzung Erneuerbarer Energien

Die intensivere Nutzung der Erneuerbaren Energien stellt zusammen mit der Erhöhung der Energieeffizienz in allen Verbrauchssektoren das wichtigste Instrument dar, mit dem das oben beschriebene energiewirtschaftliche Leitbild der Region Rostock verwirklicht und zugleich die energie- und klimapolitischen Ziele erreicht werden können. Hierfür müssen einerseits alle erneuerbaren Energiequellen herangezogen werden, die in der Region nutzbar sind. Andererseits unterliegen die jeweiligen Potenziale aus Umweltsicht unterschiedlichen Randbedingungen, die bei der Steuerung des Ausbaus der Erneuerbaren Energien in Umfang und Geschwindigkeit berücksichtigt werden sollten /7/, S. 4 f. Im Vordergrund stehen dabei besonders raumwirksame Erneuerbare-Energie-Anlagen wie Windenergieanlagen und Freiflächen-Solaranlagen. Demgegenüber sind andere Technologien zur dezentralen Energieerzeugung mit vergleichsweise geringen Umweltwirkungen verbunden. Gleichwohl können auch hier Umweltbelange betroffen sein. In diesen Fällen muss im Rahmen der Planung auch solcher Anlagen sichergestellt werden, dass von diesen keine Beeinträchtigungen ausgehen. Hinweise

[55] Im Übrigen ist das aktuelle wirtschaftliche bzw. das ausschöpfbare Potenzial bekannt: Es entspricht dem bereits genutzten Teil des technischen Energie-Potenzials. Mit der Erfassung der bisherigen erneuerbaren Energiegewinnung in der Region liegen somit auch Informationen zur Entwicklung des wirtschaftlichen bzw. des ausschöpfbaren Potenzials vor (Abschnitt 4.3.4).

zur Berücksichtigung umweltrelevanter Aspekte, welche bei der Errichtung und im Betrieb kleinerer Erneuerbare-Energie-Anlagen wie Solaranlagen an bzw. auf Gebäuden oder Wärmepumpen in der Region Rostock bedeutsam sind, enthält /7/.

4.3.2 Regionale Rahmenbedingungen für die Nutzung Erneuerbarer Energien

Die Region Rostock bietet für die Nutzung Erneuerbarer Energien im Allgemeinen gute bis sehr gute geographische, natürliche und klimatische Rahmenbedingungen (Abschnitt 3). Zu diesen Rahmenbedingungen gehören neben der Gebietsgröße, der Qualität der Böden oder der Lage am Meer auch die vorherrschenden Windgeschwindigkeits- und Solarstrahlungsverhältnisse. Es gibt nur wenige Erneuerbare Energien wie die Wasserkraft und die Gezeitenenergie der Ostsee, für deren Nutzung die Region weniger geeignet ist. Die wichtigsten Rahmenbedingungen für die Nutzung der Erneuerbare-Energien-Potenziale werden im Folgenden kurz angesprochen:

Das theoretische Potenzial der **Windenergie** wird durch Druckunterschiede in der Luftschicht über dem Boden gebildet, die Luftströmungen bewirken. In Bodennähe ist die Geschwindigkeit dieser Strömungen, also die Windgeschwindigkeit rauhigkeitsbedingt relativ gering, wohingegen sie mit der Höhe deutlich zunimmt[56]. Aus diesem Grund ist zudem auch die Windgeschwindigkeit im Binnenland niedriger als an der Küste und an der Küste niedriger als auf See.

Zwar ist der Flächenbedarf für die Aufstellung einer einzelnen Windenergieanlage, also für ihre Fundamentierung und Zuwegung relativ gering. Jedoch müssen Windenergieanlagen in Windparks mit einem gewissen Abstand zueinander installiert werden, um die wechselseitige Abschattung der Anlagen zu minimieren. Dies bedingt gegenüber Einzelanlagen einen höheren leistungsbezogenen Flächenbedarf. Bei Windparks an Land kann die Bodenfläche zwischen den Anlagen gegebenenfalls weiter genutzt werden, zum Beispiel durch die Landwirtschaft. Gleichwohl sollte bei der Standortwahl auf eine sparsame Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen und auf die Vermeidung von Beeinträchtigungen ihrer Bewirtschaftung geachtet werden.

In den zurückliegenden 10 bis 15 Jahren konnte auch eine zunehmend effizientere Ausnutzung der standörtlichen Windeigenschaften erreicht werden, indem die Windenergieanlagen besser an ihre Standorte angepasst wurden. Dabei lassen sich Starkwindanlagen für Standorte mit besseren Windeigenschaften von Schwachwindanlagen unterscheiden, welche auf Standorten mit weniger günstigen Windeigenschaften errichtet werden. Die Region Rostock lässt sich in dieser Hinsicht in küstennahe Standorte (Windzone 3, jahresmittlere Windgeschwindigkeit > 5 m/s) und in Binnenstandorte (Windzone 2, jahresmittlere Windgeschwindigkeit 4 - 5 m/s) unterteilen.

In den letzten Jahren ist die in Windenergieanlagen installierbare Leistung kontinuierlich gewachsen. Dies gilt sowohl für Windenergieanlagen an Land als auch besonders für offshore-Windenergieanlagen, wo das Unternehmen *Siemens Gamesa* im Jahr 2020 erstmals eine Anlage mit über 14 MW Leistung auf den Markt gebracht hat, die zudem mit einer *Power Boost*-Funktion auf bis zu 15 MW gesteigert werden kann /61/. Die Anlage verfügt über einen Direktantrieb. Der Rotor hat einen Durchmesser von 222 m, ist mit 108 m langen Rotorblättern besetzt und kommt auf eine überstrichene Fläche von 39.000 m^2. Die Anlage ist für die Windklassen I und S zertifiziert[57], also für Seegebiete, in denen Orkane, Zyklone oder Wirbelstürme auftreten können.

---

[56] Um diese höheren Windgeschwindigkeiten ausnutzen zu können, wird derzeit eine Höhenwindanlage entwickelt, die allerdings zunächst für den Einsatz in dem windarmen Binnenland vorgesehen ist. Weil dieser Entwicklung ein hohes Anwendungspotenzial zugesprochen wird, wird sie durch die gerade von BMBF und BMWi gegründete *Agentur für Sprunginnovationen* (SprinD GmbH) gefördert. Nähere Informationen sind verfügbar und der: https://www.sprind.org/de/laufende-projekte/bendix/.

[57] Quelle: https://www.siemensgamesa.com/en-int/products-and-services/offshore/wind-turbine-sg-14-222-dd.

Das technische Endenergiepotenzial ist gegenüber dem technischen Erzeugungs- bzw. Einspeisepotenzial an Windstrom um die Netz- und um die Speicherverluste kleiner, die bei einer gegebenenfalls erforderlichen Zwischenspeicherung entstehen. Dieses Erfordernis wächst mit steigender erneuerbarer Stromerzeugung (in Relation zur Kapazität der Stromnetze und zum Stromverbrauch) auch in der Region Rostock, wo bislang keine größeren Stromspeicher existieren (Abschnitt 4.4).

In der Stromerzeugung mit Kleinwindenergieanlagen besteht eine weitere, auch in der Region Rostock bislang kaum beachtete Möglichkeit der Nutzung der Windenergie. Dies begründet sich unter anderem durch fehlende Fördermöglichkeiten und durch rechtliche Rahmenbedingungen, die entweder noch nicht hinreichend entwickelt oder bekannt sind (technische Zulassungen, Genehmigungsrecht im Innen- bzw. im Außenbereich). Als Kleinwindenergieanlagen werden Anlagen in einem Leistungsbereich bis zu 250 kW bezeichnet, die sowohl in horizontalen als auch in vertikalen Bauformen eingesetzt werden. Dabei können kleinere, zum Beispiel 100-kW-Anlagen in (rand-)städtischen Bereichen errichtet werden, wohingegen sich 250-kW-Anlagen eher für die Aufstellung im ländlichen Raum eignen. Hersteller solcher Anlagen sind mit *LWS Systems GmbH & Co. KG* in Schönberg und mit *IndepEnergy - off-grid power solutions* in Krassow auch in Mecklenburg-Vorpommern ansässig.

Das theoretische Potenzial der **Solarenergie** wird durch die Leistung gebildet, die von der Sonne über einen bestimmten Zeitraum auf eine bestimmte Fläche eingestrahlt wird. Sie beträgt in Deutschland maximal ca. 1.000 W/m² und schwankt jahres- und tageszeitlich sowie räumlich und abhängig von der Wetterlage (Bewölkung). Die resultierende Jahressumme der Globalstrahlung beträgt in Deutschland im langjährigen Jahresmittel etwa 900 bis 1.200 kWh/m². Diese Energie kann sowohl für die Strom- als auch für die Wärmeerzeugung genutzt werden (Photovoltaik bzw. Solarthermie).

Das theoretische Potenzial ist wegen der begrenzten Wirkungsgrade von Kollektoren (Solarthermie) und besonders von Modulen (Photovoltaik) nur teilweise nutzbar (technisches Potenzial)[58]. Zudem kann jede Fläche (bislang) nur einmal genutzt werden, also entweder für die Strom- oder für die Wärmeerzeugung[59]. Anders als bei der Windenergie kommen hier jedoch nicht nur Freiflächen (zum Beispiel derzeit landwirtschaftliche Flächen oder Konversionsflächen), sondern auch gebaute Flächen wie die Dach- und Fassadenflächen von Gebäuden in Betracht. Die Größe einer Solaranlage wird hierbei durch die Größe des einzelnen Gebäudes bzw. durch dessen Wärmebedarf bestimmt. Das gebäudebezogene Solarenergiepotenzial ergibt sich somit als Summe der solarenergetisch nutzbaren Gebäudeflächen über alle in einer Region vorhandenen Gebäude. Sofern es gelingt, die Sanierungsrate von Gebäuden in den nächsten Jahren deutlich zu erhöhen und dabei ihren heutigen Wärmebedarf auf die Hälfte zu reduzieren, ist eine vollständige erneuerbare Deckung des verbleibenden Wärmebedarfs möglich /85/, S. 55. Hierbei kann und muss die Solarthermie eine tragende Rolle spielen.

Darüber hinaus kann Solarwärme sehr gut auch zur sommerlichen Kühlung von Gebäuden eingesetzt werden. Dieser Bedarf wird infolge des Klimawandels voraussichtlich auch in der Region Rostock zu-

---

58 Für die Erzeugung von Strom oder Wärme sind sowohl horizontale als auch senkrechte Flächen nutzbar, an letzteren ergibt sich allerdings ein um ca. 40 Prozent reduzierter Ertrag. Auch bei Solaranlagen, die auf Schrägdächern montiert und nicht optimal nach Süden ausgerichtet sind, kann der Energieertrag niedriger ausfallen (über einen großen Winkelbereich sind Energieverluste jedoch relativ gering. Umgekehrt kann durch Neigung oder Nachführung von Solaranlagen ein Strahlungsgewinn erzielt werden. Dies gilt besonders für Photovoltaik-Anlagen mit zweiachsiger Nachführung, bei denen sich der Energiegewinn auf mehr als 30 Prozent belaufen kann /85/, S. 89 ff.

59 Zwar gibt es bereits als Thermovoltaik oder Photothermie bezeichnete Hybridmodule /65/, jedoch sind diese Anlagen technisch wesentlich aufwendiger und damit kostenintensiver. Zudem können diese kombinierten Anlagen nicht die gleichen Wirkungsgrade erreichen, die mit den jeweiligen Einzeltechnologien erzielt werden können. Nähere Informationen sind beispielsweise verfügbar unter: https://www.photovoltaik-web.de/photovoltaik/module/sondermodule/hybridmodule-kombimodule-hybrid-kollektor.

nehmen (Abschnitt 3.5). Im Gegensatz zum Heizwärmebedarf stimmt der Kühlbedarf mit dem Solarstrahlungsangebot jahreszeitlich überein. Neben hinreichend großen und leistungsfähigen Kollektoren kommen in Anlagen zur solaren Kühlung in der Regel Absorptions-Kältemaschinen zum Einsatz.

In der Region Rostock kommt die Nutzung der Solarthermie nicht nur für die Versorgung von Einzelgebäuden, sondern auch für die Fern- bzw. Nahwärmeversorgung in Betracht. Dabei lassen sich mehrere Varianten unterscheiden:

- Erzeugung von Solarwärme auf einer Freiflächenanlage und Einspeisung in ein Fernwärmenetz,
- Erzeugung von Solarwärme und Einspeisung in ein Nahwärmenetz:
  - Wenn in dem versorgten Gebiet ein bestimmter Anteil von Mehrfamilienhäusern vorhanden ist bzw. wenn ein bestimmter Wärmebedarf je Gebäude überschritten wird, erfolgt die Wärmeerzeugung auf einer Freiflächenanlage.
  - In Versorgungsgebieten, die überwiegend oder ausschließlich aus Einfamilienhäusern bestehen, lässt sich dagegen ein Teil der Solarkollektoren gegebenenfalls auf den umliegenden Hausdächern installieren. Eine Freiflächenanlage kann dann kleiner sein oder gar entfallen[60]. Die Einspeisung der Solarwärme erfolgt hierbei in einen zentralen Wärmespeicher, aus dem dann die angeschlossenen Gebäude versorgt werden. Im Bedarfsfall kann eine zusätzliche Wärmeerzeugungsanlage installiert werden, beispielsweise in Form eines Biomassekessels.
- Für Fern- und Nahwärmesysteme, in die KWK-Anlagen zur Wärmeerzeugung integriert sind, wird oftmals ein Einspeisevorrang der KWK-Wärme gegenüber der Solarwärme gefordert, um die Auslastung der KWK-Anlagen nicht zu beeinträchtigen. Allerdings führt diese Einspeisevorgabe umgekehrt zu einer Beeinträchtigung der solaren Wärmeeinspeisung. Diese kann gegebenenfalls minimiert werden, indem ein Wärmespeicher entweder in die Solarthermieanlage oder in das Wärmenetz integriert wird. Zudem hat die Entwicklung des Börsenstrompreises in den vergangenen Jahren dazu geführt, dass KWK-Anlagen insbesondere in den Sommermonaten zunehmend außer Betrieb genommen werden. Da sich diese Preisentwicklung durch den voranschreitenden Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in Deutschland fortsetzen wird, werden sich die gewinnbringenden Laufzeiten von KWK-Anlagen voraussichtlich weiter verkürzen. Hier können gerade solare Wärmeerzeuger dazu beitragen, die wachsende Erzeugungslücke zu schließen /66/.

Werden Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen auf Freiflächen errichtet, handelt es sich typischerweise um deutlich größere Anlagen in Megawatt-Bereich. Geeignete Flächen zeichnen sich durch Siedlungs- (Solarthermie) bzw. durch Netznähe (Photovoltaik), durch geeignete Böden und Oberflächenreliefs (zum Beispiel mit Hangneigung) sowie durch hinreichend große Abstände zu schattenwerfenden Objekten aus. Solche Standorte sind in der Region Rostock durchaus vorhanden. Neben der Netznähe bei Photovoltaik-Freiflächenanlagen stellt eine sparsame Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen eine weitere Zielgröße bei der Standortwahl dar. Zugleich sind Beeinträchtigungen der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen durch Zufahrten zu den Freiflächenanlagen möglichst zu vermeiden.

Während verbrauchsnahe Standorte sowohl für Photovoltaik- als auch für Solarthermie-Freiflächenanlagen in Betracht kommen, können an verbrauchsfernen Standorten nur Photovoltaik-Anlagen errichtet werden. Diese sind insoweit in ihrer Standortwahl freier als solarthermische Freiflächenanlagen. In jedem Fall sollte vor der Inanspruchnahme von landwirtschaftlichen Nutzflächen (Agri-PV) die Verfügbarkeit alternativer Standorte geprüft werden. Die Anlagenfläche steigt mit der Anlagenleistung. Der für die Energieerzeugung nutzbare Anteil einer Freifläche reduziert sich allerdings um die

[60] Gegebenenfalls ist es energetisch und wirtschaftlich sinnvoller sowie insgesamt ressourcenschonender, die Flächenpotenziale auf bzw. an Gebäuden vorzugsweise für die solare Stromerzeugung zu nutzen /7/, S.10.

Fläche für Servicewege und für elektrotechnische Anlagen, die üblicherweise zwischen den Kollektoren bzw. Modulen angeordnet werden.

Auch bei der Solarenergie ist das stromseitige technische Endenergiepotenzial gegenüber dem Erzeugungs- bzw. Einspeisepotenzial um die Netz- und gegebenenfalls um die Speicherverluste kleiner. Der Speicherbedarf steigt deutlich an, wenn der eingespeiste Photovoltaik-Strom rechnerisch einen Anteil von 15 Prozent am Stromverbrauch erreicht.

Das theoretische Potenzial der **Bioenergie** wird durch die in einem Gebiet erzeugbaren Bioenergieträger bzw. anfallenden biogenen Reststoffe gebildet. Bei diesen handelt es sich besonders um die für eine energetische Nutzung angebauten Energiepflanzen, um landwirtschaftliche pflanzliche und tierische Reststoffe, um forstwirtschaftliche Reststoffe, um Reststoffe aus der Landschaftspflege[61] sowie um organische Abfälle und Abwasser (Anhang 1). Das theoretische Flächen-Potenzial umfasst somit die gesamte nicht bebaute Bodenfläche einer Region.

Das Flächen-Potenzial für den Anbau von Biomasse zur energetischen Verwertung ist deckungsgleich der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche. Die Region Rostock verfügt über große Landwirtschaftsflächen mit hochwertigen Böden[62]. Solange diese gemäß den heutigen Erlösstrukturen primär zur Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln genutzt werden, besteht das nutzbare Flächen-Potenzial allerdings nur aus denjenigen Flächen, die kurz- bzw. mittelfristig nicht für die Nahrungs- und Futtermittelmittelerzeugung benötigt werden. Dieses Flächen-Potenzial reduziert sich weiter, da angebaute (einjährige) Energiepflanzen in Fruchtfolgen einzuordnen sind. Alle Energiepflanzen haben ein bestimmtes Ertragspotenzial (Erntemasse je Hektar und Jahr), wobei erntetechnisch begründete Verluste anfallen. Bei land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen wird das Potenzial durch die Flächen und durch die darauf anfallenden Reststoffmengen gebildet. Diese müssen allerdings um die Mengenanteile reduziert werden, die zur Erhaltung einer ausgeglichenen Nährstoff- bzw. Humusbilanz auf den Ackerflächen und im Wald verbleiben müssen[63]. Bei den Reststoffen aus der Tierhaltung ergibt sich das technisch nutzbare Mengenpotenzial aus der Größe der Tierbestände, aus dem tierartspezifischen Reststoffanfall sowie aus dem Anteil der Stallhaltung, die allein eine technische Verfügbarmachung der Reststoffe ermöglicht.

Bei der Nutzung der genannten Bioenergieträger beispielsweise in Biogasanlagen zur Strom-, Gas- bzw. Wärmeerzeugung kann die Art der Biogasgewinnung und -nutzung einen großen Einfluss auf Umweltschutzgüter haben. In der umweltfachlichen Bewertung sind bei der Verwertung von in landwirtschaftlichen Betrieben anfallenden Reststoffen in der Regel die geringsten Auswirkungen auf Um-

---

61 Die energetische Nutzung von Reststoffen aus der Landschaftspflege bietet die Möglichkeit, die ökologisch sehr wichtige und regelmäßig erforderliche Landschaftspflege mit der Verwertung des dabei anfallenden Landschaftspflegeguts zu verknüpfen /7/, S. 16.

62 Die Region Rostock verfügt überwiegend über sandige und lehmige Böden mit mittleren Ackerzahlen von 28 und höher. Dies gilt besonders für das Gebiet des ehemaligen Landkreises Bad Doberan und für das Gebiet um Güstrow und Teterow /59/. Diese mittleren Ackerzahlen können sich für die Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen insofern als günstig erweisen, als die Landwirtschaft aus wirtschaftlichen Gründen besonders hochwertige Böden mit hohen Ertragspotenzialen, wie sie im Landkreis Nordwestmecklenburg flächendeckend vorhanden sind, vorzugsweise zur Erzeugung von Nahrungsmitteln nutzt: Diese konnten in den vergangenen Jahren auf ihren Märkten höhere Preise erzielen als nachwachsende Rohstoffe.

63 Zu berücksichtigen ist außerdem, dass Holz einen wertvollen Rohstoff darstellt, der in verschiedensten Industriebranchen nachgefragt wird, beispielsweise in der Bauindustrie oder in der Möbelindustrie. Zudem könnte die Nachfrage nach Holz erheblich steigen, wenn in der Entwicklung befindliche Verfahren zum Trennen der Holzbestandteile (Zellulose und Lignin) anwendungsreif werden. Diese Biomoleküle besitzen ein großes Potential zur Herstellung zahlreicher Grundchemikalien mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten /60/. Auch ein aktueller Förderaufruf des Bundes zielt auf die Entwicklung neuer Verfahren der Strombasierten Konversion von biogenen Rohstoffen und der elektrochemischen Herstellung von biobasierten Produkten (Elektrosynthese) (Quelle: https://www.fnr.de/projektfoerderung/aktuelle-foerderaufrufe/#n11608).

weltschutzgüter zu erwarten. Dagegen ist die Verwertung von Anbaukulturen nicht nur in der Nutzung, sondern auch bei dem Anbau und Transport mit Umweltwirkungen verbunden. Dies gilt besonders für den großflächigen und einseitigen Energiepflanzenanbau /7/, S. 11 ff.

Bei organischen Abfällen, die ebenso wie Reststoffe keiner Flächenkonkurrenz unterliegen, ergibt sich das Mengen-Potenzial aus der Einwohnerzahl und aus dem Abfallaufkommen je Einwohner bzw. aus dem realisierten Umfang der Produktionsprozesse, in denen Abfälle entstehen. In der Region Rostock könnten zusätzlich biogene Abfälle aus der saisonalen Kreuzschifffahrt genutzt werden, sofern diese in Warnemünde angelandet werden. Die energetische Nutzung von biogenen Abfällen steht in direkter Konkurrenz zu ihrer Kompostierung. Restriktionen für dieses Potenzial entstehen weiterhin dadurch, dass das Abfallaufkommen nicht vollständig erfasst wird. Ein Beispiel hierfür ist die unvollständige Erfassung von Restholz im Baugewerbe. Eine weitere Restriktion bedeuten gegebenenfalls enthaltene Verunreinigungen wie Holzschutzmittel. Kompostierfähige Reststoffe aus der Nahrungsmittelindustrie weisen oft erhebliche Unterschiede hinsichtlich Zusammensetzung, Wasser- und Trockenmassegehalt auf und müssen gegebenenfalls unter Energieeinsatz für eine energetische Verwertung aufbereitet werden. Auch Reststoffe aus der Garten- und Landschaftspflege sowie Grünabfälle eigenen sich sehr gut für eine Kompostierung. Aus Abwässern lassen sich Klärgas und Klärschlamm gewinnen und energetisch verwerten. Das Potenzial wird durch ähnliche Faktoren bestimmt wie bei Abfällen. Bei der Erzeugung von Strom und Wärme aus Biomasse kommt somit eine Vielzahl von festen, flüssigen und gasförmigen Energieträgern zur Anwendung.

Eine große und vor allem zunehmende Bedeutung kommt der Landwirtschaft auch wegen ihrer Möglichkeit zu, Rohstoffe für die Kraftstoffherstellung zu erzeugen. Die aus diesen Rohstoffen herstellbaren Pflanzenöle und Biokraftstoffe sowie *biomass-to-liquid* (BtL)-Kraftstoffe sind eine wesentliche Voraussetzung für die Dekarbonisierung des Verkehrssektors in Deutschland und auch in der Region Rostock, bei der bislang faktisch kaum Fortschritte erzielt werden konnten. Als Obergrenze für den Anbau von Pflanzen zur Erzeugung von Pflanzenölen kann ein maximaler Flächenanteil von ca. 20 Prozent der Ackerfläche vom Land auf die Region Rostock übertragen werden /63/, S. 13. Biokraftstoffe können im Übrigen gerade auch zu den in der Schifffahrt eingesetzten Kraftstoffen beigemischt werden[64]. Hier eröffnet sich nicht nur der Landwirtschaft ein zusätzliches Wertschöpfungspotenzial, sondern auch den Bunkerfirmen im Rostocker Überseehafen, welche die Beimischung durchführen und den Mischkraftstoff an die Reedereien der Schiffe verkaufen können, die den Hafen anlaufen.

Aus der Küstenlage der Region Rostock resultiert ein Aufkommen an Biomasse in Form von Seegras, Seetang und Algen (Treibsel). Allerdings werden die anlandenden Mengen als den Tourismus störend[65] und daher besonders als Entsorgungsproblem wahrgenommen, zumal die Erfassung der unstet anfallenden Biomasse technisch schwierig ist und es bislang kein gemeinschaftliches Verwertungskonzept der betroffenen Gemeinden gibt. Gleichwohl werden in einem aktuellen Interreg-Forschungsprojekt "COASTAL Biogas" Möglichkeiten der energetischen Nutzung untersucht[66].

Das theoretische Potenzial der **Wasserkraft**, also der Strömungsenergie von Fließgewässern wird besonders von dem Querschnitt eines Flusses und von seiner Strömungsgeschwindigkeit bestimmt, die wiederum wesentlich von seinem Gefälle abhängig ist. In der Region Rostock kommt besonders die Warnow für die Nutzung der Wasserkraft durch Laufwasserkraftwerke in Betracht. Sie erfolgte dort früher besonders an Standorten mit Getreidemühlen, die heute nicht mehr existieren. Der Stromerzeugung dienen bislang nur wenige Wasserkraftanlagen (Abschnitt 4.3.4), die in den Städten Bad

---

64 Neben Biokraftstoffen können dabei auch biogene Reststoffe zum Einsatz kommen, wie das Verbundprojekt *PyroMar* zeigt, an dem auch die Universität Rostock beteiligt ist. Gegenstand des Projektes ist die Herstellung dekarbonisierter *drop-in-Fuels*, die also konventionelle Kraftstoffe direkt ersetzen können und die auf Seeschiffen besonders in *Emission Control Areas* (ECAs) eingesetzt werden sollen /64/. Weiterführende Informationen: https://www.lkv.uni-rostock.de/forschung/aktuelle-forschungsprojekte/pyromar/.

65 So zum Beispiel auf https://tourismus.mv/artikel/universitaet-rostock-bitte-um-beteiligung-an-umfrage-zu-angespueltem-seegras.

66 Quelle: https://www.coastal-biogas.eu/.

Doberan, Bützow (2 Anlagen) und Güstrow sowie in der Gemeinde Thürkow installiert sind. Dieser geringe Stand der Wasserkraftnutzung erklärt sich dadurch, dass das Potenzial aufgrund der geringen Höhenunterschiede im Oberflächenrelief der Region als gering eingeschätzt wird. Zudem ergeben sich technische Restriktionen beispielsweise daraus, dass heute verfügbare Strömungsmaschinen oft nur einen relativ kleinen Teil des Flussquerschnittes nutzen (Abflussnutzungsgrad). Gegebenenfalls verbietet sich eine vollständige Entnahme der Strömungsenergie in bestimmten Gebieten auch aus ökologischen Gründen (technisches Potenzial). Allerdings zeigen aktuelle technische Entwicklungen, dass eine Nutzung der Wasserkraft auch in kleinen Flüssen oder in Flüssen mit Höhenunterschieden unter 2,5 m möglich ist. Die an solchen Gewässern installierbare Anlagenleistung wird in Deutschland insgesamt auf 500 MW geschätzt[67]. Zudem stellt die kontinuierliche Stromerzeugung der Wasserkraft ein Vorteil gegenüber der Solar- und der Windenergie dar. Allerdings können Wasserkraftanlagen je nach Ausführung im Widerspruch zu den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie stehen, weil sie die Durchwanderbarkeit der Gewässer beeinträchtigen. Aufgrund von Rückstau durch Wasserkraftanlagen ist gegebenenfalls auch mit Beeinträchtigungen nahegelegener hydrologischer Pegel zu rechnen. Perspektivisch könnte der als Folge des Klimawandels zunehmende Wassermangel auch die Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftanlagen beeinträchtigen.

Die **Tiefengeothermie** kann prinzipiell sowohl zur Stromerzeugung als auch zur Wärmeversorgung eingesetzt werden. Als Voraussetzung für die Stromerzeugung wird vielfach eine Temperatur des Untergrundes von mindestens 100 °C genannt. Solche Standorte finden sich in der Region Rostock allerdings kaum bzw. nur in sehr großen Tiefen, die durch aufwendige Bohrungen erschlossen werden müssten. Allerdings kann, wie das Geothermie-Heizkraftwerk in Neustadt-Glewe demonstriert hat, auch an Standorten mit geringeren Temperaturniveaus eine Stromerzeugung stattfinden. Dazu kann eine geothermische Fernwärmeversorgung mit einem ORC-Prozess kombiniert werden, in dem die geothermische, nicht zu Fernwärmeversorgung benötigte Überschusswärme genutzt wird.

Das theoretische Potenzial der tiefen Geothermie kann gemäß den geologischen Formationen nur großflächig anhand des im Untergrund gespeicherten Wärmeinhalts abgeschätzt werden. Solchen Abschätzungen zufolge könnte Deutschland theoretisch die Hälfte seines Strombedarfs mit geothermisch erzeugtem Strom decken. Sofern KWK-Anlagen eingesetzt werden, könnte zusätzlich mindestens die 1,5-fache Energiemenge als Wärme gewonnen werden /85/, S. 369, obwohl Deutschland nicht zu den Regionen der Erde mit besonders günstigen Voraussetzungen für die tiefen Geothermie zählt. Gemäß den in ihrem Untergrund vorhandenen Temperaturniveaus kann die Tiefengeothermie in der Region Rostock jedoch durchaus an einigen Standorten zur Wärmeerzeugung genutzt werden.

Von der Tiefengeothermie abzugrenzen ist die sogenannte **oberflächennahe Geothermie**. Dabei wird die Wärme im oberflächennahen Erdreich bis zu Tiefen von 400 m bzw. die Wärme im Grundwasser genutzt. Da besonders die direkt unter der Erdoberfläche genutzte Wärme wesentlich aus dem komplexen Zusammenwirken von Solarstrahlung, Lufttemperatur, Wind und Niederschlag resultiert, handelt es sich eigentlich um eine Umweltwärme. Der Temperaturbereich bis etwa 100 m Tiefe lässt sich mit durchschnittlich 7 bis 12 °C angeben. Während die Wärmegewinnung durch Flachkollektoren eine ausreichende Flächenverfügbarkeit voraussetzt, können mit dem Einsatz von Erdwärmesonden nachteilige Umweltwirkungen wie die Gefährdung von Schutzzonen für die Trinkwassergewinnung verbunden sein /7/, S. 19. Erdwärmesonden können die Deckschichten gespannter Grundwasserleiter stören, was zu hydraulischen Kurzschlüssen zwischen unterschiedlichen Grundwasserleitern führen kann. Auch eine Beeinflussung angrenzender Grundwassermessstellen ist möglich.

Eine weitere Form der Nutzung von **Umweltwärme** ist die Wärmegewinnung aus der bodennahen Luft. Da die oberflächennahen Temperaturen der genannten Umweltmedien für eine unmittelbare Nutzung für die Gebäudebeheizung zu niedrig sind, werden Wärmepumpen zur Anhebung des Temperaturniveaus eingesetzt. Aus dem gleichen Grund lässt sich der Untergrund nicht nur zur Wärme-

[67] Quelle: https://cordis.europa.eu/project/rcn/86246_en.html.

gewinnung, sondern auch als Kältequelle und zur Speicherung von thermischer Energie nutzen (solarthermische Wärme, Prozesswärme, saisonale Wärme- oder Kälteenergie). Umweltwärme kann in der Region Rostock an allen Standorten genutzt werden, an denen sich zum Beispiel die erforderlichen Erdkollektoren für den Wärmeaustausch installieren lassen und an denen ein entsprechender Wärmebedarf vorhanden ist (unbebaute Siedlungsflächen).

Wegen ihrer Lage an der Ostsee kommt in der Region Rostock auch die Nutzung von **Meeresenergie** in Betracht. Das theoretische Potenzial der Meeresenergie für die Stromerzeugung setzt sich aus der Gezeitenenergie, aus der Strömungsenergie und aus der Windenergie zusammen. Wegen der vergleichsweise geringen Gezeitenunterschiede kann die Gezeitenenergie der Ostsee kaum energetisch genutzt werden (zumal hierfür größere Dammanlagen erforderlich wären). Da der Küstenlinie der Region keine Inseln vorgelagert sind, um die herum größere Strömungen auftreten könnten, lassen sich für die Region Rostock höchstens Querströmungen vor ihrer Küste nutzen[68]. Auch die Wellenenergie der Ostsee kann gegebenenfalls an geeigneten Stellen genutzt werden. Allerdings sind die diesbezüglichen Potenziale bislang kaum untersucht. Darüber hinaus besteht ein theoretisches Potenzial für die Nutzung der Meeresenergie zur Wärmegewinnung. Auch hierbei handelt es sich um eine Form von Umweltwärme. Beispielsweise wird in Warnemünde ein einzelnes Gebäude in unmittelbarer Küstennähe mit Wärme aus der Ostsee beheizt, die durch eine Wärmepumpenanlage gewonnen wird[69].

In Tabelle 4 sind wesentliche potenzialbestimmende Rahmendaten zusammengestellt, die für die Nutzung der Erneuerbaren Energien in der Region Rostock bedeutsam sind. Wie die Tabelle zeigt, können potenziell mehr als 20 Prozent der Bodenfläche der Region Rostock für eine Nutzung physikalischer Erneuerbarer Energien herangezogen werden.

Bei der Windenergie basiert die angegebene Potenzialfläche auf der landwirtschaftlichen Fläche in der Region, von der gegebenenfalls bis zu 25 Prozent aufgrund ihrer Flächeneigenschaften (Größe der Einzelflächen, Oberflächenrelief und ähnliches) genutzt werden können. Bei der Solarenergie ergibt sich die potenziell nutzbare Fläche aus dem heute bzw. zukünftig vorhandenen Bestand an Wohn- und Nichtwohngebäuden. Hinzu kommt eine potenziell für solare Freiflächenanlagen nutzbare Fläche, für die ein Anteil an der Bodenfläche der Region erschlossen werden könnte (in der Tabelle wurden 5 Prozent der Bodenfläche der Region angenommen). Für die Nutzung biogener Erneuerbarer Energien können prinzipiell Landwirtschaftsflächen, Waldflächen sowie Flächen mit sonstiger Vegetation herangezogen werden. Insgesamt lassen sich also fast 90 Prozent der Bodenfläche der Region für die Gewinnung von Biomasse nutzen. Der weitaus größte Teil dieser Fläche entfällt auf die Landwirtschaftsfläche, die freilich vorrangig der Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln dient, auf der aber gezielt auch biogene Rohstoffe für die energetische und für die stoffliche Nutzung erzeugt werden können. Die angegebenen Flächenanteile beruhen auf Annahmen, die in der Tabelle angegebenen Rahmendaten können und sollen also nur eine Orientierung geben.

In Anhang 2 sind ergänzend die oben beschriebenen Abgrenzungen und Restriktionen noch einmal zusammengefasst, die den Berechnungen der Energie-Potenziale zugrunde liegen. Die Ergebnisse der Potenzialberechnungen werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

Darüber hinaus enthält der Fachbeitrag Umweltplanung zu diesem Energiekonzept /7/ umweltfachliche Bewertungen der möglichen Auswirkungen, die ein forcierter Ausbau einzelner erneuerbarer Energiequellen in der Region Rostock haben könnte. Darin werden die für das jeweilige erneuerbare Energie-Potenzial aus Umweltsicht als relevant einzustufenden raumordnerischen Rahmenbedingungen herausgearbeitet und gegebenenfalls in Konfliktanalysen zusammengeführt.

---

68 Die Nutzung der Strömungsenergie erfolgt ähnlich der Windenergie in frei umströmten Meeresströmungskraftwerken. Wegen der deutlich höheren Dichte des Wassers im Vergleich zur Luft können diese Anlagen bereits bei relativ geringen Strömungsgeschwindigkeiten hohe Leistungsausbeuten erzielen /85/, S. 365.

69 Quellen: https://www.baunetzwissen.de/heizung/objekte/wohnen/wohnhaus-in-warnemuende-787553, https://www.weishaupt.it/de/produkte/waermepumpen/waermequelle-erde/weishaupt-sole-wasser-waermepumpen/referenz.

Tabelle 4: Rahmendaten für die Nutzung Erneuerbarer Energien in der Region Rostock

Merkmal in ha (gerundet) bzw. Prozent	**Städtische Gemeinden**	**Ländliche Gemeinden**	**Region Rostock**
1	2	3	4
Gesamtbodenfläche	28.627	318.825	347.452
für die Windenergienutzung			
Potenzialfläche [1)]	2.170	57.000	59.170
Anteil an der Regionsfläche	7,6	17,9	17,0
für die Solarenergienutzung			
Wohngebäude - nutzbare Dachfläche	207	240	446
Nichtwohngebäude - nutzb. Dachfläche	75	143	218
- nutzb. Fassadenfläche	30	56	85
Fläche für Freiflächenanlagen [2)]	1.000	15.000	16.000
für die Umweltwärmenutzung			
Siedlungs- und Verkehrsfläche	10.998	26.949	37.947
davon nutzbar [3)]	110	269	379
für physikal. EE-Nutzung gesamt	3.562	72.652	76.214
Anteil an der Regionsfläche	12,4	22,8	21,9
für die Biomasseerzeugung			
Landwirtschaftsfläche gesamt	8.673	228.756	237.429
Wald- u. Gehölzfläche (nutzbar: Holzzuwachs)	7.801	55.342	63.143
Flächen mit sonstiger Vegetation	1.148	6.949	8.097
für die Biomasseerzeugung gesamt	17.622	291.047	308.669
Anteil an der Regionsfläche	61,6	91,3	88,8

Alle Flächenangaben in 10.000 m².

[1)] Annahme: 25 Prozent der Gesamtfläche abzgl. Wald-/Gehölz/sonst.Vegetation, Wasser-, Siedlungs- und Verkehrsfläche (Summe über alle Gemeinden)

[2)] Annahme: 5 Prozent der Bodenfläche (Gesamtfläche abzgl. Wasserfläche - Summe über alle Gemeinden)

[3)] Annahme: 1 Prozent der Siedlungs- und Verkehrsfläche (Summe über alle Gemeinden)

4.3.3 Potenziale für die Nutzung Erneuerbarer Energien in der Region Rostock

In der Region Rostock ist unter den gegebenen natürlichen Rahmenbedingungen (Abschnitt 4.3.2) eine Vielzahl von Erneuerbaren Energien nutzbar. Für diese wurden zunächst die theoretischen Energie-Potenziale auf der Ebene der Region abgeschätzt. In einem nächsten Schritt wurden auf der Gemeindeebene diejenigen technischen Energie-Potenziale berechnet, die sich entsprechend den gegenwärtigen gesetzten Rahmenbedingungen quantifizieren lassen, soweit diese nicht direkt verändert werden können. Dies betrifft diejenigen Erneuerbaren Energien, die innerhalb der heutigen Siedlungsstruktur, auf gebauten Oberflächen sowie auf Landwirtschafts- und Waldflächen genutzt

werden können, Tabelle 5. Dazu wurden *zum einen* amtlich-statistische Daten besonders zur Flächennutzung und zum Gebäudebestand in den Gemeinden herangezogen. Diese entsprechen in der Summe über alle Gemeinden jeweils den im vorhergehenden Abschnitt angegebenen regionalen Rahmenbedingungen. *Zum anderen* wurden dazu energiequellenspezifische Potenzialmodelle genutzt, die eine Berechnung der Potenziale der einzelnen Erneuerbaren Energien ermöglichen[70]. Die methodischen Grundlagen und die Datenbasis dieser Modelle sind im Anhang 1 kurz beschrieben.

Anschließend wurden diejenigen technischen Energie-Potenziale berechnet, die sich infolge von direkt beeinflussbaren Rahmenbedingungen nur als Möglichkeitsraum quantifizieren lassen, also die Windenergie an Land sowie Photovoltaik- und Solarthermie-Freiflächenanlagen. Tabelle 5 gibt daher nur die Energie-Potenziale an Land an, die für die Region Rostock mit den obigen Rahmendaten sowie mit einer Vielzahl von weiteren Daten berechnet wurden[71]. Die Potenziale der Windenergie und der Photovoltaik sind für die Kleinwindenergie und für die Photovoltaik auf gebauten Oberflächen angegeben. Noch nicht in der Tabelle enthalten sind die Potenziale für große Windenergieanlagen an Land und für Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Diese Potenziale lassen sich, wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, infolge der direkt beeinflussbaren Rahmenbedingungen nur als Möglichkeitsraum[72] quantifizieren. Sie werden anschließend quantifiziert und beschrieben.

Die Tabelle gibt in den Spalten 2 und 3 zunächst die theoretischen Energie-Potenziale an, also die gewinnbaren Energiemengen, die aus den natürlichen Rahmenbedingungen und aus der Flächenstruktur der Region resultieren (Boden-, Wasser-, Wald-, Landwirtschaftsfläche). Im unteren Teil der Tabelle sind die Summen der theoretisch nutzbaren Energie-Potenziale angegeben.

Weiterhin gibt Tabelle 5 in der Spalte 4 für die ausgewählten Erneuerbaren Energien die technischen Energie-Potenziale[73] an. Besondere zur gemeindeweisen Berechnung der Bioenergiepotenziale wurde eine Vielzahl von regionalen sowie von Land- und forstwirtschaftlichen Parametern zugrunde gelegt. Dabei handelt es sich zunächst um die in der Region vorhandenen Tierbestände, deren Exkremente sich bei Rindern zu ca. 60 Prozent und bei Schweinen zu ca. 90 Prozent erfassen lassen. Daraus berechnen sich dann entlang der im Anhang A 1 dargestellten Prozesskette die zugehörigen Potenziale. Für den Anbau von Biomasse zur Biogaserzeugung (Silomais) wird eine Fläche von 2,5, 4,0 bzw. 5,5 Prozent der in der Region vorhandenen Landwirtschaftsfläche zugrunde gelegt. Im Hinblick

---

70 Diese Potenzialmodelle wurden beispielsweise auch bei der Erarbeitung des Landesatlas Erneuerbare Energien Mecklenburg-Vorpommern /68/ eingesetzt und sind zwischenzeitlich weiterentwickelt worden. Zur Aktualisierung technischer Parameter wurden verschiedene Potenzialanalysen ausgewertet, die zu Erneuerbaren Energien vorliegen, darunter /69/, /70/, /71/, /72/ und /73/. Diese Parameter betreffen besonders die Wirkungsgrade, die hier technologiespezifisch, aber regional einheitlich festgelegt wurden.

71 Wie erwähnt, eignen sich einige Energiequellen für die Kraft-Wärme-Kopplung, während sich mit anderen nur Strom oder nur Wärme erzeugen lässt (Abschnitt 3.3.1). Die Potenziale in der Tabelle sind jeweils in Form von Strom bzw. Wärme, also als Endenergie ausgewiesen. Dabei wurden die Bioenergie-Potenziale als Strom ausgewiesen, der in KWK-Anlagen erzeugt wurde (der Anlagenbestand in der Region Rostock besteht nahezu vollständig aus KWK-Anlagen, Abschnitt 4.4.1). Die bei der KWK-Stromerzeugung entstehende KWK-Wärme wurde wie ein eigenständiger Energieträger als „KWK-Wärme aus Biostromerzeugung“ ausgewiesen. Diese Wärme errechnet sich in gleicher Höhe wie der insgesamt aus Biomasse erzeugte Strom, das heißt, es wird für den KWK-Anlagenbestand eine durchschnittliche Stromkennzahl $\sigma = P/Q = 1$ zugrunde gelegt.

72 Die Möglichkeit der direkten Beeinflussung besteht bei der Windenergie in der Ausweisung von Windeignungsgebieten durch die Regionalplanung und bei der Solarenergie in der Ausweisung von Standorten im Rahmen der Bebauungsplanung.

73 Bei der Auswertung der ausgewiesenen technischen Potenziale ist zu beachten, dass diese nur unter bestimmten Voraussetzungen zu einem Gesamtpotenzial aufsummiert werden können, da ihre Nutzungen sich zum Teil gegenseitig ausschließen. So steht eine mit einer solarthermischen Anlage belegte Dachfläche zumindest solange nicht mehr für die Photovoltaik-Stromerzeugung zur Verfügung, wie es keine marktreifen Technologien zur simultanen Erzeugung gibt. Daher müssen für die Summenbildung zusätzliche Annahmen über die Nutzung der jeweiligen Potenziale getroffen werden.

Tabelle 5: Ausgewählte Erneuerbare-Energien-Potenziale der Region Rostock[74]

Energieträger			Theoretisches Potenzial (gerundet)	Theoret.nutzb. Potenzial (gerundet)	Technisches Potenzial (gerundet)	aktuell genutztes Potenzial
			TJ/a	TJ/a	TJ/a	TJ/a
1			2	3	4	5
Klein-Windenergie an Land		Strom	1.158.000	540.300	200	3
Wasserkraft		Strom	100	100	4	0,3
Photovoltaik (techn. Pot. ohne FFA)		Strom	13.650.000	3.220.000	2.700	570
Biogas	Rindergülle	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)	146.700	8.900	200	1.015
Biogas	Schweinegülle	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			100	
Biogas	Silomais I	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			300	
Biogas	**Silomais II**	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			400	
Biogas	Silomais III	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			600	
Biogas	Grünlandschnitt-Biogas	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			100	
Biogas	GaLaRe-Biogas	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			1	
Biogas	GPS-Biogas	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			10	
Biomasse	Waldholz	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			100	466
Biomasse	Waldrestholz	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			100	
Biomasse	Energieholz	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			400	
Biomasse	Gala-Holz	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			0	
Biomasse	Getreide(rest-)stroh	als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			1.300	
Pflanzenöl		als erzeugbarer Strom oder Wärme (hier ausgewiesen als Strom)			200	
KWK-Wärme aus Biostromerzeugung		Wärme	156.000	8.000	2.930	1.527
Solarthermie (techn. Pot. ohne FFA)		Wärme	13.650.000	9.670.000	14.400	78
Erdwärme		Wärme	400.000	39.000	400	214
Summe - Strom			14.950.000	3.760.000	6.715	2.053
Summe - Wärme			14.200.000	9.710.000	17.730	1.819

auf die Gewinnung von Biogas auf Grünland wird ein maximal nutzbarer Anteil der in der Region vorhandenen Grünlandfläche in Höhe von 20 Prozent angenommen. Bei der Abschätzung des Biogaspotenzials von Landschaftspflegeresten wird die in der Region vorhandene Hecken- und Gebüschfläche sowie ein jährlicher Frischwasser-Aufwuchs von ca. 6 t/ha zugrunde gelegt. Dem entsprechen bei dem Holzpotenzial aus der Landschaftspflege die Straßenbegleit- und Friedhofsflächen sowie ein jährlicher Frischmasse-Zuwachs von ca. 3 t/ha. Im Hinblick auf die Erzeugung von Energieholz (schnell wachsende Baumarten) wird ein nutzbarer Anteil der regionalen Landwirtschaftsfläche in Höhe von 3,0 Prozent angenommen. Die darauf erzielbaren Erträge wurden aus Untersuchungen zu in der Region vorhandenen Versuchspflanzungen abgeleitet. Analog dazu wurden bei dem Anbau von Roggen

[74] Der Begriff „Silomais“ steht für stellvertretend für ein Spektrum von Anbau-Energiepflanzen.

zur Gewinnung von Ganzpflanzensilage (GPS) 20 Prozent der Landwirtschaftsfläche als potenziell nutzbar eingeschätzt. Für die Berechnung des Potenzials an Getreide(rest-)stroh wurden die in den zurückliegenden Jahren durchschnittlich für den Getreideanbau eingesetzten landwirtschaftlichen Flächen sowie entsprechende Erträge und ein energetisch nutzbarer Anteil von 50 Prozent des Strohaufkommens zugrunde gelegt (die übrigen 50 Prozent bleiben somit für die Nutzung in der Landwirtschaft verfügbar). Schließlich wurde bei der Berechnung des Potenzials an Pflanzenöl die in den vergangenen Jahren durchschnittlich zur Erzeugung von Winterraps genutzte Landwirtschaftsfläche sowie ein Erweiterungspotenzial von 20 Prozent dieser Fläche angenommen. Alle genannten Parameter waren entweder in den vergangenen Jahren in der Region Rostock beobachtbar oder sie wurden in Fachgesprächen mit regionalen Landwirtschaftsexperten bzw. in der Auswertung vergleichbarer Potenzialanalysen gewonnen. Sämtliche Potenziale wurden in der Tabelle gerundet. Damit wird berücksichtigt, dass die in einzelnen Jahren erzielbaren Erträge witterungsbedingt schwanken können.

Zuletzt ist in der Spalte 5 der Tabelle 5 der aktuelle Nutzungsstand der jeweiligen technischen Energie-Potenziale angegeben. Da diese Nutzung nur erfolgt, wenn sie auch unter den aktuellen Rahmenbedingungen wirtschaftlich ist, entspricht der aktuelle Nutzungsstand der Erneuerbaren Energien zugleich dem Teil der Potenziale, der unter den heutigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich nutzbar ist, also den wirtschaftlichen Potenzialen.

Bei den stromerzeugenden Erneuerbaren Energien sind danach vor allem die Potenziale der Bioenergie mit 2,9 PJ und der Photovoltaik auf bzw. an Gebäuden mit 2,7 PJ bedeutsam. Bei den wärmeliefernden Erneuerbaren Energien ist es vor allem die Solarthermie auf bzw. an Gebäuden, die mit fast 14,4 PJ ein großes Potenzial aufweist (wenn die Potenzialflächen vollständig für die Wärmeerzeugung genutzt werden). Technisch können durch diese Erneuerbaren Energien in der Region Rostock somit erhebliche Energiemengen, insgesamt ca. 7 PJ Strom bzw. 18 PJ Wärme bereitgestellt werden, ohne dass hierfür die derzeitige Nutzungsstruktur der Bodenfläche verändert werden müsste.

Bei den nachwachsenden Rohstoffen für die Erzeugung von Biogas war Silomais in den vergangenen Jahren von besonderer Bedeutung. Deshalb wird das technische Silomais-Potenzial (Spalte 4) in drei Varianten angegeben, die sich in der Nutzungsintensität der in der Region vorhandenen Landwirtschaftsfläche unterscheiden. Gleichwohl steht Begriff „Silomais“ dabei für stellvertretend für ein Spektrum von regional anbaufähigen Energiepflanzen. In die folgenden Potenzialangaben wird jeweils die mittlere Nutzungsstufe (II) einbezogen.

Innerhalb der Bioenergieträger entfällt das größte Einzelpotenzial auf die gezielt zur energetischen Nutzung angebauten ein- und mehrjährigen Energiepflanzen, also auf Silomais und auf Energieholz. Ihr technisches Potenzial wurde mit jeweils ca. 0,4 PJ abgeschätzt. Werden diese Strommengen in Heizkraftwerken, also in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt, entsteht zudem in erheblichem Umfang das Koppelprodukt Wärme. Bei einer mittleren Stromkennzahl von 1, bei der die elektrische und die thermische Leistung gleich groß sind, fallen knapp 3 PJ an Wärme an.

Das technische Solarenergiepotenzial setzt sich aus mehreren Anteilen zusammen: Im Wohngebäudebestand können prinzipiell sowohl die Dach- als auch Fassadenflächen für die Energiegewinnung genutzt werden. Hier sind allerdings nur die Dachflächen berücksichtigt. Diese Möglichkeiten ergeben sich des Weiteren auch bei einem Teil des Nichtwohngebäudebestandes, bei dem auch Fassadenflächen berücksichtigt wurden.

Die Berechnung des Potenzials von Kleinwindenergieanlagen erfolgte ebenfalls zunächst für jede Gemeinde in der Region Rostock. Anschließend wurden die Gemeindepotenziale zu dem in der Tabelle angegebenen Gesamtpotenzial aufsummiert. Für die Berechnung wurde angenommen, dass in jeder Gemeinde abhängig von der Gemeindegröße (näherungsweise abgebildet durch die Einwohnerzahl) eine bestimmte Anzahl solcher Anlagen installiert werden kann, beispielsweise in der Stadt Rostock eine Anlage je 5.000 Einwohner. Weiterhin wurde angenommen, dass in den städtischen und größeren Gemeinden kleinere Anlagen (100 kW) und in den ländlichen Gemeinden größere Anlagen

(175 kW bzw. 250 kW) installiert werden können. Insgesamt könnten so 150 bis 200 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 25 bis 30 MW installiert werden. Für die jährliche Stromerzeugung wurden Volllaststundenzahlen von 1.500, 1.550 bzw. 1.600 h/a zugrunde gelegt (die größeren Anlagen sind also etwas effizienter als die kleinen Windenergieanlagen). Insgesamt ist das so berechnete und in der Tabelle aufgerundete Potenzial mit 200 TJ/a (ca. 55 GWh/a) vergleichsweise klein, jedoch unabhängig von den großen Windenergieanlagen erschließbar.

Die theoretisch nutzbaren Potenziale für Strom und Wärme übersteigen bereits in der Summe dieser ausgewählten Erneuerbaren Energien den heutigen Energieverbrauch der Region Rostock um ein Vielfaches: Der Primärenergieverbrauch ließe sich damit 200-fach und der Stromverbrauch 640-fach abdecken. Die Verhältnisse liegen umso höher, wenn die Potenziale der großtechnisch nutzbaren Windenergie und Photovoltaik (Freiflächenanlagen) hinzugerechnet werden.

Diese großen Erneuerbare-Energien-Potenziale erweisen sich angesichts der zukünftigen Zuwächse des Energiebedarfs beispielsweise für die Sektorenkopplung (*power to x*), für die Elektro- und Wasserstoffmobilität, für die Gewährleistung der Versorgungssicherheit in der Region und in Deutschland insgesamt etc. als ein großer Vorteil, über den die Region Rostock verfügt. Zudem werden bislang selbst die gemäß den heutigen technischen Rahmenbedingungen in kleinen Energieanlagen gewinnbaren Erneuerbaren Energien in der Region Rostock erst teilweise genutzt, wie ein Vergleich zwischen den Spalten 4 und 5 der Tabelle *5* zeigt. Dies gilt besonders für die erneuerbaren Energiequellen, die Wärme bereitstellen können. Perspektivisch wird die Erschließung dieser Potenziale dadurch begünstigt, dass die derzeit noch bestehenden Kostenvorteile fossiler Energiequellen durch die steigenden Energiepreise und durch die steigenden Preise für CO_2-Zertifikate weiter schrumpfen werden, so dass sich das wirtschaftliche Potenzial der Erneuerbaren Energien entsprechend vergrößert.

Zusätzlich zu den in der Tabelle 5 aufgeführten Potenzialen besteht ein erhebliches Potenzial für die Nutzung der Windenergie auf See: Dem Landesraumentwicklungsprogramm Mecklenburg-Vorpommern 2016 /47/ zufolge bietet sich das Küstenmeer der südlichen Ostsee wegen seiner guten Windbedingungen an, weshalb es nordwestlich von Warnemünde ein geschlossenes Seegebiet als marines Vorranggebiet für Windenergieanlagen ausweist[75]. Für den Netzanschluss dieses nationalen Offshore-Testfeldes plant der zuständige Übertragungsnetzbetreiber *50Hertz Transmission GmbH* auf der Grundlage eines bereits raumgeordneten Korridors (ehemals für den Windpark *Beta Baltic*) eine Kabeltrasse zwischen Börgerende und einem zu errichtenden Umspannwerk im Raum Papendorf[76]. Das Testfeld ist insoweit der Region Rostock zuzuordnen. Für das Testfeld ist zunächst ein Erzeugungspotenzial von ca. 104 MW angegeben worden /91/, S. 7. Allerdings ist für das Gebiet eine Netzanbindung vorgesehen, die für eine Erzeugungsleistung von 300 MW ausgelegt ist[77] und die den Strom von 10 bis 12 Windenergieanlagen der 13 bis 15 MW-Klasse anlanden kann[78]. Das entspräche einer Gesamtleistung von 180 MW, die bei einer angenommenen Volllaststundenzahl von 4.300 h/a jährlich knapp 800 GWh Strom erzeugen würde. Dem Offshore-Netzentwicklungsplan 2030 (Teil 1)[79] zufolge bietet die ausgewiesene Fläche sogar ein Erzeugungspotenzial von 400 MW. Im Weiteren wird wegen

---

[75] Ein Flächenanteil von 10 Prozent ist ausschließlich für den Test neuer Anlagen vorgesehen. Dieser Standort kann – über die dort mögliche Stromerzeugung hinaus – auch überregionale Bedeutung erlangen, wenn Hersteller aus anderen Bundesländern dort Testanlagen installieren.

[76] Die Planungen zum Netzanschluss an das Umspannwerk Bentwisch werden nicht weiterverfolgt. Quelle: Stellungnahme zum Konzeptentwurf der *50Hertz Transmission GmbH* vom 29 Januar 2021.

[77] Dem 2019 novellierten Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG 2.0) zufolge soll bis 2023 eine Netzanbindung in 220-kV-AC-Technologie für eine Erzeugungsleistung von 300 MW entstehen.

[78] Quellen: https//www.erneuerbareenergien.de/offshore-testfeld-fuer-15-mw-anlagen-kommt und https://www.euwid-energie.de/bundestag-macht-weg-frei-fuer-offshore-testfeld-in-der-ostsee/.

[79] Auf der Grundlage des Gesetzes zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (WindSeeG) wurde die Offshore-Netzentwicklungsplanung der Übertragungsnetzbetreiber durch die Flächenentwicklungsplanung des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) abgelöst. Mit Vorlage des Flächenentwicklungsplans 2019 /48/ durch das BSH ist der ONEP obsolet. Eine Fortschreibung des ONEP ist nicht mehr vorgesehen.

der begrenzten Kapazität der Anbindung (300 MW) von einem Stromerzeugungspotenzial in Höhe von 1.300 GWh/a ausgegangen 4.300 Volllaststunden)[80].

Zu den tiefengeothermischen Potenzialen enthält die Tabelle keine Angaben, da diese nicht in einer den anderen Potenzialen vergleichbaren Weise, sondern nur standortbezogen abgeschätzt werden können, da sowohl angebots- als auch nachfrageseitige Voraussetzungen erfüllt sein müssen. Allerdings ist festzuhalten, dass die Region Rostock im östlichen Teil des Norddeutschen Beckens liegt, das eine der drei wichtigsten Regionen für hydrothermale Nutzungen in Deutschland bildet. In diesen Regionen existieren im tiefen Untergrund Thermalwasser-Reservoire, die mit Temperaturen von über 60 °C eine direkte Wärmenutzung und bei Temperaturen von über 100 °C eine grundlastfähige Stromerzeugung ermöglichen. Für den östlichen Teil des Norddeutschen Beckens kommen vor allem die Sandsteine des Rhät/Lias, des Doggers, der Unterkreide und des Mittleren Buntsandsteins sowie untergeordnet des Rotliegenden und des Mittleren Keupers (Schilfsandstein) wegen ihrer Verbreitung, Porosität und Temperatur als geothermisch nutzbare Aquifere in Betracht. Besonders der Rhät/Lias-Aquiferkomplex ist mit wenigen kleinflächigen Ausnahmen im gesamten Ostteil des Norddeutschen Beckens verbreitet /50/, S. 59 ff.

Die technischen Energie-Potenziale für die Windenergie an Land sowie für Photovoltaik- und Solarthermie-Freiflächenanlagen lassen sich wie erwähnt wegen der direkt beeinflussbaren Rahmenbedingungen nur als Möglichkeitsraum quantifizieren. (Dementsprechend ist in Tabelle 5 nur das Potenzial von Kleinwindenergieanlagen sowie von Solaranlagen auf gebauten Oberflächen angegeben.) Diese Möglichkeitsräume werden durch die im Folgenden beschriebenen Berechnungen ausgemessen. Ihre Ergebnisse sind also nicht als Umsetzungsvorschlag zu verstehen, sondern sollen vielmehr aufzeigen, in welchem Umfang eine erneuerbare Strom- und Wärmeerzeugung prinzipiell möglich ist.

Der Möglichkeitsraum der Windstromerzeugung an Land kann in der Region Rostock gemäß Tabelle 4 (Abschnitt 4.3.2) auf einer Fläche von knapp 60.000 ha bzw. auf 17 Prozent der Gesamtfläche der Region betrachtet werden. In Abbildung 17 wurde die technisch mögliche Windstromerzeugung bis zu einem Flächenanteil von 10 Prozent gerechnet (36.000 ha). In der Modellrechnung wurde angenommen, dass eine bestimmte Fläche mit einem Bestand an Windenergieanlagen in Form von Windparks bebaut wird. Die technischen Modellparameter, besonders der durchschnittliche spezifische Flächenbedarf und die durchschnittliche Anlagenleistung des Gesamtbestandes, wurden aus einer Analyse des heute in der Region vorhandenen Bestandes an Windenergieanlagen und Windeignungsgebieten abgeleitet. Zukünftige Veränderungen dieser technischen Parameter wurden durch Parametervariation berücksichtigt[81]. Der Flächenbedarf wurde in einem Bereich von 2,9 bis 5,0 ha/MW betrachtet, die Anlagengröße variiert zwischen 2,0 und 3,5 MW je Windenergieanlage. Nur die in der Region Rostock im Durchschnitt erreichbare Volllaststundenzahl wurde mit 1.800 h/a konstant gehalten. Ersichtlich ist, dass beispielsweise im Falle der Errichtung von einer 3,5 MW-Windenergieanlage je 10 ha Fläche eine jährliche Stromerzeugung von 10 TWh möglich ist, sofern in der Region hierfür 4,5 Prozent ihrer Gesamtfläche zur Verfügung gestellt werden (das in einer vergleichbaren Anlagenkonfiguration ermittelte theoretische Potenzial beläuft sich gemäß Tabelle 5 auf 1.158 PJ, also auf mehr als 320 TWh). **Insgesamt beläuft sich die mögliche Stromerzeugung mit der Windenergie an Land innerhalb des dargestellten Möglichkeitsraumes auf ca. 12 bis 25 TWh/a.**

---

80 Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie legt in seinem Flächenentwicklungsplan 2019 /48/ einen Kapazitätsfaktor von 3.700 bis 4.200 Volllaststunden und eine maximale, von der Kapazität der Testfeld-Anbindungsleitung her definierte Leistung von 300 MW zugrunde. Diese Leistung wird auch in dem Entwurf des Flächenentwicklungsplans 2022 /49/ beibehalten.

81 Die Stromerzeugung eines einzelnen Windparks wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, darunter die Form eines Windeignungsgebietes und die darin mögliche Anlagenanordnung (Flächenbedarf in Haupt- und Nebenwindrichtung), die standortkonkreten Windverhältnisse wie Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung, die daraus resultierenden Anströmverhältnisse der einzelnen Windenergieanlagen und die Verluste infolge ihrer wechselseitigen Beeinflussung. Die Modellrechnung bildet demgegenüber die durchschnittlichen Verhältnisse des Anlagenbestandes in der Region Rostock ab.

Der in Abbildung 17 beispielhaft markierte Flächenanteil von 4,5 Prozent entspricht einer Fläche von ca. 16.300 ha. Entsprechend den gewählten Modellparametern könnten auf dieser Fläche bei einem Flächenbedarf von 10 ha/WEA ca. 1.630 Windenergieanlagen installiert werden. Bei einer durchschnittlichen Leistung von 2,0 MW/WEA beliefe sich die insgesamt installierbare Leistung auf 3,3 GW und die jährliche Stromerzeugung auf 5,9 TWh/a. Bei einer durchschnittlichen Leistung von 3,5 MW/WEA wären es dagegen 5,7 GW und 10,2 TWh/a. Werden dagegen nur 9 ha/WEA in Anspruch genommen, könnten auf der gleichen Fläche 1.800 WEA errichtet werden. Die installierbare Leistung beliefe sich dann auf 3,6 GW (bei 2,0 MW/WEA) bzw. auf 6,3 GW (bei 3,5 MW/WEA). Die jährliche Stromerzeugung beträgt dann 6,5 TWh/a bzw. 11,4 TWh/a, wie auch Tabelle 6 zeigt.

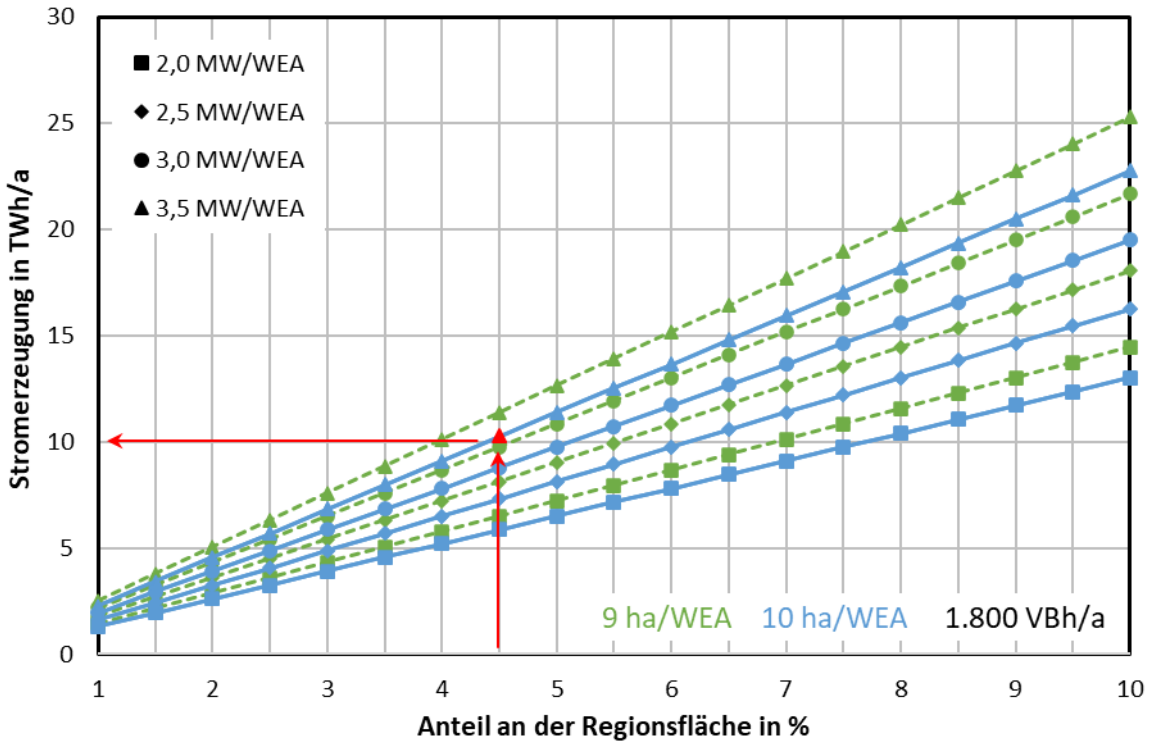


Abbildung 17: Technisch mögliche Stromerzeugung aus Windenergie an Land

Schließlich besteht in der Region Rostock die Möglichkeit der solaren Strom- und Wärmegewinnung auf Freiflächenanlagen. Die Ermittlung geeigneter Freiflächen kann allerdings nur standortbezogen erfolgen, da hierfür beispielsweise auch stromnetz- bzw. wärmebedarfsseitige Voraussetzungen zu erfüllen sind. Die Möglichkeitsräume für die solare Strom- und Wärmeerzeugung auf Freiflächen-Anlagen wurden daher in ähnlicher Weise wie für die Windenergie an Land betrachtet.

Tabelle 6: Windstromerzeugung in der Region Rostock (Beispielrechnung)

4,5 % der Regionsfläche (16.300 ha)	Durchschnittliche Anlagengröße ¯	Spezifischer Flächenbedarf	
		10 ha/WEA	9 ha/WEA
1	2	3	4
Installierbare Anlagenzahl (WEA) ®		1.626	1.806
Installierbare Leistung in MW	2 MW/WEA	3.251	3.613
	2,5 MW/WEA	4.064	4.516
	3 MW/WEA	4.877	5.419
	3,5 MW/WEA	5.690	6.322
Jährliche Stromerzeugung in GWh	2 MW/WEA	5.853	6.503
	2,5 MW/WEA	7.316	8.128
	3 MW/WEA	8.779	9.754
	3,5 MW/WEA	10.242	11.380

In Abbildung 18 wurde zunächst die solare Stromerzeugung mit Photovoltaik-Freiflächenanlagen innerhalb eines Flächenanteils von 0 bis 2,5 Prozent an der Gesamtfläche der Region betrachtet. Dabei wurde wiederum neben einer variierenden Leistungsdichte jeweils eine Volllaststundenzahl von 1.000 h/a zugrunde gelegt, die der Volllaststundenzahl entspricht, die von der Mehrzahl der heute in der Region vorhandenen Photovoltaik-Freiflächenanlagen erreicht wird. Der durchschnittliche Flächenbedarf je Megawatt Photovoltaik-Leistung wurde ebenfalls anhand der heute in der Region installierten Anlagen ermittelt und über einem Bereich von 0,50 bis 1,25 ha/MW variiert. Dieser Flächenbedarf berücksichtigt nicht nur die reine Photovoltaik-Modulfläche, sondern die gesamte Anlagenfläche einschließlich der Zwischenräume zwischen den Photovoltaik-Modulen und der Flächen für weitere elektrotechnische Anlagen. Wird für Photovoltaik-Freiflächenanlagen beispielsweise eine Fläche zur Verfügung gestellt, die einem Anteil von 1,5 Prozent der Gesamtfläche an der Region Rostock entspricht, lassen sich mit solchen Anlagen ca. 4 TWh/a Strom erzeugen, sofern in den betreffenden Anlagen durchschnittlich eine Leistung von 0,75 MW/ha installiert ist. **Insgesamt beläuft sich die mögliche Photovoltaik-Stromerzeugung mit Freiflächenanlagen** innerhalb des in Abbildung 18 dargestellten Möglichkeitsraumes auf bis zu 11 TWh/a. Im Falle einer Nutzung von 5 Prozent der Regionsfläche steigt die mögliche Stromerzeugung **auf 22 TWh**.

Der in Abbildung 18 beispielhaft markierte Flächenanteil von 1,5 Prozent entspricht einer Fläche von ca. 5.200 ha. Bei einer durchschnittlichen Flächengröße der in der Region Rostock bereits installierten Photovoltaik-Freiflächenanlagen von 5,6 ha könnten auf dieser Fläche ca. 900 Anlagen installiert werden. Je nach der auf einem Hektar installierten Leistung ergibt sich eine Gesamtleistung von 2,6 bis 6,5 GW bzw. eine jährliche Stromerzeugung von 2,6 bis 6,5 TWh/a. Gegenwärtig sind in der Region allerdings nur knapp 35 Anlagen mit einer Gesamtfläche von ca. 180 ha installiert.

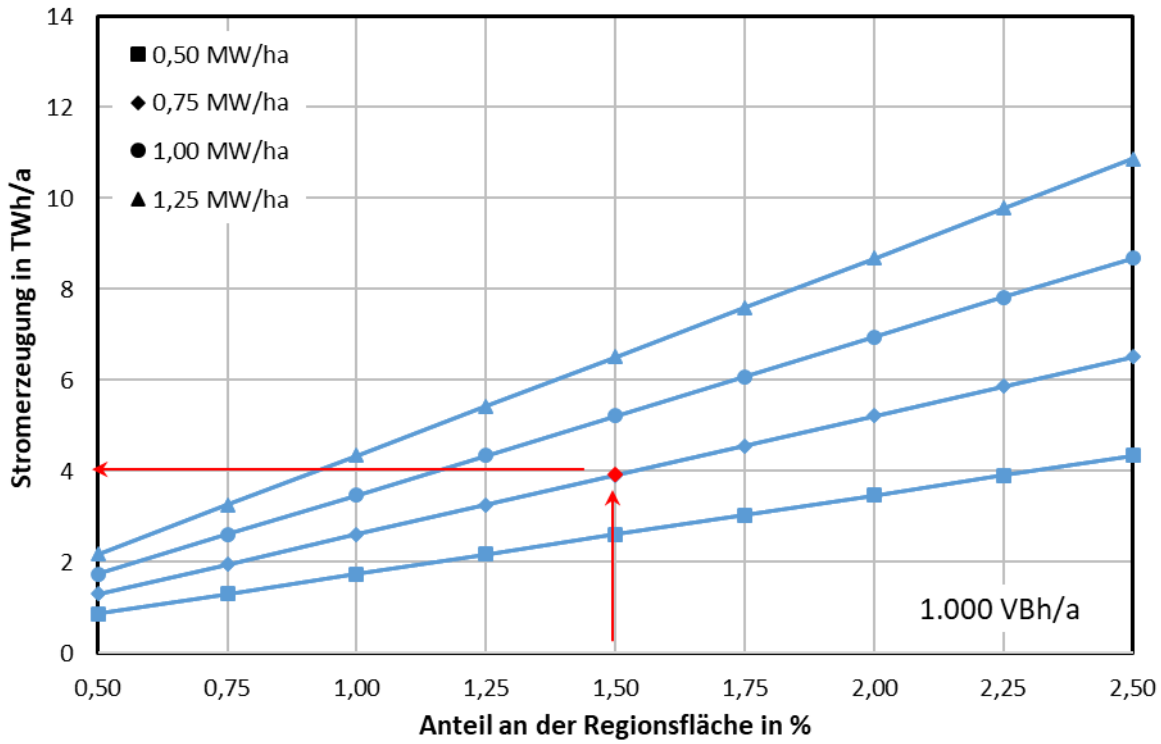


Abbildung 18: Technisch mögliche Stromerzeugung von Photovoltaik-FFA

Die Stromerzeugung mit Photovoltaik-Freiflächenanlagen muss insoweit mit der solarthermischen Erzeugung von Fern- bzw. Nahwärme auf Freiflächen abgestimmt werden, als hierfür die gleichen Freiflächen in Betracht kommen. In Abbildung 19 wurde in der gleichen Weise wie die solare Stromerzeugung mit Photovoltaik-Freiflächenanlagen auch die solare Wärmeerzeugung mit Solarthermie-Freiflächenanlagen innerhalb eines Flächenanteils von 0 bis 2,5 Prozent der Regionsfläche betrachtet. Dabei wurde zunächst eine Leistung von 500 W je m² Kollektorfläche zugrunde gelegt, also 5 MW/ha Kollektorfläche. Im Weiteren wurden vier Anlagenvarianten mit einer stufenweise bis auf 6,5 MW/ha steigenden Flächenleistung betrachtet. Diese Flächenleistungen wurden jeweils mit einem Faktor von 0,8 multipliziert, um von der Kollektor- auf die Anlagenleistung umzurechnen (20 Prozent der Fläche werden also für die Kollektor-Zwischenräume und für Nebenanlagen benötigt und stehen nicht für die Belegung mit Kollektoren zur Verfügung). Für die Berechnung der Wärmeerzeugung wurde jeweils eine für solarthermische Anlagen typische Volllaststundenzahl von 500 h/a zugrunde gelegt. Wird für solche Anlagen beispielsweise eine Fläche zur Verfügung gestellt, die einem Anteil von 1,0 Prozent an der Gesamtfläche der Region entspricht (3.500 ha), lässt sich mit Solarthermie-Freiflächenanlagen Wärme in einem Umfang von 25 PJ (7 TWh/a) erzeugen, sofern in den betreffenden Anlagen eine Leistung von 5,0 MW/ha installiert ist. I**nsgesamt beläuft sich die mögliche solarthermische Wärmerzeugung mit Freiflächenanlagen** innerhalb des in Abbildung 19 dargestellten Möglichkeitsraumes auf bis zu 80 PJ (22,5 TWh/a). Im Falle einer Nutzung von 5 Prozent der Regionsfläche steigt die mögliche Wärmeerzeugung **auf 163 PJ (45 TWh).**

Eine umweltfachliche Bewertung der möglichen Auswirkungen des Ausbaus der Nutzung der Windenergie an Land und der Solarenergie in Freiflächenanlagen in der Region Rostock sowie eine Analyse der dabei gegebenenfalls auftretenden Konflikte enthält /7/.

Zu den betrachteten Potenzialen kommt ein hier nicht quantifizierbares Potenzial zur tiefengeothermischen Energieerzeugung, welches höchstens an wenigen Standorten in der Stromerzeugung, aber an mehreren Standorten in der städtischen Wärmeerzeugung genutzt werden kann.

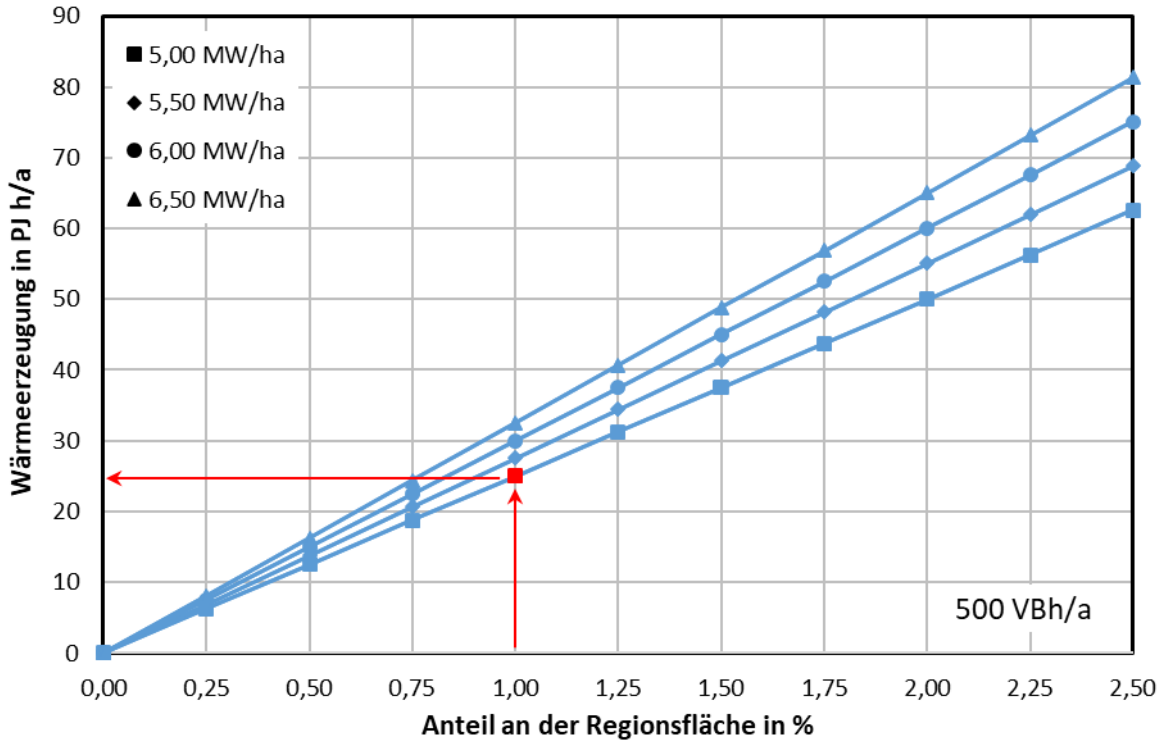


Abbildung 19: Technisch mögliche Wärmeerzeugung von Solarthermie-FFA

Im Ergebnis der Potenzialanalyse ist *erstens* festzustellen, dass die in der Region Rostock vorhandenen technischen Potenziale, also die in der erneuerbaren Stromerzeugung und in der erneuerbaren Wärmeerzeugung gewinnbaren Energien den jeweiligen Energiebedarf der Region deutlich übersteigen. Dies gilt sowohl für ihren heutigen Energiebedarf als auch für den Energiebedarf, der zukünftig zu erwarten ist. *Zweitens* ist festzustellen, dass die Region Rostock auf der Grundlage dieser Potenziale in erheblichem Umfang auch zur Stromversorgung Deutschlands beitragen kann. *Drittens* ist die Erschließung dieser Potenziale, also die tatsächliche Energiegewinnung insbesondere bei der Windenergie an Land und bei der Nutzung der Solarenergie mit Freiflächenanlagen erheblich davon abhängig, in welchem Umfang in der Region hierfür Flächen zur Verfügung gestellt werden (können).

Insgesamt sind in der Region Rostock jährlich ca. 140 PJ (40 TWh) an erneuerbarem Strom und ca. 100 PJ an erneuerbarer Wärme gewinnbar, Tabelle 7. Diese Energie setzt sich wie folgt zusammen:

- Gemäß Tabelle 5 (oben) sind – ohne größere Veränderungen gegenüber der heutigen Flächenstruktur und ohne Windenergie- und Photovoltaik-Freiflächenanlagen – unter heutigen technischen Rahmenbedingungen jährlich 7 TJ (2 TWh) an erneuerbarem Strom und 18 TJ an erneuerbarer Wärme gewinnbar. Diese Zahlen gelten, wenn das technische Potenzial zur Erzeugung von flüssigen Bioenergieträgern (Pflanzenöl) vollständig zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt wird. Allerdings reduziert sich die Strom- und Wärmeerzeugung nur geringfügig, wenn diese Bioenergieträger alternativ zur Erzeugung von Kraftstoffen für den Verkehr eingesetzt werden.
- Mit großen Windenergieanlagen und mit Photovoltaik-Freiflächenanlagen sind jährlich bis zu 137 PJ (40 TWh) an erneuerbarem Strom und bis zu 80 PJ an erneuerbarer Wärme gewinnbar. Eine Ausweitung dieser Energieerzeugung gegenüber ihrem heutigen Stand, also eine höhere Potenzialausschöpfung erfordert allerdings die Zurverfügungstellung von Flächen, das heißt Veränderungen gegenüber der heutigen Flächenstruktur.
- Für die Windstromerzeugung auf See besteht ein weiteres technisches Potenzial, mit dem jährlich 4,7 PJ (1,3 TWh) Strom erzeugt werden können.

- Die genannten Potenziale geben die in der Region Rostock mögliche Gewinnung von Strom und Wärme an. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die dafür bereitzustellenden Flächen in einem Bereich von mehreren Prozent der Gesamtfläche der Region Rostock liegen. Darüber hinaus wäre auch ein entsprechender Ausbau der technischen Infrastrukturen für die Einspeisung und für den Transport der jeweiligen Strom- und Wärmemengen erforderlich.

Tabelle 7: Erneuerbare-Energien-Potenziale der Region Rostock (Zusammenfassung)

Potenzial	Strom in PJ	Wärme in PJ	dargestellt in
1	2	3	4
ohne Flächennutzungsänderungen und FFA	7	18	Tabelle 5
Windenergie	90	-	Abbildung 17
Photovoltaik-FFA	40	-	Abbildung 18
Solarthermie-FFA	-	80	Abbildung 19
Wind auf See	4,7	-	
gesamt	**ca. 140**	**ca. 100**	

4.3.4 Stand der Nutzung der Erneuerbare-Energien-Potenziale

Einige Erneuerbare Energien werden in der Region Rostock bereits seit vielen Jahren genutzt. Dies gilt neben der Wind- und der Solarenergie auch für die Energiegewinnung aus Biomasse und aus Biogas, aus Deponie- und aus Klärgas sowie aus biogenen Abfällen. Zudem wird Umweltwärme – darunter auch solche aus der Ostsee – für die Beheizung von Gebäuden gewonnen.

2016 erreichte die Nutzung der Erneuerbaren Energien in der Region Rostock einen Umfang von 18.400 TJ (Primärenergie, Abschnitt 4.1). Darin enthalten sind jeweils alle in der Region genutzten erneuerbaren Energieträger einschließlich der biogenen Anteile in den gesammelten Abfällen (Hausmüll, Siedlungsabfälle). Die Entwicklung der erneuerbaren Energieerzeugung bis zum Jahr 2019 zeigt Abbildung 20 a für die Stromerzeugung und Abbildung 20 b für die Wärmeerzeugung.

Die erneuerbare Stromerzeugung belief sich im Jahr 2019 auf 1.770 GWh, das heißt, auf knapp 35 Prozent der gesamten Stromerzeugung in der Region. Zum Ende des Jahres 2019 waren in der erneuerbaren Stromerzeugung die in der Tabelle 8 aufgeführten Leistungen installiert. Danach trägt in der Region besonders die Windenergie an Land zur erneuerbaren Stromerzeugung bei.

Die erneuerbare Wärmeerzeugung setzt sich aus zentral sowie aus dezentral erzeugter Wärme zusammen und betrug 2019 1.693 TJ. Davon stammten 980 TJ aus Biogasanlagen, 333 TJ aus der Bioenergie, 278 TJ aus der Umweltwärme und 98 TJ aus der Solarthermie. Geothermische Tiefenwärme wird in der Region Rostock bislang weder zur Stromerzeugung noch zur Wärmegewinnung genutzt.

Aus den Daten, welche der Abbildung zugrunde liegen, lässt sich ableiten, dass ungeachtet einer Reihe von Vorteilen der Bioenergie deren Anteil an der Stromerzeugung in dem Zeitraum von 2010

bis 2019 von knapp 30 Prozent auf 15 Prozent zurückgegangen ist. Der Anteil an der Wärmeerzeugung ist im gleichen Zeitraum von 65 Prozent auf 55 Prozent gesunken[82]. Vergleichbare Rückgänge sind nicht nur in der Region Rostock, sondern auch in Deutschland insgesamt zu beobachten, wo die Anteile der Bioenergie an der erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung im gleichen Zeitraum von 28 auf 18 Prozent bzw. von 88 auf 77 Prozent gesunken sind.

Die sinkende Bedeutung der Bioenergie ist unter anderem auf die Veränderungen in den Rahmenbedingungen zu sehen, welche in der Europäischen Union und in Deutschland in den vergangenen Jahren auch in der Reaktion auf verschiedene Kritikpunkte an der Bioenergienutzung[83] vollzogen wurden. Beispiele hierfür sind die Reduzierung des Ausbaus der Biogasgewinnung auf die Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen oder der Beimischung von Biokraftstoffen zu fossilen Kraftstoffen (Biokraftstoffquote bzw. Treibhausgasminderungsquote)[84]. Bei den Biokraftstoffen, welche aus Pflanzen erzeugt werden, die als Nahrungs- oder Futtermittel verwendet werden können, soll die heutige in Deutschland geltende Obergrenze von 4,4 Prozent bis 2030 sogar schrittweise auf null gesenkt werden[85]. Darüber hinaus verweist das Umweltbundesamt darauf, dass besonders die Wind- und Solarenergie der Bioenergie im Hinblick auf die Flächeneffizienz deutlich überlegen sind und dass dieser Aspekt angesichts der zunehmenden Knappheit von Flächen an Bedeutung gewinnt. Zudem ist die Flächeneffizienz der Bioenergie im Gegensatz zur Effizienz der Wind- oder Solarenergie kaum ausbaufähig. Berechnungen des Bundesumweltamtes zufolge kann jährlich auf einem Hektar ca. 40-mal mehr Strom durch Photovoltaik-Neuanlagen (ca. 800 MWh) erzeugt werden, als beispielsweise beim Maiseinsatz in Biogasanlagen (ca. 20 MWh)[86].

Auch wenn für die Photovoltaik zum Ausgleich der volatilen Stromerzeugung Speicherverluste beispielsweise in Höhe von 10 Prozent für die kurzfristige Batteriespeicherung oder in Höhe von 40 Prozent für die Speicherung und Umwandlung *power to gas*-Anlagen berücksichtigt werden, bleibt die Flächeneffizienz von Bioenergie aus Anbaubiomasse deutlich geringer. Zudem können die Wind- und Solarenergie im Gegensatz zu Energiepflanzen auch auf bebauten oder unfruchtbaren Böden genutzt werden. Schlussfolgern schätzt das Umweltbundesamt ein, dass die Anbaubiomasse aufgrund des Bedarfs an fruchtbaren Flächen auch künftig rein rechnerisch nur sehr gering zur Energieversorgung beitragen kann.

---

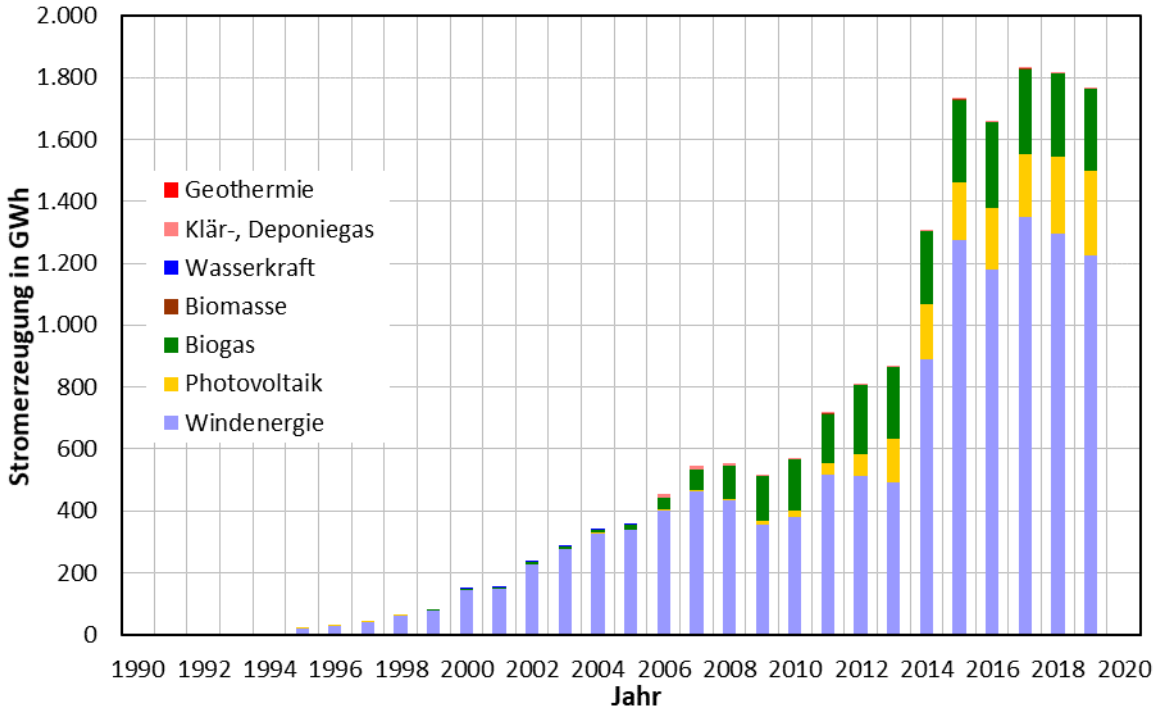
82 Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese im Vergleich zur Stromerzeugung höheren Anteile im Wesentlichen auf einer Abschätzung der KWK-Wärme basiert. Diese ist anhand 8durchschnittlicher Wirkungsgradverhältnisse aus der Stromerzeugung abgeleitet. Allerdings liegen keine Daten darüber vor, in welchem Umfang diese Wärme tatsächlich genutzt wird.

83 Zu diesen Kritikpunkten zählt besonders die Flächenkonkurrenz zur Erzeugung von Nahrungsmitteln („Teller oder Tank“-Debatte), aber auch der aus den früheren Rahmenbedingungen resultierende überproportional hohe Anbau von Mais.

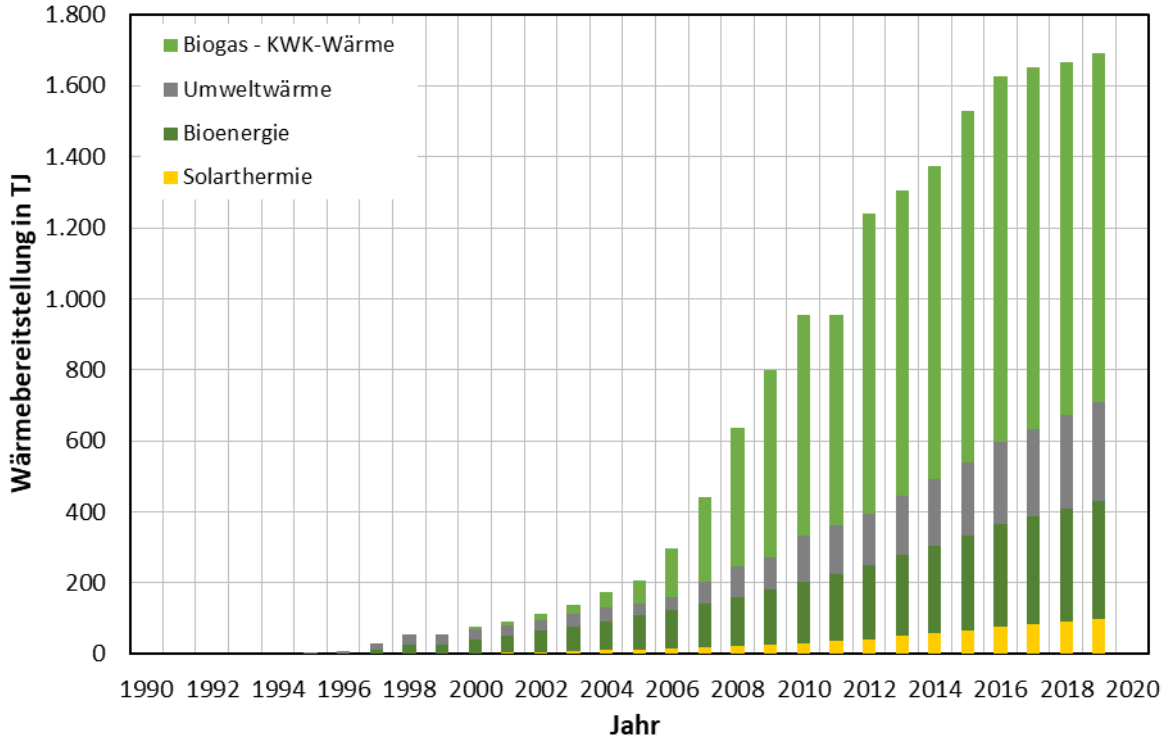
84 Seit 2004 mischen Mineralölkonzerne herkömmlichem Diesel bis zu 5 und seit 2010 bis zu 7 Prozent Biodiesel bei – auf diesen Anteil bezieht sich auch die Kraftstoffbezeichnung „B7“. E10 heißt der Ottokraftstoff, dem seit 2011 maximal 10 Prozent Ethanol beigemischt werden dürfen. Der E5-Kraftstoff (Euro-Super) ist zudem an deutschen Tankstellen verfügbar. Quelle: https://bioenergie.fnr.de/bioenergie/biokraftstoffe.

85 Quelle: https://www.agrarheute.com/energie/kommt-fuer-biokraftstoffe-2030-plant-lemke-593737.

86 Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#i-LUC.



a) Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung



a) Entwicklung der erneuerbaren Wärmeerzeugung

Abbildung 20: Entwicklung der erneuerbaren Energieerzeugung von 1990 bis 2019[87]

[87] Neuere Daten für 2020 ff. liegen bislang nicht vor. Die Angaben für die Wärmeerzeugung basieren teilweise auf Modellrechnungen, weil es keine amtlich-statistischen Daten gibt. Zu den installierten Wärmeleistungen und zur Wärmeerzeugung liegen keine vergleichbaren Statistiken vor.

Tabelle 8: Erneuerbare Energien in der Stromerzeugung 2019 (gerundet)[88]

Energiequelle	Installierte Leistung in MW_{el}	Stromerzeugung in GWh	Stromerzeugung in GWh/MW
1	2	3	4
Windenergie	710	1.220	2
Photovoltaik	310	280	1
Biogas	40	260	7
Biomasse	1	1	1
Wasserkraft	0,2	0,4	2,0
Klär-, Deponiegas	2	4	2
Geothermie	0	0	-
Region Rostock - gesamt	1.070	1.770	2

Die Betrachtungen zu den Erneuerbare-Energien-Potenzialen der Region Rostock zusammenfassend ist festzuhalten, dass die theoretischen Potenziale der in kleinen Energieanlagen nutzbaren Energiequellen sowie der Bioenergie den heutigen Energiebedarf der Region zumindest bei Strom und Wärme um ein Vielfaches übersteigen. Der Primärenergieverbrauch ließe sich damit 200-fach und der Stromverbrauch 640-fach abdecken. Mit den technischen Potenzialen ließe sich der aktuelle primärenergiebedarf der Region knapp zur Hälfte und der Strombedarf vollständig decken. Dass eine allein auf erneuerbaren Energien basierende Energieversorgung der Region möglich ist, wird umso deutlicher, wenn man die mögliche Energiegewinnung in großen Wind- und Solarenergieanlagen hinzugerechnet. Die hiermit gewinnbaren Strom- und Wärmemengen werden ebenso wie bei der Bioenergie somit nicht durch die theoretischen Potenziale limitiert, sondern durch die Akzeptanz in der Gesellschaft und ihre Bereitschaft, für diese Formen der Energiegewinnung Flächen zur Verfügung zu stellen, weshalb die realisierbare Energiegewinnung in Form von Möglichkeitsräumen dargestellt wurde[89]. Faktisch kann die Region Rostock ihren heutigen und zukünftigen Energiebedarf allein aus der Wind- und Solarenergie decken, sofern diese großtechnisch genutzt werden. Demgegenüber können insbesondere die Nutzung der Potenziale an Kleinwindenergie und an landwirtschaftlichen Rest- und Abfallstoffen nur marginal zur Energieversorgung der Region beitragen. Die Nutzung der Kleinwindenergie könnte zwar gegenüber ihrem heutigen Stand um den Faktor 80 erweitert werden, jedoch würde sie dann immer noch erst knapp 3,5 Prozent des heutigen Strombedarfs der Region decken. Das technische Potenzial der landwirtschaftlichen Reststoffe summiert sich gemäß Tabelle *5* auf ca. 1.600 TJ. Eine vollständige Erschließung dieser Potenziale würde also nur ca. 2,5 Prozent des heutigen Primärenergiebedarfs der Region decken. Angesichts dieser Relationen muss sich die Erschließung der Erneuerbare-Energien-Potenziale in der Region Rostock vorrangig auf die Wind- und Solarenergie konzentrieren.

[88] Eine räumliche Verteilung zum Beispiel der in der Region Rostock vorhandenen Windenergieanlagen kann eingesehen werden unter: https://www.umweltkarten.mv-regierung.de/script/.

[89] Bei der Bioenergie wurde auf eine solche Darstellung verzichtet, weil darin mindestens die wichtigsten Bioenergiearten wie Holz, Energiepflanzen und Reststoffe unterschieden werden müssten.

4.4 Infrastrukturen der Energieversorgung und ihre zukünftige Entwicklung

Die Entwicklung der Energieversorgung in der Region Rostock war zwischen 1990 und 2000 von einer umfassenden Umgestaltung und Modernisierung geprägt. Diese betraf die Unternehmensstrukturen, die Modernisierung und Erweiterung des Bestands an zentralen konventionellen Energieanlagen und an Energienetzen, die Ablösung fossiler Energieträger wie Stadtgas und Braunkohle und die Steigerung der Energieeffizienz. Hinzu kam die Modernisierung der Verkehrssysteme. Gleichzeitig nahmen der Energieverbrauch im Wohngebäudebereich und die Individualisierung der Mobilität deutlich zu. In den Jahren nach 2000 wurde dann besonders der Auf- und Ausbau der Nutzung Erneuerbarer Energien forciert. Inzwischen ermöglicht der erreichte Stand beim Strom die Deckung eines steigenden Anteils des Energieverbrauchs durch regional gewonnene, also erneuerbare Energien.

4.4.1 Bestehende Infrastrukturen der Energieversorgung

Die heutigen Infrastrukturen der Energieversorgung umfassen besonders die Erdgas- und die Stromnetze mit ihren verschiedenen Druck- bzw. Spannungsebenen, die Fern- und Nahwärmenetze, die zentralen Energieanlagen zur Erzeugung von Strom und Fernwärme und schließlich die dezentralen Energieanlagen, darunter die Erneuerbaren-Energien-Anlagen. Künftig werden außerdem größere Anlagen zur Speicherung von Strom und Wärme an Bedeutung gewinnen. Die im Folgenden genannten Unternehmen und die von ihnen betriebenen Infrastrukturen existieren zum Teil schon seit vielen Jahren. Sie werden aufgrund ihrer zentralen Bedeutung für die Energieversorgung und aufgrund ihrer Langlebigkeit in weiterentwickelten Formen voraussichtlich auch in 2035 noch in Betrieb sein.

<u>Stromversorgung in der Region Rostock</u>

Die Stromversorgung erfolgt durch ein überregionales 380/220 kV-Übertragungsnetz, welches von der *50Hertz Transmission GmbH* betrieben wird und das neben 220-kV- bzw. 380-kV-Freileitungen auch 220-kV- bzw. 380-kV-Umspannwerke sowie Richtfunkstrecken umfasst. Dem 380/220 kV-Übertragungsnetz sind die großflächigen Verteilnetze der *WEMAG Netz GmbH* bzw. der *E.DIS Netz GmbH* sowie mehrere städtische Verteilnetze unterlagert. Letztere werden von den Stadtwerken betrieben, in Rostock beispielsweise von der Netzgesellschaft der *Stadtwerke Rostock AG*. Ihr Netz umfasst 595 km Mittelspannungsleitungen und 1.591 km Niederspannungsleitungen sowie 5 Umspannwerke. Mit ihm werden 210 Tsd. Einwohner bzw. mehr als 145.000 Netzkunden auf einer Fläche von 54 km² versorgt (das Netzgebiet erstreckt sich über 181 km²)[90]. Die *Stadtwerke Güstrow GmbH* betreiben ebenfalls ein eigenes Netz, das in der Mittelspannung eine Länge von 113 km und in der Niederspannung eine Länge von 311 km hat und an das ca. 21 Tsd. Verbraucher angeschlossen sind.

An die Verteilnetze sind einerseits die größeren Stromerzeugungsanlagen und andererseits größere Stromverbraucher angeschlossen. Die Mehrzahl der Verbraucher bezieht ihren Strom dagegen aus den Niederspannungsnetzen, welche die unterste Spannungsebene der Verteilnetze darstellen.

Neben den Übertragungs- und Verteilnetzen dienen auch sogenannte Objektenetze der Stromversorgung. Beispielsweise betreibt die *Stromkontor Rostock Port GmbH* in ihrem Netzgebiet, dem Überseehafen Rostock, ein Stromnetz mit ca. 90 km Länge, aus dem ca. 300 Abnehmer versorgt werden.

---

[90] Außerdem liefert das Unternehmen den Netzanschluss und führt die technische Versorgung der Mittelspannungs-Landstromanlage durch, die in Warnemünde am Kreuzfahrt-Terminal von dem dänischen Unternehmen *PowerCon A/S* realisiert wurde (Passagierkai, Liegeplätze P7/P8). Die Anlage hat eine Leistung von 20 MVA und ermöglicht den Kreuzfahrtschiffen, während ihrer Hafenliegezeit die eigene Bordstromversorgung abzuschalten. Da diese in der Regel unter Einsatz von Dieselgeneratoren (Dieselmotor-Generator-Anlagen) erfolgt, wird durch deren Abschaltung eine signifikante Reduzierung der Umweltbelastung durch die Abgase der Dieselmotoren erreichbar. Quellen: https://www.swrng.de/nutzen/strukturdaten, https://www.swrng.de/informieren/wissenswertes/landstrom-in-warnemuende.

Zentrale Wärmeversorgung in der Region Rostock

Zur effizienten Wärmeversorgung der größeren Städte der Region Rostock betreiben die dort ansässigen Stadtwerke Fernwärmesysteme. Diese Systeme bestehen aus Wärmenetzen, aus den einspeisenden Wärmeerzeugungsanlagen und aus den angeschlossenen Wärmeverbrauchern. Hinzu kommen weitere Systemelemente wie dezentrale Wärmeeinspeiser und Wärmespeicher. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die in der Region Rostock vorhandenen Fernwärmesysteme. Neben den Standorten und der jeweiligen Netzlänge ist die an dem Jahreswärmeverbrauch gemessene Größe angegeben, die einen Vergleich zwischen den Systemen ermöglicht.

Das größte dieser Fernwärmenetze wird von den *Stadtwerken Rostock AG* in Rostock betrieben. Über das Netz werden von dem Kraftwerksstandort Rostock Marienehe zwei Drittel des Wohnungsbestandes der Stadt versorgt. Darüber hinaus führt die Stadtwerke Rostock AG die Fernwärmeversorgung auch in den Städten Bad Doberan und Kühlungsborn sowie in der Gemeinde Graal-Müritz durch. Im Durchschnitt der fünf Jahre von 2016 bis 2020 wurden in die Netze jeweils ca. 950 GWh Wärme eingespeist (davon ca. 530 GWh in Rostock). Davon stammten ca. 650 GWh aus eigener Erzeugung, ca. 300 GWh wurden von Dritten bezogen (unter anderem vom Steinkohlekraftwerk Rostock).

Die *Stadtwerke Güstrow GmbH* betreibt in Güstrow ein 37 km langes Fernwärmenetz sowie 6 Heizkraftwerken und 16 Heizzentralen zur Wärmeerzeugung. Die gesamte Wärmeanschlussleistung beträgt 44 MW. 2021 wurden 71,1 GWh Fernwärme über 616 Hausanschlüsse und 301 Hausstationen an die Verbraucher abgegeben[91]. Die Fernwärmeversorgung, die sich auf die vier Versorgungsgebiete Güstrow Süd, Güstrow Nord, Güstrow West und Güstrow Mitte konzentriert, wird laufend erweitert.

Tabelle 9: Fernwärmenetze in der Region Rostock 2021

Lfd. Nr.	Stadt	Wärmenetz-länge in km	Relative Größe (1 ≈ 1 TWh)
1	2	3	4
1	Rostock	444	1,00
2	Güstrow	45	0,10
3	Bad Doberan	39	0,09
4	Bützow	15	0,03
5	Kühlungsborn	5	0,01
6	Neubukow	5	0,01
7	Teterow	10	0,01
8	Laage	2	0,01
9	Graal-Müritz	1	0,01

[91] Quelle: https://www.stadtwerke-güstrow.de/unser-unternehmen/daten-und-fakten/.

Die *Bützower Wärme GmbH* versorgt in der Stadt Bützow Privathaushalte und öffentliche bzw. gewerblichen Einrichtungen mit Fernwärme[92]. Unter den insgesamt ca. 3.000 Abnehmern sind das Rathaus und die Schulen, eine Kirche, mehrere Pflege- und Senioreneinrichtungen, das Krankenhaus und die Justizvollzugsanstalt. Der Anteil der in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Wärme beläuft sich auf 69,7 Prozent, der Anteil der mit Erneuerbaren Energien erzeugten Wärme beträgt 47,2 Prozent.

In der Stadt Neubukow erfolgt die Fernwärmeversorgung durch die *Stadtwerke Neubukow GmbH* in drei Wärmequartieren. Die Versorgung umfasst ca. 1.000 Privathaushalte, die aus einem BHKW und Wärmespeicher mit Raumwärme und Warmwasser versorgt werden. Das BHKW wird in der Grundlast mit Biogas betrieben, das über eine Grüngasleitung aus der Biogasanlage Krempin in der Gemeinde Carinerland bezogen wird, die seit 2014 in Betrieb ist. In der Spitzenlast wird Erdgas eingesetzt.

Die Stadt Teterow wird durch die *Stadtwerke Teterow GmbH* mit Fernwärme und Warmwasser versorgt[93]. Die Stadtwerke betreiben hierfür ein 10 km langes Netz, an das 1.500 Wohnungen angeschlossen sind. Die Wärme wird in mehreren, vorwiegend mit Erdgas betriebenen BHKW erzeugt.

Die *Stadtwerke Laage GmbH* führt die Fernwärmeversorgung in der Stadt Laage durch. Die dafür erforderliche Wärme wird dezentral in drei Erzeugungsanlagen erzeugt. An das Fernwärmenetz sind Haushalte, Gewerbe und öffentliche Einrichtungen angeschlossen, darunter der Recknitzcampus Laage, ein Wohngebiet und das Neubauwohngebiet Kronskamp. Durch den erheblichen Rückbau von Wohnfläche in den Jahren 2005 bis 2008 verringerte sich allerdings die Anzahl wärmeversorgter Wohneinheiten deutlich von anfangs ca. 900 auf nunmehr weniger als 300 Wohneinheiten[94].

Erdgasversorgung in der Region Rostock

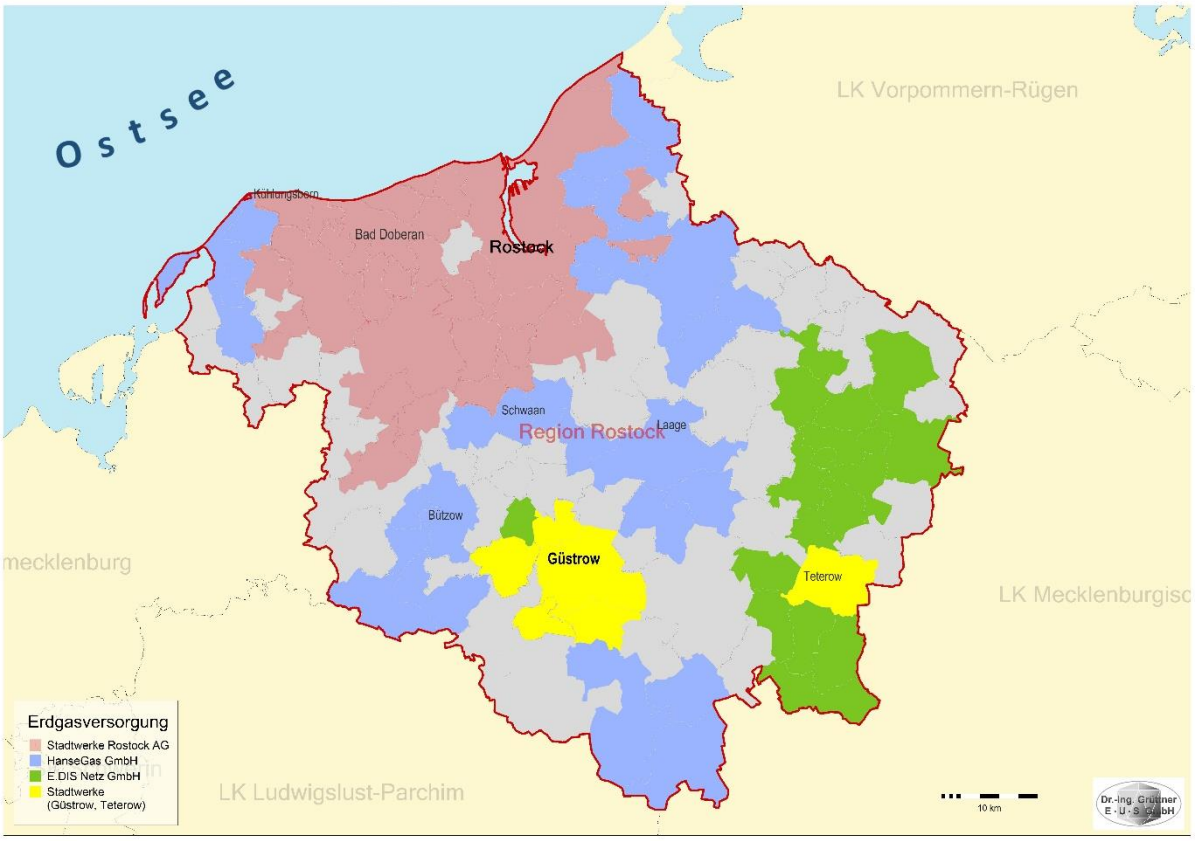
Zur Erdgasversorgung tragen neben dem überregionalen Transportnetz der *Verbundnetz Gas AG* bzw. der *ONTRAS Gastransport GmbH* regionale Verteilnetze sowie städtische Erdgasnetze bei. Letztere werden aus dem Transportnetz versorgt. Betreiber der regionalen Verteilnetze sind die *HanseGas GmbH* mit Sitz in Quickborn sowie die *E.DIS Netz GmbH* mit Sitz in Fürstenwalde/Spree. In der Region Rostock versorgt *HanseGas GmbH* derzeit in 28 Gemeinden mit Erdgas. In weiteren 16 Gemeinden wird die Gasversorgung durch die *E.DIS Netz GmbH* durchgeführt. In Rostock, in Güstrow und in Teterow werden von den Stadtwerken städtische Erdgasnetze betrieben. Die *Stadtwerke Rostock AG* versorgen über die Stadt Rostock hinaus weitere 25 Umlandgemeinden. Die Stadt Laage wird durch die *HanseGas GmbH* versorgt. Karte 4 zeigt die Erdgas-Versorgungsgebiete der *HanseGas GmbH*, der *E.DIS Netz GmbH* sowie der Stadtwerke in der Region Rostock.

Weitere Infrastrukturen in der Region Rostock

In der Region Rostock werden auch oberirdische Tanklager sowie Pipelines betrieben. Die *Großtanklager-Ölhafen Rostock GmbH* (GÖR) betreibt in Peetz drei Tanklager mit einer Speicherkapazität von insgesamt 700 Tsd. m³ für die Lagerung und für den Umschlag von Mineralölen, vegetabilen Ölen sowie anderen Flüssigprodukten[95]. Über 6 Liegeplätze für Seeschiffe bis 100 Tsd. t Tragfähigkeit werden die Öle und Treibstoffe im Ölhafen des Überseehafens Rostock angelandet, gelagert, gegebenenfalls additiviert und weitergeleitet. Dazu sind der Ölhafen und die Tankanlagen über Pipelines mit den Raffinerien in Schwedt, Böhlen und Leuna verbunden: An den Überseehafen Rostock angeschlossen

92 Quelle: https://www.bützower-wärme.de/.
93 Quelle: https://sw-teterow.de/waerme.
94 Quelle: https://www.stadtwerke-laage.de/waerme/.
95 Quelle: http://www.portofrostock.de/deutsch/dienstleistungen/grosstanklager-oelhafen.html. Die gesamte in Mecklenburg-Vorpommern vorhandene Speicherkapazität von Mineralöltanklagern außerhalb von Raffinerien und sonstigen Verarbeitungsstätten über 1.000 m³ betrug 2017 1.132,6 Tsd. m³ /93/, S. 54.

ist die 203 km lange Rohölleitung APR, die vom Überseehafen Rostock zur Raffinerie in Schwedt (*PCK Raffinerie GmbH*) führt und diese mit Rohöl versorgt. Weitere Rohrleitungen führen vom Überseehafen Rostock nach Böhlen (Produktenleitung RRB) und nach Leuna.



Karte 4: Unternehmen der Erdgasversorgung in der Region Rostock

<u>Größere Energieanlagen</u> <u>in der Region Rostock</u>

Die in der Region Rostock vorhandenen Energieanlagen können sämtlich, also einschließlich des Steinkohlekraftwerks Rostock, als Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen betrieben werden und so gleichermaßen zur Strom- wie zur Fernwärmeversorgung beitragen.

Unter den konventionellen Energieanlagen ist das Steinkohlekraftwerk Rostock mit einer elektrischen Nettoleistung von 514 MW die größte Energieanlage in der Region. Es wurde 1994 in Betrieb genommen, ist an das 380-kV-Netz von *50Hertz* angeschlossen, dient der überregionalen Versorgung und erfüllt Aufgaben der Netzregelung sowie der Frequenzstützung. Überdies besteht die Möglichkeit der Fernwärmeauskopplung mit einer Wärmeleistung von bis zu 150 MW. Als Brennstoff wird überwiegend über den Seeweg importierte Steinkohle eingesetzt. Der Kohlelagerplatz am Kraftwerk stellt den größten in der Region vorhandenen Energiespeicher dar.

Das Gas- und Dampf-Heizkraftwerk (GuD) der *Stadtwerke Rostock AG* in Rostock-Marienehe ist die zweite größere konventionelle Energieanlage in der Region. Sie wurde 1996 in Betrieb genommen, besteht aus drei Blöcken und hat eine elektrische Nettoleistung von 108 MW. 2017 wurden die alten Gasturbinen komplett durch neue ersetzt. Das Heizkraftwerk ist über eine 110-kV-Freileitung mit dem Umspannwerk in Rostock-Schutow verbunden. Die Wärmeleistung des Heizkraftwerks beträgt 120 MW. Das Heizkraftwerk wird wärmegeführt betrieben. Um dennoch hohe Stromerlöse nutzen zu können, wird es in den betreffenden Zeiträumen mit einer höheren Leistung betrieben, als sie für die

Fernwärmeversorgung erforderlich wäre. Die dadurch entstehende Überschusswärme wird künftig in einem Großwärmespeicher zwischengespeichert, der zum Ende des Jahres 2021 in Betrieb genommen werden soll. Der Speicher wird als druckloser Wärmespeicher mit einem Wasservolumen von 45.000 m³ am Standort des GuD-Heizkraftwerks Marienehe errichtet. Die Speicherkapazität ist so bemessen, dass Rostock ein Wochenende lang mit Wärme versorgt werden kann[96]. Neben dem Heizkraftwerk verfügt die *Stadtwerke Rostock AG* zur Wärmeerzeugung über drei Heißwasserkessel mit einer thermischen Gesamtleistung von 280 MW.

Vattenfall Europe New Energy Ecopower GmbH betreibt seit Anfang 2010 im Rostocker Überseehafen eine Abfallverbrennungsanlage mit einer elektrischen Leistung von 20 MW. Der größte Teil des Brennstoffs wird von der benachbarten Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlungsanlage (MBA) Rostock geliefert, die den Hausmüll der Hansestadt Rostock aufbereitet. Die Abfallverbrennungsanlage versorgt außerdem produzierende Unternehmen im Überseehafen mit Prozessdampf.

Unter den erneuerbaren Energieanlagen ist neben größeren Windparks und größeren Photovoltaik-Freiflächenanlagen besonders der zur *Nawaro AG* mit Sitz in Leipzig gehörende BioEnergie Park Güstrow zu nennen. Er hat jährlich ca. 45 Mio. m³ Biogas[97] erzeugt, dieses über eine Druckwasserwäsche-Anlage (DWW) auf Erdgasqualität aufbereitet und es mit ca. 5.000 Nm^3 pro Stunde in das Erdgasnetz eingespeist. Ein Teil des erzeugten Biogases wurde in einer Dampfturbine mit einer elektrischen Leistung von 1,14 MW in Strom umgewandelt, der in das Stromnetz eingespeist wurde. Die Abwärme aus der Stromerzeugung wurde für die Biogasaufbereitung, die Beheizung der Fermenter, die Hygienisierung der Gülle sowie für die Aufbereitung der Gärreste eingesetzt. Im März 2021 hat die *EnviTec Biogas AG* den BioEnergie Park Güstrow übernommen. Damit ist auch eine Umwandlung des Betreiberkonzepts verbunden: Ab Mitte nächsten Jahres will *EnviTec* in dem BioEnergie Park jährlich 9 Tsd. t Bio-LNG erzeugen. Das Bio-LNG soll im Straßengüterverkehr genutzt werden und so zu Dekarbonisierung des Verkehrssektors beitragen.

Über diese Energieanlagen hinaus betreiben die Stadtwerke und andere Unternehmen in der Region eine Vielzahl von kleineren und kleinen konventionellen und erneuerbaren Energieanlagen.

Bislang existieren in der Region Rostock keine größeren Anlagen zur Speicherung von Strom oder Wärme. Die erste Anlage entsteht derzeit wie erwähnt mit dem Großwärmespeicher der *Stadtwerke Rostock AG* in Rostock Marienehe. Außerdem planen die *Stadtwerke Rostock AG* zusammen mit dem vorgelagerten Übertragungsnetzbetreiber *50Hertz Transmission GmbH* an dem gleichen Standort die Errichtung einer *power to heat*-Anlage nach § 13 Abs. 6a EnWG. Die als Elektrodenkessel geplante Anlage soll eine elektrische Leistung von 20 MW haben und 2023 fertiggestellt sein.

4.4.2 Zukünftige Entwicklung der Infrastrukturen der Energieversorgung

Zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 ist der Umbau der Energieversorgung der Region Rostock hin zu einer weitestgehend auf Erneuerbaren Energien basierten Energieversorgung zu forcieren. Dazu müssen *erstens* insbesondere die größeren konventionellen Energieanlagen in der Region CO_2-neutral gestellt werden: Das Steinkohlekraftwerk in Rostock wird voraussichtlich im Rahmen des Ausstiegs Deutschlands aus der Kohlestromerzeugung stillgelegt. Für das GuD-Heizkraftwerk in Rostock-Marienehe ist eine Alternative zum derzeit eingesetzten fossilen Erdgas zu entwickeln. *Zweitens* muss der Bestand an zentralen und dezentralen Erneuerbaren-Energien-Anlagen ausgebaut werden.

---

96 Quelle: https://www.swrag.de/aktuelles/presse/presse-2020/grundsteinlegung-waermespeicher. Dort ist nicht spezifiziert, ob ein winterliches oder ein sommerliches oder ein durchschnittliches Wochenende gemeint ist.

97 Zum Vergleich: Der gesamte Endenergieverbrauch von Erdgas belief sich in der Region Rostock im Jahr 2010 auf ca. 210 Mio. m³. Hinzu kamen 160 Mio. m³, die im Umwandlungssektor, also in der Erzeugung von Strom und Fernwärme eingesetzt wurden (Abschnitten 3.1).

Das Steinkohlekraftwerk Rostock könnte ersatzlos stillgelegt und der Standort zurück gebaut werden. Allerdings sollte die Region aus verschiedenen Gründen (s. u.) über ein größeres Kraftwerk verfügen. Dieses sollte in Form eines innovativen Speicherkraftwerks an dem gleichen oder an einem anderen, ebenfalls geeigneten Standort errichtet werden, beispielsweise in Güstrow /74/. Für die Errichtung des Speicherkraftwerks am Standort des Steinkohlekraftwerks spricht allerdings, dass

- einige Komponenten und Gebäude des Steinkohlekraftwerks gegebenenfalls weiter genutzt werden können, zum Beispiel die Anbindung an das Fernwärmenetz in Rostock, wodurch die Abwärme des Speicherkraftwerks mit den vorhandenen Wärmeleitungen genutzt werden kann,
- der Um- bzw. Neubau den heutigen Betreibern anders als bei einer Stilllegung und Aufgabe des Standorts eine Investitions- und Geschäftsperspektive eröffnet, während andernfalls ein anderer Investor für das Speicherkraftwerk zu gewinnen ist,
- zur Minimierung der Stromtransportkosten die Entfernungen zwischen dem Speicherkraftwerk und solchen Energieanlagen möglichst klein sein sollten, die Strom für das Speicherkraftwerk liefern können – hierfür kommt insbesondere der in der Ostsee vor Warnemünde geplante Windpark in Betracht,
- der Standort bereits in die – nach Stilllegung des Steinkohlekraftwerks ohnehin weiter zu betreibende – Stromnetzinfrastruktur eingebunden ist, die bei einer Aufgabe des Kraftwerksstandorts teilweise und vorzeitig entwertet würden und dass bei der Wahl eines anderen Standorts für das Speicherkraftwerk gegebenenfalls neue Trassen, Leitungen und Umspannwerke für dessen Anbindung errichtet werden müssten.

Einen Systemvergleich zwischen dem existierenden Steinkohlekraftwerk Rostock und dem vorgeschlagenen Speicherkraftwerk zeigt Abbildung 21. In dem Speicherkraftwerk kommt Wasserstoff zum Einsatz. Diesen erzeugt und speichert das Speicherkraftwerk elektrolytisch selbst, indem es erneuerbaren Strom in solchen Zeiten aus der Region bezieht, in denen die regionale Stromerzeugung den Verbrauch übersteigt. In Zeiten, in denen die regionale Stromerzeugung dagegen unter dem Verbrauch liegt, wird in den Brennstoffzellen des Speicherkraftwerks aus dem gespeicherten Wasserstoff Strom erzeugt und in das Stromnetz eingespeist. Wie das heutige Steinkohlekraftwerk kann auch das Speicherkraftwerk Fernwärme liefern. Zudem ist ein Teil des erzeugten Wasserstoffs als Energieträger im Verkehrssektor einsetzbar.

Dieses innovative Speicherkraftwerk bietet somit eine Vielzahl von Vorteilen. Mit den heute realisierbaren Wirkungsgraden der wichtigsten in dem Speicherkraftwerk eingesetzten Technologien, der Elektrolyse und der Brennstoffzelle, müssen für jede von dem Kraftwerk erzeugte Kilowattstunde Strom näherungsweise 2,2 Kilowattstunden erneuerbaren Stroms eingespeichert werden. Dies entspricht einem Wirkungsgrad von 45 Prozent, der somit höher ist als der des Steinkohlekraftwerks Rostock von 43,2 Prozent /75/, S. 10. Damit die Region dieses Speicherkraftwerk mit dem erforderlichen Strom versorgen und zugleich durch seinen Stromexport zur Stromversorgung Deutschlands beitragen kann, muss die erneuerbare Stromerzeugung in der Region ausgebaut werden.

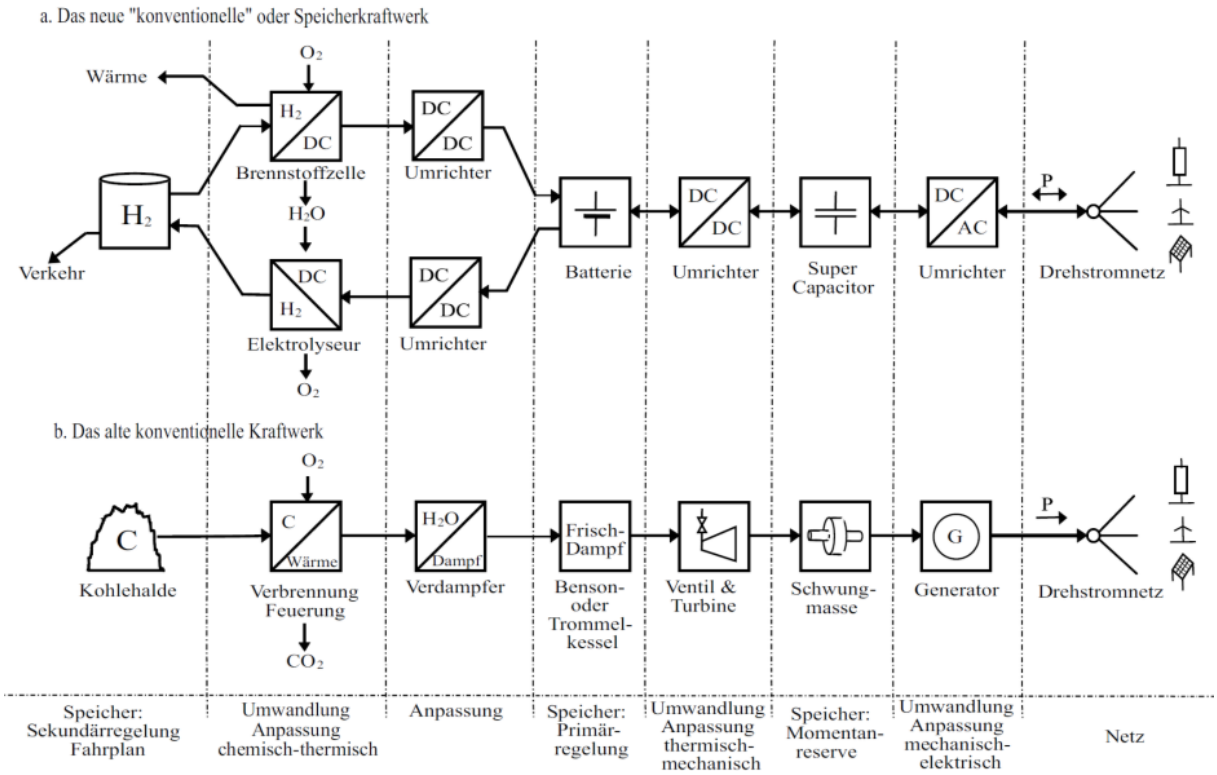


Abbildung 21: Systemvergleich Steinkohlekraftwerk - Speicherkraftwerk[98]

Die Region benötigt für eine zuverlässige und sichere Stromversorgung besonders aus den folgenden Gründen auch zukünftig mindestens eine größere Energieanlage:

- Würde das Steinkohlekraftwerk Rostock ersatzlos abgeschaltet, stünde in der Region *erstens* keine leistungsfähige Energieanlage mehr zur Verfügung, die aufgrund ihrer rotierenden Massen große Schwankungen von Last bzw. Einspeisung auszugleichen imstande ist[99]. Auch zukünftig müssen Energieanlagen nicht nur Versorgungs-, sondern auch Netzregelaufgaben erfüllen können[100]. Wegen dieser Fähigkeit zur Stabilisierung der Netzfrequenz wird das bestehende Steinkohlekraftwerk Rostock als netzstützend bezeichnet. Das Speicherkraftwerk kann allerdings die Netzfrequenz nicht nur stabilisieren, sondern auch vorgeben und daher netzbildend wirken. Es kann also zunächst für eine Übergangszeit noch in einer Schwungmasse-orientierten Energieversorgung mit konventionellen Kraftwerken funktionieren. In einer rein Umrichter-orientierten, also wesentlich auf Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen basierenden Energieversorgung kann es dann entweder netzstützend bei konstanter Netzfrequenz oder aber netzbildend betrieben werden (Übergang von der konventionellen Frequenzregelung zur Winkelregelung) /74/. Diese Fähigkeit ist für die Gewährleistung einer hohen Versorgungzuverlässigkeit bei gleichzeitiger Integration steigender erneuerbarer Stromeinspeisungen zukünftig zunehmend unverzichtbar.
- *Zweitens* sind neben den volatil einspeisenden Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen auch Kraftwerke erforderlich, die – ähnlich wie Bioenergie-Anlagen – auch bei sogenannten „Dunkel-

98 Quelle: /74/. Eine nähere Beschreibung dieser Kraftwerkstechnologie enthält /6/.

99 Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen weisen systembedingt keine Schwungmassen auf.

100 Das sind besonders: Betrieb der elektrischen Energieversorgung als Drehstromnetz, instantane Speisung plötzlicher Laständerungen durch Momentanreserveleistung, deren Darstellung durch Speicher (Primär- und Sekundärregelung), Anpassung durch Fahrplanänderungen, Speicherung von Energie für Prognosefehler sowie für sogenannte „Dunkelflauten“.

flauten“ stabil Energie liefern können und die zudem umgekehrt Strom in Überschuss-Situationen auch kostengünstig und in den erforderlichen Größenordnungen speichern können. Der Kohlelagerplatz des heutigen Steinkohlekraftwerks in Rostock ist so dimensioniert, dass es einen Monat lang ohne Kohlenachschub mit seiner Nennleistung Strom erzeugen kann, sofern dieser Speicher vollständig aufgefüllt ist. Der Wasserstoffspeicher des beschriebenen Speicherkraftwerks und dementsprechend das Speicherkraftwerk insgesamt sind so zu dimensionieren, dass es über einen ähnlichen Zeitraum uneingeschränkt Energie erzeugen kann, also beispielsweise über mindestens zwei Wochen.

- *Drittens* müssen die netzseitigen Voraussetzungen für den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung geschaffen werden. Bereits heute sind bestimmte Abschnitte in den großflächigen Verteilnetzen durch die Abführung des eingespeisten Stroms zeitweise stark belastet. In dem zukünftigen Betrieb der Verteilnetze müssen jedoch volkswirtschaftlich und energetisch effizientere Lösungen als die Abregelung von Energieanlagen gefunden werden. Neben dem Ausbau bzw. der Verstärkung der vorhandenen Netze, die vielfach kostenintensiv und zeitaufwendig sind, müssen vorrangig nicht nur Maßnahmen zur effizienteren Nutzung der vorhandenen Netzanlagen, sondern auch zur Netzentlastung getroffen werden. Hierzu kann das beschriebene Speicherkraftwerk aufgrund seiner Größe und aufgrund seiner Doppelfunktion als Stromerzeuger und -verbraucher ebenfalls erheblich beitragen.

Perspektivisch müssen allerdings nicht nur die Kraftwerke in der Region, sondern auch die Stromversorgung insgesamt weiterentwickelt werden. Dazu muss die umfassende Flexibilisierung sowohl der Erzeugungsanlagen als auch der Verbrauchsanlagen verstärkt vorangetrieben werden. Auf der Verbraucherseite sind hierfür besonders *power to heat*-Anlagen, Nachtspeicherheizungen und elektrisch angetriebene Wärmepumpen und deren Heizstäbe geeignet. Solche Anlagen müssen in Zukunft zunehmend für eine netzdienliche Steuerung durch den Verteilnetzbetreiber nutzbar sein.

Über das Erzeugungs- und das Lastmanagement (Demand Side Management) hinaus ist auch der Aufbau von Speichern und Speichersystemen erforderlich. Diese müssen im Strombereich auch für die Aufnahme größerer Strommengen bzw. größerer Leistungen geeignet sein. Hierfür kommen besonders Systeme zur Sektorkopplung in Betracht, also neben den bereits erwähnten *power to heat*-Anlagen auch *power to gas*- und *power to liquid*-Anlagen. Mit ihnen können über eine netzdienliche Steuerung hinaus neue synthetische Energieträger und Kraftstoffe (eFuels) erzeugt und in größeren Mengen in die Energieversorgung und in den Verkehr integriert werden. Sie werden zunehmend für die Dekarbonisierung der größeren Energieanlagen und im Verkehr benötigt, der sich einer wirksamen Minderung seiner CO_2-Emissionen bislang entzieht. Der Einsatz von erneuerbarem Strom in *power to heat*-Anlagen stellt zudem eine Möglichkeit zur Erzeugung klimaneutraler Fernwärme dar.

Als eine weitere wesentliche Voraussetzung für eine zukunftsfähige Energieversorgung muss ihre Digitalisierung vorangetriebenen werden. Neben dem Ausbau der Breitbandversorgung sind hier besonders der Rollout von intelligenten Messsystemen (iMSys) und die Ausrüstung geeigneter Verbrauchsanlagen mit (Fern-)Steuereinrichtungen erforderlich.

In den derzeitigen energiepolitischen und energierechtlichen Entwicklungen auf europäischer und auf nationaler Ebene werden die Rahmenbedingungen geschaffen bzw. verbessert, um solche technologischen Lösungen wirtschaftlich darstellen zu können.

Darüber hinaus lassen sich mögliche Entwicklungsrichtungen der Energieinfrastruktur in der Region Rostock aus überregionalen Vorgaben (Abschnitt 1.1.1) und aus den derzeit laufenden Planungen ableiten, soweit diese bekannt sind, wie die folgenden:

- Die Stadt Rostock bereitet eine weitere Fortschreibung ihres Rahmenkonzeptes zur Anpassung an den Klimawandel vor. Das 2012 erarbeitete und 2016 erstmals fortgeschriebene Konzept skizziert die zu erwartenden Klimaveränderungen für die Region, umreißt Handlungsfelder und nennt erste Maßnahmen gegen die zu erwartenden Folgen. Außerdem wurde ein integriertes Wärmekonzept „Klimaneutral 2035 – Der Wärmeplan in Rostock“ für die Stadt erarbeitet.

- Das Steinkohlekraftwerk Rostock ist im Rahmen des gesamtdeutschen Ausstiegs aus der Kohlestromerzeugung entweder stillzulegen oder auf andere Energieträger umzustellen. Das Kraftwerk sollte durch ein innovatives, wasserstoffbasiertes Speicherkraftwerk ersetzt werden. Die Einbindung des Speicherkraftwerks in die vorhandenen Elektrizitätsnetze sollte vorzugsweise am Kraftwerksstandort Rostock und in der Hochspannungsebene erfolgen. Im Rahmen einer vergleichenden Untersuchung der heutigen und zukünftigen Last- und Einspeiseverhältnisse in der Region Rostock wurden die erforderlichen elektrischen Leistungen des Speicherkraftwerks abgeschätzt. Danach sollte der Elektrolyseteil eine Leistung von 230 MW und der Brennstoffzellenteil eine Leistung von 360 MW aufweisen. Damit das Kraftwerk auf der Hochspannungsebenen die Stromversorgung auch während einer 14-Tage-Dunkelflaute sicherstellen kann, ist eine Wasserstoff-Speicherkapazität von 120 GWh erforderlich /*6*/, S. 50.
- Eine vollständige oder teilweise Umstellung des Gas- und Dampf-Heizkraftwerks in Rostock Marienehe auf Erneuerbare Energieträger kann gegebenenfalls durch die (Mit-)Verbrennung von erneuerbarem bzw. synthetischem Gas realisiert werden.
- Spätestens im Jahr 2025 will die Klärschlamm-Kooperation Mecklenburg-Vorpommern in Rostock Bramow eine Klärschlamm- Monoverwertungsanlage in Betrieb nehmen. Die KWK-Anlage soll jährlich 100 Tsd. t Klärschlämme thermisch aufbereiten und durch deren Verbrennung 12 GWh/a Strom und ca. 40 GWh/a (115 TJ/a) Fernwärme erzeugen /76/. Das Unternehmen hat im Mai 2021 beim zuständigen Staatlichen Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg (StALU MM) in Rostock einen Genehmigungsantrag eingereicht. Der Baubeginn kann nach dem Abschluss des Genehmigungsverfahrens im Jahr 2023 erfolgen. In den Energie- und CO_2-Bilanzen der Region Rostock 2035 und 2050 werden die genannten Energieflüsse berücksichtigt.
- Im Landesraumentwicklungsprogramm Mecklenburg-Vorpommern 2016 ist nordwestlich von Warnemünde ein marines Vorranggebiet für offshore-Windenergieanlagen ausgewiesen /47/, S. 97. Die dort mögliche jährliche offshore-Windstromerzeugung wird im Weiteren ab 2026 in Höhe von 1.300 GWh/a berücksichtigt[101] (entsprechend einer elektrischen Leistung von 300 MW, Abschnitt 4.3.3). Ein Teil des dort erzeugten Stroms könnte aktuellen Überlegungen zufolge für die großskalige Erzeugung von Wasserstoff im Überseehafen Rostock eingesetzt werden (Abschnitt 1.1).
- Im Hinblick auf die mit dem Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land (WindBG) vom 20.7.2022 für die Bundesländer vorgegebenen Flächenbeitragswerte (Abschnitt 1.1.2) wird davon ausgegangen, dass die Region Rostock ebenso wie die anderen Planungsregionen im Land durch die Bereitstellung von Flächen für die Nutzung der Windenergie an Land zur Erfüllung dieser Vorgabe bei trägt. Die Höhe der regionalen Beiträge liegt noch nicht fest.
- Das aktuelle Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) stellt die energiewirtschaftliche Notwendigkeit und den vordringlichen Bedarf für Vorhaben zur Gewährleistung eines sicheren und zuverlässigen Netzbetriebs fest. In der aktuellen Fassung sieht es den HGÜ-Interkonnektor *Hansa Powerbridge* vor. Er befindet sich noch in Planung und soll vom Umspannwerk Güstrow durch die Ostsee bis nach Schweden verlaufen (Abschnitt 5.5).
- Die *50Hertz Transmission GmbH* plant außerdem die Erhöhung der Stromtragfähigkeit der 220-kV-Leitung zwischen Dettmannsdorf über Bentwisch nach Güstrow (Leitung P215) auf 380 kV sowie ein zu errichtendes Umspannwerk im Raum Sanitz/Dettmannsdorf. Beide Vorhaben sind als

[101] Nach Mitteilung des Landes Mecklenburg-Vorpommern vom Juli 2021 legt das BSH in seinem 2. Entwurf des Flächenentwicklungsplans ein gegenüber dem LEP M-V 2016 räumlich verändertes zugrunde. Dadurch könnte sich die zu installierende Leistung auf 180 MW reduzieren. Als Jahr der Inbetriebnahme für das Testfeld und die Testfeld-Anbindungsleitung wurde seitens des Landes Mecklenburg-Vorpommern das Jahr 2026 vorgeschlagen. Allerdings kann der zuständige Übertragungsnetzbetreiber *50Hertz Transmission GmbH* gemäß einer Stellungnahme der Übertragungsnetzbetreiber vom 1.9.2022 die Testfeldanbindungsleitung frühestens 2032 in Betrieb nehmen. Diese Daten sollen in einem gegenständlichen, am 17.12.2021 bekanntgemachten Verfahren zur Änderung und Fortschreibung des Flächenentwicklungsplans nach Möglichkeit geklärt werden /49/, S. 51/52.

Maßnahme P215, M454 bereits im Netzentwicklungsplan (NEP) 2030, Version 2019 durch die Bundesnetzagentur bestätigt worden. Die *50Hertz Transmission GmbH* bereitet derzeit die Planungen und die Beantragung der Genehmigungsverfahren vor und geht davon aus, dass die Umsetzung des Projektes bis 2030 abgeschlossen ist.

- Für die im Landkreis Rostock befindliche 220-kV-Leitung Perleberg – Güstrow 321/322/328 plant die *50Hertz Transmission GmbH* einen 380-kV-Ersatzneubau Güstrow – Parchim Süd, um die bestehende 220-kV-Leitung Perleberg - Güstrow zu ersetzen. Die Trasse der Neubauplanung wird im Bereich der Bestandstrasse geführt, enthält jedoch im Landkreis Rostock in Güstrow eine Trassenoptimierung zur Erhöhung der Abstände zum Industriegebiet Güstrow[102]. Die 380-kV-Netzverstärkung ist als Maßnahme Nr. 50HzT-P34 im NEP 2030, Version 2019 angegeben. Aufgrund des fortgeschrittenen Planungs- und Genehmigungsverfahrens wird diese Netzverstärkung im NEP 2030, Version 2019 als Startnetzmaßnahme, das heißt als bereits umgesetzt angenommen.
- Im Zusammenhang mit der Ablösung der bestehenden 220-kV-Freileitung plant die *50Hertz Transmission GmbH* die Errichtung einer 380-kV-Freileitung zwischen den Umspannwerken Pasewalk und Güstrow. Die 380-kV-Netzverstärkung ist in den zwei Maßnahmen P216, M455 und M523 im NEP 2030, Version 2019 durch die Bundesnetzagentur bestätigt worden.
- Schließlich plant die *50Hertz Transmission GmbH* die Errichtung von Phasenschiebertransformatoren im Umspannwerk Güstrow zur Steuerung des Lastflusses auf der 380-kV-Leitung Güstrow – Krümmel. 50Hertz geht davon aus, dass das Projekt in 2025 abgeschlossen ist. Die Maßnahme ist als P357 M566 durch die Bundesnetzagentur bestätigt worden.
- Um die steigenden Anforderungen an Klimaschutz und Luftreinhaltung im Schiffs- und Landverkehr erfüllen zu können, wird derzeit im Hafen Rostock der Bau eines Terminals zum Umschlag von Flüssiggas (LNG) mit einem Tankvolumen von 35 Tsd. m³ geplant, die jährlich 250 Tsd. t Flüssiggas umschlagen soll. Die Anlage soll Anfang 2023 in Betrieb gehen[103].

Diese Planungen sind sowohl in das Energiewirtschaftliche Leitbild der Region Rostock (Abschnitt 1) als auch in die Energie- und CO_2-Bilanzen für die Jahre 2035 und 2050 eingeflossen[104] (Abschnitte 5.3 und 5.4).

Eine weitere Anpassung der Strominfrastrukturen an die aktuellen und künftigen Anforderungen ist allerdings nicht nur im Übertragungsnetz erforderlich, sondern auch in den Verteilnetzen. Die übergroße Anzahl der Stromerzeugungsanlagen ist bzw. wird dort angeschlossen und stellt den Betrieb dieser Netze vor steigende Anforderungen. Zudem ist die Wind- und die Solarstromerzeugung witterungsabhängig und da die Anlagen selbst keine Leistung bzw. Energie speichern können, werden zunehmend Ausgleichsmöglichkeiten für die Einspeiseschwankungen benötigt. Hinzu kommt, dass die Stromnetze bis vor kurzem ausschließlich für die Versorgung dünn besiedelter Gebiete mit nur wenigen größeren Städten vorgesehen waren (unidirektionaler Stromfluss). In dem Maße, wie die erneuerbare Stromerzeugung ausgebaut wurde, bestehen bereits heute erhebliche Ungleichgewichte zwischen den Leistungen des Strombezugs und der Stromeinspeisung (Umkehr des Leistungsflusses - bidirektionaler und volatiler Leistungsfluss) bzw. zwischen den Strommengen, die in die Region zu transportieren sind und jenen, die aus ihr abzuführen sind. Perspektivisch sind neben einem weiteren Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung auf der Erzeugungsseite auch Veränderungen auf der Lastseite zu erwarten. Diese resultieren besonders aus einer zunehmenden Nutzung von Elektrowärme sowie aus der steigenden Elektromobilität und führen sowohl zu einer Verbrauchszunahme als auch zu veränderten Lastprofilen. Infolgedessen erweisen sich besonders in ländlichen Niederspannungsnetzen zunehmend die steigende thermische Auslastung der Betriebsmittel sowie die

[102] 380-kV-Ersatzneubau Güstrow – Parchim Süd: Der Verlauf der bestehenden Leitung ist in Karte 1 enthalten (Abschnitt 0).

[103] Quelle: https://www.rostock-port.de/nachhaltigkeit-umwelt/umwelt.

[104] Das Projekt eines Geothermie-Kraftwerks, zu dem die Stadtwerke Rostock AG mit dem Bergamt Stralsund über die Konzession für die Aufsuchung von Erdwärmevorkommen in und um Rostock verhandelt hatte /77/, wird gegenwärtig nicht weiterverfolgt, da Untersuchungen des Untergrunds ergeben hatten, dass eine solche Anlage nur weiter im Landesinneren wirtschaftlich betrieben werden könnte /78/.

Spannungseinflüsse als begrenzende Faktoren für den jeweiligen Zubau von Wärmepumpen oder Ladestationen. Um diesen dennoch zu ermöglichen, bedarf es in steigendem Maße die Betriebsmittel entlastender sowie spannungshaltender Maßnahmen. Konventionelle Maßnahmen wie der Netzausbau bzw. die Netzverstärkung sind allerdings mit hohen Kosten verbunden und kommen auch aufgrund der Langwierigkeit ihrer Realisierung zunehmend an ihre Grenzen. Deshalb mussten zuletzt immer häufiger im Netzbetrieb realisierbare Maßnahmen des Einspeisemanagements zur Gewährleistung eines sicheren Netzbetriebs ergriffen werden. Allerdings sind auch diese mit hohen und steigenden Kosten verbunden. Dagegen bieten innovative Maßnahmen zur Spannungshaltung kosteneffiziente Alternativen zum Netzausbau bzw. zum Einspeisemanagement. Zu diesen zählen der Einbau von Strangspannungsreglern oder von regelbaren Ortsnetztransformatoren ebenso wie das Blindleistungsmanagement von Erzeugungsanlagen oder die Installation von Einrichtungen zur Blindleistungskompensation. Von besonderer Bedeutung sind darüber hinaus das Lastmanagement (Demand Side Management) über steuerbare Verbrauchseinrichtungen sowie der Aufbau einer Speicherinfrastruktur und ein geeignetes Speichermanagement.

Weitere Anforderungen an die zukünftige Entwicklung der Energieversorgung in der Region Rostock leiten sich besonders aus dem regional gefassten Ziel ab, die Klimaneutralität bis 2035 zu erreichen:

Ein progressiver steigender Anteil von erneuerbarem bzw. synthetischem Methan[105] im Gasverbrauch ist besonders zur Dekarbonisierung des Gebäudesektors und des Energiesektors erforderlich. Dieser Anteil muss 2030 mindestens 50 und 2035 mindestens 65 Prozent erreichen. Hierzu reicht eine fortgesetzte Umstellung von in der Region bereits vorhandenen Biogasanlagen von der Strom- und Wärmeerzeugung auf die Einspeisung von Biomethan nicht aus. Vielmehr müssen hierfür auch steigende Mengen an synthetischem Methan hergestellt werden (Sektorkopplung: *power to gas* → chemische Methanisierung).

Weiterhin sind zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 neben der wachsenden Elektromobilität Biokraftstoffe (Bioethanol und Biodiesel) sowie steigende Mengen an synthetischen Kraftstoffen (Sektorkopplung: *power to liquids* → *eFuels*) erforderlich. Hierfür werden in dem vorliegenden Konzept die Methanolsynthese zur Herstellung von synthetischem Vergaserkraftstoff und Flugturbinenkraftstoff (FTK) sowie die Dimethylether (DME)-Synthese zur Herstellung von synthetischem Dieselkraftstoff vorgesehen.

Diese Syntheseprozesse tragen nicht nur durch die Substitution fossiler Energieträger zur Erreichung der CO_2-Neutralität bei, sondern auch dadurch, dass alle drei Syntheseprozesse auf CO_2 und Wasserstoff basieren. Sofern das CO_2 durch CO_2-Abscheidung und -Nutzung (*Carbon Capture and Utilization* - CCU) von vorhandenen Emissionsquellen bereitgestellt und sofern für die CO_2-Abscheidung, Wasserelektrolyse und Syntheseprozesse in der Region Rostock erzeugter erneuerbarer Strom eingesetzt wird, kann das abgeschiedene und in den Syntheseprozessen verbrauchte CO_2 vollständig zur Erreichung des Klimaziels der Region angerechnet werden. Hierzu stehen in der Region zumindest gegenwärtig mit den vorhandenen Energieanlagen größere CO_2-Quellen zur Verfügung. Erst ab 2030 bzw. 2035 könnte zusätzlich die Nutzung von Biogas oder die Entnahme von CO_2 aus der Umgebungsluft erforderlich werden (*Direct Air Capture* - DAC).

Die für die Syntheseprozesse erforderlichen Anlagen müssten nicht notwendigerweise in der Region Rostock angesiedelt sein. Allerdings müsste die Region, sofern andere Standorte mit geeigneten CO_2-Quellen genutzt werden, diese Standorte mit dem erforderlichen erneuerbaren Strom bzw. Wasser-

[105] Erneuerbares Methan hat prinzipiell die gleichen Eigenschaften wie Erdgas (natural gas) und wird als synthetisches Erdgas bezeichnet, wenn es aus Wasserstoff und Kohlendioxid hergestellt wird (synthetic natural gas - SNG). In komprimierter, also verflüssigter Form kann es auch als Kraftstoff im Verkehr eingesetzt werden (liquefied synthetic natural gas - LSNG). Dies gilt prinzipiell auch Methan, welches in Biogasanlagen hergestellt wird (Biomethan, Bio-LNG).

stoff beliefern, damit die dort abgeschiedenen und genutzten CO_2-Mengen angerechnet werden können. Zudem stellen die Prozesse erhebliche regionale Wertschöpfungspotenziale dar. Schließlich könnte die Ansiedelung der CCU-Prozesse an den größeren CO_2-Quellen innerhalb der Region auch die Kosten deutlich reduzieren, welche ihren Betreibern zukünftig aufgrund der steigenden Preise für CO_2-Zertifikate entstehen.

Des Weiteren ist zu Erreichung der Klimaneutralität der Anteil der Fernwärme an der Wärmeversorgung und der Anteil der Erneuerbaren Energien in der Fernwärme weiter zu erhöhen. Der Anteil der Fernwärme ist in den letzten Jahren leicht auf etwas mehr als 20 Prozent gesunken und muss bis 2030 bzw. 2035 wieder um mindestens fünf Prozentpunkte steigen. Der Anteil erneuerbarer Fernwärme in der Fernwärme muss von den gegenwärtigen 3,5 Prozent bis 2030 auf mindestens 55 und bis 2035 auf mindestens 80 Prozent steigen. Darüber hinaus muss ein Teil der Fernwärme mit erneuerbarem Strom erzeugt werden (Sektorkopplung: *power to heat* → Elektrowärme).

5. Die Region Rostock 2035

Im Folgenden wird die Umsetzbarkeit des Energiewirtschaftlichen Leitbildes der Region Rostock (Abschnitt 1) aufgezeigt, indem eine zukünftige Entwicklung dargestellt wird, welche

- zur Erreichung der CO_2-Neutralität der Region bis 2035 führt,
- die bisherige Entwicklung der regionalen Energieversorgung stetig fortführt,
- eine von Trendbrüchen[106] freie Verbindung zwischen der bisherigen Entwicklung und den Zielgrößen für die Jahre 2035 und 2050 herstellt und mit der
- die weiteren, für die Jahre 2030 (2035) und 2050 überregional gesetzten Ziele erreicht.

In den folgenden Abbildungen sind diese stetigen, die bisherige Verläufe fortführenden Entwicklungen dargestellt. In der praktischen Umsetzung des Energiekonzepts bzw. des Energiewirtschaftlichen Leitbildes der Region werden diese stetigen Verläufe selbstverständlich nicht realisiert werden können, weil beispielsweise die Erzeugungskapazitäten für die Erneuerbaren Energien, für die erneuerbaren Gase und erneuerbaren Kraftstoffe (eFuels) erst aufzubauen sind und die betreffenden Anlagen erst zu bestimmten Zeitpunkten in Betrieb genommen werden können.

Bei der Auslegung des Energiesystems für die Region Rostock im Jahr 2035 wurde davon ausgegangen, dass hierfür rechtzeitig alle erforderlichen energiepolitischen und energierechtlichen Rahmenbedingungen auf Bundes- und Landesebene geschaffen werden.

Des Weiteren wurde berücksichtigt bzw. davon ausgegangen, dass bereits heute bzw. in absehbarer Zeit auch andere Städte und Regionen die Klimaneutralität bis 2035 erreichen wollen. Ebenso wie diese anderen Städte und Regionen ist auch die Region Rostock daher vornehmlich auf die Nutzung der eigenen Potenziale verwiesen.

Die zukünftige Entwicklung der Region hinsichtlich der demographischen Entwicklung (Bevölkerung, Privathaushalte) und des Wohnens sowie hinsichtlich der Entwicklung der Wirtschaft und des Verkehrs wird ausgehend von den heutigen Gegebenheiten oben beschrieben (Abschnitt 3). Diese Entwicklungen stellen wesentliche Bestimmungsgrößen des zukünftigen Energieverbrauchs dar.

Im Folgenden wird entlang dieser Bestimmungsgrößen zunächst die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs selbst beschrieben (Abschnitt 5.1). Dabei wird in allen Sektoren eine deutliche Erhöhung der Energieeffizienz zugrunde gelegt, die zur Erreichung der CO_2-Neutralität der Region beiträgt und die Energieeffizienz-Ziele der Europäischen Union erfüllt. Aus der zukünftigen Entwicklung des Energieverbrauchs und aus den erforderlichen Beiträgen der Region Rostock zur gesamtdeutschen Energieversorgung leitet sich sodann die Entwicklung ab, welche die regionale Energieerzeugung nehmen muss (Abschnitt 5.2). Im Ergebnis der Entwicklung von Energieverbrauch und Energieerzeugung lassen sich schließlich die Energie- und die CO_2-Bilanz der Region Rostock für das Jahr 2035 aufstellen (Abschnitt 5.3). Diese Bilanzen werden anschließend in Beziehung zu den Bilanzen der Jahre 1990 und 2016 gesetzt, wobei auch ein Ausblick auf das Jahr 2050 gegeben wird (Abschnitt 5.4). Abschließend werden die möglichen Beiträge der Region Rostock zur gesamtdeutschen Energieversorgung beschrieben (Abschnitt 5.5) und der daraus resultierende notwendige Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in der Region abgeleitet (Abschnitt 5.6).

[106] Ein solcher Trendbruch könnte beispielsweise im Verkehrssektor durch eine gesetzliche Verfügung erzwungen werden, die vorschreibt, dass künftig nur noch Elektrofahrzeuge neu zugelassen werden dürfen, um die Umstrukturierung des Fahrzeugbestandes in Richtung Elektromobilität zu forcieren. Entsprechende Vorhaben gibt es in einer ganzen Reihe von europäischen Ländern, darunter in Norwegen, Großbritannien und Frankreich. Allerdings soll die Einführung entsprechender Gesetze dort kaum vor 2030 bzw. 2040 erfolgen. In Deutschland ist eine entsprechende Entwicklung bislang nicht erkennbar.

5.1 Zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs

Die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs in der Region Rostock wird insbesondere durch die prognostizierte Bevölkerungsentwicklung, durch den Wohngebäudebestand, durch den Verkehr sowie durch die wirtschaftliche Entwicklung in den Sektoren Industrie und GHDS bestimmt.

Gemäß den energie- und klimapolitischen Zielen (Abschnitt 1.1) und gemäß dem Energiewirtschaftlichen Leitbild der Region Rostock (Abschnitt 1.2) wurde bei der Vorausberechnung des zukünftigen Energieverbrauchs davon ausgegangen, dass *zum einen* das Ziel der CO_2-Neutralität bis 2035 sowie *zum anderen* weitere von überregionalen Ebenen auf die Region Rostock übertragene Ziele erfüllt werden, welche besonders die deutliche Verbesserung der Energieeffizienz, die Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien am Energieverbrauch oder den Ausbau der Elektromobilität betreffen.

Die Erreichung der der CO_2-Neutralität in der Region Rostock erfordert bis zum Jahr 2035 eine Minderung der Netto-CO_2-Emissionen auf null (Abschnitt 1.1.3).

<u>Entwicklung des Wärmebedarfs</u>

Abbildung 22 zeigt die vorausberechnete Entwicklung des temperaturbereinigten Wärmebedarfs in der Region Rostock. Der durch die Säulen dargestellte Gesamtwärmebedarf beinhaltet den Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser im Gebäudebereich sowie den Prozesswärmebedarf in den Sektoren Industrie und GHDS. Die grün unterlegte Fläche kennzeichnet den Teil des Wärmebedarfs, welcher durch eine Verbesserung der Energieeffizienz zu reduzieren ist. Die Säulen werden durch die punktierte Linie in den erneuerbaren Wärmeverbrauch (oberhalb) und in den fossilen Wärmeverbrauch (unterhalb) aufgeteilt.

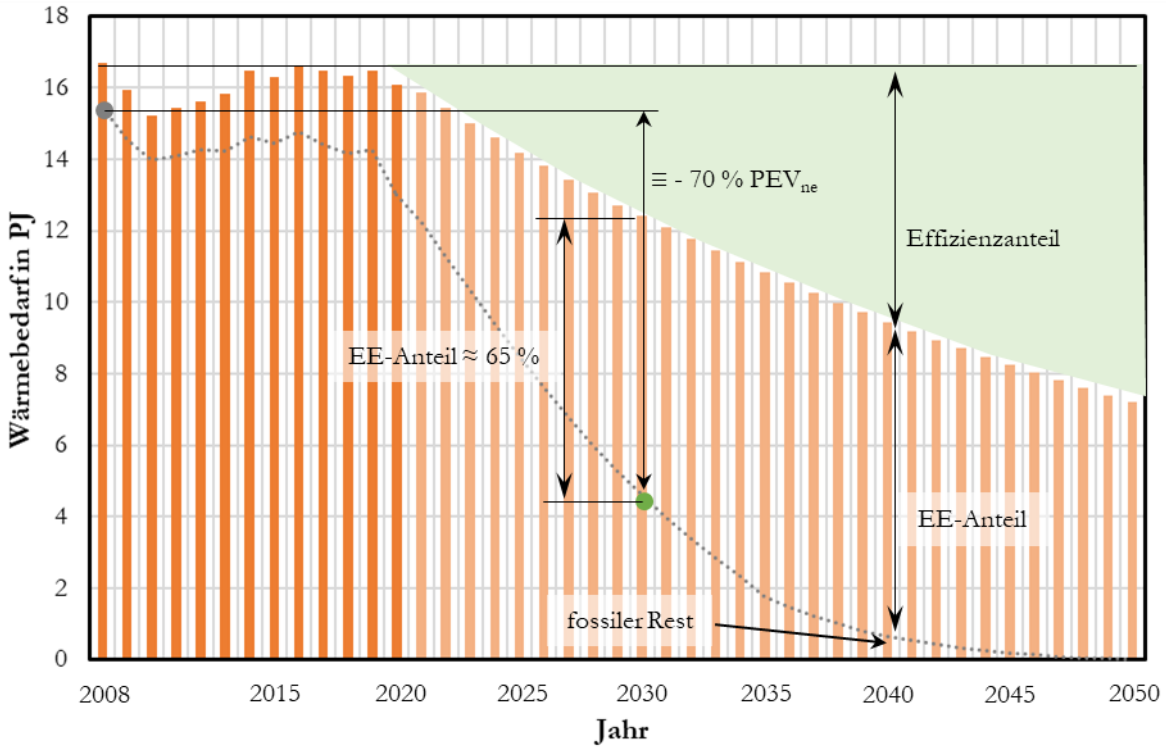


Abbildung 22: Entwicklung des Wärmebedarfs insgesamt

Danach belief sich der Wärmebedarf im Jahr 2016 auf 17 PJ. Zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 ist durch Verbesserungen der Energieeffizienz eine Absenkung dieses Wärmebedarfs auf knapp

11 PJ zu erzielen. Bei der Deckung des verbleibenden Wärmebedarfs ist der Anteil der erneuerbaren Wärme, der sie 2016 auf knapp 12 Prozent belief, deutlich auf 85 Prozent zu erhöhen. Dementsprechend tragen fossile Energieträger 2035 noch zu 15 Prozent zur Deckung des Wärmebedarfs bei.

Gegenüber dem Referenzjahr 2008 reduziert sich der nicht erneuerbare, also fossile Primärenergieverbrauch (PEV_{ne}) bis 2030 um -70 Prozent. Gleichzeitig wird ein Anteil der erneuerbaren Wärme von 65 Prozent erreicht. Diese zur Erreichung des regionalen Ziels erforderlichen Werte liegen deutlich über den überregional gesetzten Zielen Deutschlands und der Europäischen Union im Gebäudebereich, wonach der nicht erneuerbare Primärenergieverbrauch um mindestens -55 Prozent sinken und der Anteil der erneuerbaren Wärme auf mindestens 27 Prozent steigen soll.

Bei Fortsetzung dieser Entwicklung bis zum Jahr 2050 sinkt der Wärmeverbrauch weiter auf 7,2 PJ, der Anteil der erneuerbaren Wärme steigt auf 100 Prozent.

Die Entwicklung des Wärmebedarfs nach Verbrauchsbereichen zeigt Abbildung 23. Darin ist der Gesamtwärmebedarf auf Wohn- und Nichtwohngebäude (Raumwärme und Warmwasser) sowie Prozesswärme aufgeteilt. Die punktierte Linie kennzeichnet die Aufteilung zwischen dem Gebäude- und dem Prozesswärmebedarf. Zusammen mit dem regionalen Ziel der CO_2-Neutralität ist die Energieeffizienz im Gebäudebereich gemäß der Langfristigen Renovierungsstrategie der Bundesregierung /18/ zu verbessern, während den Effizienzsteigerungen im Prozesswärmebereich die Energieeffizienzstrategie 2050 /13/ zugrunde liegt. Dementsprechend geht der Wärmebedarf der Wohngebäude von 9,3 PJ im Jahr 2016 auf 6,0 PJ im Jahr 2035 und auf 4,0 PJ im Jahr 2050 zurück. Der Wärmebedarf der Nichtwohngebäude sinkt von 4,5 PJ auf 2,7 PJ bzw. auf 1,7 PJ. Der Prozesswärmebedarf in den Sektoren Industrie und GHDS muss als Saldo aus Bedarfszuwächsen und Effizienzsteigerungen von 2,8 PJ auf 2,1 bzw. 1,5 PJ/a sinken.

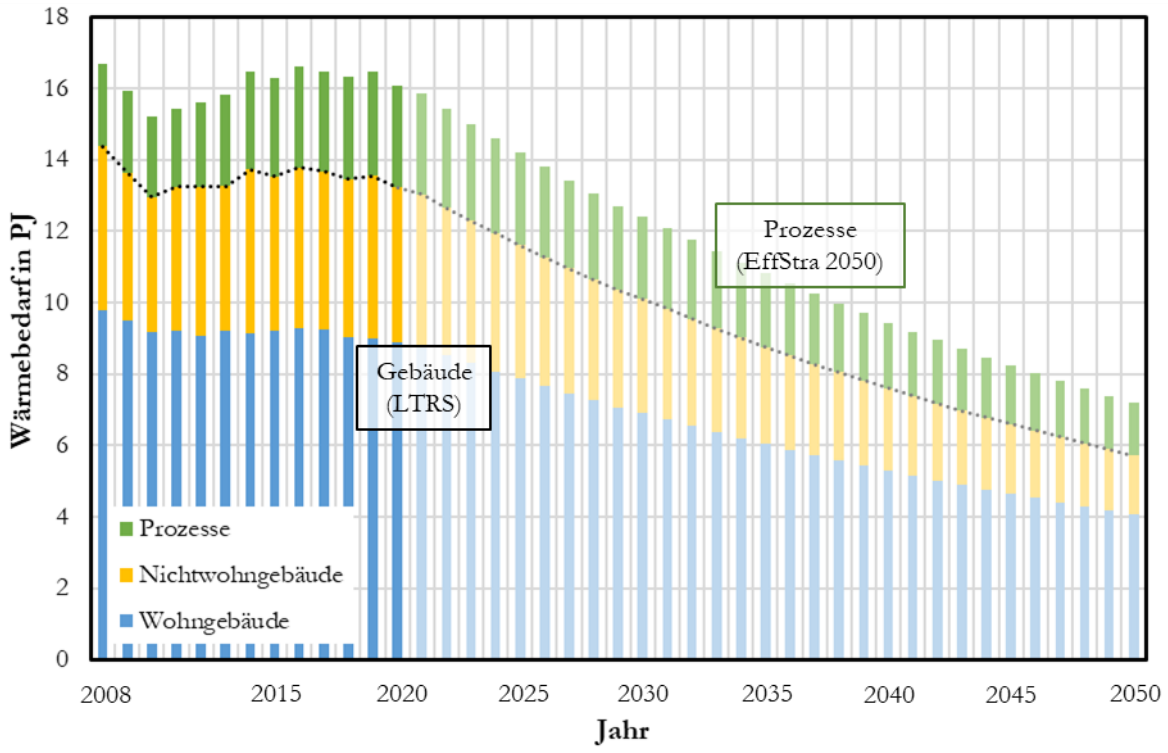


Abbildung 23: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Bereichen

Die Entwicklung dieses Wärmebedarfs nach den Verbrauchersektoren zeigt Abbildung 24. Der Wärmebedarf der Privathaushalte betrug 2016 9,3 PJ und muss bis 2035 bzw. bis 2050 auf 6,0 PJ bzw. 4,1 PJ abgesenkt werden. In ähnlicher Weise muss auch der Wärmebedarf für Nichtwohngebäude und Prozesse in den Sektoren Industrie und GHDS sinken: In der Industrie ist eine Senkung des Wärmebedarfs von 2,7 PJ im Jahr 2016 auf 1,8 PJ bzw. 1,2 PJ in den Jahren 2035 bzw. 2050 zu erreichen. Der Wärmebedarf des Sektors GHDS muss von 4,7 PJ auf 3,0 PJ bzw. 1,9 PJ reduziert werden.

Eine zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 führende Entwicklung der Energieträgerstruktur zur Deckung des Wärmebedarfs zeigt Abbildung 25. Andere Energieträgerstrukturen sind möglich, sofern sie auf ein ähnliches Verhältnis von fossilen und Erneuerbaren Energien bzw. in der Summe über alle fossilen Energieträger zu einer mindestens gleich großen Minderung der CO_2-Emissionen führen.

Danach geht die Nutzung der fossilen Energieträger einschließlich der fossilen Anteile in Strom und Fernwärme bereits bis 2035 deutlich zurück, wodurch der Wärmesektor zur Erreichung der CO_2-Neutralität maßgeblich beiträgt (die in der Abbildung eingetragene punktierte Linie kennzeichnet wieder die Trennung zwischen den fossilen und erneuerbaren Energien). Bis 2050 verschwindet die Nutzung fossiler Energieträger im Wärmesektor vollständig. Die Erreichung der notwendigen erneuerbaren Anteile im Wärmebedarf setzt wie erwähnt voraus, dass sowohl das fossile Erdgas substituiert als auch die aus fossilen Energieträgern erzeugte Fernwärme zügig und stetig dekarbonisiert werden.

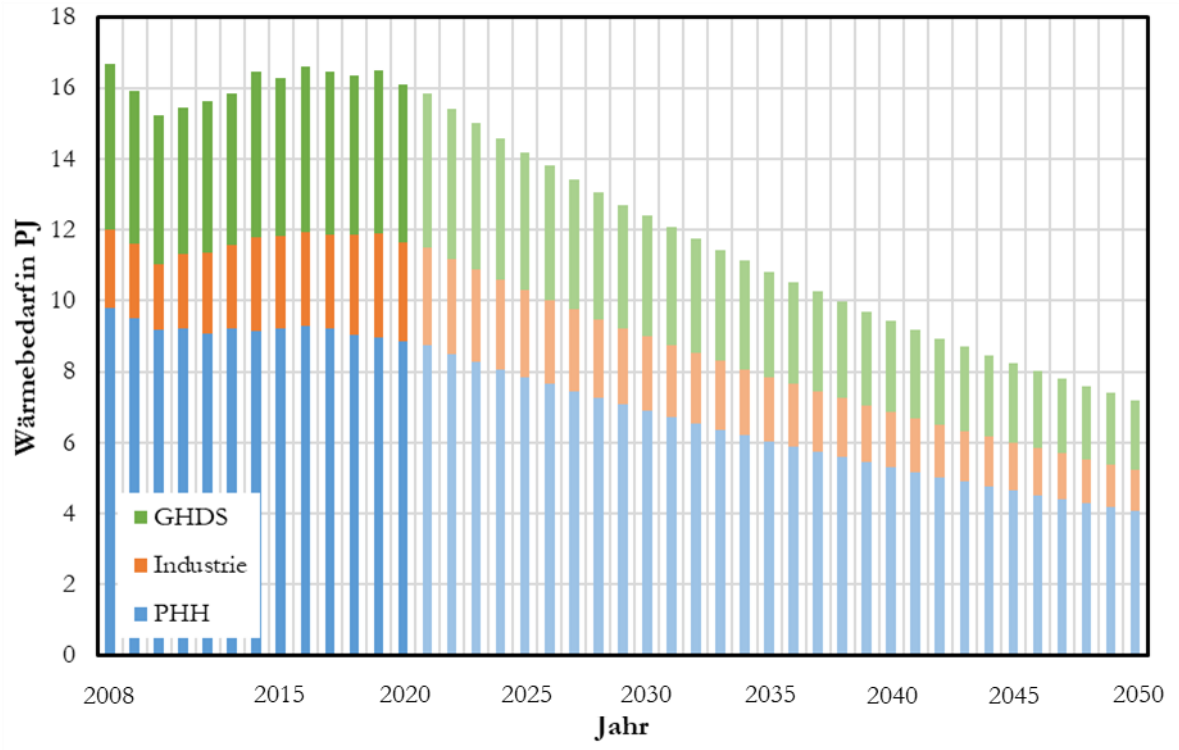


Abbildung 24: Entwicklung des Wärmebedarfs nach Verbrauchersektoren

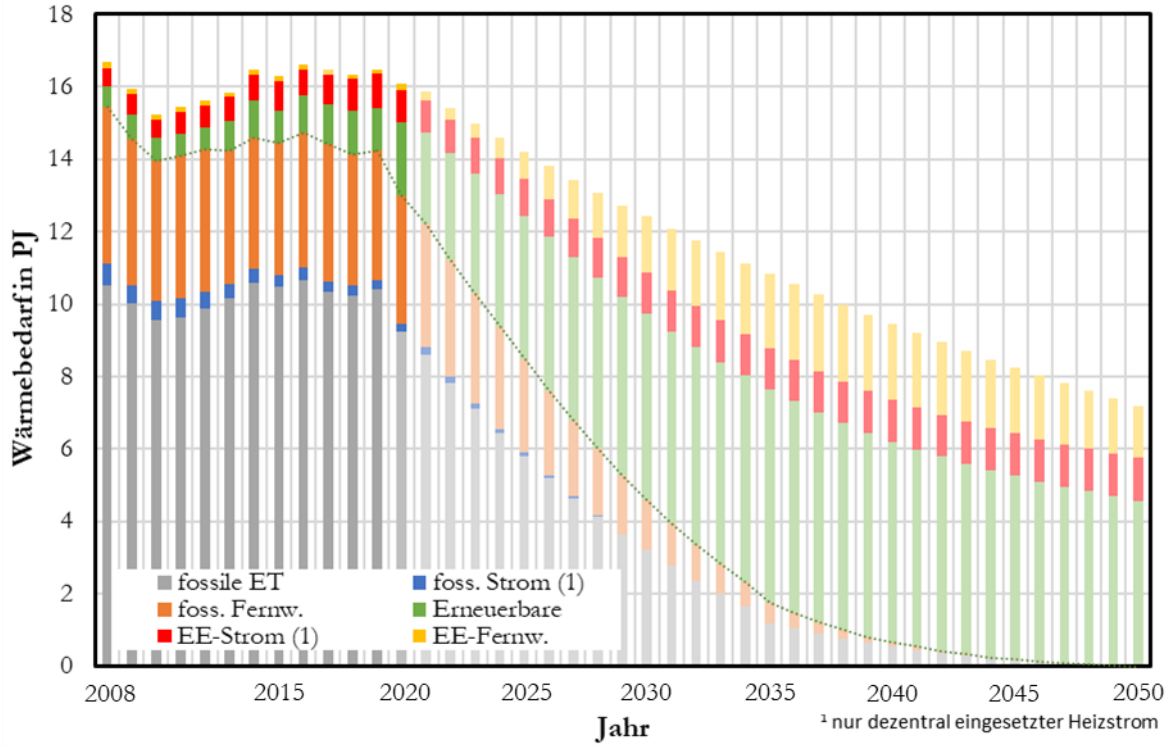


Abbildung 25: Energieträgerstruktur zur Deckung des Wärmebedarfs

Entwicklung des Energieverbrauchs im Sektor Verkehr

Der Energieverbrauch im Verkehr der Region Rostock besteht gegenwärtig zu 95 Prozent aus dem Energieverbrauch des Straßenverkehrs. Dieser kann insoweit für den gesamten Verkehrssektor stehen. Da im Zielszenario (Abschnitt 3.4) alle Teilsektoren des Verkehrs energieeffizienter werden, sinkt dieser Anteil bis 2050 nur geringfügig auf 90 Prozent. Deshalb wird der Verkehr insgesamt im Folgenden anhand der Entwicklung des Straßenverkehrs beschrieben.

Die zur Erreichung der CO_2-Neutralität erforderliche Reduzierung des Energieverbrauchs und des Einsatzes fossiler Kraftstoffe im Straßenverkehr erfordert, dass

- die Ausstattung der Bevölkerung mit Privat-Pkw nicht weiter steigt, sondern im Gegenteil zugunsten einer stärkeren Nutzung des ÖPNV begrenzt und mittelfristig auch wieder reduziert wird,
- der Wandel in den Antriebstrukturen des Straßenverkehrs hin zur Elektro- bzw. Wasserstoffmobilität gegenüber ihrer bisherigen Entwicklung weiter und deutlich beschleunigt wird,
- erhebliche Teile des Verbrauchs an fossilen Kraftstoffen durch den Einsatz erneuerbarer Kraftstoffe (eFuels) substituiert werden, die in der Region Rostock erzeugt werden (Abschnitt 3.4).

Die zunehmende Elektrifizierung des Fahrzeugbestandes führt *einerseits* zu Veränderungen in der Energieträgerstruktur, wie Abbildung 26 zeigt. Sie führt *andererseits* auch zu einer deutlichen Verminderung des Energieverbrauchs im Straßenverkehr insgesamt: Der Strom wird in Elektrofahrzeugen mit einer deutlich höheren Effizienz genutzt als die Kraftstoffe in den Verbrennungsmotoren, da die dort entstehenden hohen Verluste entfallen.

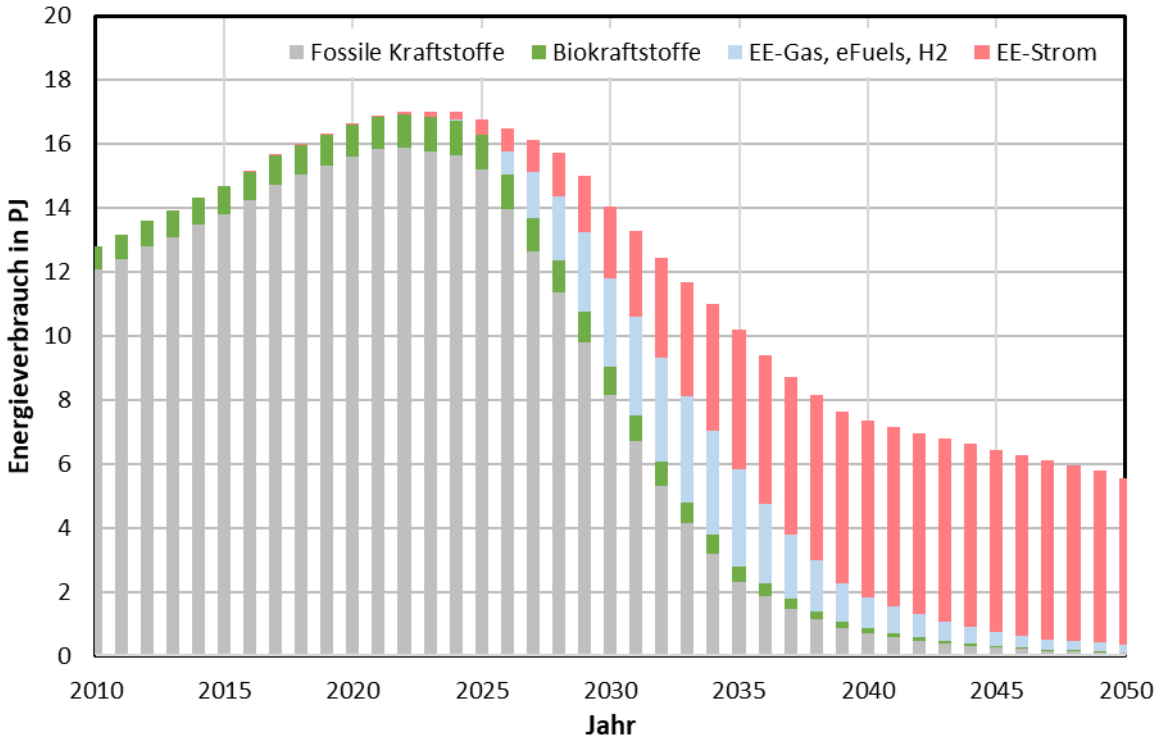


Abbildung 26: Entwicklung des Energieverbrauchs im Straßenverkehr (Zielszenario)[107]

Wie in der Abbildung dargestellt, werden voraussichtlich auch nach 2035 noch in geringem Umfang fossile Kraftstoffe eingesetzt und dementsprechend CO_2-Emissionen entstehen. Die daraus resultierenden CO_2-Emissionen belaufen sich im Zielszenario beispielsweise für das Jahr 2035 auf 75 kt CO_2-Emissionen aus Ottokraftstoff und auf knapp 95 kt aus Dieselkraftstoff, zusammen also 170 kt CO_2. Diese Emissionen sind zur Erreichung bzw. Wahrung der CO_2-Neutralität zu neutralisieren. Da die Potenziale der Abscheidung und Nutzung von CO_2 aus stationären Energieanlagen in der Region zur Herstellung der erneuerbaren Kraftstoffe (*eFuels* - Abschnitt 4.4.2) in dem Zielszenario ausgeschöpft sind, kann die Neutralisierung restlicher CO_2-Emissionen nur durch die Abscheidung zusätzlicher CO_2-Mengen aus der Atmosphäre oder durch den Ausbau der CO_2-Entnahmeleistung der in der Region Rostock vorhandenen Senken erfolgen[108].

<u>Entwicklung des Stromverbrauchs</u>

Zur Vorausberechnung des zukünftigen Stromverbrauchs in der Region Rostock wurden die in den vorhergehenden Abbildungen dargestellten sektoralen Stromverbräuche zusammengeführt. Er wird sich besonders aufgrund der notwendigen und zudem möglichst schnell einzuleitenden Verbesserung der Energieeffizienz in der Höhe und wegen der neu hinzukommenden Stromanwendungen sowohl in der Höhe als auch in der Struktur deutlich verändern: Zu dem steigenden Stromverbrauch durch

[107] Die dargestellte Entwicklung des Energieverbrauchs basiert auf den Vorausberechnungen des Pkw-Bestandes in der Region Rostock bis zum Jahr 2050 (Abschnitt 3.4 - Abbildung 10).

[108] Beispielsweise könnte hierfür die in der Region Rostock vorhandene Waldfläche erweitert werden: Der Wald in Deutschland bindet auf einer Fläche von 10,7 Mio. ha jährlich durchschnittlich 58 Mio. t $CO_{2,äq.}$, also ca. 5,4 t je Hektar /*79*/, S. 19. Um die genannten 170 kt CO_2 aus der Atmosphäre zu entnehmen, wäre dementsprechend eine Waldfläche von ca. 30.000 ha erforderlich (die gesamte Waldfläche in der Region Rostock belief sich 2021 auf knapp 60.000 ha, der erforderliche Zuwachs ist also erheblich und würde knapp 9 Prozent der Bodenfläche der Region beanspruchen). Es sollten somit auch andere Optionen zur CO_2-Entnahme aus Atmosphäre herangezogen werden.

die wachsende Elektromobilität kommt ein steigender Verbrauch für Elektrowärme, mit der zukünftig ein Teil der bisher mit fossilen Energieträgern erzeugten Wärme abgelöst werden muss. Zwar beinhaltet auch der Stromverbrauch der letzten Jahre bereits Anteile von Elektrowärme und Elektromobilität, jedoch waren diese bislang relativ klein.

Abbildung 27 zeigt die zukünftige Entwicklung des Stromverbrauchs zunächst in seiner bisherigen Struktur, also ohne den wachsenden Stromverbrauch für die neuen Stromanwendungen Elektromobilität und Elektrowärme. Dadurch ist es möglich, die zukünftige Entwicklung des Stromverbrauchs mit seiner bisherigen Entwicklung zu vergleichen. Die Abbildung zeigt zum einen die aus Referenzszenarien der Sektoren resultierende Referenzentwicklung des Gesamtstromverbrauchs. Zum anderen zeigt sie die vorausberechnete Entwicklung des Stromverbrauchs, welche die Effizienzziele der Energieeffizienz-Richtlinie der Europäischen Union für 2030 bzw. umgerechnet für 2035 erfüllt (Abschnitt 1.1.1). Die dargestellte Verbrauchsentwicklung stellt einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 im Stromsektor dar, der durch die Dekarbonisierung der Stromerzeugung ergänzt werden muss.

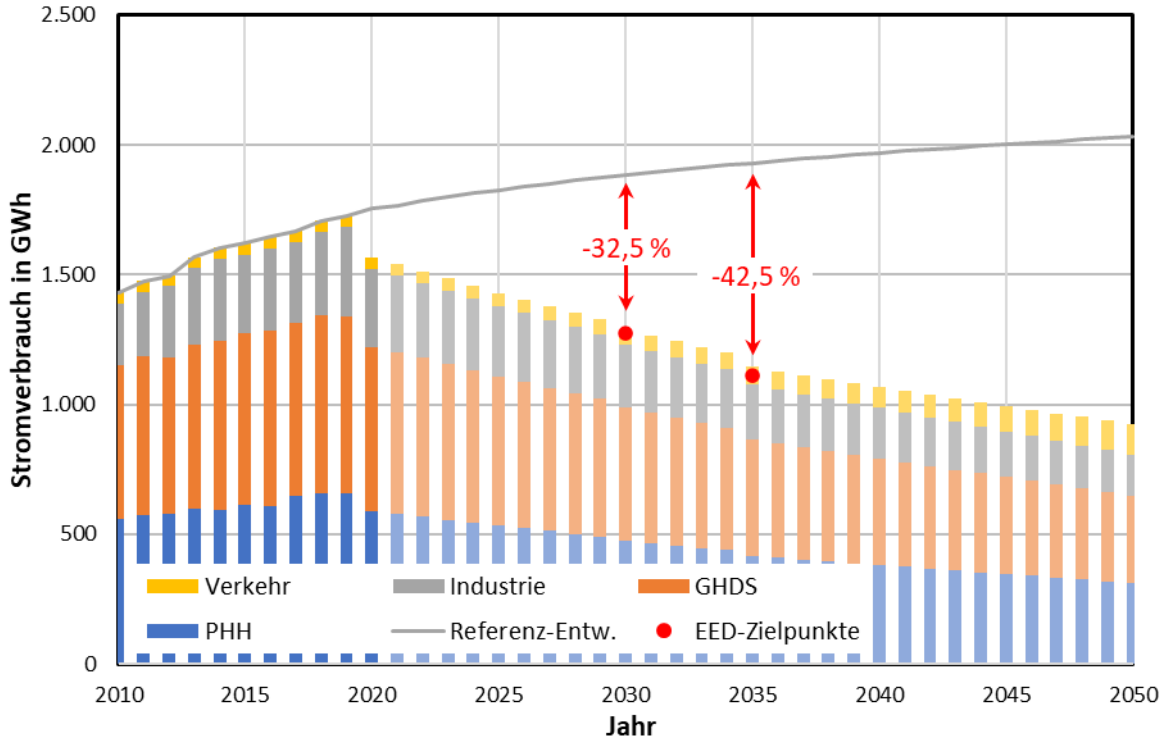


Abbildung 27: Entwicklung des Stromverbrauchs (ab 2020 ohne E-Mobilität und E-Wärme)

In Zukunft wird der Stromverbrauch besonders für die Elektromobilität, aber auch für die Elektrowärme steigen. Abbildung 28 stellt die Entwicklung des Stromverbrauchs – nun mit dem vorausberechneten Stromverbrauch für diese beiden Stromanwendungen – dar. Dabei wurde der Stromverbrauch für Elektrowärme der drei Sektoren Privathaushalte, Industrie und GHDS zusammengefasst.

Das Energiewirtschaftliche Leitbild (Abschnitt 1.2) und die in diesem Abschnitt dargestellten Entwicklungen sind zum einen so konzipiert, dass sie zur Erreichung der verbindlichen europäischen bzw. nationalen Ziele hinsichtlich der Energieeffizienz und der Elektromobilität führen. Zum anderen wird mit ihnen das regionale Ziel der Klimaneutralität bis 2035 erreicht. Die dargestellten Entwicklungen zeigen, dass diese Ziele nur durch eine zügige und deutliche Verstärkung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz zu erreichen sind.

Werden diese Energieeffizienz-Ziele bzw. die damit verbundenen Energieverbrauchsminderungen jedoch nicht oder nur teilweise erreicht, stellen sich an die zukünftige Energieversorgung der Region Rostock und besonders an die Erschließung ihrer Erneuerbaren-Energien-Potenziale deutlich höhere Anforderungen. Insoweit ist also abzuwägen, ob die erforderlichen Investitionen in die Verbesserung der Energieeffizienz oder in die Planung und Errichtung von zusätzlichen Erneuerbare-Energien-Anlagen und Energieinfrastrukturen fließen sollen.

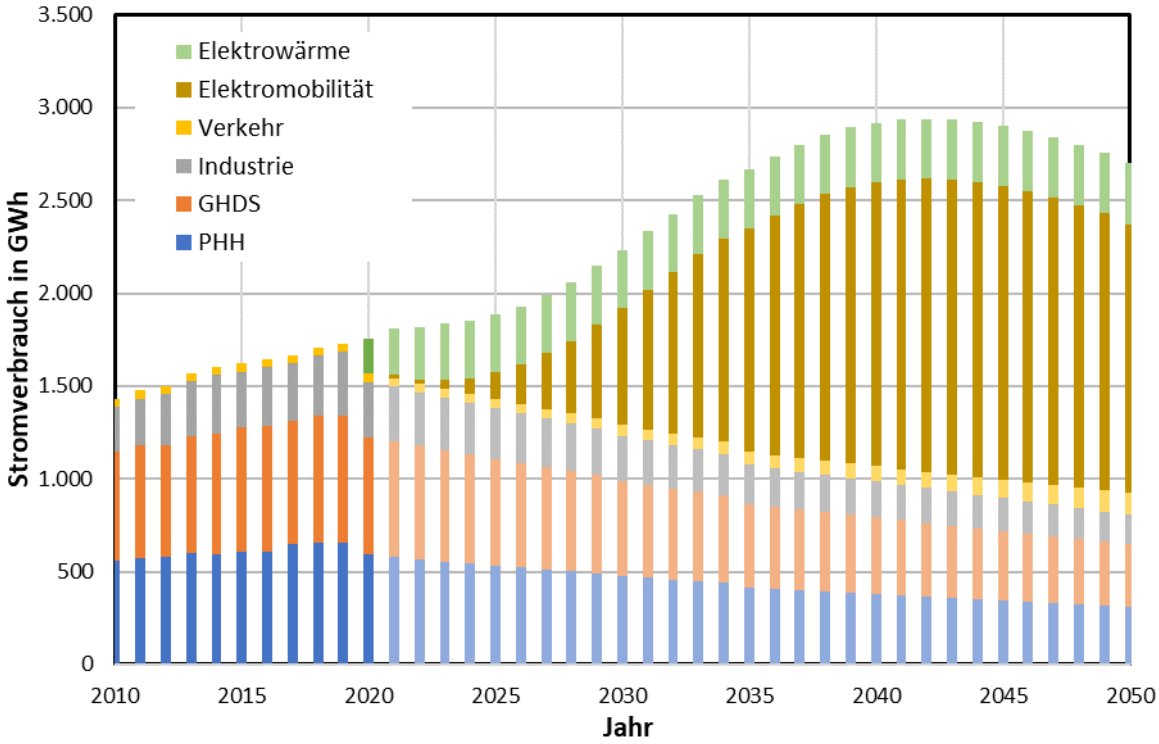


Abbildung 28: Entwicklung des Gesamtstromverbrauchs (mit E-Mobilität und E-Wärme)

5.2 Zukünftige Entwicklung der zentralen Energieerzeugung

Mit den oben beschriebenen Entwicklungen in der Region Rostock (Abschnitt 3) wurden die Basisdaten dargestellt, die für die Aufstellung der Energie- und CO_2-Bilanzen für die Jahre 2035 und 2050 (Abschnitt 5.3) und für die Entwicklung des Energiewirtschaftlichen Leitbilds der Region Rostock (Abschnitt 1.2) erforderlich waren. Darüber hinaus waren Annahmen zur zukünftigen Entwicklung besonders der zentralen Energieerzeugung in der Region Rostock zu treffen (Abschnitt 4.4.2).

5.2.1 Zukünftige Entwicklung der zentralen Stromerzeugung

Die vorausberechnete Entwicklung der Stromerzeugung in der Region Rostock ist in Abbildung 29 zusammengefasst. Sie resultiert zunächst wesentlich aus dem zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 erforderlichen Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung. Die bereits in den letzten Jahren rückläufige Entwicklung der Stromerzeugung des Steinkohlekraftwerks Rostock setzt sich bis 2029 fort. Dies gilt in ähnlicher Weise auch für die mit fossilem Erdgas betriebenen KWK-Anlagen der allgemeinen Versorgung. Der Anstieg der erneuerbaren Stromerzeugung im Jahr 2026 resultiert aus der Inbetriebnahme des offshore-Windparks vor Warnemünde. Ab dem Jahr 2030 wird außerdem die Stromerzeugung des Steinkohlekraftwerks Rostock durch die eines wasserstoffbasierten Speicherkraftwerks in Höhe von 0,5 TWh/a abgelöst. Ersichtlich ist, dass die Stromerzeugung insbesondere in dem Zeitraum von 2025 bis 2035 ansteigt und dann in der Größenordnung von 5 bis 8 TWh über dem

Verbrauch liegt, sodass neben der wasserstoffbasierten Erzeugung von erneuerbaren Gasen (eGase) und erneuerbaren Kraftstoffen (eFuels) ab 2030 auch ein steigender Stromexport realisiert werden kann (Abschnitt 1.1.3).

Außerdem ist in der Abbildung die vorausberechnete Entwicklung des Nettostromverbrauchs in der Region eingetragen, die sich als Summe über die Stromverbräuche der vier Verbrauchssektoren Privathaushalte, Industrie, GHDS und Verkehr ergibt (braune Kurve). Dieser Nettostromverbrauch liegt in dem Zeitraum von 2020 bis 2050 zwischen 1,8 TWh und 2,9 TWh (Abschnitt 5.1).

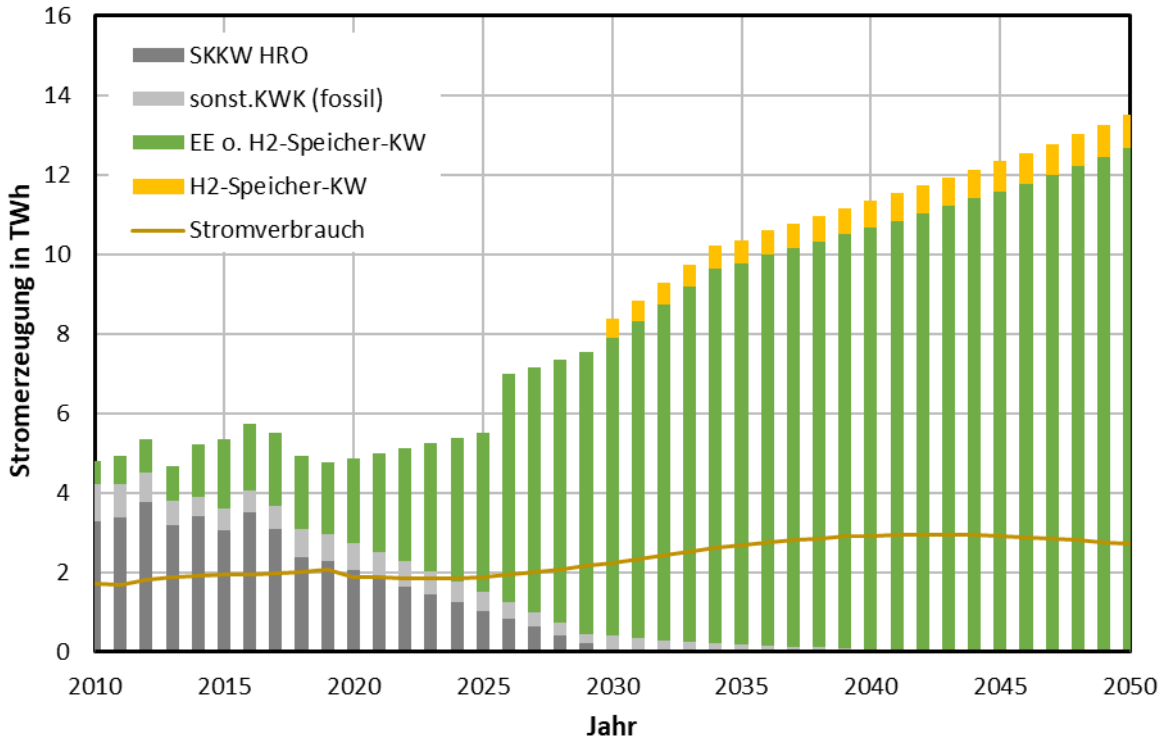


Abbildung 29: Entwicklung der Stromerzeugung insgesamt

Die in Abbildung 29 dargestellte Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung ist in Abbildung 30 nach den Beiträgen der einzelnen Erneuerbaren Energien aufgegliedert. Die wesentlichen Beiträge zu dieser Entwicklung werden danach durch die Windenergie an Land, durch die Photovoltaik sowie durch die offshore-Windenergie erbracht. Der Beitrag der Windenergie an Land liegt in dem gesamten Zeitraum zwischen 55 und 75 Prozent und beläuft sich im Durchschnitt auf ca. 65 Prozent. Die Photovoltaik und die offshore-Windenergie tragen ab dem Jahr 2035 mit ca. 5 bis 20 Prozent bzw. mit durchschnittlich ca. 10 Prozent zur erneuerbaren Stromerzeugung bei. Die Beiträge der weiteren Erneuerbaren Energien belaufen sich im Durchschnitt auf 12 Prozent. Der Beitrag der allgemeinen Kraft-Wärme-Kopplung ist demgegenüber relativ gering, da er über die Stromkennzahl an die erneuerbare Fernwärmeerzeugung gekoppelt ist, die auf dem Einsatz von erneuerbarem Gas basiert (synthetisches Erdgas - eGas).

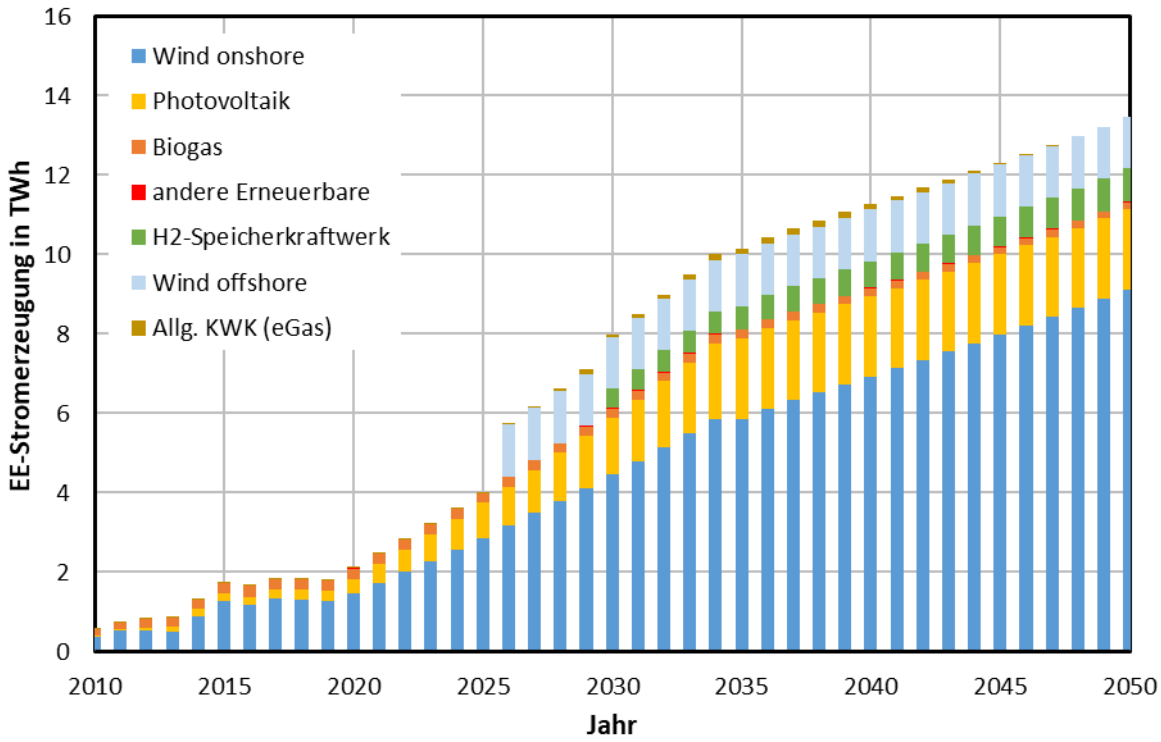


Abbildung 30: Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung

5.2.2 Zukünftige Entwicklung der zentralen Wärmeerzeugung

Durch die bis 2030, 2035 und darüber hinaus bis 2050 zu erreichenden Verbesserungen der Energieeffizienz im Wärmebereich sinkt der Gesamtwärmebedarf von Gebäuden und Prozessen: Bis 2035 soll er gemäß dem Energiewirtschaftlichen Leitbild um ein Drittel reduziert werden. Soll der Anteil der zentral erzeugten Wärme an der Deckung des Wärmebedarfs auf dem heutigen Stand von ca. 25 Prozent gehalten werden, sinkt der Fernwärmebedarf mit dem rückläufigen Wärmebedarf.

Damit lässt sich der Beitrag der zentralen, also in Fern- und Nahwärmenetzen durchgeführten Wärmeversorgung unmittelbar aus der vorausberechneten Entwicklung des Wärmebedarfs ableiten. Dieser Beitrag besteht bislang insbesondere aus der Wärmeerzeugung der allgemeinen Kraft-Wärme-Kopplung, die wesentlich auf der Nutzung von Erdgas basiert. Zudem wird in Rostock ein Teil des Fernwärmebedarfs mit Fernwärme gedeckt, welche die Stadtwerke Rostock vom Steinkohlekraftwerk Rostock beziehen. Zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 sind im Rahmen der Anpassung der Fernwärmeerzeugung an den Bedarf die deutliche Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Fernwärme sowie die Dekarbonisierung der in die Erzeugung der zentralen Wärme eingebundenen KWK- und sonstigen Wärmeerzeugungsanlagen erforderlich. Ein wichtiger Schritt hierzu ist in der Ablösung des auf Steinkohle basierenden Anteils in der Fernwärme der Stadt Rostock zu sehen. Diese muss gemäß den Annahmen, welche diesem Konzept zugrunde liegen, bis spätestens 2030 erfolgen. Darüber hinaus ist perspektivisch die Wärme zu nutzen, welche in den geplanten bzw. erforderlichen *power to x*-Anlagen zur Sektorkopplung entsteht. Schließlich müssen die bestehenden KWK-Anlagen auf den Betrieb mit erneuerbaren Gasen wie Biomethan, Wasserstoff und synthetisches Erdgas (eGas) umgerüstet werden.

Die erneuerbare Fernwärmeerzeugung muss und kann sich auf verschiedene Einzelquellen stützen. Da die Erzeugung von Biogas gegenüber dem heutigen Stand kaum wesentlich ausgebaut werden wird und die Nutzung von Wasserstoff voraussichtlich primär in anderen Bereichen erfolgt, müsste der überwiegende Teil der benötigten erneuerbaren Gase synthetisch erzeugt werden. Dadurch würde allerdings der Bedarf an erneuerbarem Strom noch einmal deutlich steigen. Daher muss der

Schwerpunkt der Dekarbonisierung der zentralen Wärmeerzeugung auf der Nutzung mehrerer erneuerbarer Einzelquellen liegen. Abbildung 31 zeigt zunächst die vorausberechnete Entwicklung der zentralen Wärmeerzeugung, wobei diese in einen fossilen und in einen erneuerbaren Teil untergliedert ist. Dargestellt ist der Bruttoverbrauch an zentraler Wärme, welcher neben dem Endverbrauch auch den Eigenbedarf der Energieversorgung und die Netzverluste enthält. Die gestrichelte Summenkurve ist für die zurückliegenden Jahre temperaturbereinigt und zeigt, dass die Wärmeerzeugung gemäß dem Verbrauch in einzelnen Jahren deutlich abweichen kann.

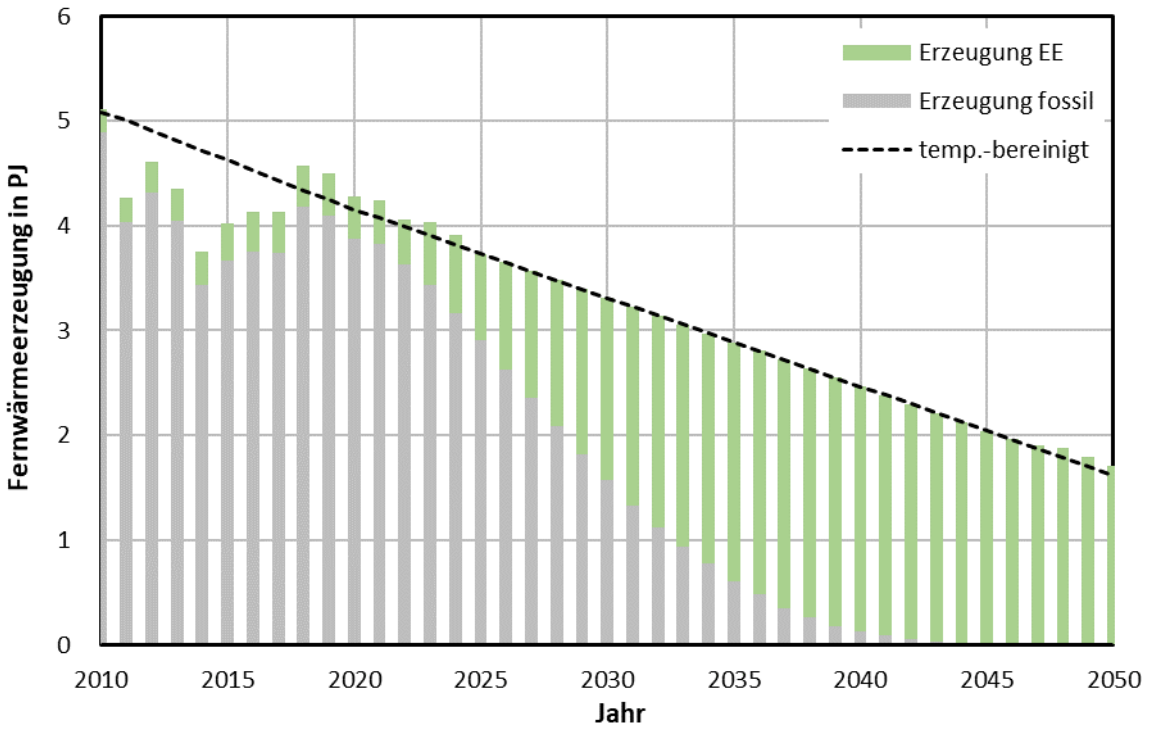


Abbildung 31: Entwicklung der zentralen Wärmeerzeugung

In Abbildung *32* ist der auf fossilen Energieträgern basierende Teil der zentralen Wärmeversorgung weiter in die Einzelbeiträge der genutzten Energieträger aufgegliedert. Danach geht die Wärmeerzeugung aus fossilen Energieträgern bis 2035 auf nahezu null bzw. auf 15 Prozent der heutigen Erzeugung zurück. Dabei entfällt zunächst ab dem Jahr 2030 die Nutzung der Fernwärme des Steinkohlekraftwerks Rostock. Darüber hinaus sinkt die Wärmeerzeugung der Allgemeinen Kraft-Wärme-Kopplung mit dem Wärmebedarf bzw. wird anteilig auf Erneuerbare Energien, insbesondere auf erneuerbare Gase wie synthetisches Erdgas (eGas) umgestellt. Ähnliches gilt für die Wärmeerzeugung in Erdgas-Heizwerken sowie in Industriekraftwerken, deren Beiträge zur zentralen Wärmeversorgung allerdings bereits heute sehr gering sind.

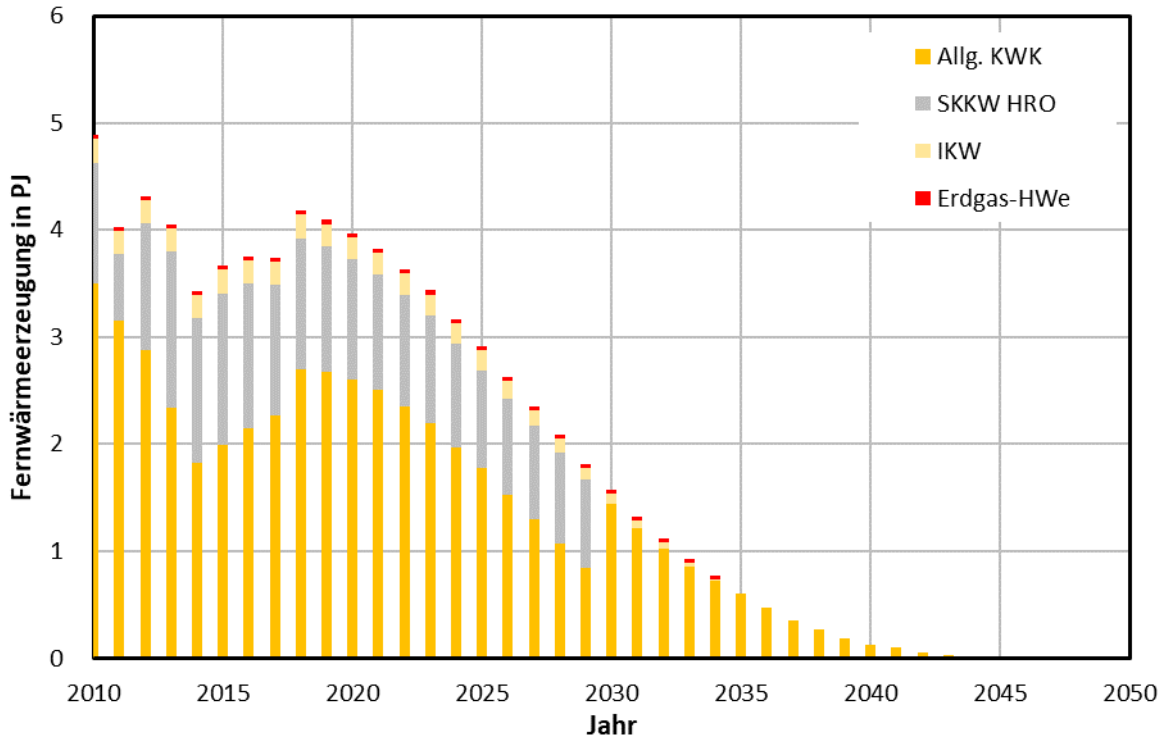


Abbildung 32: Entwicklung der fossilen zentralen Wärmeerzeugung

In Abbildung 33 ist der erneuerbare Teil der zentralen Wärmeversorgung weiter in die Einzelbeiträge der zur Wärmeerzeugung genutzten Energiequellen aufgegliedert. Zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 muss besonders der Aufbau der Anlagen zur Sektorenkopplung bzw. zur Erzeugung von erneuerbaren Gasen (eGas) sowie des Wasserstoff-Speicherkraftwerks zügig vonstattengehen, damit die in diesen Anlagen entstehende Wärme für die Wärmeversorgung genutzt und die Allgemeine Kraft-Wärme-Kopplung weiterhin zur Wärmeversorgung beitragen kann. Insgesamt können gegebenenfalls auftretende zeitliche Verschiebungen bei einer erneuerbaren Wärmequelle durch entsprechende zeitliche Veränderungen im Auf- bzw. Ausbau anderer erneuerbarer Wärmequellen ausgeglichen werden. Dementsprechend sind auch für weitere erneuerbare Wärmequellen die erforderlichen Kapazitäten rechtzeitig aufzubauen. Zunächst wird für die erneuerbare zentrale Wärmeversorgung aus Biogas eine Fortsetzung bereits bestehender Trends angenommen: Ein rückläufiger Bestand wird für solche Biogasanlagen zugrunde gelegt, welche Strom und Wärme erzeugen[109]. Demgegenüber wird ein steigender Anteil der von diesen Anlagen erzeugten Wärme für die (Nah-)Wärmeversorgung in die Nutzung gebracht. Weitere Einzelbeiträge werden durch das Klärschlamm-Heizkraftwerk in Rostock, durch die Auskopplung von Brennstoffzellen-Abwärme aus dem 2030 in Betrieb zu nehmenden wasserstoffbasierten Speicherkraftwerk sowie durch die Abwärme der Syntheseanlagen erbracht, welche in exothermen chemischen Prozessen zunehmende Mengen an erneuerbaren Gasen und an erneuerbaren Kraftstoffen (eFuels) erzeugen. Darüber hinaus leistet auch der steigende Bestand an *power-to-heat*-Anlagen einen Beitrag zur Wärmeversorgung. Sie werden nicht nur zur Erzeugung erneuerbarer Elektrowärme unter Nutzung temporärer erneuerbarer Stromüberschüsse benötigt, sondern müssen durch einen netzdienlichen Betrieb zugleich zur Entlastung der Elektrizitätsnetze beitragen. Schließlich kommt der Erzeugung zentraler Wärme in Solarthermie-Freiflächenanlagen in Verbindung mit saisonalen Wärmespeichern zukünftig eine wachsende Bedeutung zu. Auch die Nutzung von Biomasse in Form von Festbrennstoffen muss zukünftig zur zentralen Wärmeerzeugung beitragen. Dazu sollten kleine Heizwerke und Nahwärmenetze verbrauchsnah an geeigneten

[109] Dieser Rückgang ist dadurch bedingt, dass in den vergangenen Jahren eine Reihe von Biogasanlagen von der Strom- und Wärmeerzeugung auf die Gaseinspeisung umgestellt wurde.

Standorten angeordnet werden, beispielsweise in neu zu errichtenden Wohngebieten. Sobald die fossile Wärmeerzeugung vollständig durch die erneuerbare Wärmeerzeugung abgelöst ist, wirkt sich die steigende Energieeffizienz auf die Erzeugung aus, die sowohl im Gebäudebestand als auch im Prozesswärmeverbrauch der Industrie zu einem sinkenden Wärmebedarf führt (Abschnitt 5.1).

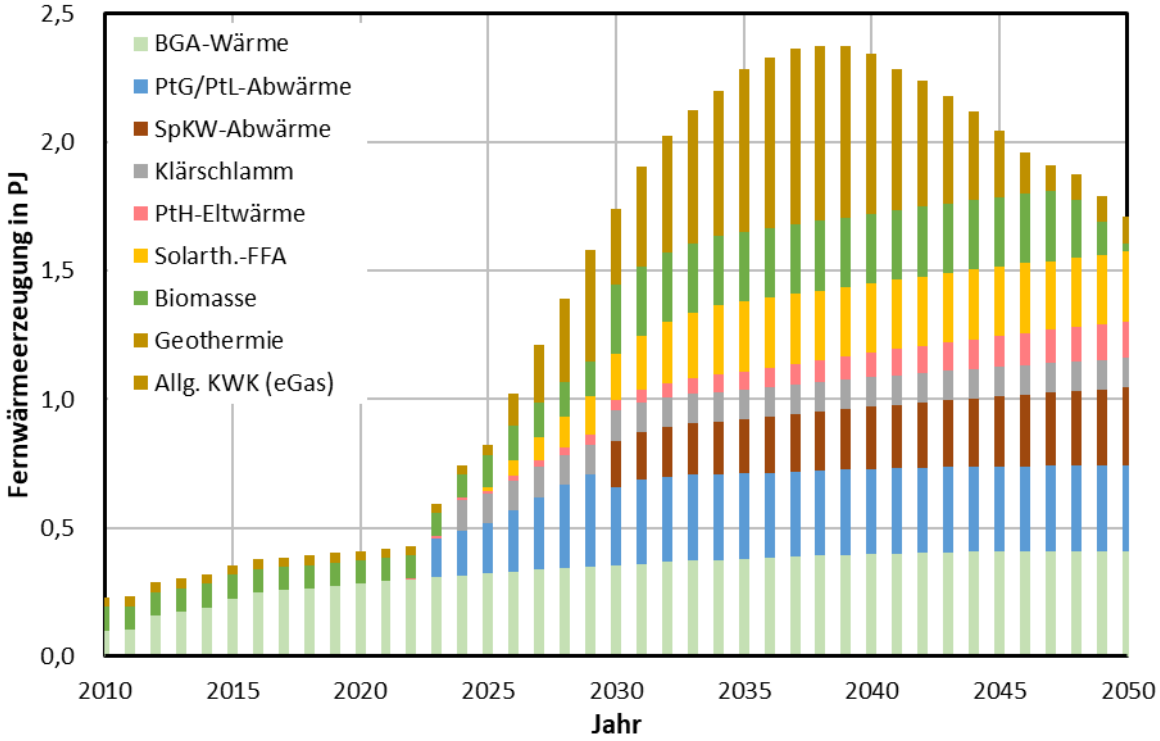


Abbildung 33: Entwicklung der erneuerbaren zentralen Wärmeerzeugung

5.3 Energie- und CO_2-Bilanz 2035

Die Energiebilanz der Region Rostock für 2035 ist in Abbildung 34 in der gleichen Weise und Skalierung dargestellt wie die Energiebilanz 2016 (Abschnitt 4.1). Sie weist aufgrund der Erreichung des regional gesetzten Ziels der CO_2-Neutralität deutliche Unterschiede zur Energiebilanz 2016 auf, die auf der Erzeugungsseite besonders durch den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung und durch den Ersatz des Steinkohlekraftwerks durch ein Wasserstoff-Speicherkraftwerk bewirkt werden. Auf der Verbrauchsseite sind die Unterschiede durch die steigende Energieeffizienz bzw. durch den sinkenden Energieverbrauch und durch einen umfassenden Wandel der Struktur der eingesetzten Energieträger hin zu Erneuerbaren Energien in allen Verbrauchssektoren bedingt. Diese basiert im Verkehr wesentlich auf der Umstrukturierung des Fahrzeugbestands zugunsten der Elektromobilität.

Das für das Jahr 2035 vorausberechnete Energieaufkommen in der Region beläuft sich auf 45 PJ. Davon werden in der Region selbst 40 PJ als Erneuerbare Energien gewonnen. Von außerhalb werden 5 PJ an fossilen Energieträgern – darunter besonders 2,3 PJ Kraftstoffe und 2,5 PJ Erdgas – bezogen. Im Gegenzug werden 7 PJ in Form von Strom sowie erneuerbaren Energieträgern an andere Regionen Deutschlands abgegeben. Als Saldo aus diesen Bilanzpositionen errechnet sich ein Primärenergieverbrauch in der Region von 38 PJ.

Im Umwandlungssektor werden 19 PJ für die Energieumwandlung eingesetzt, davon 1,4 PJ fossiles Erdgas und insgesamt 17,6 PJ in Erneuerbaren-Energien-Anlagen. Neben dem Energieexport von 7 PJ werden von diesem Sektor 9,6 PJ an Strom und 2,6 PJ an Fernwärme an Endverbraucher abgegeben.

Für den Endenergieverbrauch stehen 2035 in der Region Rostock somit 12,2 PJ an Strom und Fernwärme zur Verfügung. Weitere, direkt in den Verbrauchersektoren einsetzbare fossile Energieträger wie Erdgas oder Kraftstoffe haben einen Umfang von 4,4 PJ. Außerdem werden 9,5 PJ an Erneuerbaren Energien direkt in den Verbrauchersektoren verbraucht. Diese setzen sich aus 3,5 PJ an erneuerbaren und biogenen Kraftstoffen, aus 1,8 PJ an Solarthermie, aus 2,2 PJ an erneuerbaren Gasen, aus 1,3 PJ an Umweltwärme sowie aus 0,7 PJ an Bioenergie zusammen.

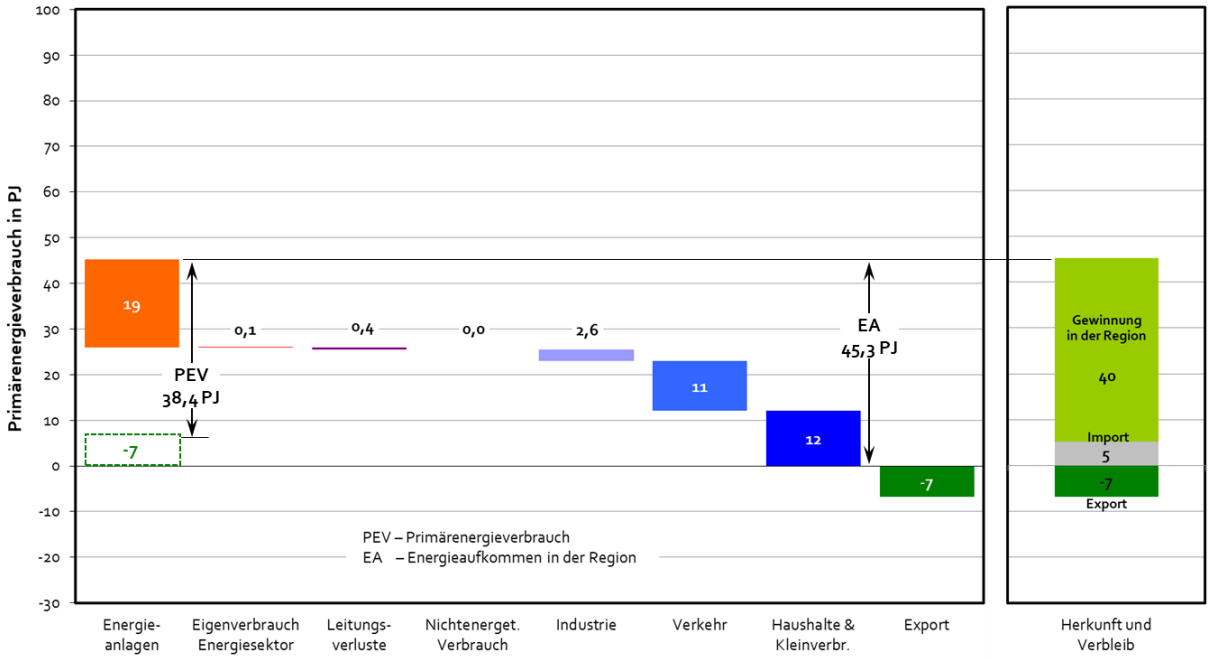


Abbildung 34: Energiebilanz der Region Rostock 2035

Der vorausberechnete Endenergieverbrauch beträgt 2035 somit insgesamt 26 PJ. Davon entfallen 2,6 PJ bzw. 10 Prozent auf die Industrie. Im Verkehr werden 10,8 PJ bzw. 43 Prozent verbraucht, insbesondere in Form von Kraftstoffen. Der Stromverbrauch für die Elektromobilität auf den Straßen übersteigt den Fahrstromverbrauch durch die Eisenbahn bereits um das 20-fache. Die Privathaushalte und der Sektor GHDS verbrauchen 2035 7,5 PJ bzw. 4,6 PJ oder 30 bzw. 18 Prozent, beide zusammen also 12,1 PJ bzw. 48 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs.

In der Quellenbilanz der Region Rostock errechnet sich für das Jahr 2035 eine CO_2-Emission in Höhe von 0,426 Mio. t. Darin enthalten sind knapp 0,08 Mio. t CO_2 aus der zentralen Strom- und Wärmeerzeugung, das entspricht einem Anteil von 19 Prozent. In den Verbrauchersektoren entstehen somit 0,346 Mio. t CO_2. Davon entfallen knapp 7,2 Prozent auf den Sektor Industrie, 46,8 Prozent auf den Sektor Verkehr und 12,9 bzw. 14,4 Prozent auf die Sektoren Privathaushalte und GHDS.

Die verursacherbezogenen CO_2-Emissionen berücksichtigen die CO_2-Emissionen des Stromaustauschs, außerdem sind die CO_2-Emissionen des Umwandlungsbereiches auf die Verbrauchersektoren aufgeteilt. Diese CO_2-Emissionen insgesamt berechnen sich für 2035 ebenfalls auf 0,346 Mio. t, da kein Strom und somit auch keine CO_2-Emissionen in die Region importiert werden. Den größten Anteil an den verursacherbezogenen CO_2-Emissionen hat 2035 der Verkehrssektor mit 46,8 Prozent. An zweiter Stelle steht der Sektor Privathaushalte mit 26,8 Prozent. Weitere 19,1 Prozent entfallen auf den Sektor GHDS. Die übrigen 7,4 Prozent werden im Sektor Industrie verursacht.

5.4 Vergleich der Bilanzen 1990, 2016 und 2035 mit Ausblick auf 2050

Um die weitere Entwicklung der Energieversorgung in der Region Rostock bis zum Jahr 2050 zu beschreiben, wurden ergänzend zu den Energie- und CO_2-Bilanzen der Jahre 2016 und 2035 die Bilanzen für 2050 aufgestellt. Im Folgenden wird zunächst ein Vergleich der Energiebilanzen 2016 und 2035 mit Ausblick auf 2050 vorgenommen (Abschnitt 5.4.1). Daran schließt der Vergleich der CO_2-Bilanzen für die gleichen Jahre an, wobei zusätzlich die CO_2-Emissionen einbezogen werden, die für die Region Rostock für das Referenzjahr 1990 (Abschnitt 1.1.3) ermittelt wurden (Abschnitt 5.4.2).

Mit dem Aufbau der hier vorgeschlagenen Industrie zur Erzeugung von erneuerbaren Gasen (eGase) und Kraftstoffen (eFuels) könnte die Region Rostock sehr flexibel auf Veränderungen in der Nachfrage nach diesen Energieträgern zu reagieren. Im Folgend wird davon ausgegangen, dass die bis 2035 aufgebauten Produktionskapazitäten auch nach 2035 in unveränderter Höhe weiterproduzieren, obwohl deren Verbrauch in der Region sinkt. Das heißt, es stünden steigende Mengen für den Export zur Verfügung. Eine mögliche Alternative hierzu bestünde in der Reduzierung der Produktionskapazitäten und in dem Export des erneuerbaren Stroms anstelle der daraus hergestellten Produkte. Allerdings sollten die einmal aufgebauten Produktionskapazitäten auch langfristig genutzt werden. Die nachfolgenden Darstellungen beziehen sich daher auf den erstgenannten Fall der fortgesetzten Auslastung der aufgebauten Industrie.

5.4.1 Vergleich der Energiebilanzen 2016 und 2035 mit Ausblick auf 2050

Um die Unterschiede zwischen den Energiebilanzen der Jahre 2016, 2035 und 2050 sichtbar zu machen, sind in Abbildung 35 die wichtigsten Bilanzpositionen vergleichend gegenübergestellt. Dabei finden sich die Verbrauchspositionen oberhalb der Nulllinie, während der Energieexport unterhalb der Nulllinie abgetragen ist. Nicht dargestellt sind wegen ihrer geringen Größe die Hochseebunkerungen. Erkennbar wird *einerseits* der zunächst bis 2035 sinkende Energieverbrauch für die Energieumwandlung in den zentralen und dezentralen Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen des Energiesektors. Dieser Energieverbrauch steigt auch nach Erreichen der CO_2-Neutralität im Jahr 2035 mit dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung gegen 2050 hin wieder an. *Andererseits* ist der stufenweise Rückgang des Energieverbrauchs in allen Verbrauchersektoren ersichtlich, der auf die steigende Energieeffizienz zurückzuführen ist. Da zur zielkonformen Erreichung der CO_2-Neutralität in der Region Rostock die wesentlichen Emissionsminderungen bis 2035 herbeigeführt werden müssen, unterscheiden sich insbesondere die Bilanzen 2016 und 2035, während die Unterschiede in den Bilanzen 2035 und 2050 demgegenüber nur noch relativ gering sind.

Der Energieexport, der sich aus einer annähernd gleichbleibenden Position erneuerbaren Energieträgern (Gase und Kraftstoffe) sowie aus einer veränderlichen Position an Strom zusammensetzt, geht bis 2035 gegenüber 2016 zunächst von 18 auf 7 PJ zurück. Darin enthalten waren 2016 14 PJ (3,9 TWh) Strom, für 2035 sind 6,3 PJ (1,8 TWh) bilanziert. Dieser Rückgang ist wesentlich durch die Stilllegung des Steinkohlekraftwerks Rostock 2029 im Rahmen des Kohleausstiegs sowie durch den Verbrauch an erneuerbarem Strom bedingt, welcher besonders zur Dekarbonisierung der Gasversorgung und des Verkehrssektors benötigt wird. Zudem wird auch erneuerbarer Strom zur Erzeugung des Wasserstoffs für das Speicherkraftwerk benötigt, welches 2030 das Steinkohlekraftwerk Rostock ersetzt. 2050 beläuft sich der Stromexport dann wieder auf 15,5 PJ (4,3 TWh), da die erneuerbare Stromerzeugung gegenüber 2035 in der Region schneller steigt als der Stromverbrauch. Dieser Anstieg im Stromverbrauch resultiert auf der Seite der Verbrauchersektoren aus den Zuwächsen bei der Elektromobilität und der Elektrowärme. Auf der Erzeugungsseite ist ein leicht zunehmender Eigenverbrauch zu verzeichnen, da der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung bis 2050 fortgesetzt wird, wenn auch nur noch in relativ geringem Umfang und überwiegend in Form eines Repowerings im Anlagenbestand.

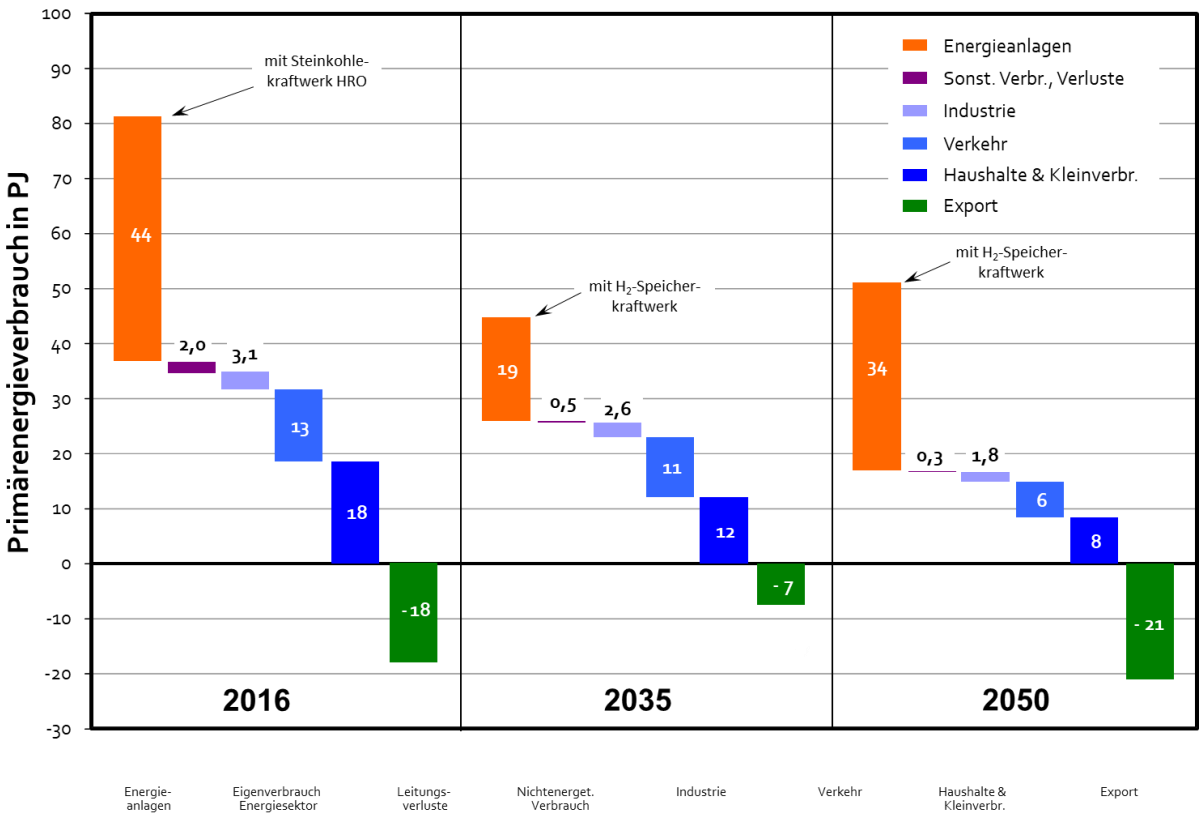


Abbildung 35: Energieerzeugung und -verbrauch 2016, 2035 und 2050 im Vergleich

Weiterhin können die Energiebilanzen 2016, 2035 und 2050 hinsichtlich der Herkunft und des Verbleibs der Energie miteinander verglichen werden, Abbildung 36. Der Vergleich zeigt im Übergang von der Bilanz 2016 zur Bilanz 2035 den deutlichen Importrückgang von fossilen Energieträgern, welcher aus der Erreichung der CO_2-Neutralität der Region Rostock bis zum Jahr 2035 resultiert. Da hierzu das Steinkohlekraftwerk Rostock stillzulegen und der größte Teil der im Energiesektor und in den Verbrauchssektoren eingesetzten fossilen Energieträgern durch erneuerbare zu substituieren ist, entfällt besonders ein Großteil der bisherigen Importe von Steinkohle, Erdgas und Kraftstoffen. Im Gegenzug wird die Energiegewinnung in der Region bis 2035 gegenüber jener von 2016 mehr als verdoppelt.

Die Bilanzen der Jahre 2035 und 2050 unterscheiden sich dann im Wesentlichen noch durch einen weiteren Anstieg der Energiegewinnung in der Region und durch den weiteren Rückgang des Energieimports. Dieser Importrückgang ist *zum einen* auf die fortgesetzte Verbesserung der Energieeffizienz in allen Sektoren und *zum anderen* auf die fortgesetzte Ablösung fossiler Energieträger in den Verbrauchssektoren zurückzuführen. Insgesamt werden in den Jahren 2035 und 2050 5 PJ bzw. 0,4 PJ an Energie importiert. Die Energiegewinnung in der Region steigt dagegen weiter an: Werden in der Region 2035 noch 40 PJ an Erneuerbaren Energien gewonnen, sind es 2050 50 PJ. Der Energieexport in den Bilanzen der Jahre 2035 und 2050 in Höhe von 7 bzw. 21 PJ besteht wie erwähnt im Wesentlichen aus erneuerbarem Strom.

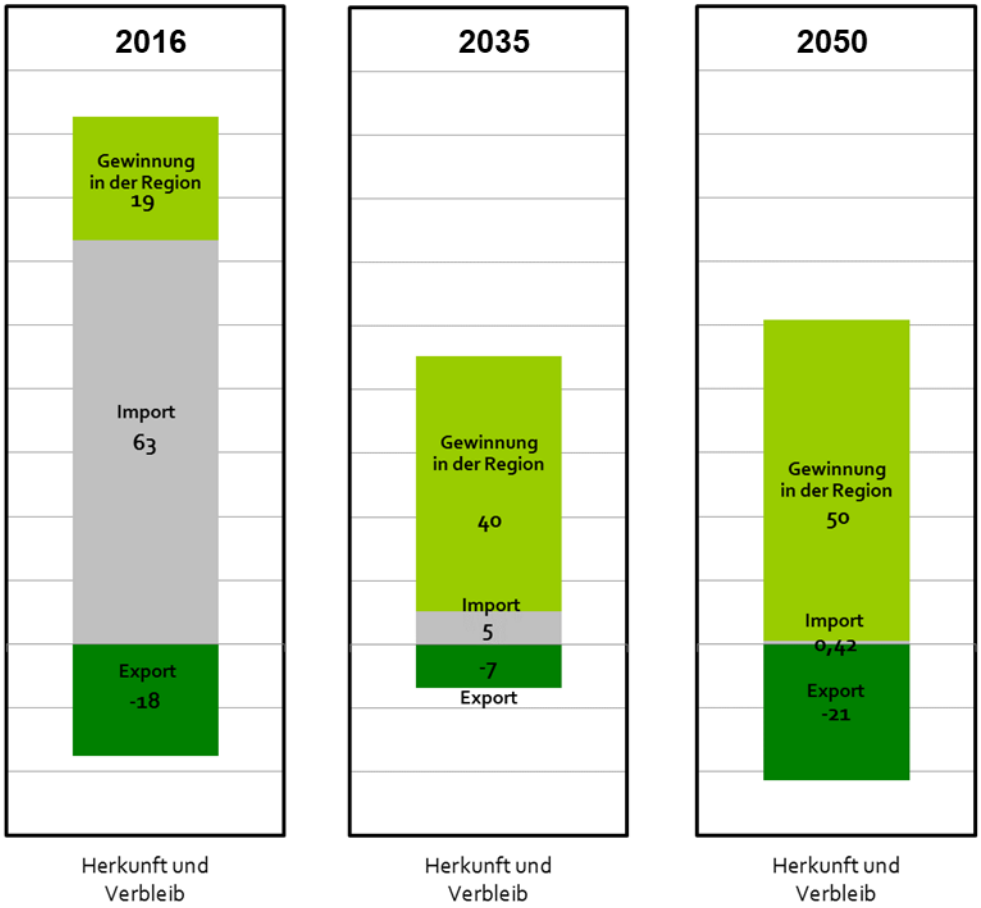


Abbildung 36: Energie in PJ - Herkunft und Verbleib 2016, 2035 und 2050 im Vergleich

5.4.2 Vergleich der CO_2-Bilanzen 1990, 2016 und 2035 mit Ausblick auf 2050

Für den Vergleich der CO_2-Bilanzen werden zunächst die Quellenbilanzen für ausgewählte Stichjahre bzw. in ihrer Entwicklung nach Sektoren betrachtet, Abbildung 37 und Abbildung 38. Insgesamt errechneten sich in der Region Rostock für das Jahr 2016 temperaturbereinigte CO_2-Emissionen in Höhe von 5,04 Mio. t (Abschnitt 4.1). Diese CO_2-Emissionen sinken bis 2035 auf 0,43 Mio. t, also auf 10 Prozent der CO_2-Emissionen des Jahres 2016. Gegenüber dem Referenzwert 1990, also den quellenbezogenen CO_2-Emissionen der Region in Höhe von 3,9 Mio. t CO_2, bedeutet dies einen Rückgang auf 11 Prozent. Dieser Rückgang ist also etwas größer als jener gegenüber den Emissionen des Jahres 2016, dies ist wesentlich durch das Steinkohlekraftwerk Rostock bedingt, das erstmals 1993 CO_2 emittierte (die CO_2-Emissionen des Referenzjahres 1990 enthielten somit noch keine solchen Emissionen). Der Anteil des Sektors Energie an den quellenbezogenen CO_2-Emissionen nimmt bis 2035 kontinuierlich soweit ab, dass er 2035 noch mit knapp 20 Prozent zu den Gesamtemissionen beiträgt. Der Anteil der CO_2-Emissionen des Verkehrs, der bis 2020 weitgehend unverändert blieb, geht zwar bis 2035 absolut zurück, jedoch steigt sein Anteil an den Gesamtemissionen auf 47 Prozent. Die Anteile der anderen drei Verbrauchssektoren belaufen sich auf jeweils ca. 10 bis 15 Prozent. Zur Erreichung der CO_2-Neutralität sind 2035 somit noch energiebedingte CO_2-Emissionen in Höhe von 0,5 Mio. t zu neutralisieren, also durch CO_2-Entnahmen aus der Atmosphäre zu kompensieren.

Bis 2050 gehen die energiebedingten CO_2-Emissionen dann weiter auf 0,36 Mio. t zurück, also auf knapp 10 Prozent der CO_2-Emissionen des Jahres 2035 bzw. auf ca. 1 Prozent der CO_2-Emissionen des Referenzjahres 1990. Diese CO_2-Emissionen entstammen zu 100 Prozent dem Verkehrssektor.

Mit dieser Entwicklung der CO_2-Emissionen werden zugleich alle überregionalen, also nationalen und europäischen Klimaschutzziele erfüllt bzw. übererfüllt.

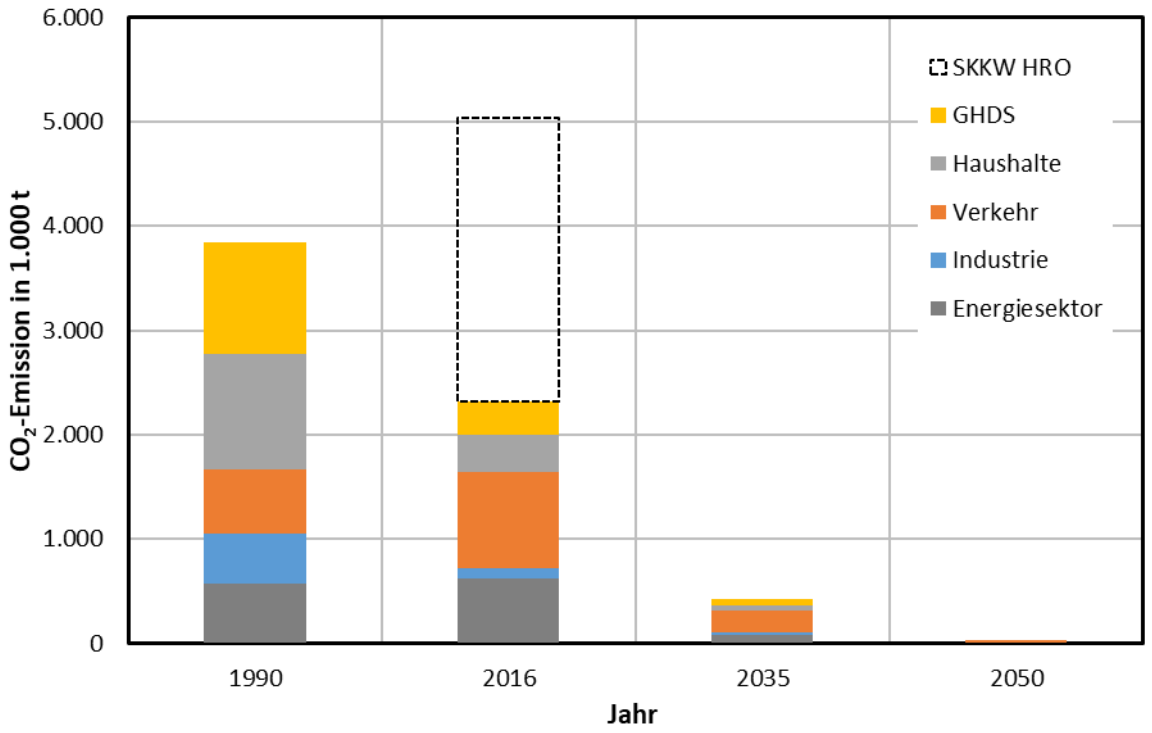


Abbildung 37: Quellenbezogene CO_2-Emission (temperaturbereinigt) im Vergleich

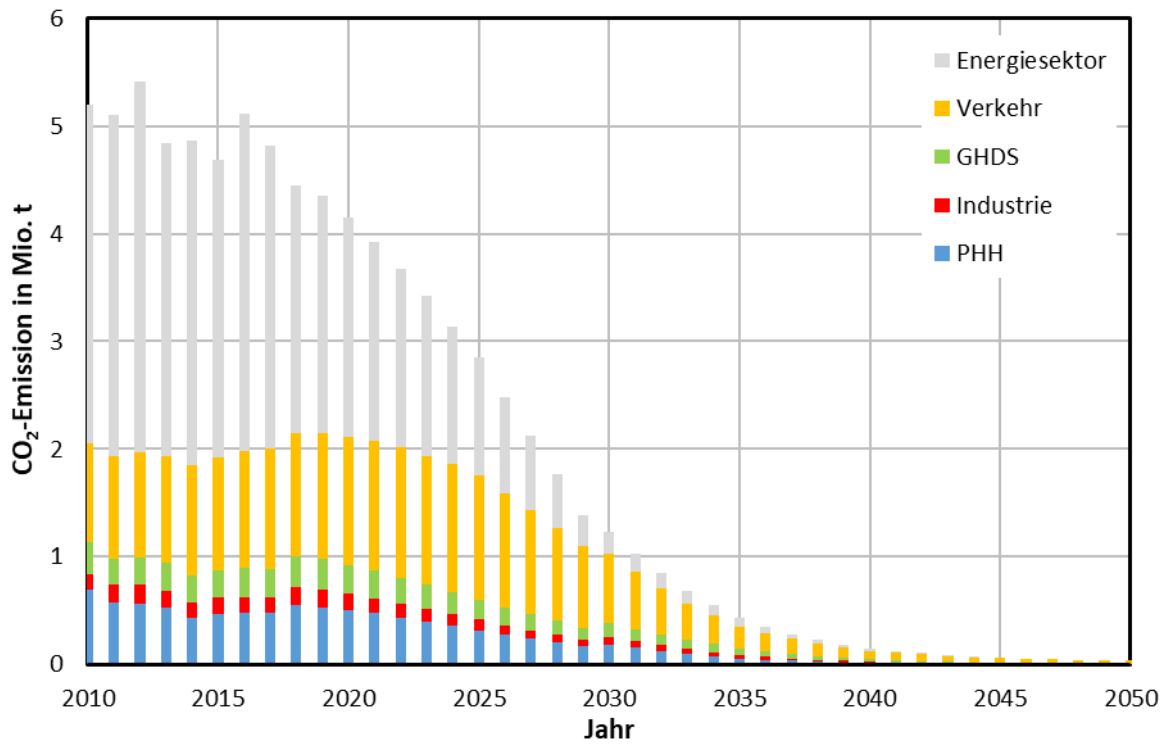


Abbildung 38: Entwicklung der quellenbezogenen CO_2-Emission nach Sektoren

Die verursacherbezogenen CO_2-Emissionen stellen sich in einer etwas anderen sektoralen Struktur dar, Abbildung 39: Darin sind die CO_2-Emissionen des überregionalen Stromaustauschs berücksichtigt. Außerdem sind die CO_2-Emissionen des Energiesektors auf die Verbrauchersektoren aufgeteilt. Die verursacherbezogenen CO_2-Emissionen der Region Rostock, die 1990 4,85 Mio. t betrugen, gingen bis 2016 auf 2,84 Mio. t CO_2 bzw. auf 60 Prozent von 1990 zurück. 2035 werden sie weiter auf 0,43 Mio. t CO_2 sinken. Dies bedeutet einen Rückgang auf 15 Prozent der Emissionen des Jahres 2016 bzw. auf 9 Prozent der Emissionen von 1990. Die CO_2-Emissionen des Jahres 2050, welche nur noch dem Verkehrssektor entstammen, sinken dann weiter auf 0,23 Mio. t CO_2 ab. Das sind dann nur noch 8 Prozent der Emissionen von 2016 und weniger als 5 Prozent der CO_2-Emissionen des Jahres 1990.

Dabei verändern sich auch die Anteile der Verbrauchssektoren an den CO_2-Emissionen insgesamt deutlich. Der Anteil des Verkehrs belief sich 1990 auf 15 Prozent und war bis 2016 auf 34 Prozent gestiegen. Bis 2035 bzw. 2050 wird dieser Anteil weiter auf 47 bzw. 100 Prozent steigen. Der Anteil des Sektors Privathaushalte geht dagegen von 36 Prozent im Jahr 1990 auf 27 Prozent im Jahr 2035 zurück. Die Anteile der beiden Sektoren Industrie sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher (GHDS) sinken bis 2035 von 16 bzw. 33 Prozent auf 7 bzw. 19 Prozent.

Voraussetzung für die Realisierung der Energie- und der CO_2-Bilanzen ist allerdings, dass in allen Verbrauchssektoren zunächst eine Trendumkehr durchgeführt werden muss. Diese muss von dem bislang konstanten bzw. leicht steigenden Energieverbrauch zu einer Stabilisierung des Energieverbrauchs und anschließend weiter zu einer allmählichen Absenkung führen. Darüber hinaus müssen die fossilen Energieträger weitestgehend durch erneuerbare ersetzt werden.

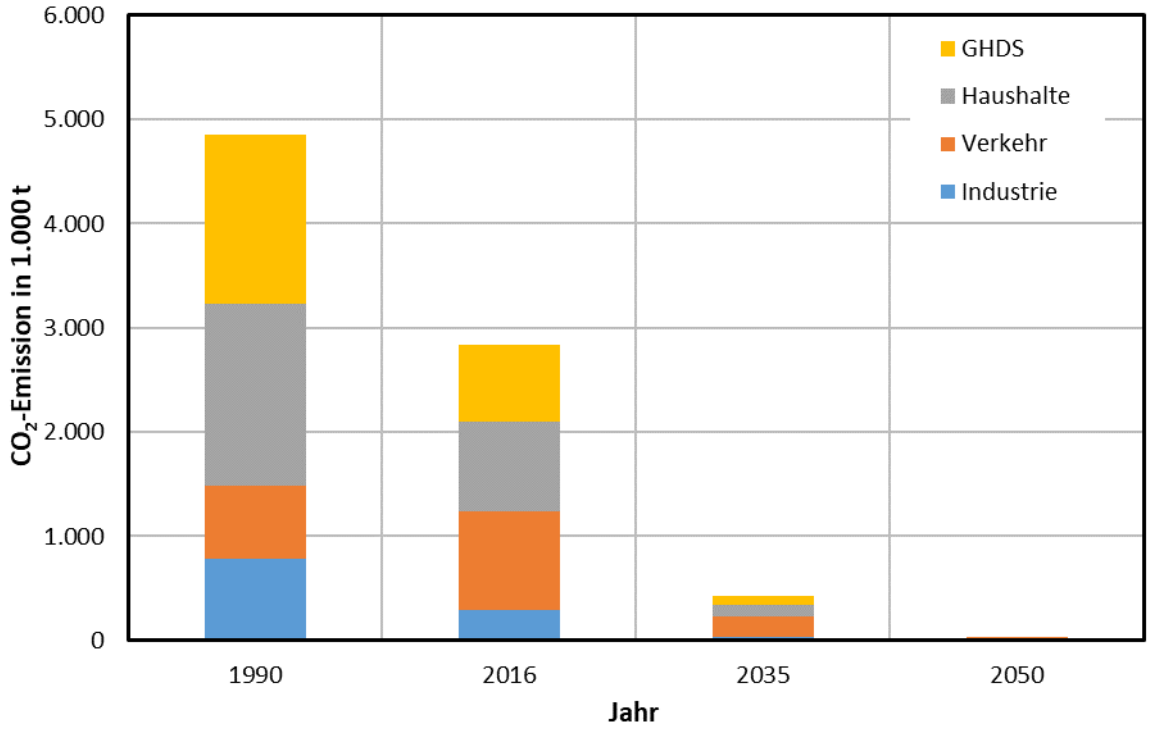


Abbildung 39: Verursacherbezogene CO_2-Emission im Vergleich[110]

[110] Die CO_2-Emissionen der Jahre 1990 und 2016 sind temperaturbereinigt.

Eine solche Trendumkehr herbeizuführen ist als mindestens genauso anspruchsvoll einzuschätzen wie die daran anzuschließende Entwicklung, welche bis 2035 die Erreichung der CO_2-Neutralität ermöglichen soll und anschließend als ein dann längst etablierter Trend weiterzuführen ist. Der wesentliche Teil dieser zur CO_2-Neutralität führenden Energiewende muss also bis 2035 stattfinden.

Eine 2035 noch verbleibende energiebedingte CO_2-Restemission in Höhe von 0,43 Mio. t ist zu neutralisieren, also durch CO_2-Entnahmen aus der Atmosphäre oder aus CO_2-Quellen in der Region zu kompensieren. Diese Neutralisierung ist möglich, da alle drei Syntheseprozesse auf CO_2 und Wasserstoff basieren. Sofern das CO_2 durch CO_2-Abscheidung und -Nutzung (Carbon Capture and Utilization - CCU) von vorhandenen Emissionsquellen bereitgestellt und sofern für die CO_2-Abscheidung, Wasserelektrolyse und Syntheseprozesse in der Region Rostock erzeugter erneuerbarer Strom eingesetzt wird, kann das abgeschiedene und in den Syntheseprozessen verbrauchte CO_2 vollständig zur Erreichung des Klimaziels der Region angerechnet werden. Hierzu stehen in der Region zumindest gegenwärtig mit den vorhandenen Energieanlagen größere CO_2-Quellen zur Verfügung. Erst ab 2030 bzw. 2035 kann zusätzlich die Nutzung von Biogas oder die Entnahme von CO_2 aus der Atmosphäre (Umgebungsluft) erforderlich werden (Direct Air Capture - DAC). Abbildung 40 zeigt die Entwicklung der Netto-CO_2-Emissionen in der Region Rostock bis 2050.

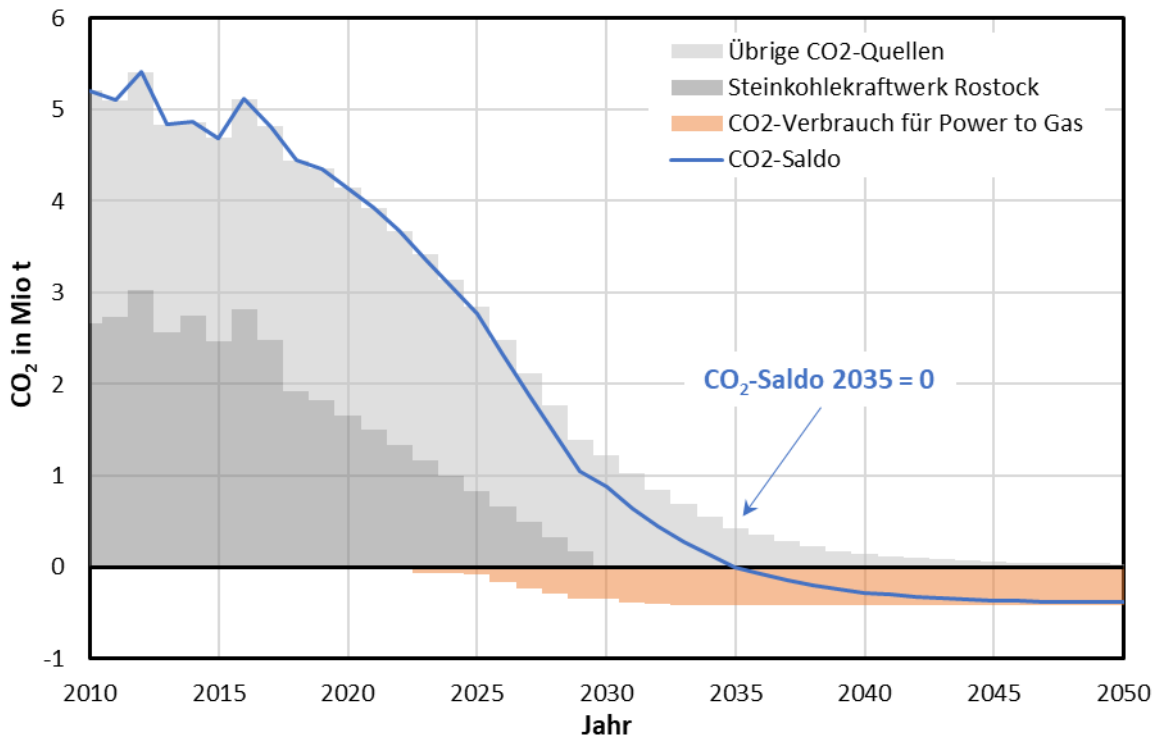


Abbildung 40: Entwicklung der CO_2-Emissionen

Die Abbildung zeigt *zum einen* die CO_2-Emissionen der Quellenbilanzen mit den bereits realisierten Werten von seit 2010. Diese sind aufgeteilt auf die CO_2-Emissionen des Steinkohlekraftwerks Rostock sowie auf die CO_2-Emissionen der übrigen CO_2-Quellen in der Region. Des Weiteren sind die CO_2-Emissionen in ihrer Entwicklung bis zum Jahr 2050 eingetragen. *Zum anderen* zeigt die Abbildung die CO_2-Entnahmen aus CO_2-Quellen in der Region bzw. aus der Atmosphäre (orange - mit negativem Vorzeichen), welche beginnend mit dem Jahr 2025 bis zur CO_2-Neutralität der Region im Jahr 2035 ihren Höchstwert erreichen und anschließend bis 2050 fortgeführt werden.

5.5 Beitrag der Region Rostock zur Stromversorgung Deutschlands

Die Energieversorgung in Deutschland befindet sich seit vielen Jahren in einem Umbruch, der sich auch in der Zukunft weiter fortsetzen wird. Zu dem Ausstieg aus der Kernenergie und zu dem Ausbau der Erneuerbaren Energien im Rahmen der Energiewende kommt in den nächsten Jahren der bereits beschlossene Ausstieg aus der Kohlestromerzeugung hinzu. Ihm müssen unter anderem aus Klimaschutzgründen der Ausstieg aus der Nutzung von Erdgas und die Ablösung von fossilen Kraftstoffen im Verkehr folgen. Die so von der zukünftigen Energieerzeugung ausgeschlossenen Energieträger müssen durch eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz *einerseits* und durch einen deutlichen Ausbau der Erneuerbaren Energien *andererseits* ersetzt werden. Da deren Potenziale in den Bundesländern anders verteilt sind als die bisherigen Standorte der großen Atom- und Kohlekraftwerke, sind in den nächsten Jahrzehnten Veränderungen in den Beiträgen der einzelnen Bundesländer zur gesamtdeutschen Energieversorgung zu erwarten. Mit dieser Umverteilung verbinden sich neue Wertschöpfungsmöglichkeiten für solche Bundesländer, die über größere Erneuerbare-Energien-Potenziale verfügen. Dies gilt beispielsweise für Mecklenburg-Vorpommern und für die Region Rostock.

In den vergangenen Jahren konnte sich Mecklenburg-Vorpommern von einem Stromimporteur zu einem Stromexporteur entwickeln, Abbildung 41. das Land trug 2017 bereits mit 2,4 Prozent zur gesamtdeutschen Bruttostromerzeugung bei. Der Anteil am gesamtdeutschen Stromverbrauch beträgt dagegen nur 1,3 Prozent. Diese Entwicklung wurde durch einen anfänglich dynamischen Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung möglich. Sie erfolgte bisher besonders durch die Nutzung der Windenergie an Land und auf See (Ostsee-Windparks wie *Baltic 1* und *Wikinger*). Der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung muss allerdings auch in den nächsten Jahren weiter fortgesetzt werden.

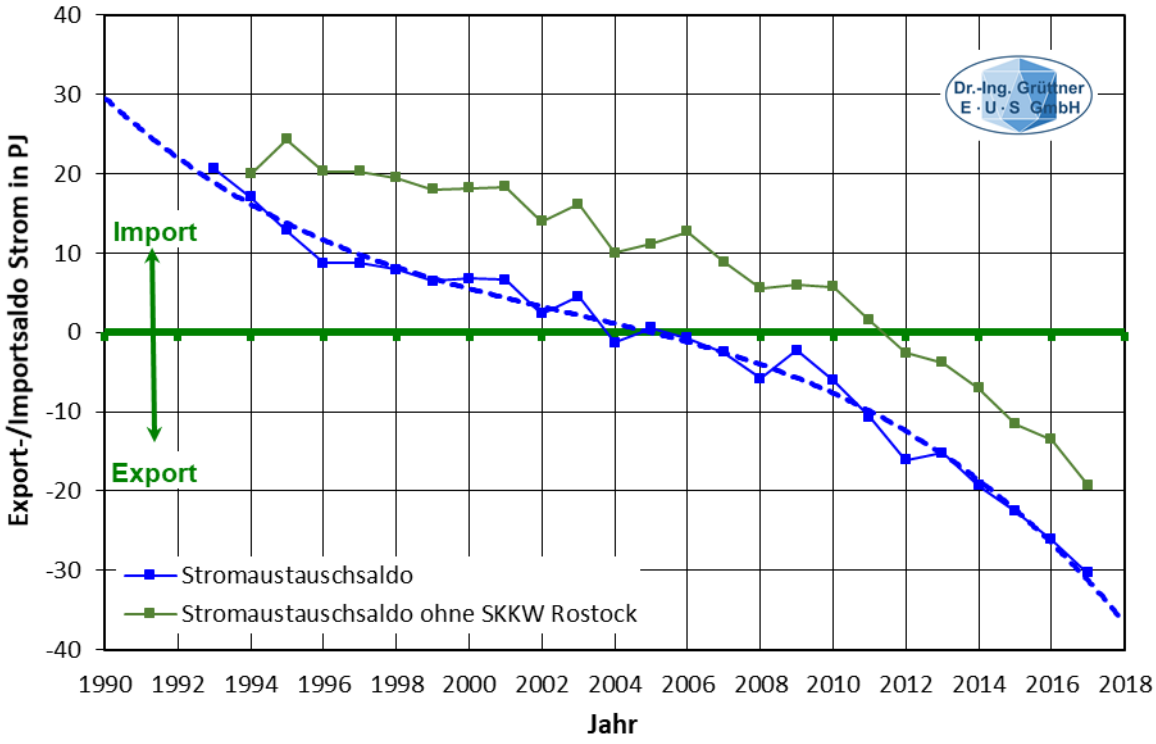


Abbildung 41: Entwicklung des Stromexports in Mecklenburg-Vorpommern[111]

[111] Datenquelle: Energiebilanzen des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Daten für die Jahre nach 2018 liegen bislang nicht vor.

Das Land und die Region haben bereits in den zurückliegenden Jahren seit 1990 an Bedeutung für die gesamtdeutsche Stromversorgung gewonnen. Die heute erreichte Bedeutung der Region Rostock für die Stromversorgung in Deutschland resultiert insbesondere aus

- den vorhandenen Infrastrukturen für den Stromtransport – beispielsweise verbindet die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) *Kontek* ausgehend von einer Stromrichterstation bei Bentwisch seit 1996 Deutschland und Dänemark (Region Sjælland) und kann eine Leistung von bis zu 600 MW übertragen,
- den vorhandenen Energieanlagen – das ist vor allem das überregional bedeutsame Steinkohlekraftwerk Rostock, welches seit 1994 in Betrieb ist und das einzige Großkraftwerk in Mecklenburg-Vorpommern ist,
- der steigenden erneuerbaren Stromerzeugung – sie übersteigt inzwischen den Stromverbrauch in der Region deutlich und ermöglicht den Export steigender Strommengen für den Verbrauch in anderen Bundesländern.

In der Region Rostock stellt die HGÜ-Leitung *KONTEK* eine Stromnetz-Verbindung nach Skandinavien (Dänemark) her. Sie wird 2021/2022 parallel zum Bestandskabel erneuert. Die Spannungsebene sowie die Stromübertragungsfähigkeit verändern sich dadurch nicht.

Weiterhin wurde zusammen mit dem dänischen Übertragungsnetzbetreiber *Energinet.dk* die 380-kV-Hochspannungsgleichstromübertragungsleitung *Combined Grid Solution - Kriegers Flak*[112] errichtet und im Dezember 2020 in Betrieb genommen, welche in die dänische Region Sjælland führt. Diese überregionale Vernetzung, Abbildung 42, wird zudem durch die HGÜ-Leitung *Hansa Powerbridge* weiter vorangetrieben. Diese erdgebundene Hochspannungsverbindung wird gemeinsam von der *50Hertz Transmission GmbH* und Schwedens nationalem Übertragungsnetzbetreiber *Svenska kraftnät* als 300-kV-Hochspannungsgleichstromsystem mit einer Leistung von ca. 700 MW geplant. Die Leitung soll die Stromhandelskapazität zwischen Schweden und Deutschland erhöhen und die Stromübertragung zwischen den geplanten Netzverknüpfungspunkten im schwedischen Hurva und in Güstrow über die etwa 300 km lange Strecke technisch ermöglichen. Die Umrichtung des mit dem Kabel transportierten Gleichstroms erfolgt in einer Konverteranlage in der Gemeinde Lüssow. Der Wechselstrom wird über eine kurze Kabelverbindung in das bestehende Umspannwerk Güstrow geführt und dort in das Übertragungsnetz eingespeist. Die Inbetriebnahme der *Hansa Powerbridge* ist für 2026 vorgesehen. Die Maßnahme ist als P221 M460 durch die Bundesnetzagentur bestätigt worden[113].

Das Landesraumentwicklungsprogramm Mecklenburg-Vorpommern 2016 /47/ weist im Küstenmeer des Landes nordwestlich von Warnemünde ein Vorranggebiet für die Nutzung der Windenergie auf See aus (Abschnitt 4.3.3). Dieser Standort kann nach seiner Inbetriebnahme in erheblichem Umfang zu der erneuerbaren Stromerzeugung in der Region Rostock beitragen.

Die Region Rostock kann und muss auch weiterhin durch eine Stromerzeugung über den eigenen Bedarf hinaus zur Stromversorgung Deutschlands beitragen: In der Analyse der Umverteilung der Länderbeiträge zur Stromerzeugung und zur Stromversorgung Deutschlands (Anhang 3) zeigt sich, dass ein Rückgang der mittel- und süddeutschen Stromerzeugung nur durch eine steigende Stromerzeugung in Norddeutschland und bei gleichzeitiger Reduzierung des gesamtdeutschen Stromexports ausgeglichen werden kann. Dieser Ausgleich ist möglich, weil in Norddeutschland voraussichtlich mehr Strom erzeugt als verbraucht werden wird und weil es in Mittel- und in Süddeutschland genau umgekehrt ist. Somit ist eine Umverteilung der Länderbeiträge zur deutschen Stromversorgung zwischen den mittel- und süd- sowie den norddeutschen Bundesländern zu erwarten.

---

112 Die *Combined Grid Solution* (CGS) ist auch ein Beitrag zur Krisenvorsorge, da sie ggf. zusammen mit dem Kraftwerk Rostock bei großen Stromausfällen zur Wiederherstellung der Stromversorgung beitragen kann.

113 Quellen: https://www.50hertz.com/de/Netz/Netzentwicklung/ProjekteaufSee/CombinedGridSolutionKriegersFlakCGS/, Stellungnahme zum Konzeptentwurf der *50Hertz Transmission GmbH* vom 29 Januar 2021.

Abbildung 42: Überregionale Stromvernetzung des Landes und der Region Rostock[114]

Der Beitrag der Region Rostock zur überregionalen Stromversorgung muss allerdings mit der Erreichung des regional gesetzten Ziels der CO_2-Neutralität bis 2035 abgestimmt werden:

- Hierfür ist das Steinkohlekraftwerk Rostock bis spätestens 2035 stillzulegen – in diesem Konzept wird von einer Stilllegung im Jahr 2029 ausgegangen.
- Wie oben begründet wurde, ist es erforderlich, dass die Region auch zukünftig zur Gewährleistung einer stabilen und sicheren Stromversorgung über ein größeres Kraftwerk verfügen sollte (Abschnitt 4.4.2, Abschnitt 1.2). Hierfür ist in diesem Konzept die Inbetriebnahme eines wasserstoffbasierten Speicherkraftwerks im Jahr 2030 vorgesehen.
- Dieses Speicherkraftwerk und mehr noch die zur Dekarbonisierung des Wärmesektors und des Verkehrssektors aufzubauenden Produktionskapazitäten für erneuerbare Gase (eGase) und Kraftstoffe (eFuels) erfordern große Mengen an Strom, wobei es sich im Hinblick auf die zu erreichende CO_2-Neutralität nur um erneuerbaren Strom handeln kann. Insgesamt ist also die erneuerbare Stromerzeugung gegenüber dem heutigen Stand deutlich auszubauen.
- Die in der Region Rostock vorhandenen und wärmegeführt betriebenen KWK-Anlagen werden zukünftig aufgrund der steigenden Energieeffizienz im Gebäudebereich zunehmend weniger ausgelastet werden. Dadurch geht wegen der starren Strom-/Wärme-Kopplung auch ihre Stromerzeugung zurück. Zwar könnten diese Anlagen zukünftig stromgeführt betrieben werden, jedoch müssten dann Nutzungsmöglichkeiten für die Wärme gefunden werden. Außerdem müssten zusätzlich erhebliche Mengen an Erdgas durch erneuerbare Gase ersetzt werden, welche wiederum den Ausbaubedarf der erneuerbaren Stromerzeugung weiter erhöhen.

114 Ausschnitt aus der *ENTSO-E Transmission System Map*, verfügbar unter https://www.ent-soe.eu/data/map/.

- Auch die erneuerbare Stromerzeugung kann allerdings realistisch nicht beliebig schnell ausgebaut werden. Zudem müssen einmal errichtete Anlagen die eingebaute Lebensdauer nach Möglichkeit ausschöpfen. Der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung muss also einerseits so konzipiert werden, dass der bis 2035 schnell steigende Strombedarf zur Erreichung der CO_2-Neutralität gedeckt wird. Andererseits steigt dieser Strombedarf nach Erreichen der CO_2-Neutralität nicht weiter. Vielmehr geht er trotz steigender Elektromobilität und Elektrowärme durch die fortgesetzte Verbesserung der Energieeffizienz bis 2050 deutlich zurück.
- Keineswegs zuletzt müssen auch die für den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung erforderlichen zusätzlichen Flächen und Standorte auf ein Mindestmaß begrenzt werden.

In der Summe dieser und weiterer Rahmenbedingungen und Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der Stromerzeugung in der Region Rostock (Abschnitt 4.4.2) ist der Ausbau der Erneuerbaren Energien und besonders der erneuerbaren Stromerzeugung in der Region Rostock in diesem Konzept so konzipiert, dass – wie in den vergangenen Jahren – auch in den zehn Jahren von 2020 bis 2029 ein mittlerer Stromexport von 2,5 TWh/a möglich ist. Ab dem Jahr 2030 und besonders nach Erreichen der CO_2-Neutralität, können dann wieder jährlich steigende Strommengen geliefert werden, die bis 2050 auf 4,3 TWh/a ansteigen. In dem Zwischenzeitraum benötigt die Region erhebliche Strommengen für die eigene Dekarbonisierung, weshalb zeitweise nur ein reduzierter Stromexport möglich ist[115]. Abbildung 43 zeigt die vorausberechnete Entwicklung des Imports und des Exports von Energie der Region Rostock bis zum Jahr 2050. Ersichtlich ist, dass die Region einerseits die überregionale Energieversorgung in Deutschland infolge drastisch sinkender Energiebezüge entlastet und andererseits ab dem Jahr 2030 wieder in steigendem Umfang zur überregionalen Energieversorgung beiträgt, wobei neben Strom auch andere erneuerbare Energieträger geliefert werden.

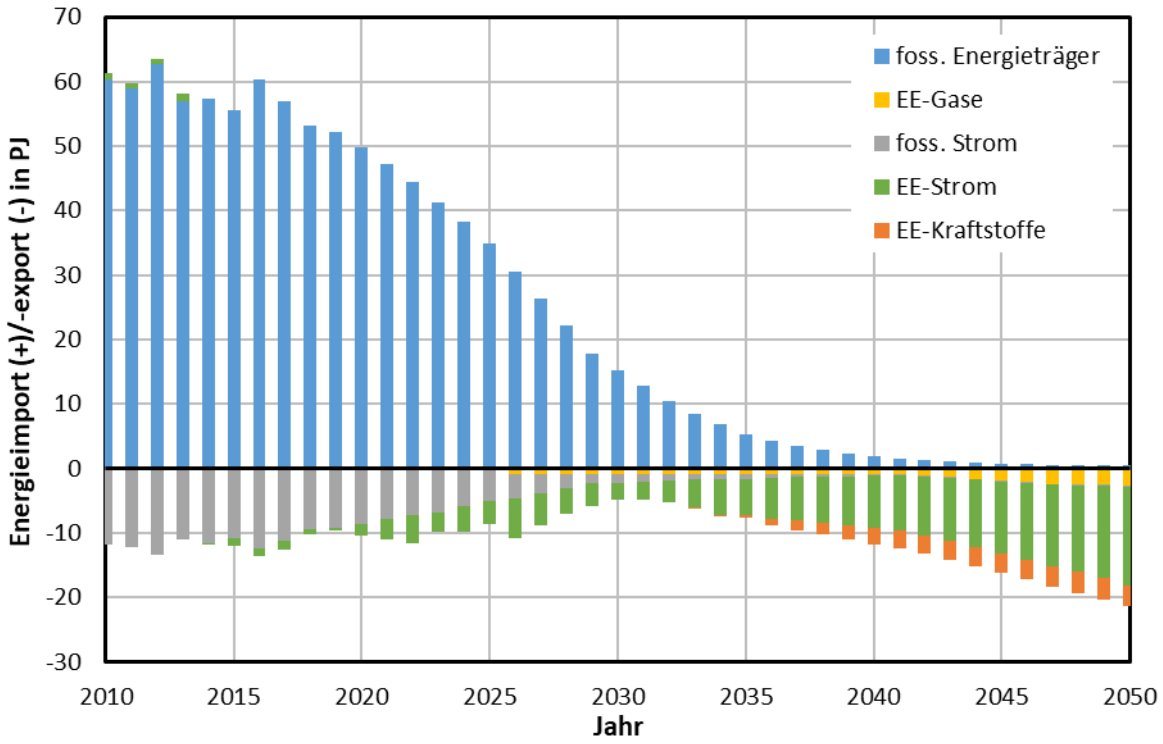


Abbildung 43: Entwicklung des Imports und Exports von Energie

[115] Die Stromverbrauchsprognosen für Deutschland wurden im Übrigen inzwischen deutlich angehoben, weshalb das Exportziel der Landesregierung nachjustiert werden könnte. Zusätzlich zu liefernde Strommengen müssen dann vornehmlich auf die anderen Regionen im Land aufgeteilt werden, solange diese nicht ein ähnlich anspruchsvolles Ziel der CO_2-Neutralität verfolgen wie die Region Rostock.

5.6 Weitere Beiträge der Region Rostock zur Energieversorgung Deutschlands

Deutschland deckt bislang große Teile seines Energiebedarfs durch Importe. Diese Energieimporte erfolgen in Form von Kohle, Öl und Erdgas über Transportsysteme, deren Endpunkte in Deutschland große Lager-, Verteil-, Raffinerie- und Kraftwerksstandorte sind. Diese Standorte sind unterschiedlich auf die Bundesländer verteilt, wobei ein großer Teil in Mittel- und in Süddeutschland liegt. Daher bestehen vielfältige Energielieferungen zwischen den Bundesländern, wodurch die Länder nicht nur in der Stromversorgung, sondern auch in den anderen Energiesektoren in unterschiedlicher Weise zur Energieversorgung Deutschlands beitragen.

Im Hinblick auf die Umsetzung des Energiewirtschaftlichen Leitbildes der Region Rostock ist daher die Frage bedeutsam, ob sich gegebenenfalls auch in diesen anderen Energiesektoren, also außerhalb der Stromversorgung die Länderbeiträge zur Energieversorgung Deutschlands im Zuge der Energiewende verändern. Daran schließt sich die Frage an, ob sich die Beiträge Mecklenburg-Vorpommerns und somit auch der Region Rostock im Rahmen dieser Umverteilung erhöhen können bzw. müssen.

Auch in diesen Bereichen haben Land und Region in den zurückliegenden Jahren an Bedeutung für die gesamtdeutsche Energieversorgung gewonnen und leisten aktuell wichtige Beiträge zu ihr. Beispielsweise hat sich der Standort Lubmin mit der Anlandung von russischem Erdgas (Nord Stream) und mit der Weiterleitung über Erdgas-Ferntransportleitungen (NEL[116], OPAL, EUGAL) zu einer Energiedrehscheibe für fossile Energie von mindestens nationaler Bedeutung entwickelt. Außerdem trägt das Land durch die Erzeugung von Biokraftstoffen zur Versorgung Deutschlands bei. Schließlich hat das Land eine Reihe von Demonstrationsbeispielen aufgebaut, die für die zukünftige Energieversorgung bedeutsam sind, zum Beispiel die erste deutsche (quasi-)offshore-Windenergieanlage in Rostock (im Breitling), die erste deutsche ORC-Anlage zur geothermischen Stromerzeugung in Neustadt-Glewe, das deutsche Kompetenzzentrum für den Rückbau von kerntechnischen Anlagen in Lubmin, den (zeitweise) größten europäischen Speicher für elektrische Energie in Schwerin Lankow oder die erste deutsche Wasserstoff-Straßentankstelle in Rostock.

Innerhalb der **Wärmeversorgung** ist dagegen keine größere Umverteilung der Beiträge der Bundesländer und Regionen zu erwarten, da Wärme zur Begrenzung von Transportverlusten lokal, also nahe am Bedarfsort erzeugt werden muss. Bislang jedenfalls wird Wärme kaum in nennenswertem Umfang über größere Entfernungen transportiert. Allerdings können in der Region Rostock für die Wärmeversorgung geeignete Energieträger hergestellt und exportiert werden, zum Beispiel aus Biomasse (Holzpellets, Bioheizöle und ähnliche). Die Eignung der Region Rostock hierfür resultiert zum einen aus der vorhandenen Land- und Forstwirtschaft und zum anderen daraus, dass auch Unternehmen bereits vorhanden sind, welche bereits landwirtschaftliche Produkte wie Pflanzenöle weiterverarbeiten. Diese Industrie kann ebenso wie die damit verbundene Wertschöpfung ausgebaut werden. Der Schwerpunkt sollte dabei gegebenenfalls weniger auf der Herstellung von Holzpellets liegen, da hierfür in der Nachbarregion Westmecklenburg mit dem Holzcluster Wismar bereits Produktionskapazitäten vorhanden sind.

Innerhalb der **Kraftstoff-, Heizöl- und Produktversorgung** Deutschlands haben die inländischen Raffinerien eine wichtige Aufgabe. Die Rohöl-Verarbeitungskapazität der Raffinerien in Deutschland beläuft sich auf 100 bis 120 Tsd. t/a und ist seit 1990 nahezu unverändert geblieben. Über die Kraftstoff- und Heizölversorgung hinaus liefern die Raffinerien über 70 Prozent der Grundstoffe für die chemische Industrie. Abbildung 44 zeigt das System von Raffineriestandorten und Mineralölfernleitungen in Deutschland. In Mecklenburg-Vorpommern gibt es derzeit keine Raffinerie. Die heutigen

[116] Die *Nordeuropäische Erdgasleitung (NEL)* verläuft vom Anlandungspunkt der *Nord Stream*-Pipeline in Lubmin durch Mecklenburg-Vorpommern bis nach Niedersachsen. Dabei durchquert die NEL auf der Höhe von Güstrow und Teterow auch die Region Rostock. Allerdings sind über den gesamten Verlauf der NEL zwischen Greifswald und Boizenburg keine Ein- oder Ausspeisepunkte vorhanden, sodass die NEL in der Region Rostock nicht so sehr aus der Perspektive der Energieversorgung als vielmehr wegen des Trassenverlaufs für die Regionalplanung relevant ist.

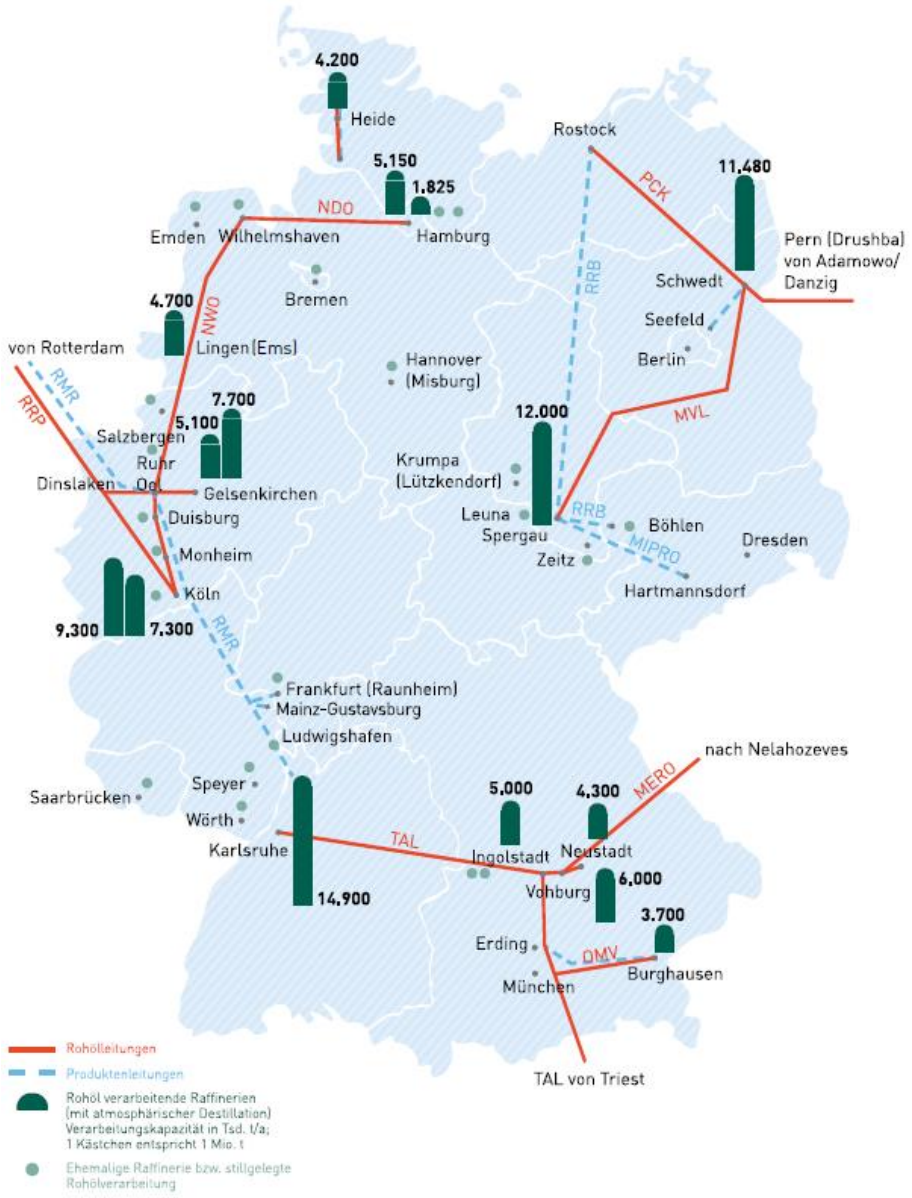


Abbildung 44: Raffineriestandorte und Mineralölfernleitungen in Deutschland[117]

Standortstrukturen bleiben voraussichtlich mindestens bis 2035 im Wesentlichen unverändert. Eine Umverteilung zentraler Standorte wäre jedoch *zum einen* durch den Aufbau einer neuen (Bio-)Raffinerie oder infolge der Stilllegung einer vorhandenen Raffinerie denkbar. Beides ist derzeit jedoch nicht absehbar. *Zum anderen* ist eine gewisse Umverteilung der Beiträge der Bundesländer und Regionen in der Erzeugung von biogenen Rohstoffen und in der Biokraftstoffproduktion möglich. Für beides besitzt die Region Rostock günstige Voraussetzungen, da im Land und in der Region bereits Infrastrukturen und Produktionskapazitäten für die Biokraftstofferzeugung angesiedelt sind. Beispielsweise ist der Überseehafen Rostock Standort von zwei Unternehmen, die Rohstoffe für Biokraftstoffe bzw. Biodiesel erzeugen und damit zur Versorgung des gesamtdeutschen Kraftstoffmarkts beitragen: Die *Power Oil Rostock GmbH*, ein Unternehmen der *Getreide AG* mit Sitz in Hamburg, betreibt im Überseehafen Rostock seit 2006 eine der größten Ölmühlen Deutschlands. Sie verarbeitet bis zu 1 Mio. t Rapssaat jährlich und erzeugt jährlich bis zu 200 Tsd. t Rapsöl für die Biokraftstoffindustrie[118].

[117] Quelle: /93/, S. 4.
[118] Quelle: https://www.power-oil.de/de/unternehmen.html.

Die *Biopetrol Rostock GmbH* ist ein Tochterunternehmen von *Glencore Agriculture* und ebenfalls im Überseehafen Rostock angesiedelt. Das Unternehmen produziert jährlich bis zu 200 Tsd. t Biodiesel. Dieser kommt derzeit vor allem als Beimischung zum Dieselkraftstoff zum Einsatz. Darüber hinaus existieren in der Region Rostock – angebunden an den Überseehafen Rostock – Infrastrukturen, die für die Mineralölversorgung Deutschlands bedeutsam sind (Abschnitt 4.4.1).

Da in Deutschland aktuell keine neuen Raffinerien, Großtanklager oder Mineralöl-Pipelines geplant sind, kann Mecklenburg-Vorpommern seinen Beitrag zur überregionalen Mineralöl- und Kraftstoffversorgung besonders durch die Bereitstellung von Biokraftstoffen sowie perspektivisch gegebenenfalls von Bioheizöl und synthetischen Energieträgern stärken. Dazu kann zum Beispiel die Errichtung von Bioraffinerien geeignet sein. Ein Kernelement eines zukünftigen Bioraffineriekonzepts können bereits bestehende Biogasanlagen sein /94/. Zwar werden die zukünftigen Marktpotenziale speziell in der Biokraftstoffbranche derzeit (noch) sehr skeptisch beurteilt, unter anderem weil die Beimischungsquoten und daraus resultierend der Bedarf an Biokraftstoffen in Deutschland gering und eher rückläufig sind. Doch wird für die Zukunft damit gerechnet, dass weitere alternative und erneuerbare flüssige Kohlenwasserstoffe[119] an Bedeutung gewinnen werden /93/, S. 12.

Innerhalb der leitungsgebundenen **Gasversorgung** kann das heute verwendete und weitgehend importierte Erdgas schrittweise durch einheimische erneuerbare Gase wie Biomethan oder Wasserstoff ersetzt werden. Diese können in Biogasanlagen und in *power to gas*-Systemen unter Nutzung von erneuerbarem Strom erzeugt werden[120]. Die Einspeisepotenziale der einzelnen Bundesländer und Regionen für solche Gase sind *erstens* von ihren Erneuerbare-Energien-Potenzialen abhängig (biogene Rohstoffe und erneuerbarer Strom). *Zweitens* hängen sie davon ab, welche Prioritäten die Länder und Regionen bei der Erschließung ihrer Erneuerbare-Energien-Potenziale setzen, also welche Potenzialanteile dort jeweils zur Gaseinspeisung und welche Anteile in anderen Wertschöpfungspfaden genutzt werden. Aus diesen Prioritäten ergibt sich gegebenenfalls eine Umverteilung der regionalen Beiträge zur Gasversorgung Deutschlands.

In der **Energiespeicherung** sind die Speicherkapazitäten der in wenigen Bundesländern vorhandenen Pump- und Untertagespeicher vergleichsweise sehr groß. Daher können die gegenwärtig in einigen Bundesländern und Regionen neu entstehenden Batteriegroßspeicher nur allmählich zu einer Umverteilung der Speicherkapazitäten führen. Dagegen können größere sektorenkoppelnde *power to gas*-Speicheranlagen durchaus dazu geeignet sein, die bestehende Verteilung zu verändern.

Darüber hinaus kann die Region Rostock durch die **Erzeugung von synthetischen Energieträgern** zur Energieversorgung Deutschlands beitragen. Synthetische Energieträger sind fossilen Ölprodukten oder Naturerdgas gleichwertig. Sie werden in chemischen Prozessen hergestellt, die diese fossilen Energieträger „nachbauen“. Sie sind vollständig klimaneutral, sofern der dafür erforderliche Strom aus Erneuerbaren Energien stammt. Dabei wird zunächst Wasserstoff erzeugt, der entweder als Energieträger direkt eingesetzt werden kann oder der in einem weiteren Prozessschritt unter Hinzufügung von Kohlenstoff zu synthetischem Methan oder zu verschiedenen Ölderivaten umgewandelt werden kann (Benzin, Dieselkraftstoff, Kerosin).

Diese auch als *power fuels* /80/ bezeichneten Energieträger ermöglichen über die klimaschützende Substitution fossiler Energieträger hinaus die langfristige Weiternutzung vorhandener Infrastrukturen zum Beispiel im Gas-, Öl- und Kraftwerkssektor (besonders Gaskraftwerke), schränken die Entwick-

---

119 Dies sind zum einen biotechnologisch hergestellte Kohlenwasserstoffe auf Basis von Reststoffen der Land- und Forstwirtschaft oder algenbasierte Kraft- bzw. Brennstoffkomponenten. Zum anderen handelt es sich um strombasierte Kohlenwasserstoffe. Die Einzeltechnologien PtX zu ihrer Herstellung sind vorhanden, wohingegen für die Gesamtprozesse erst einzelne kleinere Demonstrationsanlagen existieren.

120 Der aktuelle Entwurf des *Netzentwicklungsplans Gas 2018 – 2028* der Ferngasleitungsnetzbetreiber /89/, S. 149/153 sieht zwar *power to gas*- und H_2-Projekte mit Verbindung zum Fernleitungsnetz vor, davon befindet sich allerdings keines in der Region Rostock.

lung und den Einsatz anderer Technologien nicht ein und grenzen keine Branchen aus der Umgestaltung der Energieversorgung aus. Sie reduzieren die Kosten des Ausbaus alternativer Infrastrukturen und führen zu erheblichen Kosteneinsparungen gegenüber der Nutzung fossiler Energieträger /81/.

Diesen Vorteilen steht der Nachteil einer im Vergleich zur Direktstromnutzung geringeren Energieeffizienz gegenüber (1/1,3 … 1/2,1). Dabei handelt es sich jedoch nur um einen relativen Nachteil. Zum einen werden die Kosten der Erneuerbaren Energien auch in Zukunft weiter sinken. Zum anderen ist die zukünftige Entwicklung des Stromverbrauchs unsicher. Auf eine unsichere Nachfrage ist ein Energiesystem mit synthetischen Brennstoffen eindeutig besser skalierbar als ein strombasiertes System (sogenannte *all electric-world*), welches deutlich früher an Potenzialgrenzen stößt. Die oben genannten immensen Vorteile können den Nachteil des höheren Energieaufwands deutlich überkompensieren. Schließlich basiert das Effizienzargument auf dem Autarkie-Ansatz, nach dem Deutschland seinen Energiebedarf künftig aus heimischen Energiepotenzialen decken und Energieimporte minimieren müsse. Dieser Ansatz stellt aus nationaler wie globaler Perspektive eine Sackgasse dar. Dies gilt im Übrigen auch für solche Systemvorschläge, die synthetische Brennstoffe allein auf synthetisches Gas reduzieren (sogenannte „Zwei-Energieträger-Welt“ aus Strom sowie „grünem“ und „blauem“ Gas, also Wasserstoff).

Sofern geeignete energiepolitischen Rahmenbedingungen geschaffen werden (CO_2-Bepreisung, Zielvorgaben für zukünftige Anteile synthetischer Energieträger im Endenergieverbrauch, Erleichterung des grenzüberschreitenden Handels mit synthetischem Gas), können synthetische Brennstoffe erheblich zum Klimaschutz beitragen.

Das Land Mecklenburg-Vorpommern und die Region Rostock sollten sich rechtzeitig und in geeigneter Weise positionieren, damit seine Forschungsinstitutionen und die Wirtschaft nicht nur von der Herstellung und Vermarktung synthetischer Energieträger profitieren können, sondern auch von der dafür erforderlichen Technologieentwicklung.

Im Rahmen einer sich weiter fortsetzenden Umverteilung der regionalen Beiträge zur gesamtdeutschen Energieversorgung ist es somit für die Region Rostock besonders bedeutsam, mit seinen Erneuerbaren-Energien-Potenzialen zur Strom-, Gas- und Kraftstoffversorgung Deutschlands beizutragen. Die hierdurch erschließbaren Wertschöpfungspotenziale sind für die Region Rostock bedeutsam.

Der Fortführung der Umgestaltung der Energieversorgung und der Umverteilung der Beiträge von Ländern und Regionen stehen allerdings neben den Interessenunterschieden der Länder in der Klimaschutz- und in der Energiepolitik auch verschiedene Hemmnisse gegenüber, die abgebaut bzw. überwunden werden müssen.

Zu diesen Hemmnissen gehören insbesondere ungünstige Rahmenbedingungen, die sich beispielsweise in zunehmend langwierigen Planungs- und Genehmigungsverfahren für Energieanlagen und Energieinfrastrukturen äußern. Um dieses Hemmnis beispielsweise im Verkehrssektor und bei Energieanlagen abzubauen, hat die Bundesregierung ein Planungsbeschleunigungsgesetz und ein Investitionsbeschleunigungsgesetz verabschiedet. Letzteres soll besonders auch die Verfahren bei Windenergieanlagen an Land beschleunigen.

Darüber hinaus hängen die wirtschaftlichen Interessen der Unternehmen in den Regionen nicht nur von den zusätzlich erschließbaren Wertschöpfungspotenzialen ab, sondern auch von den damit verbundenen Kosten. Diese sind in den einzelnen Bundesländern und Regionen durchaus unterschiedlich, weil sich die geographischen Bedingungen, die regionalen Wirtschaftsstrukturen, die bereits vorhandene Ausstattung mit Infrastrukturen, die Erneuerbaren-Energien-Potenziale und die Standortverteilung energieintensiver Industrien voneinander unterscheiden.

Ein Beispiel für eine räumlich ungleiche Verteilung der Kosten sind die heutigen Strompreise: Mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien führte in den vergangenen Jahren besonders der vergleichsweise hohe Anteil der Windenergie in Mecklenburg-Vorpommern zu hohen Kosten der betroffenen Netzbetreiber, zu entsprechend hohen Netzentgelten und damit zu einer räumlich stark ungleichen

Entwicklung der Strompreise (Netzentgelte stellen mit ca. 25 Prozent einen wesentlichen Bestandteil der aktuellen Strompreise dar). Ein Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in der Region Rostock mit dem Ziel der Mitversorgung anderer Regionen in Deutschland muss deshalb eine andere Verteilung der damit verbundenen Netzkosten zur Voraussetzung haben[121].

Als ein weiteres Hemmnis der Energiewende in Deutschland erweist sich der schleppende Ausbau der Stromnetze. In den letzten Jahren blieb insbesondere der Ausbau der (überregionalen) Übertragungsnetze weit hinter dem Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung zurück: Von den derzeit in Bundesbedarfsplangesetz geplanten 10.413 km Leitungen waren 30. Juni 2022 erst 656 km genehmigt und davon erst 886 km realisiert, also fünf Prozent[122]. Das Bundeswirtschaftsministerium sieht die Notwendigkeit, zukünftig den Ausbau der Netze und den Ausbau der Erneuerbaren Energien stärker zu synchronisieren. Dazu hat das es eine Doppelstrategie /83/ entwickelt, die auf von ihm identifizierten Herausforderungen antwortet: Die notwendige Optimierung und höhere Auslastung der Bestandsnetze soll mit neuen Technologien und Betriebskonzepten erfolgen. Eine Beschleunigung des Netzausbaus will das Bundeswirtschaftsministerium durch ein vorausschauendes Controlling und durch eine Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsverfahren durch Verfahrenserleichterungen erreichen. Für die als essentiell eingeschätzte, 700 km lange Leitung *Suedlink* hatten die Netzbetreiber erste detaillierte Pläne bereits vor fünf Jahren vorgelegt. Die Planungen laufen jedoch noch, eine Inbetriebnahme kann nicht vor 2025, gegebenenfalls sogar erst 2028 erwartet werden. Wie sich zeigt, ist der Rückstand erheblich und kaum zeitnah aufzuholen.

5.7 Nutzung der Erneuerbare-Energien-Potenziale

Die fundamentale Basis für die Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 ist ein deutlicher und zudem zügiger Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in der Region Rostock. Mit dieser erneuerbaren Stromerzeugung muss nicht nur die bislang noch fossile Stromerzeugung und teilweise auch die fossile Wärmeerzeugung abgelöst werden. Darüber hinaus ermöglicht sie auch

- die Entwicklung der Elektromobilität und Elektrowärme,
- die Dekarbonisierung von Erdgas und Kraftstoffen durch erneuerbare, strombasierte Gase und Kraftstoffe (eFuels),
- den Ersatz der Steinkohlekraftwerks durch ein kleineres, für die Gewährleistung der Versorgungszuverlässigkeit jedoch als bedeutsam eingeschätztes Speicherkraftwerk sowie
- einen als Beitrag zur überregionalen Energieversorgung erforderlichen Stromexport.

Auch wenn andere Erneuerbare Energien wie Biogas und Biomasse oder Klär- und Deponiegas zur Stromerzeugung herangezogen werden, sind deren Beiträge jedoch zu gering, um den notwendigen Ausbau der Stromerzeugung durch Windenergie und Photovoltaik substantiell verringern zu können. Auch eine ersatzlose Stilllegung der Steinkohlekraftwerks Rostock, also der Verzicht auf die Errichtung eines wasserstoffbasierten Speicherkraftwerks, führt zu keiner grundsätzlichen Veränderung des Ausbaubedarfs für die Windenergie und Photovoltaik: Für das Speicherkraftwerk sind ein jährlicher Stromverbrauch von 1 TWh und eine jährliche Stromerzeugung von 0,5 TWh zugrunde gelegt.

---

121 Das Ziel der staatlich regulierten Netzentgeltsystematik ist zwar vor allem eine verursachungsgerechte Verteilung der Netzkosten. Der derzeitige Kostenverteilungsmechanismus ist aber im Kern noch auf das zentrale Versorgungssystem ausgerichtet. Die energiewendebedingten Veränderungen, beispielsweise eine temporäre Umkehrung des Lastflusses, werden bislang nicht berücksichtigt. Die derzeitige Netzentgeltsystematik kann sich besonders den energiewendebedingten Veränderungen der Netznutzung nicht flexibel anpassen. Zwar hat die Bundesregierung in ihrem aktuellen Koalitionsvertrag eine Reform der Netzentgelte vereinbart, jedoch gibt es bislang auf politischer Ebene keine konkreten Vorschläge für eine solche Neuregelung. Im Bereich der Forschung liegen dagegen verschiedene Vorschläge vor, zum Beispiel für lastflussabhängige Kostenumlageverfahren zur Bestimmung von Netzentgelten /82/.

122 https://www.netzausbau.de/vorhaben.

Im Falle eines mit vielen Nachteilen verbundenen Verzichts auf das Speicherkraftwerk stünden also per Saldo nur 0,5 TWh Strom mehr für den Export zur Verfügung.

Der Ausbaubedarf für die Windenergie und Photovoltaik wird vielmehr wesentlich durch den Strombedarf getrieben, welcher mit der Elektromobilität und mit der notwendigen Erzeugung erneuerbarer Gase (eGase) und Kraftstoffe (eFuels) entsteht.

Die Stromerzeugung der Windenergie an Land, die sich 2019 auf ca. 1,26 TWh belief, muss bis zum Jahr 2030 auf 4,6 und bis zum Jahr 2035 auf 5,9 TWh steigen. Die Stromerzeugung aus Photovoltaik, die sich 2019 auf ca. 0,3 TWh belief, muss bis 2030 bzw. 2035 auf 1,4 bzw. auf 2,0 TWh steigen.

Dazu muss die elektrische Leistung der in der Region vorhandenen Windenergieanlagen in dem Zeitraum von 2020 bis 2035 jährlich um 125 MW erhöht werden (Saldo aus Zubau, Rückbau und Repowering – ein solcher jährlicher Zubau wurde 2013 und 2014 bereits erreicht). Die elektrische Leistung der Region vorhandenen Photovoltaikanlagen muss im gleichen Zeitraum jährlich um 100 MW erhöht werden (ein solcher Zuwachs wurde auch 2012 erreicht). Nach 2035 ist ein weiterer Zubau von Windenergieanlagen an Land von jährlich ca. 50 MW erforderlich, während der Bestand an Photovoltaikanlagen auf dem 2035 erreichten Niveau gehalten werden könnte.

Im Hinblick auf die dezentrale Energieerzeugung erfolgt gemäß den Erneuerbare-Energien-Potenzialen der Region Rostock neben dem deutlichen Ausbau der Photovoltaik in der dezentralen Stromerzeugung auch ein solcher der Solarthermie in der dezentralen Wärmeerzeugung. Das technische Potenzial der dezentralen Solarthermie auf bzw. an Wohn- und Nichtwohngebäuden wird bis 2030 zu 10 und bis 2035 zu 15 Prozent ausgeschöpft. Das technische Potenzial der dezentralen Photovoltaik wird demgegenüber zu 60 bzw. 85 Prozent ausgeschöpft.

5.8 Anforderungen an die regionalplanerische Flächenvorsorge

Um sicherzustellen, dass die zur Erreichung des regional gesetzten Ziels der CO_2-Neutralität bis 2035 benötigten Flächen für die erneuerbare Energieerzeugung auch tatsächlich zur Verfügung stehen, ist eine regionalplanerische Flächenvorsorge erforderlich. Im Folgenden werden anhand der oben dargestellten Energiebilanzen und Ausbaupfade der wichtigsten Erneuerbaren Energien die notwendigen Flächenbedarfe gekennzeichnet.

Dabei sind zwei Zeithorizonte zu unterscheiden, die sich aus dem fortzuschreibenden Regionalen Raumentwicklungsprogramm bzw. aus dem Neutralitätsziel ableiten, also 2035 bzw. 2050.

Im Rahmen der regionalplanerischen Flächenvorsorge sind Flächen für folgende Flächennutzungen zu berücksichtigen:

- Ausbau der Stromerzeugung aus Windenergie an Land,
- Ausbau der solaren Stromerzeugung mit Photovoltaik-Freiflächenanlagen,
- Ausbau der zentralen solaren Wärmeerzeugung mit Solarthermie-Freiflächenanlagen,
- Ausbau der Strom- und Wärmeerzeugung aus Bioenergie - Erzeugung der erforderlichen Biomasse,
- Standorte für Anlagen zur Erzeugung von erneuerbaren Gasen und Kraftstoffen (eFuels) die in räumlicher Nähe zu den größeren, mit fossilen Energieträgern betriebenen Energieanlagen liegen müssen, um durch CO_2-Abscheidung und -Nutzung die erforderlichen CO_2-Mengen gewinnen zu können,
- Standorte für Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung und zur Verarbeitung von Bioenergie,
- Standorte für Anlagen zur Speicherung von Energie,
- Trassen für den erforderlichen Ausbau der Strom- und Wärmenetze.

Hinsichtlich des Flächenbedarfs für Anlagen- und Speicherstandorte kann gegebenenfalls davon ausgegangen werden, dass die Energieunternehmen hierfür eigene Bestandsflächen heranziehen, wie beispielsweise bei der Stadtwerke Rostock AG bei der Errichtung des (Groß-)Wärmespeichers und der *power-to-heat*-Anlage in Rostock Marienehe. Die Quantifizierung weitere, darüber hinausgehender Flächenbedarfe kann nur in Abstimmung mit den Energieunternehmen erfolgen.

Bei dem erforderlichen Ausbau der Stromnetze kann davon ausgegangen werden, dass dieser zumindest teilweise durch Netzverstärkungen auf vorhandenen Trassen erfolgt. Die Quantifizierung eines gegebenenfalls darüber hinausgehenden Flächenbedarfs kann auch hier nur in Abstimmung mit den Netzbetreibern erfolgen.

Die Flächenvorsorge für den Ausbau der Windenergie auf See im Küstenmeer ist, soweit es das marine Vorranggebiet für Windenergieanlagen nordwestlich von Warnemünde betrifft, bereits erfolgt. Darüber hinaus findet die Flächenvorsorge im Bereich der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) im Zuständigkeitsbereich des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) statt.

Die Entwicklung des Flächenbedarfs für die erneuerbare Energieerzeugung an Land in der Region Rostock ist in Abbildung 45 dargestellt. Die Abschätzung des Flächenbedarfs für die Windenergie an Land und für die Nutzung der Solarenergie auf Freiflächen ist von einer Reihe von Parametern abhängig, die hier nur näherungsweise vorausgeschätzt werden können: Die oben beschriebene Entwicklung der Stromerzeugung durch Windenergieanlagen an Land setzt voraus, dass die Durchschnittsleistung des Windenergieanlagenbestandes bis 2035 kontinuierlich weiter auf 4,7 MW/WEA ansteigt. Legt man eine durchschnittliche, von 3,5 ha/MW im Jahr 2010 bis 2035 allmählich auf 2,0 ha/MW sinkende Flächeninanspruchnahme zugrunde, errechnet sich ein Flächenbedarf von 4.800 ha bis 2030 bzw. von 5.400 ha bis 2035. Diese Flächen entsprechen einem Anteil an der Gesamtfläche der Region von 1,33 bzw. 1,50 Prozent. Der kontinuierliche Anstieg der Durchschnittsleistung des Windenergieanlagenbestandes ist allein durch die Installation von zunehmend größeren Neuanlagen nicht zu erreichen, sondern erfordert voraussichtlich auch ein gewisses Repowering.

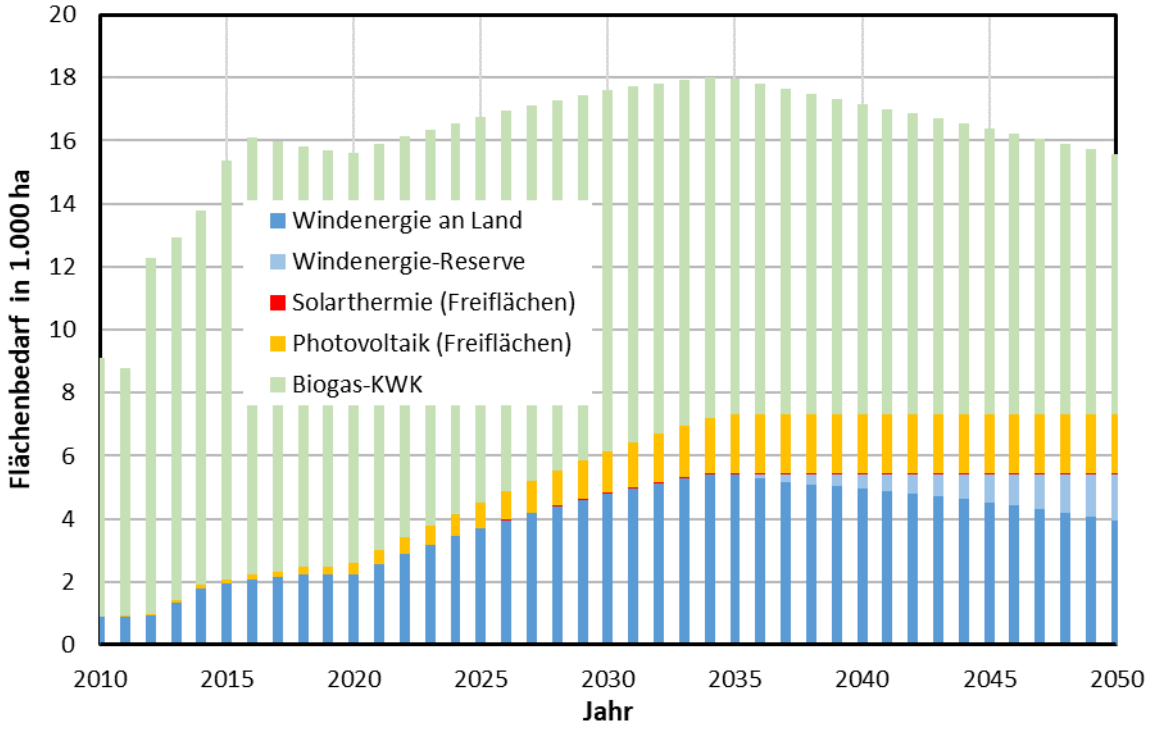


Abbildung 45: Flächenbedarf für die erneuerbare Energieerzeugung

Sofern die Durchschnittsleistung des Bestandes an Windenergieanlagen an Land auch nach 2035 durch die Installation von größeren Neuanlagen und durch das Repowering von Altanlagen weiter steigt, würde sich diese im Jahr 2050 auf 6,9 MW/WEA belaufen. Bei dieser Entwicklung könnte die bis 2035 für die Windenergieanlagen zur Verfügung gestellte Fläche nach Erreichen der CO_2-Neutralität, also ab 2036 allmählich wieder reduziert werden, wobei die Stromerzeugung trotzdem weiter steigen könnte. Der Umfang dieser möglichen Flächenreduktion ist in der Abbildung farblich gekennzeichnet und als „Windenergie-Reserve“ bezeichnet. Sofern allerdings die erwartete Entwicklung der Durchschnittsleistung nicht eintritt und sich die Durchschnittsleistung des Bestandes an Windenergieanlagen beispielsweise ab dem Jahr 2035 kaum oder nicht mehr verändert, müssen im Umfang dieser Flächen gezielt die kleinsten Altanlagen durch die dann verfügbaren leistungsstärksten Windenergieanlagen ersetzt werden, um einen weiteren Zuwachs der installierten Bestandsleistung zu erreichen (gezieltes Repowering) und die oben beschriebene Entwicklung der Stromerzeugung durch die Windenergie an Land realisieren zu können.

Bei der Strom- und Wärmeerzeugung aus Solarenergie hängt der Bedarf an Freiflächen unter anderem davon ab, zu welchen Anteilen diese Strom- und Wärmeerzeugung auf gebäudebezogenen Solaranlagen bzw. auf Freiflächen erfolgt: Für den auf Freiflächenanlagen entfallenden Teil der Photovoltaik-Stromerzeugung ist bis zum Jahr 2030 eine Fläche von knapp 1.300 ha und bis 2035 eine Fläche von 1.900 ha erforderlich, entsprechend einem Flächenanteil von 0,36 bzw. 0,52 Prozent. Für die solarthermische Fernwärmeerzeugung auf Freiflächenanlagen sind bis 2030 ca. 30 ha und bis 2035 ca. 40 ha erforderlich, entsprechend einem Flächenanteil von 0,07 bzw. 0,01 Prozent.

Bei der Energieerzeugung aus Biomasse können neben verschiedenen Technologien wie der Biogasnutzung oder der Verbrennung von festen Bioenergieträgern sehr unterschiedliche Biomassen erzeugt und genutzt werden, insbesondere Anbaubiomasse und biogene Reststoffe. Auch innerhalb einzelner Technologien kann daher der Flächenbedarf noch in Abhängigkeit von der Art der genutzten Biomasse variieren: Für den Betrieb von Biogasanlagen werden je 100 kW elektrischer Leistung ca. 50 ha für den Anbau pflanzlicher Inputstoffe oder 80 bis 120 ha Grünland benötigt[123]. In erster Näherung kann für die Energieerzeugung aus Biogas ein Flächenbedarf von ca. 20 ha/MWh Strom zugrunde gelegt werden (Abschnitt 4.4.3). Gemäß der hier konzipierten Entwicklung verändert sich der Flächenbedarf für die Erzeugung und Nutzung von Biogas bis 2035 bzw. 2050 gegenüber der heute genutzten Fläche nur unwesentlich bzw. geht ab 2035 allmählich zurück. Die Erzeugung von fester Biomasse (Brennholz) erfolgt auf Waldflächen durch die Forstwirtschaft und erfordert insoweit keine regionalplanerische Flächenvorsorge. Allerdings stellt die (Erst-)Aufforstung eine Möglichkeit dar, mittel- und langfristig größere CO_2-Mengen aus der Atmosphäre zu entnehmen und so die CO_2-Bilanz der Region zu verbessern. Hierfür sind geeignete Flächen zu identifizieren, welche dann im Regionalen Raumentwicklungsprogramm als Flächen zur Anpassung an den Klimawandel qualifiziert und integriert werden können[124].

Darüber hinaus resultiert ein dezentraler Flächenbedarf aus der steigenden erneuerbaren Wärmeerzeugung aus Biomasse und aus Umweltwärme, soweit diese oberflächennah mittels Erdreich-Wärmepumpen gewonnen wird. Außerdem sind aufgrund der steigenden Wärmeerzeugung durch Solarthermie-Freiflächenanlagen in gewissem Umfang saisonale Wärmespeicher erforderlich, für die ebenfalls Flächen benötigt werden.

---

[123] In der Region Rostock sind gegenwärtig Biogasanlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von 40 MW installiert, welche jährlich ca. 280 GWh an Strom bereitstellen. Daraus errechnet sich ein spezifischer Flächenbedarf von 0,09 ha/MWh Strom, wenn als Anteile für die Inputstoffe 75 Prozent Anbaubiomasse und 25 Prozent Grünschnitt angenommen werden. In gleicher Weise lässt sich der Flächenbedarf für die Stromerzeugung in Biomasse-Heizkraftwerken abschätzen, wenn dafür beispielsweise auf Ackerland erzeugtes Energieholz eingesetzt wird: Hier errechnet sich ein spezifischer Flächenbedarf von 0,046 ha/MWh Strom.

[124] Quelle und weiterführende Informationen: https://www.umweltbundesamt.de/aufforstung-wiederaufforstung#quellen.

6. Zusammenfassung

Das vorliegende Regionale Energiekonzept beschreibt die zukünftige Entwicklung der Energieversorgung in der Region Rostock und soll dazu beitragen, die anstehende Gesamtfortschreibung des Raumentwicklungsprogramms der Region vorzubereiten.

Das Konzept ist auf die Erreichung des regional gesetzten Ziels der CO_2-Neutralität bis 2035 und auf eine Erhöhung der regionalen Wertschöpfung im Energiebereich ausgerichtet. Wesentliche Voraussetzungen für die Erreichung dieser Ziele bestehen in der rechtzeitigen Stilllegung der Steinkohlekraftwerks in Rostock in seiner jetzigen Form bzw. in seinem Ersatz durch ein wasserstoffbasiertes Speicherkraftwerk, in der deutlichen Steigerung der Energieeffizienz zur Verringerung des Energieverbrauchs, in der überwiegenden Nutzung Erneuerbarer Energien zur Deckung des verbleibenden Energieverbrauchs, darunter erneuerbare Gase und erneuerbare Netzwärme sowie in der Dekarbonisierung[125] des Verkehrssektors durch Elektrifizierung und erneuerbare Kraftstoffe (*eFuels*).

Mit der Erreichung der CO_2-Neutralität in der Region Rostock werden außerdem die energie- und klimapolitischen Ziele der Europäischen Union bzw. Deutschlands vorzeitig erfüllt bzw. übererfüllt[126].

Das Energiekonzept gliedert sich in mehrere Abschnitte: Vorangestellt ist das Energiewirtschaftliche Leitbild für die Region Rostock. Dieses leitet sich aus den in der Region bereits gegebenen Voraussetzungen sowie aus dem regional gesetzten Ziel der CO_2-Neutralität bis 2035 ab. In einem zweiten Abschnitt werden wesentliche Zusammenhänge zwischen der Energieversorgung und der formellen Regionalplanung betrachtet. Außerdem wird das vorliegende Konzept räumlich und zeitlich abgegrenzt und die verwendeten Daten und Methoden werden kurz beschrieben. Der anschließende dritte Abschnitt gibt eine Kurzbeschreibung der Region Rostock in ihrer bisherigen Entwicklung und ihren heutigen Gegebenheiten. Diese Kurzbeschreibung wird im vierten Abschnitt um die Darstellung der Energieerzeugung, des Energieverbrauchs und der Infrastrukturen zur Energieversorgung erweitert. Der fünfte Abschnitt zeigt die Umsetzbarkeit dieses Leitbildes auf, indem er die bisherige Entwicklung der Energieversorgung der Region mit einer zukünftigen Entwicklung bis zum Jahr 2035 bzw. 2050 verbindet, welche die zuvor genannten Ziele und Erfordernisse erfüllt.

Die Region Rostock ist im Hinblick auf ihre Energieversorgung durch eine Reihe von Besonderheiten gekennzeichnet. *Zunächst* besteht sie aus einer Großstadt und einem umliegenden Landkreis, die sich in ihrem Energieverbrauch und in ihren Erneuerbaren-Energie-Potenzialen deutlich unterscheiden. Eine zukünftig auf Erneuerbaren Energien basierende, klimaneutrale Energieversorgung ist nur durch eine enge Kooperation zwischen Großstadt und Landkreis erreichbar. *Zweitens* ergeben sich durch ihre Lage an der Ostsee Möglichkeiten der offshore-Energiegewinnung, über die andere Regionen nicht verfügen. *Drittens* ermöglichen die vorhandenen Erneuerbare-Energien-Potenziale der Region, ihren zukünftigen Beitrag zur Mitversorgung von Regionen mit geringeren Energiepotenzialen auszuweiten und damit neue Möglichkeiten der Wertschöpfung zu erschließen. *Viertens* ist in der Region 1994 ein Steinkohlekraftwerk in Betrieb genommen worden, dessen erhebliche CO_2-Emissionen der Erreichung der CO_2-Neutralität entgegenstehen, weshalb es vor 2035 stillzulegen ist. Da zudem die Region auch danach aus verschiedenen Gründen über ein größeres Kraftwerk verfügen sollte, wird in diesem Konzept vorgeschlagen, das Steinkohlekraftwerk 2030 durch ein Wasserstoff-Speicherkraftwerk zu ersetzen. Dieses kann frei von CO_2-Emissionen betrieben werden und zugleich zukünftige Anforderungen an die elektrische Energieversorgung erfüllen. Außerdem kann es auch Fernwärme und Wasserstoff beispielsweise für den Verkehr bereitstellen.

---

[125] Dekarbonisierung bezeichnet hier die die Senkung des Energieverbrauchs durch Steigerung der Energieeffizienz und Substitution fossiler Energieträger durch Erneuerbare Energien.

[126] Da der Zeithorizont dieses Konzeptes bis zum Jahr 2035/2050 reicht, wurden alle von der europäischen bzw. nationalen Energie- und Klimapolitik für das Jahr 2030 gesetzten Ziele zusätzlich auf das Jahr 2035 umgerechnet.

Die zukünftige Entwicklung der Energieversorgung in der Region Rostock wird *einerseits* wesentlich durch die Entwicklung des Energieverbrauchs und *andererseits* durch die Entwicklung der Energieerzeugung bestimmt. Die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs muss zunächst die europäischen bzw. nationalen Ziele erfüllen, die für die Verbesserung der Energieeffizienz gesetzt sind. Danach muss der (fossile) Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2030 um 32,5 Prozent gegenüber einer angenommenen Referenzentwicklung sinken (bzw. umgerechnet auf das Jahr 2035 um 42,5 Prozent). Aus diesem Energieeffizienzziel leiten sich hohe Anforderungen ab. Im Wohngebäudebereich ist dieses Ziel nur erreichbar, wenn die energetische Sanierung gegenüber ihrem heutigen Stand zügig intensiviert bzw. wenn die Ablösung fossiler Energieträger zur Beheizung des Wohngebäudebestands durch Erneuerbare Energien beschleunigt wird. Ähnliches gilt aber auch für den Nichtwohngebäudebestand.

Mit den Effizienzzielen in einem engen Zusammenhang stehend, leitet sich des Weiteren aus dem regionalen Ziel der CO_2-Neutralität bis 2035 die Notwendigkeit einer gegenüber den europäischen bzw. nationalen Zielen deutlich intensiveren Nutzung Erneuerbarer Energien zur Deckung des verbleibenden Energiebedarfs ab. Dabei wird in allen drei immobilen Verbrauchersektoren auch die Nutzung von Elektrowärme an Bedeutung gewinnen, welche aus erneuerbarem Strom zu erzeugen ist.

Im Verkehrssektor kommt zu den genannten Zielen noch das Ziel der Bundesregierung hinzu, bis 2030 im Straßenverkehr einen Bestand von 15 Mio. zugelassenen batterieelektrischen Fahrzeugen zu erreichen, die mit erneuerbarem Strom betrieben werden sollen. Dieses Ziel lässt sich anhand heutiger Fahrzeugbestandszahlen auf die Region Rostock übertragen. Durch die Erreichung dieses Ziels geht der Energieverbrauch im Verkehrssektor bereits bis 2035 merklich zurück. Zugleich verändert sich die Energieträgerstrukturstruktur, so dass in der Folge auch die CO_2-Emissionen sinken.

Aus der zukünftigen Entwicklung des Energieverbrauchs, aus dem Strombedarf für die Dekarbonisierung des Wärme- und Verkehrssektors sowie aus dem zukünftigen Beitrag der Region Rostock zur gesamtdeutschen Energieversorgung leitet sich die zukünftig zu erzeugende Energiemenge, also die Entwicklung der Energieerzeugung ab. Dabei führt die erforderliche deutliche Steigerung der Energieeffizienz in der Nutzung von Raum- und Prozesswärme zu einem insgesamt rückläufigen Wärmebedarf. Dadurch können in der Wärmeerzeugung die erneuerbaren Energieträger an Bedeutung gewinnen. Durch die Dekarbonisierung der Gasversorgung, der Fernwärme und durch die Erweiterung der Fernwärmesysteme um (Groß-)Wärmespeicher und *power-to-heat*-Anlagen kann außerdem der zukünftige Beitrag der mit fossilem Erdgas betriebenen Kraft-Wärme-Kopplung zur Strom- und Wärmeerzeugung reduziert werden.

Zur Erreichung der Klimaneutralität 2035 ist ein steigender Anteil von erneuerbarem bzw. synthetischem Methan im Gasverbrauch des Gebäudesektors und des Energiesektors erforderlich. Dieser Anteil muss 2030 mindestens 50 und 2035 mindestens 66 Prozent erreichen. Neben einer fortgesetzten Umstellung von bereits in der Region vorhandenen Biogasanlagen von der Strom- und Wärmeerzeugung auf die Einspeisung von Biomethan müssen hierfür besonders auch steigende Mengen an synthetischem Methan hergestellt werden (Sektorkopplung: *power to gas* - chemische Methanisierung - eGas).

Weiterhin sind zur Erreichung der Klimaneutralität 2035 neben der wachsenden Elektromobilität Biokraftstoffe (Bioethanol und Biodiesel) sowie besonders steigende Mengen an synthetischen Kraftstoffen (Sektorkopplung: *power to liquids - eFuels*) erforderlich. Hierfür werden die Methanolsynthese zur Herstellung von synthetischem Vergaserkraftstoff und Flugturbinenkraftstoff (FTK) sowie die Dimethylether(DME)-Synthese zur Herstellung von synthetischem Dieselkraftstoff vorgesehen. Da außerdem voraussichtlich auch nach 2035 noch fossile Kraftstoffe eingesetzt werden müssen und dementsprechend CO_2-Emissionen entstehen, sind diese Emissionen zur Erreichung der CO_2-Neutralität zu neutralisieren. Diese Neutralisierung ist möglich, da alle drei Syntheseprozesse auf CO_2 und Wasserstoff basieren. Sofern das CO_2 durch CO_2-Abscheidung und -Nutzung (Carbon Capture and Utilization - CCU) von vorhandenen Emissionsquellen bereitgestellt und sofern für die CO_2-Abscheidung, Wasserelektrolyse und Syntheseprozesse in der Region Rostock erzeugter erneuerbarer Strom

eingesetzt wird, kann das abgeschiedene und in den Syntheseprozessen verbrauchte CO_2 vollständig zur Erreichung des Klimaziels der Region angerechnet werden. Hierzu stehen in der Region zumindest gegenwärtig mit den vorhandenen Energieanlagen größere CO_2-Quellen zur Verfügung.

Insgesamt wird der Bedarf an erneuerbarem Strom in der Region Rostock bis 2035 besonders zur Erreichung der CO_2-Neutralität, aber auch zur Gewährleistung von Beiträgen zur überregionalen Stromversorgung, zur Gewährleistung einer stabilen Stromversorgung in der Region durch das Speicherkraftwerk und durch die wachsende Elektromobilität erheblich steigen. Beim Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung wird zunächst davon ausgegangen, dass ab dem Jahr 2026 die offshore-Windstromerzeugung beginnt, die 1,3 TWh/a Strom liefert. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2029 das vorhandene Steinkohlekraftwerk stillgelegt und 2030 durch ein kleineres Speicherkraftwerk ersetzt wird. Dadurch reduziert sich die Stromerzeugung durch größere Kraftwerke von 3,3 TWh/a auf 0,5 TWh/a. Allerdings benötigt dieses Speicherkraftwerk zur Wasserstofferzeugung erhebliche Mengen an Strom, bei heutigen Wirkungsgraden sind dies 1,0 TWh/a (der Wirkungsgrad des Speicherkraftwerks liegt damit gleichwohl immer noch über dem des Steinkohlekraftwerks).

Mit diesen Veränderungen in der zentralen Strom- und Wärmeerzeugung sowie mit den Veränderungen im Energieträgereinsatz in der dezentralen Wärmeerzeugung und im Verkehr reduzieren sich auch die CO_2-Emissionen insgesamt so, dass das Ziel der CO_2-Neutralität bis 2035 erreicht wird.

In den beiden folgenden Tabellen sind die Rahmendaten der hier zusammengefassten Entwicklungen für die Jahre 1990, 2016, 2035 sowie 2050 vergleichend dargestellt. Die in den Tabellen enthaltenen Zahlen geben für 1990 und 2016 die realisierte Entwicklung wieder. Für 2035 und 2050 werden die Energie- und die CO_2-Bilanzen 2035 bzw. 2050 zugrunde gelegt (Abschnitte 5.3 und 5.4).

Das Energiewirtschaftliche Leitbild der Region Rostock ist aus dem regional gesetzten Ziel der CO_2-Neutralität bis 2035 sowie aus den regionalen Gegebenheiten, Entwicklungen und Potentialen abgeleitet. Die vorstehenden Tabellen lassen in dem Vergleich der Jahre 2016 und 2035 bzw. 2050 erkennen, in welche Richtung bzw. in welchem Umfang diese Entwicklungen gehen sollten. Dementsprechend ist das zentrale Motto des Leitbildes eine Verknüpfung des Klimaschutzziels für 2035 mit einem fortgesetzten Wirtschaftswachstum und mit Beiträgen zur Energieversorgung Deutschlands. Dabei wird vorausgesetzt, dass diese Beiträge in Form von hochwertigen Energieträgern, insbesondere von Strom, geleistet werden und dass es auch diese Beiträge sind, die einen erheblichen Teil des fortgesetzten regionalen Wirtschaftswachstums liefern. Die ersten beiden Leitsätze geben die zu erreichende CO_2-Minderung vor und setzten damit – neben der erforderlichen Stilllegung des Steinkohlekraftwerks Rostock vor 2035 – zugleich den erforderlichen Rahmen für zwei zentrale Instrumente zur Umsetzung des Leitbildes: Die deutliche Steigerung der Energieeffizienz und die deutliche Steigerung der erneuerbaren Energieerzeugung besonders im Wärmesektor und im Verkehr sind wesentliche Voraussetzungen zur Erreichung des CO_2-Neutralitätsziels. Die Leitsätze 3 und 4 beziehen sich deshalb wiederum auf den Wärmesektor und auf den Verkehr, dessen Umgestaltung nach der Steigerung der Energieeffizienz und nach der Steigerung der erneuerbaren Energieerzeugung die dritte große Herausforderung darstellt. Hier gilt es einerseits, die für eine klimaneutrale Mobilität erforderlichen Energieträger bereitzustellen. Andererseits müssen die entsprechenden Verkehrsmittel eine gegenüber dem heutigen Stand deutlich größere Verbreitung finden. Mit den Leitsätzen 5 und 6 werden in dem Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung und in der Errichtung eines wasserstoffbasierten Speicherkraftwerks in der Region weitere Instrumente zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 benannt. Die Leitsätze 7 und 8 beziehen sich auf die zur Dekarbonisierung des Wärme- und des Verkehrssektors notwendigen Maßnahmen, also auf den Einsatz erneuerbarer Gase, Fernwärme und Kraftstoffe (eFuels). Mit dem Leitsatz 9 übernimmt die Region die ihr zukommende Verantwortung für die erneuerbare Energieversorgung Deutschlands insgesamt. Zugleich ist damit im Leitsatz 10 die Erwartung einer zusätzlich erzielbaren Wertschöpfung verknüpft.

Tabelle 10: Kennziffern zur Entwicklung der Energieversorgung (gerundet)

Kennziffer Jahr	1990	2016	2035	2050
1	2	3	4	5
Energie in TJ				
Gewinnung im Inland	**0**	**19.341**	**40.030**	**50.380**
Wind	0	4.146	25.780	37.470
Solarenergie	0	816	9.340	9.260
Biomasse	0	13.535	3.570	2.280
Sonstige	0	844	1.340	1.370
Primärenergieverbrauch	**k.A.**	**63.551**	**37.580**	**29.400**
Endenergieverbrauch	**k.A.**	**34.777**	**25.550**	**16.550**
Industrie	k.A.	3.147	2.580	1.750
Verkehr	k.A.	13.149	10.850	6.450
Haushalte	k.A.	10.396	7.540	5.190
GHDS	k.A.	8.086	4.580	3.150
Endenergieverbrauch Strom	**k.A.**	**5.926**	**9.590**	**9.710**
Endenergieverbrauch Wärme	**k.A.**	**16.176**	**10.830**	**7.200**
Stromerzeugung	**k.A.**	20.711	37.190	48.590
konv. Stromerzeugung	k.A.	14.746	670	130
EE-Stromerzeugung	k.A.	5.965	36.520	48.460
EE-Anteil Stromerzeugung in %	k.A.	28,8	98,2	99,7
Wärmeerzeugung	**k.A.**	**5.101**	**10.530**	**7.170**
konv. Wärmeerzeugung	k.A.	4.343	3.360	1.030
EE-Wärmeerzeugung	k.A.	758	7.170	6.420
zentrale EE-Wärme	k.A.	329	2.280	1.710
dezentrale EE-Wärme	k.A.	429	4.890	4.720
EE-Anteil Wärmeerzeugung in %	k.A.	14,9	68,1	89,6
CO_2-Emissionen in kt				
Quellenbilanz	**3.848**	**5.040**	**430**	**40**
Umwandlungsbereich	575	3.340	80	0
Endenergieverbrauchsbereich	3.273	1.700	350	40
Verursacherbilanz	**4.853**	**2.840**	**430**	**40**
Industrie	781	291	30	0
Verkehr	706	952	200	40
PHH	1.748	850	120	0
GHDS	1.618	746	80	0
CO_2-Entnahme durch CCU	0	0	-380	-400
CO_2-Emissionen netto	**3.848**	**5.040**	**-20**	**-90**

Tabelle 10: Kennziffern zur Entwicklung der Energieversorgung (Fortsetzung)

Kennziffer Jahr	1990	2016	2035	2050
1	2	3	4	5
Energieaustausch in TJ				
Import	**k.A.**	63.323	5.240	420
Export	k.A.	17.519	7.700	21.400
Strom	k.A.	14.147	6.320	15.460
Biokraftstoffe/synthet. EE (eGase, eFuels)	k.A.	3.371	1.380	5.940
Verhältnis Import/Export	k.A.	3,6	0,7	0,02
Bestand an Elektrofahrzeugen				
Batterie-/Plug-in-Hybrid-Fahrz.	0	406	133.000	179.000

Tabelle 11: Kennziffern zur erneuerbaren Stromerzeugung (gerundet)

Kennziffer Jahr	1990	2016	2035	2050
1	2	3	4	5
Primärenergieverbrauch in PJ	k.A.	63,6	37,6	29,4
Endenergieverbrauch in PJ	k.A.	34,8	25,6	16,6
EE-Anteil im Primärenergieverbrauch in %	-	24,2	88,4	99,2
EE-Anteil im Endenergieverbrauch in %	-	8,2	82,9	97,4
EE-Primärenergieverbrauch/Endenergieverbrauch in TJ/TJ	-	0,44	1,30	1,76
Stromerzeugung aus EE in GWh	0	1.657	10.150	13.475
Windstromerzeugung onshore in GWh	0	1.152	5.860	9.110
Windstromerzeugung offshore in GWh	0	0	1.300	1.300
Photovoltaik-Stromerzeugung in GWh	0	205	2.020	2.020
Biostromerzeugung in GWh	0	300	230	200
Stromerzeugung Allg. KWK/IKWin GWh	0	0	150	5
Stromerzeugung Speicherkraftwerk in GWh	0	0	590	840

Der Leitsatz 11 benennt das zentrale Instrument zur Umsetzung des Leitbildes. Dieses ist in einer kooperativen Energieallianz der Stadt Rostock und des sie umgebenden Landkreises zu sehen. Ihr zentrales Ziel ist die Verwirklichung des Leitbildes bis 2035 bzw. bis 2050.

Die Leitsätze 12 und 13 beziehen sich auf die zukünftige Siedlungs- und Verkehrsentwicklung, soweit diese durch die regionale und kommunale Planung gesteuert bzw. beeinflusst werden können. Die Siedlungsentwicklung sollte zukünftig die Entwicklung neuer Wohngebiete vor allem in gemischten und klimagerechten Wohngebieten mit unmittelbarer ÖPNV-Anbindung planen und realisieren.

Gemäß dem Leitsatz 13 sollten die in der Region Rostock mit der Verkehrsentwicklung befassten Akteure darauf hinarbeiten, dass die Fahrzeugbestände und Fahrleistungen im innerregionalen Straßenverkehr (außerhalb des ÖPNV) schrittweise abgesenkt und klimaneutral gestellt werden.

Für die Regionalplanung sind außerdem die Flächenbedarfe bedeutsam: Die zur Erreichung der CO_2-Neutralität bis 2035 erforderliche Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung bedarf bei der Windenergie an Land einer Fläche von 4.800 ha bis 2030 bzw. von 5.400 ha bis 2035. Diese Flächen entsprechen einem Anteil an der Gesamtfläche der Region von 1,33 bzw. 1,50 Prozent. Für den auf Freiflächenanlagen entfallenden Teil der Photovoltaik-Stromerzeugung ist bis zum Jahr 2030 eine Fläche von knapp 1.300 ha und bis 2035 eine Fläche von 1.900 ha erforderlich, entsprechend einem Flächenanteil von 0,36 bzw. 0,52 Prozent. Für die solarthermische Fernwärmeerzeugung auf Freiflächenanlagen sind bis 2030 ca. 30 ha und bis 2035 ca. 40 ha erforderlich, entsprechend einem Flächenanteil von 0,07 bzw. 0,01 Prozent. Der Flächenbedarf für die Erzeugung und Nutzung von Biogas verändert sich bis 2030 bzw. 2035 gegenüber der heute genutzten Fläche nur unwesentlich und geht ab 2035 allmählich zurück.

7. Literatur- und Quellenverzeichnis

/1/ Regionaler Planungsverband Mittleres Mecklenburg/Rostock (2011): Regionales Raumentwicklungsprogramm Mittleres Mecklenburg/Rostock. Rostock.

/2/ Dr.-Ing. Grüttner EUS GmbH (2021): Weiterentwicklung der Regiopolregion Rostock im Themengebiet Energieinfrastruktur. Modul 1: Bestandsaufnahme. Projektbericht. Im Auftrag der Hanse- und Universitätsstadt Rostock. Rostock/Hohen Luckow.

/3/ Dr.-Ing. Grüttner EUS GmbH (2021): Weiterentwicklung der Regiopolregion Rostock im Themengebiet Energieinfrastruktur. Modul 2: Vorausschätzung der kurz-, mittel- und langfristigen Entwicklungen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Infrastrukturangebote. Projektbericht. Im Auftrag der Hanse- und Universitätsstadt Rostock. Rostock/Hohen Luckow.

/4/ Dr.-Ing. Grüttner EUS GmbH (2022): Energiewende in kommunalen Fahrzeugflotten in der Regiopolregion Rostock. Im Auftrag der Hanse- und Universitätsstadt Rostock. Rostock/Hohen Luckow.

/5/ Dr.-Ing. Grüttner EUS GmbH (2022): Energiewende in kommunalen Fahrzeugflotten in der Regiopolregion Rostock/Wirtschaftlichkeit. Im Auftrag der Hanse- und Universitätsstadt Rostock. Rostock/Hohen Luckow.

/6/ Dr.-Ing. Grüttner EUS GmbH (2022): Wasserstoff-Speicherkraftwerk für die Regiopolregion Rostock - Vorstudie. Im Auftrag des Regionalen Planungsverbandes Rostock. Rostock/Hohen Luckow.

/7/ UmweltPlan GmbH (2021): Energiekonzept Region Rostock - Fachbeitrag Umweltplanung. Stralsund.

/8/ Dr.-Ing. Grüttner EUS GmbH (2021): Potenzialanalyse Ladeinfrastrukturen im Netzgebiet der WEMAG Netz GmbH. Im Auftrag der WEMAG Netz GmbH. Rostock/Hohen Luckow.

/9/ Arbeitskreis „Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder“ (2021): Kreisergebnisse für Deutschland. Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den kreisfreien Städten und Landkreisen der Bundesrepublik Deutschland 1992, 1994 bis 2019. Verfügbar unter: https://www.statistik-bw.de/VGRdL/tbls/?rev=RV2014&lang=de-DE#RV2014KR.

/10/ Europäische Kommission (2019): Der europäische Grüne Deal. Mitteilung der Kommission COM (2019) 640 final. Brüssel. 11. Dezember 2019. Online verfügbar unter: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de.

/11/ Bundes-Klimaschutzgesetz vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905). Verfügbar unter: https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=bgbl121s3905.pdf.

/12/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2019): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin. 2. Auflage. Februar 2019. Verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf.

/13/ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019): Energieeffizienzstrategie 2050. Berlin. 2019. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.html.

/14/ Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 20. November 2019 (BGBl. I S. 1719).

/15/ Experten-Rat für Klimafragen (2022): Prüfbericht zu den Sofortprogrammen 2022 für den Gebäude- und Verkehrssektor. Berlin. 24. August 2022. Verfügbar unter: https://expertenrat-klima.de/publikationen/.

/16/ SPD/BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN/FDP (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021 – 2025. Berlin. 7. Dezember 2021.

/17/ Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/renewable-energy-recast-2030-red-ii.

/18/ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Langfristige Renovierungsstrategie der Bundesregierung. Berlin. August 2020. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/ltrs.html.

/19/ Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land (WindBG) vom 20.7.2022. BGBl I, S. 1353(Nr. 28). Verfügbar unter: https://www.bgbl.de/Xaver/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&start=bgbl122s1353.pdf.

/20/ Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern (2015): Energiepolitische Konzeption für Mecklenburg-Vorpommern. Gesamtkonzeption für eine integrierte Energie- und Klimaschutzpolitik der Landesregierung. Schwerin.

/21/ Verordnung (EU) 2018/842 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Festlegung verbindlicher nationaler Jahresziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2021 bis 2030. Verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32018R0842.

/22/ Deutsche Energie-Agentur GmbH (2017): Analyse der mit erhöhtem IT-Einsatz verbundenen Energieverbräuche infolge der zunehmenden Digitalisierung. Status Quo und Prognosen. Metastudie. Berlin.

/23/ Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit (2017: Energieeffizienz und Rechenzentren in Deutschland: Weltweit führend oder längst abgehängt? Eine NeRZ-Studie zur Entwicklung des Rechenzentrumsmarktes in Deutschland. Kurzfassung. Berlin.

/24/ Prognos AG/The Boston Consulting Group (2018): Klimapfade für Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI). Basel/ München/ Berlin.

/25/ Agora Energiewende und Aurora Energy Research (2018): 65 Prozent Erneuerbare bis 2030 und ein schrittweiser Kohleausstieg. Auswirkungen der Vorgaben des Koalitionsvertrags auf Strompreise, CO_2-Emissionen und Stromhandel. Berlin.

/26/ Agora Energiewende (2018): Stromnetze für 65 Prozent Erneuerbare bis 2030. Zwölf Maßnahmen für den synchronen Ausbau von Netzen und Erneuerbaren Energien. Berlin.

/27/ DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V./FutureCamp Climate GmbH (2019): ROADMAP CHEMIE 2050. Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen Chemischen Industrie in Deutschland. Eine Studie für den Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI). Frankfurt am Main/München.

/28/ Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2022): Bedarfsermittlung 2021-2035. Bestätigung Netzentwicklungsplan Strom. Vom Januar 2022. Bonn.

/29/ Kment,M. (2018): Elektromobilität - ein kommunale Aktionsraum. In: Kment,M. (Hrsg.): Energiewirtschaft und kommunale Selbstverwaltung. Verlag Mohr Siebeck. Tübingen. S. 45 – 71.

/30/ Hansestadt Rostock (2014): Masterplan 100 % Klimaschutz für die Hansestadt Rostock. Rostock.

/31/ Lukow,L. (2020): A carbon budget for Rostock: Suggestions for a fair local contribution to the Paris Agreement in view of current climate targets. Masterarbeit. Universität Uppsala.

/32/ Hansestadt Rostock, Amt für Umwelt- und Klimaschutz (2020): Klimaneutralität 2035. Stellungnahme 2020/AN/1447-02 (SN) vom 2. Dezember 2020.

/33/ Hansestadt Rostock (2016): Mobilitätsmanagementkonzept für die Hansestadt und Region Rostock. Rostock.

/34/ Hansestadt Rostock (2017): Mobilitätsplan Zukunft (MOPZ). Abschlussbericht. Rostock. Verfügbar unter: https://rathaus.rostock.de/de/wirtschaft_verkehr/mobilitaet/projekte_konzepte/249750.

/35/ Temps,C. (2018): Wo und wie soll Rostock wachsen? Regionalkonferenz beleuchtet das Rostock von morgen. In: Wirtschaft in Rostock (WIR), Ausgabe Dezember 2018.

/36/ Hansestadt Rostock (Hrsg.): Elektromobilitätsstrategie der Hansestadt Rostock. Rostock. 2015. Verfügbar unter: https://rathaus.rostock.de/de/wirtschaft_verkehr/mobilitaet/projekte_konzepte/249750.

/37/ WIRO Wohnen in Rostock Wohnungsgesellschaft mbH: Geschäftsbericht 2017. Verfügbar unter: https://www.wiro.de/ueber-uns/geschaeftsfuehrung.html.

/38/ Bätzing,W. (2020): Das Landleben: Geschichte und Zukunft einer gefährdeten Lebensform. Verlag C.H. Beck. München.

/39/ Sieferle,R.P. et al. (2006): Das Ende der Fläche: zum gesellschaftlichen Stoffwechsel der Industrialisierung. Böhlau-Verlag. Köln/Weimar/Wien.

/40/ Maaß,C. (2020): Wärmeplanung: Grundlagen einer neuen Fachplanung. In: Zeitschrift für Umweltrecht (ZUR) 31(2020)1.S.22-31.

/41/ Institut IWEN gGmbH Rostock (2020): „HYTechHafen100“. Pilotprojekt mit 100 MW Elektrolyseleistung im Seehafen Rostock. Stand 21.12.2020.

/42/ Weiß,W. (1996): Mecklenburg-Vorpommern. Brücke zum Norden und Tor zum Osten. Perthes Länderprofile. J. Perthes Verlag. Gotha.

/43/ Börgel,F et al. (2020): The Atlantic Multidecadal Oscillation controls the impact of the North Atlantic Oscillation on North European climate. Environmental Research Letters, Vol. 15 (2020), No. 10. DOI: 10.1088/1748-9326/aba925.

/44/ Ulbrich,U.; Christoph,M. (1999): A shift of the NAO and increasing storm track activity over Europe due to anthropogenic greenhouse gas forcing. Climate Dynamics Vol. 15 (1999). S. 551-559. DOI: 10.1007/s003820050299.

/45/ Ely,C.R. et al. (2013): Implications of the North Atlantic Oscillation for a UK - Norway Renewable power system. Energy Policy Vol. 62 (2013). S. 1420-1427 DOI: 10.1016/j.enpol.2013.06.037.

/46/ Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2019): Statistisches Jahrbuch Mecklenburg-Vorpommern 2019. Schwerin.

/47/ Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern (2016): Landesraumentwicklungsprogramm Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin.

/48/ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (2019): Flächenentwicklungsplan 2019 für die deutsche Nord- und Ostsee. Hamburg.

/49/ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (2022): 2. Entwurf Flächenentwicklungsplan. Hamburg. 28. Oktober 2022

/50/ Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (2010): Tiefe Geothermie. Grundlagen und Nutzungsmöglichkeiten in Deutschland.

/51/ IHK zu Rostock (2018): Vorstellung der Umfrageergebnisse zur Zukunftsstudie 2030. WIR 29. Jg. (2018) Ausgabe November. S. 28-29.

/52/ Statistisches Amt M-V: Energieverwendung der Industriebetriebe in Mecklenburg-Vorpommern 20xx. Statistische Berichte E113E 20xx 00. Schwerin. 20xx (verschiedene Jahre).

/53/ Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (2015): Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans nach § 83 WHG bzw. Artikel 13 der Richtlinie 2000/60/EG für die Flussgebietseinheit Warnow/Peene für den Zeitraum von 2016 bis 2021. Güstrow.

/54/ Hanse- und Universitätsstadt Rostock: Statistisches Jahrbuch 20xx. Kommunale Statistikstelle. Rostock. 20xx (verschiedene Jahre).

/55/ Hanse- und Universitätsstadt Rostock, Hauptamt, Kommunale Statistikstelle (2022): Aktualisierung der Bevölkerungsprognose für die Hanse- und Universitätsstadt Rostock bis 2035. Rostock.

/56/ WIMES Genschow GbR (2022): Aktualisierte Bevölkerungsprognose – Realentwicklung und Prognose der Ämter und Gemeinden im LK Rostock bis 2037. Rostock.

/57/ Landkreis Rostock, Amt für Kreisentwicklung: Schriftliche Mitteilung (E-Mail) vom 4. Februar 2021 zum Entwurf Energiekonzept Region Rostock.

/58/ ROSTOCK PORT GmbH: Schriftliche Mitteilung (E-Mail) vom 8. Januar 2021 zum Entwurf Energiekonzept Region Rostock.

/59/ Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (2003): Böden in Mecklenburg-Vorpommern. Abriss ihrer Entstehung, Verbreitung und Nutzung. Güstrow.

/60/ Viell,J. et al.: In operando monitoring of wood transformation during pretreatment with ionic liquids. Cellulose, Vol. 27, (2020), S. 4889-4907. DOI: 10.1007/s10570-020-03119-4.

/61/ -: Offshore-Turbine mit über 14 MW Leistung. In: Schiff & Hafen 72(2020)7. S. 42.

/62/ Rostock Port: Schiffsanläufe und Bunkermengen im Hafen Rostock. E-Mail-Mitteilung vom 25.01.2019.

/63/ Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei im Mecklenburg-Vorpommern (2006): (Bio-)Energieland M-V. Von der Vision zur Realität. Schwerin.

/64/ -: Kraftstoff-Blends mit biogenen Beimischkomponenten. In: Schiff & Hafen 72(2020)9. S. 82.

/65/ Berger,W.: Schlaglichter auf Photovoltaik-Hybridmodule. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 70(2020)9. S.40-41.

/66/ Schäfer,K. (2017): Betrachtungen zur dezentralen Einspeisung solarer Wärme in ein Wärmenetzsystem der dritten Generation. Diss. TU Dresden.

/67/ Agentur für Erneuerbare Energien (AEE): Bioenergie ist unter den Erneuerbaren Energieträgern der Alleskönner. Online verfügbar unter: https://www.unendlich-viel-energie.de/erneuerbare-energie/bioenergie.

/68/ Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern (2013): Landesatlas Erneuerbare Energien Mecklenburg-Vorpommern 2011. Schwerin.

/69/ Nitsch,J.; Trieb,F. (2000): Potenziale und Perspektiven regenerativer Energieträger. Gutachten im Auftrag des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Stuttgart.

/70/ Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (2010): Erneuerbare Energien 2020. Potenzialatlas Deutschland. Berlin.

/71/ Henning,H.-M.; Palzer,A. (2012): 100 % Erneuerbare Energien für Strom und Wärme in Deutschland. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Freiburg.

/72/ WWF Deutschland (2018): ZUKUNFT STROMSYSTEM II – Regionalisierung der erneuerbaren Stromerzeugung. Vom Ziel her denken. Berlin.

/73/ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2015): Räumlich differenzierte Flächenpotenziale für erneuerbare Energien in Deutschland. BMVI-Online-Publikation, Nr. 08/2015. Berlin.

/74/ Weber,H. (2017): Von der Frequenzregelung mit Schwungmassen (netzstützende Maßnahmen) zur Winkelregelung mit Umrichtern (netzbildende Maßnahmen). Vortrag auf der 12. ETG/GMA-Fachtagung „Netzregelung und Systemführung“, 26. – 27. 09. 2017 in Berlin.

/75/ Meinke,S. (2012): Modellierung thermischer Kraftwerke vor dem Hintergrund steigender Dynamikanforderungen aufgrund zunehmender Windenergie- und Photovoltaikeinspeisung. Diss. Universität Rostock.

/76/ Jacobs,U.: Erfahrungsbericht zur Entstehung der Klärschlamm-Kooperation Mecklenburg-Vorpommern. Thüringer Klärschlammkonferenz 19. April 2018.

/77/ -: Stadtwerke Rostock planen Geothermie-Projekt. Zeitung für kommunale Wirtschaft (ZfK) online vom 23.08.2018. Verfügbar unter: https://www.zfk.de/energie/waerme/artikel/sw-rostock-planen-geothermie-projekt-2018-08-23/.

/78/ -: Stadtwerke Rostock verabschieden sich von Geothermie-Plänen. Energate Messenger vom 27. März 2020. Verfügbar unter: https://www.zfk.de/energie/waerme/artikel/sw-rostock-planen-geothermie-projekt-2018-08-23/.

/79/ DUENE e.V. (2021): Ökonomische Bewertung der der Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern. Greifswald. Verfügbar unter: https://www.wald-mv.de/serviceassistent/_php/download.php?datei_id=1634687.

/80/ Deutsche Energie-Agentur GmbH (2018): Heutige Einsatzgebiete für Power Fuels - Factsheets zur Anwendung von klimafreundlich erzeugten synthetischen Energieträgern. Berlin.

/81/ Hecking,H.; Schafhausen,F.: Synthetische Brennstoffe: Irrweg oder Ausweg? In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen online – Jahresspecial 2018. S.16-18.

/82/ Koring,K. (2019): Lastflussabhängige Kostenumlageverfahren zur Bestimmung von Netzentgelten in Zeiten der Energiewende. Diss. TU Clausthal.

/83/ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Aktionsplan Stromnetz. Berlin. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/aktionsplan-stromnetz.html.

/84/ Kaltschmitt,M.; Streicher,W.; Wiese,A. (2013): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.

/85/ Quaschning,V. (2019): Regenerative Energiesysteme. Technologie – Berechnung – Klimaschutz. Carl Hanser Verlag. München.

/86/ Guidehouse Germany GmbH (2020): Analyse der Flächenverfügbarkeit für Windenergie an Land post-2030. Ermittlung eines Verteilungsschlüssels für das 2-%-Flächenziel auf Basis einer Untersuchung der Flächenpotenziale der Bundesländer. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Berlin. Verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/analyse-der-flachenverfugbarkeit-fur-windenergie-an-land-post-2030.html.

/87/ Gillessen,B. et al. (2020): Umstellung von Erdgaspipelines auf Wasserstoff – eine wirtschaftliche Alternative für Deutschland? In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 70(2020)9.S.30-33.

/88/ Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2019): Bedarfsermittlung 2019 - 2030. Bestätigung Netzentwicklungsplan Strom. Bonn. Verfügbar unter: https://www.netzausbau.de/bedarfsermittlung/2030_2019/nep-ub/de.html.

/89/ Die Fernleitungsnetzbetreiber Gas: Netzentwicklungsplan Gas 2020-2030. Entwurf. Stand 1. Juli 2020. Verfügbar unter: https://www.fnb-gas.de/netzentwicklungsplan/.

/90/ Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA): Bundesnetzagentur bestätigt Szenariorahmen für den Netzentwicklungsplan Gas 2020 - 2030. Pressemitteilung Bonn. 5. Dezember 2019.

/91/ Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2017): Bedarfsermittlung 2017 - 2030. Bestätigung Offshore-Netzentwicklungsplan. Bonn.

/92/ Monstadt,J.; Scheiner;S. (2016): Die Bundesländer in der nationalen Energie- und Klimapolitik: Räumliche Verteilungswirkungen und föderale Politikgestaltung der Energiewende. In: Raumforschung und Raumordnung (2016) 74:179–197. DOI 10.1007/s13147-016-0395-6.

/93/ Mineralölwirtschaftsverband e.V.: Jahresbericht 2019. Berlin. 2019.

/94/ Dieckmann,C. et al.: Von der Biogasanlage zur Bioraffinerie – Perspektiven für zukünftige Biogasanlagenkonzepte. In: Zeitschrift für Energiewirtschaft (2018) 42:235–256. DOI: 10.1007/s12398-018-0233-3.

Anhang

A.1 Potenzialdefinitionen und methodische Aspekte der Potenzialermittlung

Potenzialdefinitionen

Das *theoretische Potenzial* von Erneuerbaren Energien beschreibt das in einer Region aufgrund ihrer physikalischen bzw. natürlichen Gegebenheiten gegebene Energieangebot. Diese Energiemengen bzw. -ströme werden auch als Angebotspotenzial oder als Energiedargebot bezeichnet. Dabei handelt es sich neben der die Gezeiten bestimmenden Massenanziehungskraft besonders um Energie von der Sonne und aus der Erde. Das theoretische Potenzial kennzeichnet somit im Sinne einer Obergrenze den Gesamtumfang, in welchem die Erneuerbaren Energien in einer Region zur Verfügung stehen.

Der Nutzung des theoretischen Potenzials sind jedoch durch verschiedene Rahmenbedingungen, beispielsweise durch technologische Rahmenbedingungen Grenzen gesetzt. So gibt es bislang keine Technologie, mit der sich Wind in großer Höhe oder Solarstrahlung auf Waldflächen nutzen ließe. Auch befinden sich Technologien für die Erzeugung von Strom oder Wärme in Binnengewässern oder auf Straßenoberflächen erst in der Entwicklung. Das *theoretisch nutzbare Potenzial* gibt somit den Teil des theoretischen Potenzials an, für den prinzipiell einsetzbare Technologien verfügbar sind.

Allerdings stellen auch die einsatzreifen Technologien konkrete Anforderungen, die nicht überall in gleicher Höhe erfüllt werden können. Die Ausschöpfung des theoretisch nutzbaren Potenzials wird durch die verfügbaren Nutzungstechnologien und ihre Wirkungsgrade begrenzt und reduziert sich weiter auf das technisch nutzbare oder kurz auf das *technische Potenzial*. Beispielsweise weisen nicht alle Dachflächen eine für die Nutzung der Solarenergie optimale Orientierung auf und auch bei der Ernte von Biomasse entstehen durch die Erntetechnik bedingte Ernteverluste. Die effiziente Nutzung vieler Erneuerbarer Energien erfordert zudem eine ausgebaute Infrastruktur. Hierzu gehört insbesondere der bedarfsgerechte Ausbau des Stromnetzes zur Einspeisung und zur Weiterleitung des erzeugten Stroms. Auch das Gasnetz gewinnt durch die Einspeisung von erneuerbarem Gas in das Erdgasnetz für die erneuerbaren Energien zunehmend an Bedeutung. Dies betrifft auch die Speicherung von gasförmigen Energieträgern /87/.

Das technische Potenzial bildet die Vorstufe für das *ausschöpfbare Potenzial*, welches insbesondere durch rechtliche Rahmensetzungen einschließlich planerischer Restriktionen bestimmt wird. Diese werden mittelbar durch verschiedene Faktoren beeinflusst, beispielsweise durch die in der Bevölkerung vorhandene oder fehlende Akzeptanz für bestimmte Formen der Nutzung Erneuerbarer Energien.

Das *wirtschaftliche Potenzial* einer Region schließlich gibt jenen Teil des ausschöpfbaren Potenzials an, der innerhalb der rechtlichen Rahmensetzungen mit einsatzreifen Technologien wirtschaftlich erschlossen werden kann. Dieses Potenzial wird *erstens* nicht nur direkt durch Kosten- und Erlösstrukturen determiniert, sondern auch indirekt, beispielsweise durch die Transportkosten zur Überwindung der Entfernungen zwischen den Erzeugungs- und Verbrauchs- bzw. Netzstandorten. *Zweitens* bestimmt sich das wirtschaftliche Potenzial jedoch auch durch die steigenden Kostenvorteile gegenüber der Nutzung fossiler Energieträger. Es hängt insoweit auch von deren Preisentwicklung ab.

Die verfügbaren Erneuerbare-Energien-Technologien erfordern bislang zum Beispiel bei der Nutzung

- der Windenergie an Land durch Großanlagen größere Freiflächen, deren Umfeld eine freie Anströmung der Windenergieanlagen ermöglicht,
- der Solarenergie durch Großanlagen Freiflächen (möglichst mit einer gewissen Hangneigung), auf denen sich Kollektoren bzw. Module in optimaler Ausrichtung und Neigung errichten lassen,
- der Bioenergie geeignete Anbauflächen (Acker-, Grünland-, Waldflächen).

Diese Gebundenheit der Nutzung Erneuerbarer Energien an Flächen stellt einen wesentlichen limitierenden Faktor für die Ausschöpfung der verfügbaren Energie-Potenziale dar. Für die Nutzung einiger Erneuerbaren Energien wie die Windenergie, die Solarenergie und die Bioenergie wird bislang auf die

gleichen Flächen zurückgegriffen, beispielsweise auf landwirtschaftliche Nutzflächen. Dadurch entstehen Flächennutzungskonkurrenzen. Und auch aus Gründen der Umweltverträglichkeit sollten bestimmte Restriktionen bei der Inanspruchnahme von Flächen durch Erneuerbare Energien eingehalten werden. Dies zeigt sich etwa bei der Notwendigkeit, in der Landwirtschaft zur Erhaltung der Bodenqualität Fruchtfolgen zu realisieren oder aus phytosanitären Gründen für bestimmte Pflanzen wie Raps einen bestimmten Flächenanteil nicht zu überschreiten. Schließlich sind gegebenenfalls gesetzliche und damit gesellschaftlich im Allgemeinen fest verankerte Vorgaben zu berücksichtigen, da sie letztlich auch – ähnlich wie die technisch bedingten Restriktionen – „unüberwindbar“ sind, zum Beispiel Nutzungsrestriktionen in Schutzgebieten.

Für die Ermittlung der zu einem bestimmten Zeitpunkt (noch) erschließbaren Potenziale einer erneuerbaren Energiequelle sind von dem Potenzial diejenigen Potenzialteile abzuziehen, die sich in vorhandenen sowie in geplanten Anlagen bereits in Nutzung oder in absehbarer Nutzung befinden.

Ermittlung der Bioenergiepotenziale

Die Potenzialanalyse der biogenen Potenziale erfasst alle in Abbildung 46 dargestellten festen, flüssigen und gasförmigen Biomassen.

Mit **Waldholz** sind solche Stammholzanteile bezeichnet, die beim Holzeinschlag oder bei der Durchforstung entstehen und für eine stoffliche Nutzung aus verschiedenen Gründen nicht geeignet sind.

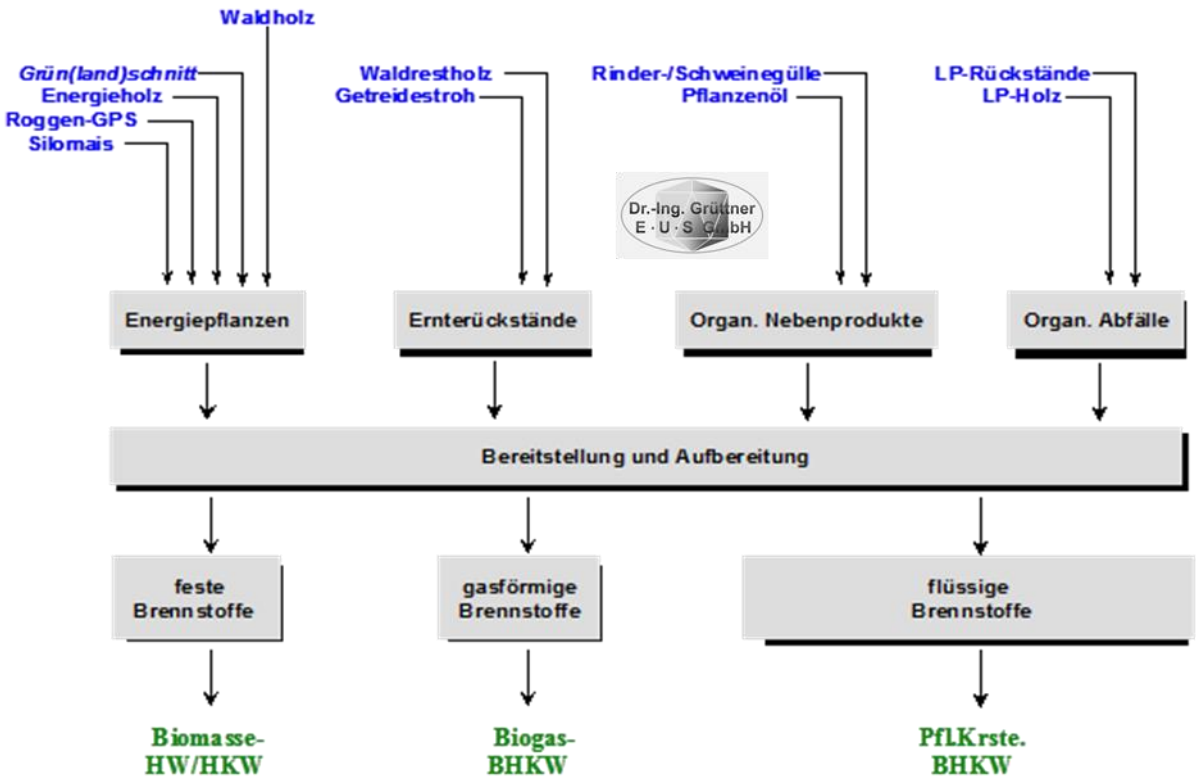


Abbildung 46: Berücksichtigte Biomassen und ihre Nutzung

Mit **Waldrestholz** werden in der Forstwirtschaft entstehende Holzreste bezeichnet, beispielsweise Baumkronen, Äste und nicht verkaufbare Stammteile. Sie verbleiben nach einem Holzeinschlag oder einer Rodung auf der Fläche. Da sie oftmals nicht genutzt werden, können sie für eine energetische

Nutzung herangezogen werden. **Energieholz** wird dagegen gezielt für die energetische Nutzung angebaut, beispielsweise auf landwirtschaftlichen Flächen in Kurzumtriebkulturen mit schnell wachsenden Baumarten. Auch in der Landschaftspflege (LP) fallen verschiedene **LP-Biomassen** an, zum Beispiel bei der Pflege von Straßenrändern und Bahntrassen (Straßengrasschnitt), bei der Rasenpflege in Parks, Anlagen und Friedhöfen sowie bei der Mahd von Naturschutzflächen. **Ganzpflanzensilage** (GPS) ist ein durch Gärung (Silieren) konserviertes Biogas-Substrat. Zu seiner Herstellung wird die gesamte oberirdische Biomasse einer Pflanze geerntet und genutzt. In Betracht kommen beispielsweise Winter-Getreidepflanzen wie Roggen, Triticale oder Weizen. Sie können wegen der erzielbaren Erträge als Alternativen zum Biogas-Mais (Silomais) angesehen werden, zumal wenn sie in Kombination mit einer zweiten Kultur angebaut werden.

Für die Abschätzung der technischen Erneuerbare-Energien-Potenziale wird somit – neben Regionaldaten wie Daten zum regionalen Gebäudebestand und zur regionalen Land- und Forstwirtschaft[127] – eine Vielzahl von spezifischen Potenzialdaten und Technologiedaten benötigt. Die Vorgehensweise soll am Beispiel einer Biogas-Prozesskette für tierische Exkremente (Gülle) gezeigt werden, um *zum einen* das Spektrum der dabei benötigten Technologiedaten und *zum anderen* den Berechnungsgang bei der Abschätzung des Potenzials zu verdeutlichen, Abbildung 47.

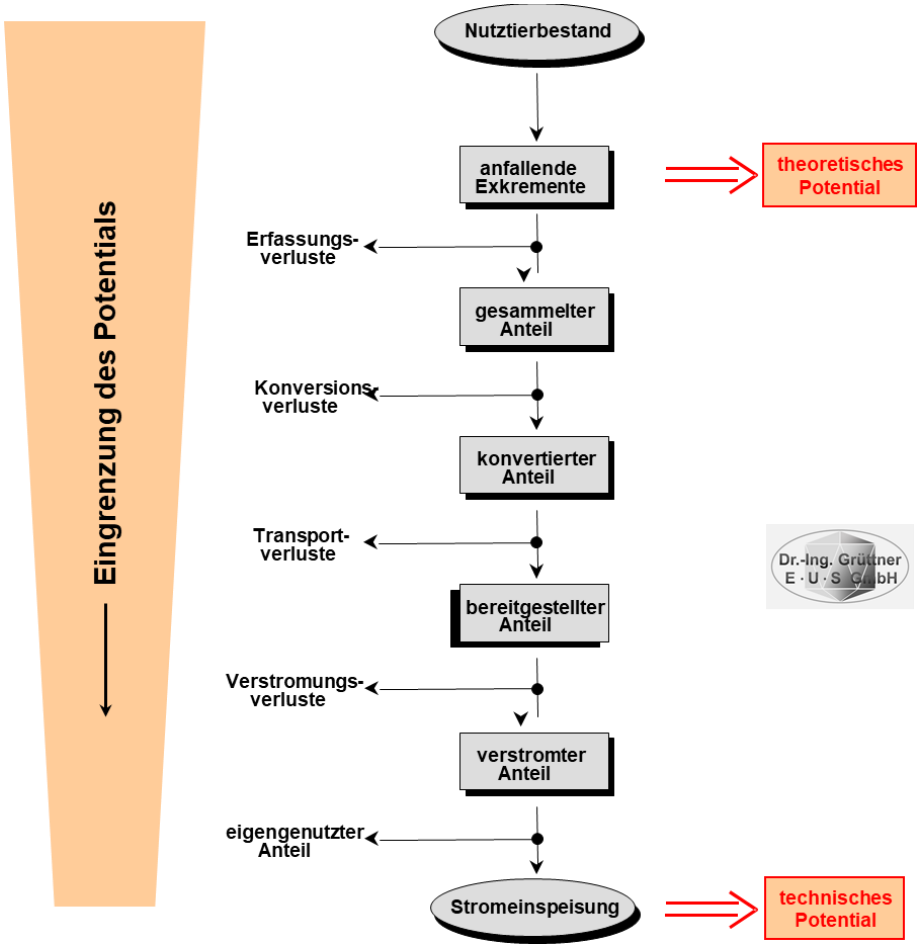


Abbildung 47: Technologische Kette zur Potenzialermittlung - Beispiel Gülle für Biogas

[127] Zur Beschaffung der benötigten Regionaldaten wurden die amtliche Statistik des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Gemeindedatenbücher und Statistische Jahrbücher) sowie amtliche Datenbanken ausgewertet.

A.2 Rahmendaten für die Abgrenzung der Erneuerbaren-Energien-Potenziale

In Tabelle 12 sind die oben beschriebenen Abgrenzungen und Restriktionen (Abschnitt 3.2.2) noch einmal zusammengefasst, die der Berechnung der Erneuerbare-Energien-Potenziale in der Region Rostock zugrunde liegenden.

Tabelle 12: Rahmendaten für die Abgrenzung der Potenziale

Potenzial Energiequelle	Theoretisches Potenzial	Theoretisch nutzbares Potenzial	Technisches Potenzial
1	2	3	4
Windenergie an Land (großtechnisch)	über der Bodenfläche aus der Luftströmung (regionale Windverhältnisse = $VBh_{1)}$) mit Strömungsprofilen gewinnbare Energie (Betz-Faktor, installierbare WEA-Anzahl und -Leistung)	Bodenfläche abzüglich Waldfläche, Siedlungs- und Verkehrsfläche,	Anlagen- und Windparkwirkungsgrade
Photovoltaik	auf der Bodenfläche jährlich eingestrahlte Globalstrahlungssumme	Bodenfläche abzüglich Waldfläche, theoretisch erreichbarer PV-Wirkungsgrad (30 Prozent)	geeigneter Anteil der Oberflächen des regionalen Gebäudebestandes[2)], geeignete Freiflächen, technisch realisierbarer PV-Wirkungsgrad (Annahme: 15 Prozent)
Solarthermie		Bodenfläche abzüglich Waldfläche, theoretisch erreichbarer Kollektorwirkungsgrad (Annahme: 90 Prozent)	geeigneter Anteil der Oberflächen des regionalen Gebäudebestandes, geeignete Freiflächen
Umweltwärme (Erdwärmepumpe)	auf der Bodenfläche gewinnbare Energiemenge	Siedlungs- und Verkehrsfläche	im Nahbereich von Gebäuden liegender (unversiegelter) Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche
landwirtschaftliche Biomasse	Landwirtschaftsfläche, regionalspezifisches Ertragspotenzial anbaubarer und zur energetischen Verwertung geeigneter ein- und mehrjähriger Pflanzen, Energieinhalt der Reststoffe des regionalen Tierbestandes	Landwirtschaftsfläche abzüglich der zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion benötigten Fläche (verbleibend: 5 Prozent), Erntemenge abzüglich der zur Nährstoffversorgung des Bodens benötigten Pflanzenteile, nutzbarer Anteil der Reststoffe	Ertragspotenzial abzüglich Ernte- und Bereitstellungsverluste, umwandelbarer Anteil des Energieinhalts in den Reststoffen
forstwirtschaftliche Biomasse	auf der Waldfläche jährlich zuwachsende Biomasse	Holzanteil der jährlich zuwachsenden Biomasse	einbringbarer Holzanteil des jährlich zur Fällung geeigneten Anteils des vorhandenen Baumbestands

[1)] Vollbenutzungsstunden, [2)] Dach- und Fassadenflächen

A.3 Beitrag der Region Rostock zur Stromversorgung Deutschlands

A.3.1 Vorbemerkung und Ausgangspunkte

Die folgenden Analysen wurden in der Mitte des Jahres 2019 letztmalig aktualisiert und basieren insoweit auf Daten bis zum Jahr 2017 (Datenstand der amtlichen Statistik im Jahr 2019). Ein wesentliches Ziel der Analysen bestand darin, den möglichen bzw. erforderlichen Beitrag des Landes Mecklenburg-Vorpommern sowie der Region Rostock zur zukünftigen Stromversorgung Deutschlands abzuschätzen. Sie ergab für das Land einen Beitrag in Höhe von 25 bis 30 TWh/a. Der für die Region Rostock ermittelte Beitrag von 15 Prozent bzw. von 3,75 bis 4,50 TWh/a basierte auf der Annahme, dass die Potenziale zur erneuerbaren Stromerzeugung im Land näherungsweise entsprechend den Bodenflächen der vier Planungsregionen verteilt sind.

Auf eine nochmalige Aktualisierung der Analysen wurde besonders deshalb verzichtet, weil sich vorliegende Stromverbrauchsprognosen des damaligen Bundeswirtschaftsministeriums für Deutschland als nicht haltbar erwiesen haben neuere Verbrauchsprognosen mit einer Vielzahl von Unsicherheiten verbunden sind, welche unter anderem aus den gegenwärtigen Krisen und deren Auswirkungen in die Zukunft resultieren. Als sicher kann jedoch eingeschätzt werden, dass der Stromverbrauch Deutschlands auch in Zukunft weiter steigen wird. Insoweit ist der hier ermittelte Beitrag des Landes Mecklenburg-Vorpommern zur zukünftigen Stromversorgung als ein Mindestwert zu verstehen. Allerdings sind beispielsweise in der Vorbereitung des Gesetzes zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land (WindBG) vom 20.7.2022 /*19*/, S. 1356 auch neuere Potenzialanalysen vorgelegt worden /*86*/.

Deutschland hat für seine Energieversorgung in den vergangenen Jahren in großem Umfang die Kernenergie genutzt und steigt gegenwärtig aus dieser Energieform aus. Darüber hinaus werden in Deutschland große Mengen an fossilen Energieträgern verbraucht, aus deren Nutzung in den nächsten Jahrzehnten ebenfalls zwingend auszusteigen ist, um die nationalen Energie- und Klimaschutzziele erreichen zu können. An ihre Stelle müssen in der Energieversorgung in Deutschland bis 2050 weitgehend CO_2-neutrale, also erneuerbare Energiequellen treten.

Die Energiewende in Deutschland ist ein Projekt, das angesichts des fortschreitenden Klimawandels zwingend umzusetzen ist. Aus den europäischen Energie- und Klimaschutzzielen leiten sich auch die Ziele für Deutschland ab. Darüber hinaus hat sich Deutschland eigene Ziele gesetzt, zum Beispiel in der Elektromobilität. Um die Erreichung der Ziele zu gewährleisten, wurde eigens ein Klimaschutzgesetz erlassen. Es ist am 18. Dezember 2019 in Kraft getreten. Darin ist in Übereinstimmung mit den Zielen der Europäischen Union als langfristiges Ziel die Treibhausgasneutralität bis 2050 formuliert.

Erreichbar sind die Klimaschutzziele Deutschlands nur, wenn der Energiebedarf durch eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz reduziert wird und wenn die zur Bedarfsdeckung erforderliche Energie zukünftig weitgehend klimaneutral, also aus Erneuerbaren Energien bereitgestellt wird.

Erreichbar sind die Klimaschutzziele Deutschlands weiterhin nur, wenn die Bundesländer mit höheren Erneuerbaren-Energien-Potenzialen zu der Energieversorgung solcher Bundesländer beitragen, deren Potenziale zur Deckung ihres eigenen Energiebedarfs nicht ausreichen. Dies gilt in besonderem Maße für die Stromversorgung. Dort ist zum einen der bereits weit fortgeschrittene Ausstieg aus der Stromerzeugung mit Kernkraftwerken zu vollenden und zum anderen der beschlossene Ausstieg aus der Stromerzeugung mit Stein- und Braunkohle umzusetzen. Gleichzeitig muss der Ausstieg aus der Stromerzeugung mit Erdgas und mit sonstigen fossilen Energieträgern wie Heizöl eingeleitet werden. Die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien muss so ausgebaut werden, dass der Bedarf an Strom zuverlässig gedeckt wird und dass eine hohe Versorgungssicherheit gewährleistet bleibt.

Diese Umgestaltung der Stromerzeugung geht auch mit einer Umverteilung der Beiträge der Bundesländer zur elektrischen Energieversorgung Deutschlands einher: Während sich beispielsweise die Kohlestromerzeugung besonders in den Bundesländern mit Förderstandorten konzentrierte, wird sich die zukünftige Verteilung der Stromerzeugung in Deutschland stärker an den erneuerbaren Stromerzeugungspotenzialen der Bundesländer bzw. an deren Bereitschaft zur Erschließung dieser Potenziale orientieren. Diese Bereitschaft wird umso höher sein, wenn die damit verbundenen Kosten gerecht verteilt werden und wenn die Wertschöpfung des erzeugten Stroms die Erzeugungsstandorte stärkt.

Bei dem Abbau ihrer CO_2-Emissionen und bei der Umgestaltung der Energieversorgung stehen die Bundesländer vor unterschiedlichen Herausforderungen. Diese bestehen beispielsweise in der Bewältigung des Kernenergie- bzw. Kohleausstiegs und seiner jeweiligen Folgen, in der Notwendigkeit einer Umstellung bzw. deutlichen Effizienzsteigerung ihrer energieintensiven Industrien und in dem erheblichen Ausbau der Erneuerbaren Energien.

Die Bundesländer können anhand dieser Herausforderungen – ähnlich wie in /92/ – zu Gruppen zusammengefasst werden: Neben den traditionellen „Energie-Ländern“ wie Nordrhein-Westfalen und dem Saarland gibt es Länder mit Kernkraftwerken, also die drei südlichen großen Bundesländer sowie Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Weiterhin gibt es Länder, in denen sowohl die Kohle- als auch Nuklearwirtschaft relativ unbedeutend sind. Hierzu gehören beispielsweise Rheinland-Pfalz, Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern. Schließlich gibt es die Stadtstaaten, in denen auch die Erneuerbaren-Energien-Potenziale deutlich kleiner sind als in den Flächenländern.

Mecklenburg-Vorpommern gehört zu jenen Bundesländern, die über vergleichsweise große erneuerbare Stromerzeugungspotenziale verfügen: Aus aktuellen Potenzialstudien /72/, /73/ lassen sich Rankings der Bundesländer ableiten, denen zufolge Mecklenburg-Vorpommern hinsichtlich seines technischen Potenzials bzw. hinsichtlich seiner Flächenverfügbarkeit zur erneuerbaren Stromerzeugung an Land an sechster Stelle steht[128].

Dementsprechend exportiert das Land seit vielen Jahren und in steigendem Umfang Strom. In den Jahren 2016 und 2017 belief sich dieser Stromexport bereits auf 7,25 bzw. auf 8,41 TWh und überstieg damit den Stromverbrauch im Land. Zu diesem Stromexport trägt die Region Rostock mit knapp 4 TWh bei. Dabei ist unter anderem zu berücksichtigen, dass neben den Erneuerbaren Energien auch das Steinkohlekraftwerk in Rostock zu diesem Export beiträgt. Allerdings ist dessen Stromerzeugung in den letzten beiden Jahren um 30 Prozent zurückgegangen und lag 2018 und 2019 deutlich unter der jährlichen Stromerzeugung der Vorjahre. Dieser Rückgang wird sich in den nächsten Jahren voraussichtlich in dem Maße weiter fortsetzen, wie die Kosten der Kohlestromerzeugung steigen und die Kosten der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien sinken.

Derzeit ist in Mecklenburg-Vorpommern eine Stromerzeugungskapazität in Höhe von 6,3 GW vorhanden, die sich sowohl aus fossil befeuerten als auch aus erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen zusammensetzt (ohne Windparks auf See). Davon entfallen 27,2 Prozent auf die Region Rostock.

[128] Nur die Bundesländer Bayern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Brandenburg verfügen den beiden Analysen zufolge über noch größere Potenziale.

A.3.1 Vorgehensweise zur Ermittlung des zukünftigen Strombedarfs

Die notwendige zukünftige Entwicklung der Stromerzeugung in Mecklenburg-Vorpommern muss gemäß den vorstehenden Betrachtungen in einer *top down*-Analyse ermittelt werden. Diese geht zunächst von der prognostizierten Entwicklung des Stromverbrauchs in Deutschland insgesamt aus (Stromverbrauch im Inland zuzüglich Stromexport-Saldo). Aus dieser wird im Weiteren die Entwicklung des Stromverbrauchs in den Bundesländern abgeleitet. Dieser ist die Entwicklung der Stromerzeugung in den einzelnen Bundesländern gegenüberzustellen, die sich dann zur Stromerzeugung in Deutschland insgesamt aufsummiert. Während die gegenwärtigen Länderbeiträge zur Stromerzeugung in Deutschland bekannt sind, müssen die zukünftigen Beiträge aus der Entwicklung der fossil gefeuerten und der erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten in den Ländern abgeleitet werden. Dabei sind einerseits die gesetzlich definierten rückläufigen Kapazitäten der Atom- und Kohlestromerzeugung zu berücksichtigen. Andererseits müssen der Ausbau der Stromerzeugung aus Erdgas und sonstigen fossilen Energieträgern, der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in den einzelnen Ländern sowie der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in Nord- und Ostsee vorausberechnet werden.

Aus der Bilanzierung des Stromverbrauchs und der Stromerzeugung in den einzelnen Bundesländern und in Deutschland insgesamt lässt sich anschließend der notwendige Beitrag errechnen, den einzelne Länder zur Mitversorgung anderer Länder erbringen müssen bzw. können. Dies gilt auch für den notwendigen Beitrag des Landes Mecklenburg-Vorpommern, das bereits heute deutlich mehr Strom erzeugt als es selbst verbraucht.

Der zukünftig erforderliche Beitrag des Landes Mecklenburg-Vorpommern insgesamt zur Stromerzeugung in Deutschland ist schließlich auf die vier Planungsregionen im Land aufzuteilen. Der auf die Region Rostock entfallende Teil dieses Beitrags ist weiterhin auf die an der Stromerzeugung beteiligten Energieträger aufzuteilen. Da die in der Region Rostock vorhandenen Stromerzeugungskapazitäten von dem Ausstieg aus Kohlestromerzeugung wegen des Steinkohlekraftwerks in Rostock betroffen sind, muss diese Aufteilung in der Region die Entwicklung der fossilen und erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten berücksichtigen, wobei in der erneuerbaren Stromerzeugung die Windenergie und die anderen zur Stromerzeugung geeigneten erneuerbaren Energieträger zu betrachten sind.

A.3.2 Zukünftige Entwicklung des Strombedarfs in Deutschland

Der aktuelle, am 26. Juni 2020 von der Bundesnetzagentur genehmigte Netzentwicklungsplan Strom /28/ geht für das Jahr 2035 von einem Bruttostromverbrauch aus, der in allen dort betrachteten Szenarien deutlich ansteigt. Zudem liegt er um mehr als 10 Prozent über der in seiner Vorgängerversion (NEP 2019) erwarteten Entwicklung. Danach steigt der Stromverbrauch in Deutschland, der in dem Referenzjahr 2019 brutto 570,9 TWh betrug, je nach dem betrachteten Szenario bis zum Jahr 2035 auf 640 bis 690 TWh an. Als Treiber dieser Entwicklung benennt der Netzentwicklungsplan die folgenden Entwicklungen:

- die zunehmende Verbreitung von Wärmepumpen in Privathaushalten,
- die zunehmende Elektromobilität sowie
- die Entwicklung der Sektorenkopplung in Form von *power to heat*-Anlagen in der Fernwärmeerzeugung[129] und in der Industrie sowie in Form von *power to gas*-Anlagen.

[129] Durch die Möglichkeit des Einsatzes von erneuerbarem Strom können *power to heat*-Anlagen zur Dekarbonisierung der Fernwärme beitragen.

Für die Region Rostock ist aufgrund dieser Entwicklungen sogar noch ein höherer Anstieg des Stromverbrauchs zu erwarten. Betrug dort der Stromverbrauch im Jahr 2016 ca. 1,65 TWh (netto, also ohne Netzverluste), steigt dieser – je nach betrachtetem Szenario – bis zum Jahr 2035 voraussichtlich auf mindestens 1,9 TWh an, wobei vorausgesetzt ist, dass die Energieeffizienz in der Stromanwendung deutlich steigt (Abschnitt 5.1).

A.3.3 Zukünftige Entwicklung der Stromerzeugung in Deutschland

In der Stromerzeugung Deutschlands werden derzeit die Kernenergie, fossile Energieträger sowie Erneuerbare Energien an Land und bei der Windenergie auch auf See genutzt. Der Ausstieg aus der Kernenergie erfolgt planmäßig voraussichtlich bis zum Jahr 2022, wobei die Abschaltreihenfolge der derzeit noch in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke bekannt ist. Der Ausstieg aus der Kohlestromerzeugung muss spätestens 2038 abgeschlossen sein. Da hierfür eine Abschaltreihenfolge der Stein- und Braunkohlenkraftwerke zum Beispiel mit dem § 13 g EnWG (Stilllegung von Braunkohlekraftwerken) erst teilweise bekannt ist, wird vereinfachend eine vollständige Abschaltung bis zum Jahr 2035 angenommen (diese Annahme liegt auch dem Netzentwicklungsplan /88/ zugrunde). Bei der Beschreibung der zukünftigen Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung in Deutschland ist von dem heute in den Bundesländern erreichten Stand sowie von ihren jeweiligen erneuerbaren Stromerzeugungspotenzialen auszugehen. Außerdem sind die in Nord- und Ostsee betriebenen, genehmigten sowie beantragten Projekte zur Nutzung der Windenergie auf See zu berücksichtigen[130].

Wie einleitend zu diesem Abschnitt erwähnt, wurden zur Abschätzung der erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale der Bundesländer neben Flächennutzungsdaten besonders /72/ und /73/ herangezogen. Die dort jeweils enthaltenen technischen Potenzialangaben wurden hier zusammengestellt und miteinander abgeglichen. Fehlende Angaben wurden durch eigene Berechnungen ergänzt. Die für die einzelnen Bundesländer ermittelten Potenziale für die erneuerbare Stromerzeugung an Land sind in Abbildung 48 in ihrer Energieträgerstruktur dargestellt. Ein erheblicher Teil dieser Länderpotenziale besteht in der Windenergie. Den weitaus größten Teil der Länderpotenziale bildet jedoch die Photovoltaik-Stromerzeugung auf Freiflächen (die Anteile der Freiflächen in den einzelnen Bundesländern liegen zwischen 6,7 und 10,4 Prozent ihrer Landesfläche).

Vergleicht man die über alle Erneuerbaren Energien aufsummierten Gesamtpotenziale der Bundesländer mit ihren Landesflächen, zeigt sich, dass diese Potenziale wesentlich von der Windenergie an Land und von der Photovoltaik auf Freiflächen bestimmt werden und dass aufgrund des für alle Bundesländer einheitlich angewandten methodischen Ansatzes die Länderpotenziale näherungsweise mit ihren Bodenflächen korreliert sind. Entsprechend verfügen Bayern und Niedersachsen sowohl insgesamt als auch bei der Wind- und Solarenergie über die größten Potenziale. Ihnen folgen Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Brandenburg. Die übrigen Flächenländer haben vergleichbar große Gesamtpotenziale, unter denen das Potenzial von Mecklenburg-Vorpommern am größten ist. Demgegenüber erscheinen die Potenziale der Stadtstaaten und des Saarlandes als sehr klein.

Die Länderpotenziale für die erneuerbare Stromerzeugung sind allerdings nicht nur unterschiedlich groß und unterschiedlich strukturiert. Vor allem werden sie derzeit unterschiedlich genutzt und in keinem (Flächen-)Bundesland ausgeschöpft, wie Abbildung 49 beispielhaft für die Ausschöpfung der Windenergiepotenziale an Land zeigt. Ersichtlich ist, dass sie überwiegend in Norddeutschland genutzt werden, während die süddeutschen Bundesländer meist unter dem Bundesdurchschnitt liegen.

[130] Zur Abschätzung der voraussichtlichen Stromerzeugung sind hier neben den zu installierenden Leistungen die vorgesehenen Inbetriebnahme-Zeitpunkte sowie für die Windstromerzeugung in Nord- und Ostsee typische Volllaststundenzahlen heranzuziehen. Projektbezogene Daten werden von der Bundesanstalt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) zur Verfügung gestellt.

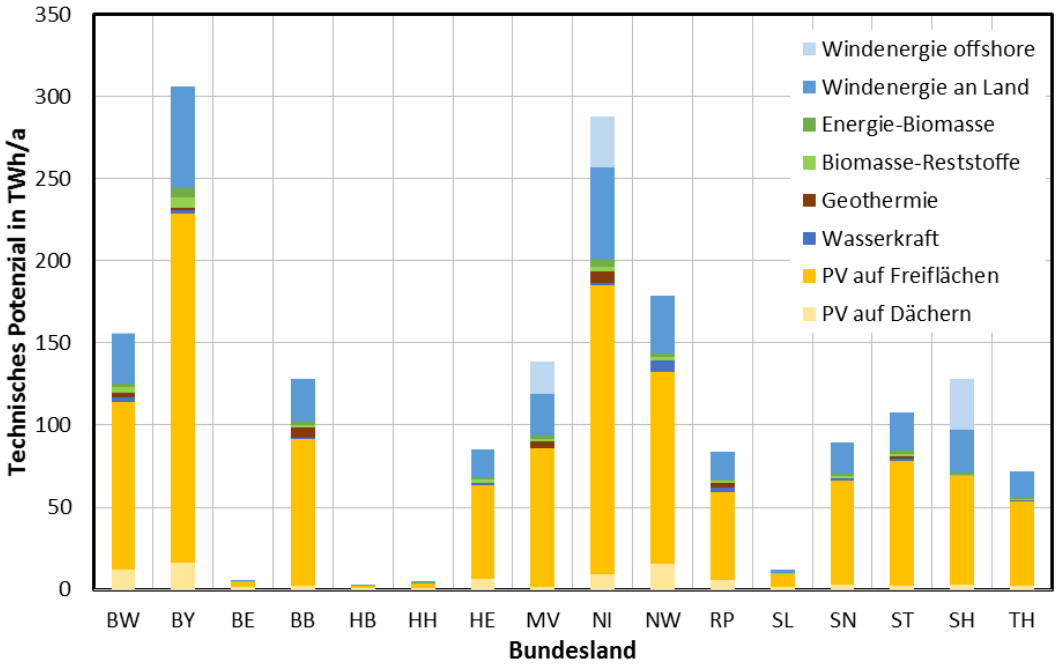


Abbildung 48: Stromerzeugungspotenziale der Bundesländer[131]

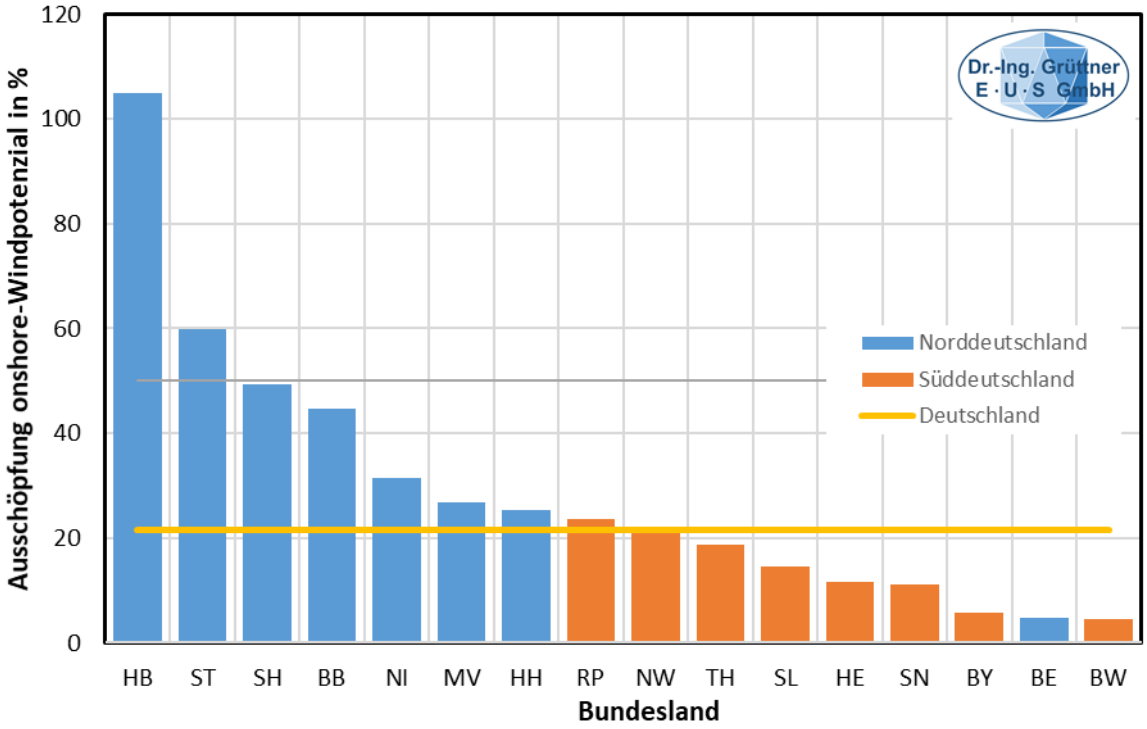


Abbildung 49: Ausschöpfung des onshore-Windstrompotenzials der Länder 2017[132]

[131] Bei dem Photovoltaik-Potenzial auf Dächern ist bereits eine anteilige Inanspruchnahme der Potenzialflächen durch die Solarthermie berücksichtigt. Das offshore-Windenergiepotenzial in der Nordsee wurde vereinfacht zu gleichen Teilen den Potenzialen der Länder Niedersachsen und Schleswig-Holstein zugerechnet.

[132] Die Potenzialangaben sind entnommen aus: https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaender/. Über die dort vorgenommene Definition und Ermittlung der Potenziale der Bundesländer liegen keine Informationen vor. Insoweit erlaubt die Abbildung eher einen Vergleich der Bundesländer als eine Bewertung ihrer jeweiligen Potenzialausschöpfung, sofern diese auf die vorhergehende Abbildung bezogen wird.

Nimmt man die in der Nord- und in der Ostsee liegenden und daher den nördlichen Bundesländern zuzuordnenden Potenziale für die offshore-Windstromerzeugung hinzu, verstärken sich diese Ungleichgewichte noch.

Das über alle Bundesländer aufsummierte erneuerbare Stromerzeugungspotenzial Deutschlands beträgt derzeit 1.700 TWh. (Die gesamte Bruttostromerzeugung in Deutschland belief sich 2016 auf 650 TWh und ist bis 2019 auf 612 TWh zurückgegangen. Die erneuerbare Stromerzeugung leistete dazu 2010 einen Beitrag von 190 TWh, der bis 2019 auf 244 TWh angestiegen ist. Deutschlandweit ist das erneuerbare Stromerzeugungspotenzial /73/ somit erst zu ca. 15 Prozent ausgeschöpft.)

Vergleicht man die auf der Basis von /72/ und /73/ für Mecklenburg-Vorpommern zusammengestellten bzw. berechneten erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale mit den in /68/ ermittelten und hier aktualisierten Potenzialen, erweisen sich die ersteren bei der Windstromerzeugung an Land als um den Faktor 3,5 und bei der Photovoltaik-Stromerzeugung auf Freiflächen als um den Faktor 6,5 größer: Das erneuerbare Stromerzeugungspotenzial des Landes insgesamt ist auf der Bundesebene mit knapp 120 TWh /72/, /73/ und auf der Landesebene /68/ mit ca. 30 TWh angegeben (hinzuzurechnen ist jeweils eine Stromerzeugung durch die offshore-Windenergie in der Ostsee in Höhe von 20 TWh – entsprechend einer elektrischen Leistung von 4,6 GW). In Tabelle 13 werden diese Potenziale miteinander verglichen.

Die unterschiedliche Größe der Potenziale begründet sich besonders dadurch, dass dem auf Landesebene ermittelten Potenzial für die Nutzung der Windenergie an Land die Gesamtfläche der Windeignungsgebiete und damit ein planerischer Rahmen zugrunde liegt[133]. Die Ermittlung der Potenziale in der BMVI-Studie basiert dagegen auf einem Methodenkonzept, dass bundesweit und für alle betrachteten erneuerbaren Energiequellen gleichermaßen anwendbar sein sollte. Dieses Methodenkonzept ermöglichte dort, sowohl quellenspezifische Anforderungen an Flächen als auch Restriktionen durch konkurrierende Nutzungen oder durch Schutzerfordernisse zu berücksichtigen. Dazu wurden für jede erneuerbare Energiequelle Konfliktrisiken definiert, wobei der zu erwartende Konflikt umso größer ist, je stärker einerseits die negativen Wirkungen einer Energiequelle und je empfindlicher und wertvoller andererseits die im betroffenen Raum vertretenden Belange sind. Diese Nutzungs- und Schutzbelange wurden durch bundesweit als Geodaten verfügbare Raum- bzw. Flächenkategorien abgebildet. Ihnen wurden über naturschutz-, immissionsschutz- und raumordnungsrechtliche Vorgaben und anhand von Geodaten zur Bodenbedeckung und Flächennutzung verschiedene Konfliktrisikostufen zugeordnet. Aus diesen wiederum wurden Restriktionsklassen abgeleitet, die auf die jeweiligen erneuerbaren Energiequellen bezogen wurden. Schließlich wurden die unter den definierten Restriktionsbedingungen bestehenden Flächen- und Energiepotenziale quantitativ abgeschätzt /73/, S. 71.

Die mit den restriktionsfreien Flächen verbundenen Potenziale summieren sich über alle Bundesländer auf 566 TWh. Abhängig von der zukünftigen Entwicklung des Stromverbrauchs in Deutschland könnte sich dieses Gesamtpotenzial für die Erreichung der oben beschriebenen energie- und klimapolitischen Ziele als nicht ausreichend erweisen. Deshalb werden für die folgenden Analysen die Potenziale nach dem erweiterten Flächenansatz zugrunde gelegt. Im Übrigen würde eine Zugrundelegung der Potenziale nach dem restriktionsfreien Flächenansatz an der hier dargestellten Umverteilung der Länderbeiträge insoweit nichts ändern, als die Potenziale aller Bundesländer nach den beiden Flächenansätzen im gleichen Verhältnis zueinander stehen (wie oben erwähnt, sind die Potenziale im Wesentlichen mit der Bodenfläche der Länder korreliert, die beiden Ansätze unterscheiden

[133] Das oben für das Land Mecklenburg-Vorpommern angegebene Potenzial von 50 TWh berücksichtigt hinsichtlich der Windenergie das Potenzial, das mit den 2011 ausgewiesenen Eignungsgebieten in den vier Planungsregionen des Landes gegeben war. Zwar laufen derzeit in allen vier Planungsregionen Teilfortschreibungen der Energiekapitel der Regionalen Raumentwicklungsprogramme (RREP), wodurch gegebenenfalls auch der Bestand an Windeignungsgebieten erweitert wird, jedoch sind diese Fortschreibungen bislang nicht abgeschlossen.

sich also nur in der Höhe der Flächen bzw. der Potenziale, nicht aber in den Relationen zwischen den einzelnen Bundesländern[134]).

Tabelle 13: Erneuerbare-Energien-Potenziale für Mecklenburg-Vorpommern im Vergleich[135]

Energiequelle	BMVI-Potenzialstudie		Eigene Berechnung		Verhältnis BMVI / Eig. Berechnung
	Fläche	Potenzial	Fläche	Potenzial	
	in ha	in GWh	in ha	in GWh	
1	2	3	4	5	6 = 5 / 3
Windenergie an Land	63.300 [1)]	25.113	13.500	7.400	3,4
	45.300 [2)]	17.440			2,4
Windenergie offshore	-	19.800 [3)]	-	19.800 [3)]	1,0
PV-Dachflächen	1.900	1.483 [4)]	1.990	3.000 [4)]	0,5
PV-Fassadenflächen (NWG)	-	-	300	500	-
PV-Freiflächen	210.000 [5)]	84.456	8.236	13.000	6,5
	23.000 [6)]	9.189			0,7
Biomasse-Reststoffe	-	1.558	0	3.000	0,5
Energie-Biomasse	k.A.	2.251	384.000	2.000	1,1
Wasserkraft	0	3 [7)]	0	10 [8)]	0,3
Klärgas	k.A.	k.A.	-	100	-
Deponiegas	k.A.	k.A.	-	20	-
Tiefengeothermie	-	3.828	-	-	-
Summe (mit Restriktionsflächen)		138.493		48.830	2,8
Summe (o. Restriktionsflächen)		55.553			1,1
nachrichtlich: ohne Windenergie offshore					
Summe (mit Restriktionsflächen)		118.693		29.030	4,1
Summe (o. Restriktionsflächen)		35.753			1,2

[1)] Auf M-V entfallender Flächenanteil der restriktionsfreien Flächen und des nutzbaren Anteils der Restriktionsflächen.
[2)] Auf M-V entfallender Flächenanteil der restriktionsfreien Flächen.
[3)] Installierbare Leistung: 4.600 MW, 4.300 VBh/a (NEP offshore)
[4)] PV-Jahresertrag auf Dachflächen - mit Solarthermienutzung
[5)] Auf M-V entfallender Flächenanteil der restriktionsfreien Fläche und der Restriktionsflächen mit weichen Restriktionen.
[6)] Auf M-V entfallender Flächenanteil der restriktionsfreien Fläche.
[7)] Voraussichtlich realisierbares Erzeugungspotenzial Wasserkraft (noch unerschlossenes Erzeugungspotenzial: 53 GWh)
[8)] Annahme: Die aktuelle Nutzung der Wasserkraft (5 GWh) entspricht ca. 50 Prozent des technischen Potenzials.
[9)] Annahme: Die aktuelle Klärgas-Nutzung entspricht lediglich ca. 20 Prozent des technischen Potenzials.

134 Vgl. hierzu die in /73/, S.106/112 getroffenen Aussagen, die in Deutschland insgesamt gleichmäßige Verteilung der Potenzialflächen betreffend.

135 Die Angaben für Mecklenburg-Vorpommern (Spalten 4 und 5) basieren teilweise auf Modellrechnungen dort, in die amtlich-statistische Daten einfließen, zum Beispiel werden die Solarenergiepotenziale in einem Gebiet aus den dort vorhandenen Dach- und Fassadenflächen abgeschätzt, denen wiederum Daten zum amtlich-statistische Gebäudebestand zugrunde liegen.

Im Hinblick auf die Erneuerbare-Energien-Potenziale ist festzuhalten, dass die anhand der natürlichen Gegebenheiten abschätzbaren theoretischen Potenziale sowohl in Deutschland als auch in Mecklenburg-Vorpommern den heutigen bzw. den zukünftigen Energiebedarf um ein Vielfaches übersteigen. In welcher Höhe dieser Potenziale erschlossen werden, hängt wesentlich von den jeweiligen Rahmenbedingungen ab. Die Möglichkeiten der erneuerbaren Stromerzeugung können daher durch die Setzung geeigneter Rahmenbedingungen gestaltet und erweitert werden (dies wurde in Abschnitt 4.3.3 für die Region Rostock gezeigt).

In den weiteren Betrachtungen werden deshalb die in Tabelle 13 angegebenen Potenziale zugrunde gelegt, also *einerseits* die höheren BMVI-Potenziale /73/ und *andererseits* die niedrigeren Potenziale aus dem Landesatlas Erneuerbare Energien Mecklenburg-Vorpommern /68/ (in der Tabelle aktualisiert und als „Eigene Berechnung“ bezeichnet)[136].

Für eine Neubestimmung der Länderbeiträge zur zukünftigen gesamtdeutschen Stromversorgung ist neben ihren Erneuerbare-Energien-Potenzialen auch ihr Stromverbrauch von Bedeutung. Er bestimmt, welchen Teil des erneuerbar erzeugten Stroms die Länder jeweils selbst verbrauchen bzw. welchen Teil sie anderen Bundesländern zur Verfügung stellen können. In Abbildung 50 ist dazu für jedes Bundesland das Verhältnis von erneuerbarer Stromerzeugung bzw. vom erneuerbarem Stromerzeugungspotenzial zum Stromverbrauch für die Jahre 2017 und 2035 vergleichend dargestellt. Ersichtlich ist, dass bereits heute zwei bis drei Bundesländer mehr Strom erzeugen als sie selbst verbrauchen. Dies sind Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein. Dagegen erzeugen die drei Stadtstaaten und die Länder Nordrhein-Westfalen und Saarland nur einen sehr geringen Anteil ihres Stromverbrauchs selbst und erneuerbar.

Sofern alle Bundesländer bis 2035 ihre erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale zu gleich hohen Anteilen, hier zu 25 Prozent, ausschöpfen und sofern sich ihr Stromverbrauch in gleicher Weise verändert[137], steigt in allen Ländern der Anteil des erneuerbaren Stroms am Stromverbrauch und zugleich die Zahl der Länder, die mehr erneuerbaren Strom erzeugen als sie selbst verbrauchen.

Bei dem genannten Anstieg des Stromverbrauchs bis 2035 ergibt sich schließlich das in der Abbildung ebenfalls dargestellte Verhältnis zwischen Stromverbrauch und erneuerbarem Stromerzeugungspotenzial für das Jahr 2035. Danach haben alle Bundesländer mit Ausnahme der Stadtstaaten das Potenzial, ihren Stromverbrauch selbst und erneuerbar zu decken. Einige Bundesländer, besonders Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Brandenburg, können sogar deutlich mehr erneuerbaren Strom erzeugen als sie selbst benötigten. Daraus leitet sich eine mögliche Umverteilung der Länderbeiträge zur gesamtdeutschen Stromversorgung ab. Sie geht dahin, dass die heutige Konzentration der Stromerzeugung auf einige Bundesländer durch eine erneuerbare Stromerzeugung abgelöst wird, die viel stärker regionalisiert ist. In ihr erzeugen die Bundesländer den benötigten Strom weitgehend selbst und tauschen solchen überwiegend nur noch zur Schließung von Versorgungslücken bzw. zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit oder im Rahmen des Stromhandels aus.

[136] Die Aktualisierung betrifft im Wesentlichen diejenigen Erneuerbaren Energien, welche unter Verwendung von amtlich-statistischen Daten berechnet wurden, z.B. gebäudebezogene Solarpotenziale. Darüber hinaus wurden bei allen Erneuerbaren Energien Technologiedaten wie Wirkungsgrade oder typische Volllaststundenzahlen überprüft und gegebenenfalls an heutige Gegebenheiten angepasst.

[137] Zugrunde gelegt ist eine Zunahme bis 2035 um ca. 15 Prozent (wie im NEP Strom – dort ist auch ein steigender Verbrauch durch die wachsende Elektromobilität berücksichtigt).

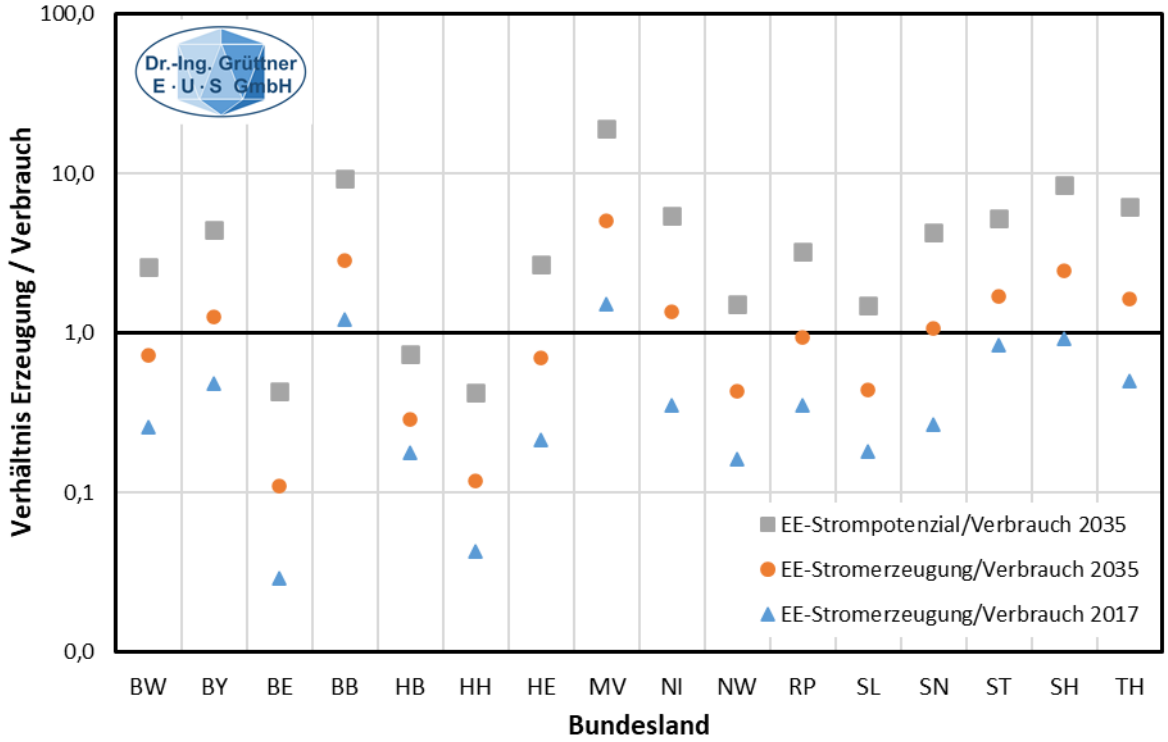


Abbildung 50: Verhältnis von EE-Stromerzeugung/-potenzial (an Land) zum Stromverbrauch

Da zumindest die aktuellen Kraftwerks- und Netzplanungen in Deutschland nicht davon ausgehen, dass die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern bis 2035 beendet ist, muss für eine Neubestimmung der Länderbeiträge zur zukünftigen gesamtdeutschen Stromversorgung noch das Verhältnis ihrer gesamten Stromerzeugung, also der fossilen (überwiegend Erdgas) und der erneuerbaren, zu ihrem Stromverbrauch betrachtet werden. In Abbildung 51 ist das aus der vorhergehenden Abbildung übernommene Verhältnis der erneuerbaren Stromerzeugung zum Stromverbrauch dem Verhältnis der Gesamtstromerzeugung zum Stromverbrauch gegenübergestellt.

Ersichtlich ist, dass die drei Stadtstaaten Hamburg, Berlin und Bremen 2035 voraussichtlich noch in erheblich größerem Umfang Strom aus fossilen Energieträgern erzeugen, als dies für die anderen Bundesländer im Verhältnis zu ihrem jeweiligen Stromverbrauch zu erwarten ist. Dies ist insoweit nachvollziehbar, als die drei Stadtstaaten gegebenenfalls vor der Notwendigkeit stehen, ihre potenzialbedingt geringe erneuerbare Stromerzeugung aufstocken zu müssen.

Im Folgenden werden aus diesen und weiteren Zusammenhängen die zukünftigen Länderbeiträge zur Stromversorgung Deutschlands und die damit verbundene Umverteilung betrachtet. Dabei wird auch die hier bereits herangezogene Entwicklung der fossilen und der erneuerbaren Stromerzeugung der Länder von 1990 bis 2035 näher beschrieben.

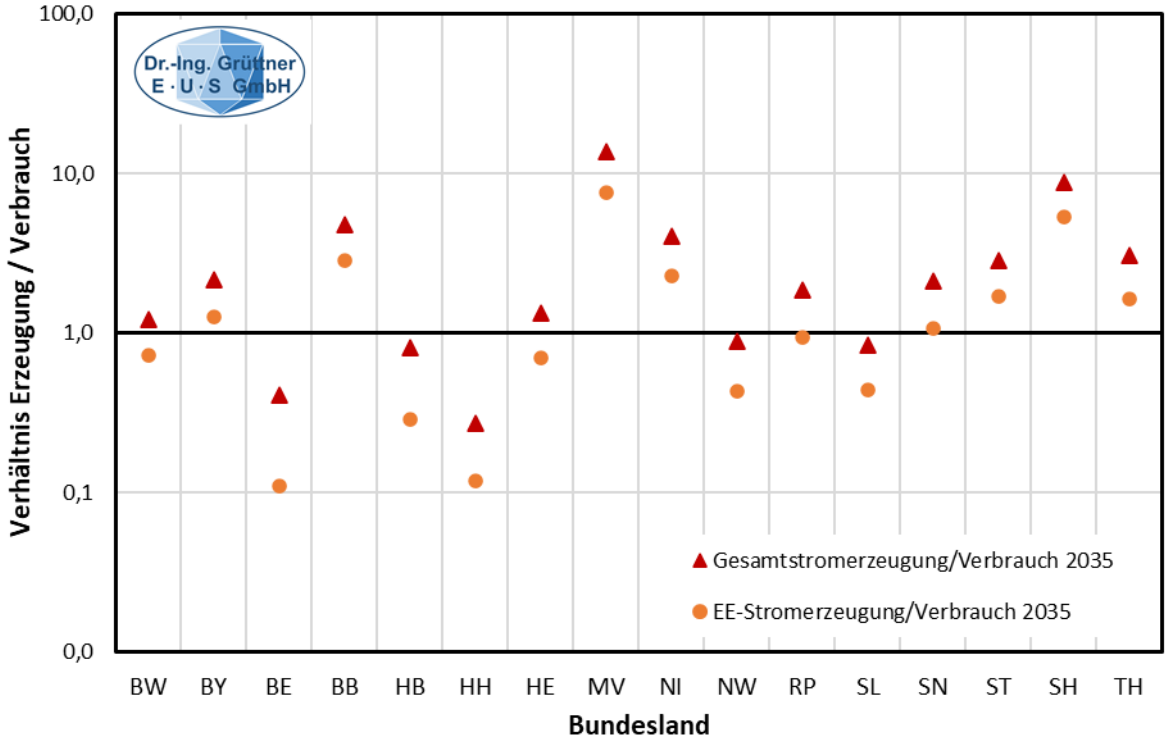


Abbildung 51: Verhältnis von Gesamtstromerzeugung zum Stromverbrauch 2035

A.3.4 Notwendige Beiträge der Bundesländer zur Stromversorgung in Deutschland

Um den künftigen Beitrag des Landes Mecklenburg-Vorpommern zur deutschen Stromerzeugung zu bestimmen, wurde unter Nutzung der im vorhergehenden Abschnitt analysierten erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale die Stromerzeugung der Bundesländer bis 2035 fortgeschrieben[138]. Diese setzt sich aktuell aus der Stromerzeugung aus Kernenergie[139], aus fossilen und aus erneuerbaren Energieträgern zusammen.

Insgesamt wurde die Entwicklung der Stromerzeugungskapazitäten mit nuklearen, mit fossilen und mit erneuerbaren Energieträgern sowie ihrer jeweiligen Stromerzeugung von 1990 bis zum aktuellen Stand (2017/2018) erfasst und weiter bis 2035 fortgeschrieben. Die Entwicklung der zukünftigen Stromerzeugung errechnet sich somit anhand der aktuellen und künftigen Kraftwerkskapazitäten und der Volllaststundenzahlen, die jeweils über den gesamten Anlagenbestand einer Kraftwerkssparte gebildet wurden. Dazu wurden auch die Netzentwicklungspläne (NEP) Strom, Offshore (NEP-O) sowie Gas der Übertragungsnetz- bzw. Fernleitungsbetreiber herangezogen /88/, /89/, /90/. Sie enthalten jeweilige Szenariorahmen für die Entwicklung der Kraftwerks- und Erzeugungskapazitäten bis 2035, Aussagen zu den Kraftwerksstandorten, die sich somit auch den Bundesländern zuordnen lassen sowie Annahmen zu den Volllaststundenzahlen der offshore-Windenergie bis 2035 (Szenario B 2035 des O-NEP 2030 /91/). Der NEP Gas gibt die Entwicklung der Kapazitäten von Gaskraftwerken an.

---

138 Die dazu erforderlichen Daten zur Stromerzeugung 1990 bis 2017/2018 wurden aus verschiedenen Datenquellen zusammengetragen, unter anderem vom Länderarbeitskreis Energiebilanzen, von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB), vom Bundeswirtschaftsministerium, vom Statistischen Bundesamt sowie von den Statistischen Ämtern der Länder.

139 Die Stromerzeugung aus Kernenergie ist durch den Zeitplan des Atomausstiegs bis zum Jahr 2022 vorgegeben, der für jedes der sieben noch in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke mit insgesamt ca. 11 GW Leistung ein konkretes, hier berücksichtigtes Abschaltjahr vorsieht.

Für die Fortschreibung der erneuerbaren Stromerzeugung wurden einerseits die im vorhergehenden Abschnitt analysierten erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale der Bundesländer zugrunde gelegt. Andererseits wurde davon ausgegangen, dass alle Bundesländer ihre Erneuerbaren-Energien-Potenziale bis 2035 in etwa gleicher Höhe ausschöpfen, hier zu etwa 25 Prozent. Damit wurde nicht nur ein handhabbarer und nachvollziehbarer Ansatz gewählt. Es sollte auch vermieden werden, dass die gegenwärtig noch unterschiedlichen, teilweise weniger ausgeprägten Ambitionen der Bundesländer hinsichtlich des Klimaschutzes und der Energiewende in die Zukunft fortgeschrieben werden. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass die diesbezüglichen Zielstellungen der Länder an die bestehenden Anforderungen angepasst, also erhöht und gegebenenfalls angeglichen werden.

Zusammengefasst ergeben sich bis 2035 folgende Veränderungen in der deutschen Stromerzeugung:

- Bis 2022 werden alle deutschen Kernkraftwerke abgeschaltet.
- Bis 2035 sinkt die Stromerzeugung der deutschen Kohlekraftwerke auf null (wie in den Szenarien B 2035 und C 2035 des NEP 2021 - 2035 /28/).
- Ihr Beitrag zur Stromerzeugung wird künftig teilweise durch neue Erdgaskraftwerke übernommen. Darüber hinaus wird ein kleiner Bestand an Kraftwerken mit anderen fossilen Energieträgern weiter betrieben.
- Alle Länder treiben den Ausbau der Erneuerbaren Energien und deren Stromerzeugung in vergleichbarer Weise voran (jedes Bundesland schöpft seine an Land vorhandenen Potenziale bis 2035 in vergleichbarer Höhe aus, das heißt zu 25 Prozent).
- In den Küstenländern kommt die Stromerzeugung durch neue offshore-Windparks hinzu. Der größere Teil dieses Zuwachses entfällt auf die Nordsee (14,4 GW). In der Ostsee, das heißt für Mecklenburg-Vorpommern[140], sieht der O-NEP eine Windparkkapazität von 4,6 GW vor.
- Der Stromverbrauch in Deutschland betrug 2019 ca. 580 TWh (brutto). Er wird bis 2035 auf 656 TWh brutto ansteigen (mittleres Szenario B 2035 des genehmigten Szenariorahmens zum NEP 2021 - 2035 /28/).
- Die gesamte Stromerzeugung in Deutschland betrug 2019 ca. 612 TWh. Es wurden also 33 TWh Strom exportiert. Dieser Stromexport geht zukünftig gegebenenfalls leicht zurück, aber auch 2035 sollte Deutschland in vergleichbarer Größenordnung Strom exportieren.

Abbildung 52 zeigt die bis 2035 fortgeschriebene Entwicklung der Bruttostromerzeugung der Bundesländer. Erkennbar ist der durch den Ausstieg aus der Kernenergie bedingte zeitweilige Rückgang der Stromerzeugung ab dem Jahr 2023. Der Ausstieg aus der Kohlestromerzeugung tritt dagegen nicht so deutlich hervor, da er hier vereinfacht als kontinuierlicher Prozess abgebildet ist. Insgesamt sinkt die Stromerzeugung von 660 TWh im Jahr 2018 auf 625 TWh im Jahr 2035. Darin enthalten sind ca. 115 TWh an Strom aus fossilen Energieträgern (außer Kohle) sowie ca. 510 TWh erneuerbarer Strom. Um diese Strommenge zu realisieren, steigt die erneuerbare Stromerzeugung in den Binnenländern bis 2035 auf das 2 bis 4-fache ihrer Stromerzeugung des Jahres 2018 (im Durchschnitt auf das 2,54-fache). In den Küstenländern steigt sie dagegen auf das 3- bis 5-fache. Dieser größere Zuwachs entspricht der Entwicklung der offshore-Windparkkapazitäten. Entsprechend geht die Stromerzeugung aus Kohle vollständig und aus Erdgas sowie sonstigen fossilen Energieträgern zurück.

Die Entwicklung der Anteile der einzelnen Bundesländer sind in Abbildung 53 dargestellt. Bildet man die Differenzen der Anteile von 2018 und 2035, so verzeichnen Nordrhein-Westfalen mit -13 und Baden-Württemberg mit -3 Prozentpunkten die am deutlichsten zurückgehenden Erzeugungsanteile. Die Anteile von Brandenburg und Sachsen gehen um jeweils -2 Prozentpunkte zurück. Die Anteile anderer Bundesländer steigen dagegen. Dies gilt für Schleswig-Holstein und für Niedersachsen, deren Anteile an der Gesamtstromerzeugung in Deutschland bis 2035 um 4 bis 5 Prozentpunkte gegenüber ihren Anteilen im Jahr 2018 ansteigt. Dies gilt aber besonders für Mecklenburg-Vorpommern, dessen

[140] Auf das Land Schleswig-Holstein entfällt ein Erzeugungspotenzial im Küstenmeer von 150 MW (auf den Flächen der ehemaligen Projekte SKY 2000 bzw. Beta Baltic und GEOFReE).

Anteil an der Gesamtstromerzeugung um 5,8 Prozentpunkte steigt. Mecklenburg-Vorpommern ist somit – bei einer 25-prozentigen Auslastung des oben mit 50 TWh angegebenen erneuerbaren Stromerzeugungspotenzials – das Bundesland mit dem größten Zuwachs.

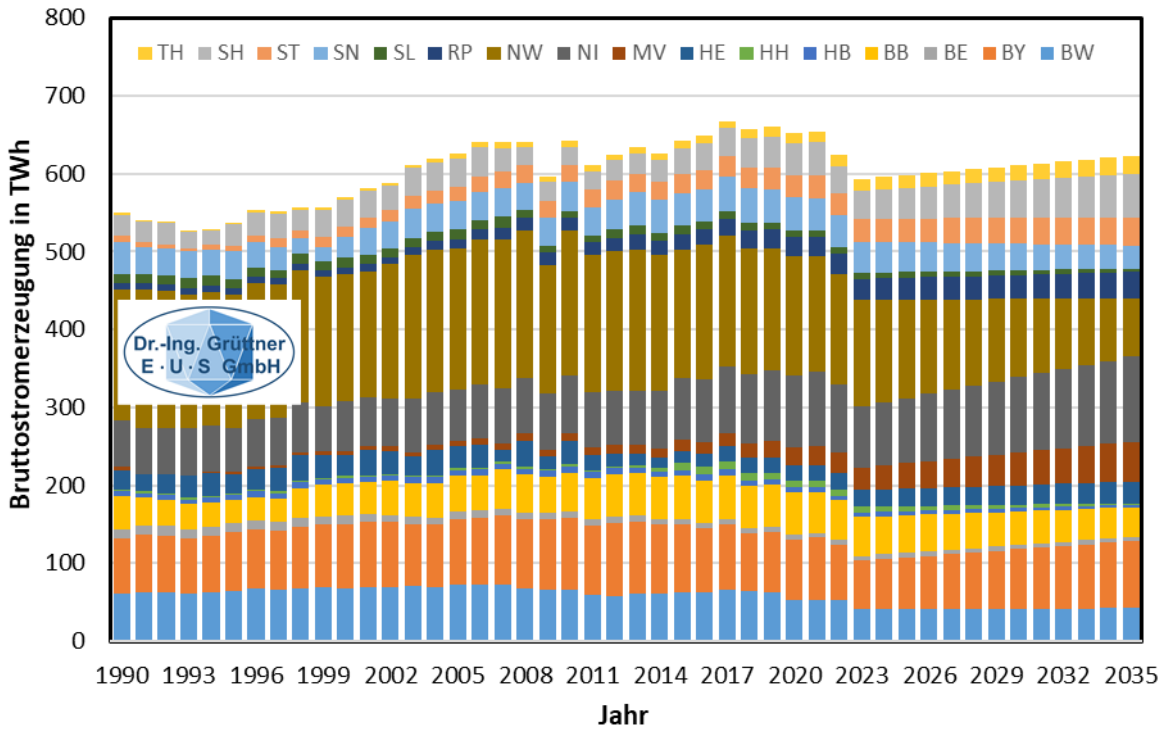


Abbildung 52: Entwicklung der Stromerzeugung in Deutschland bis 2035

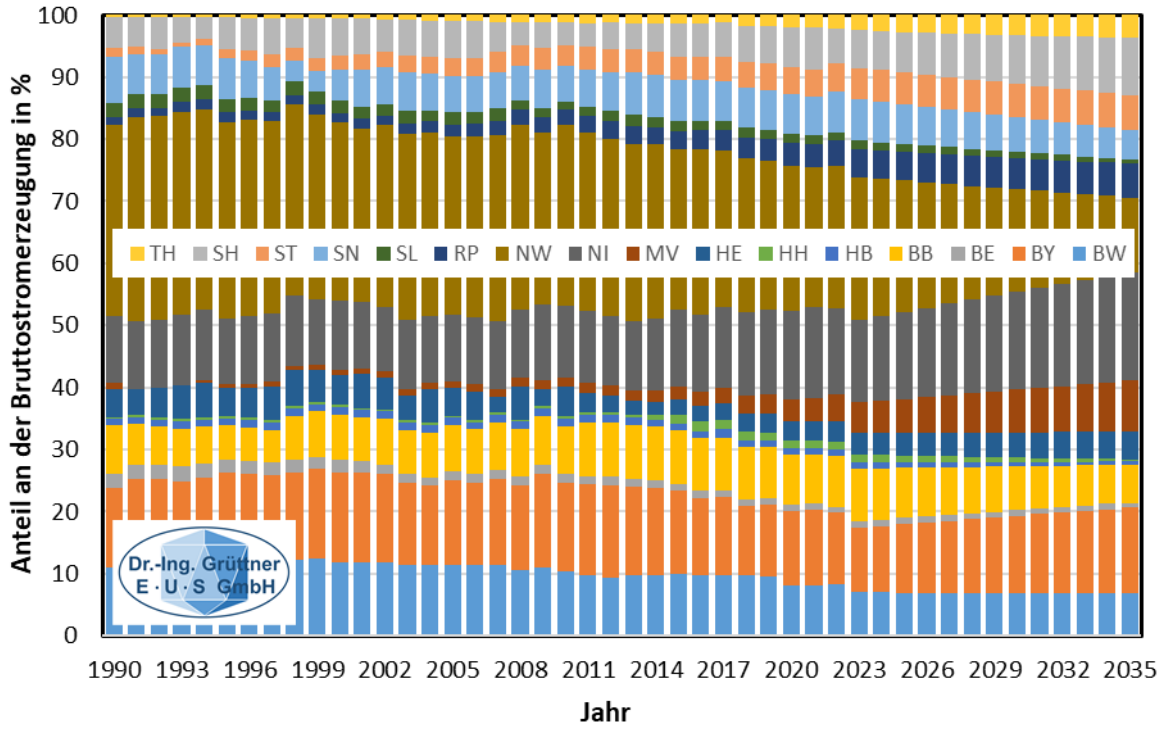
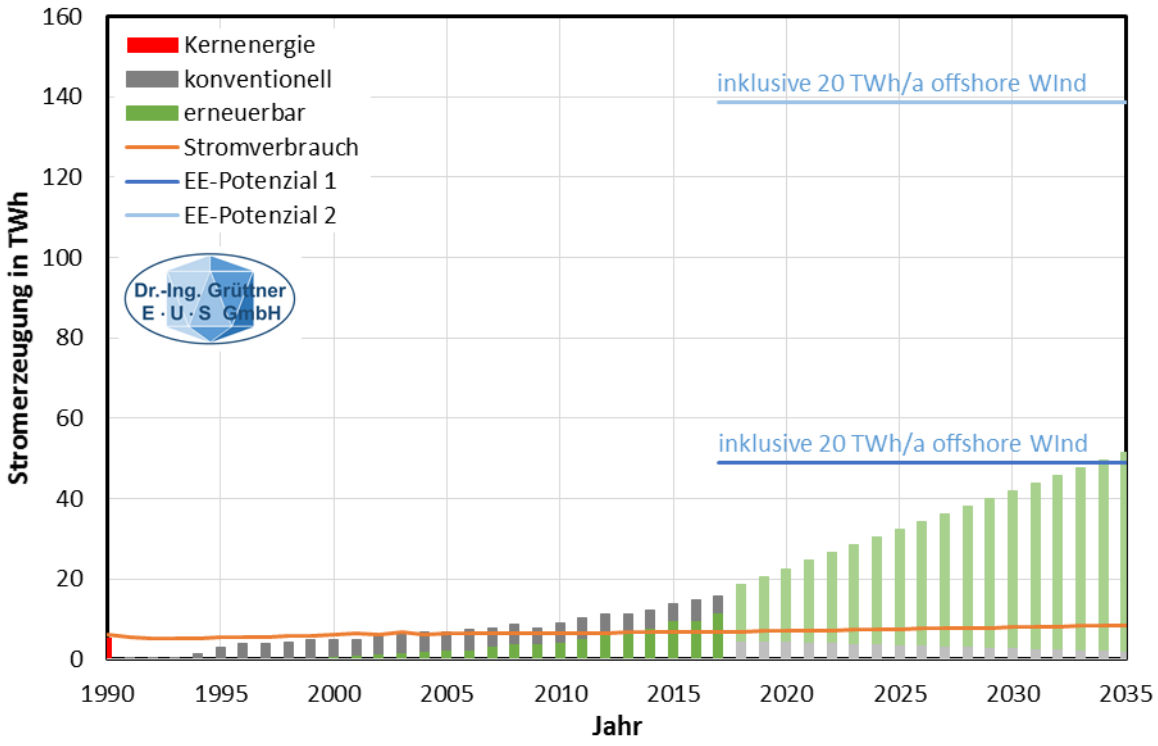


Abbildung 53: Struktur der Stromerzeugung in Deutschland bis 2035 nach Bundesländern

Der Anteil der Stromerzeugung Mecklenburg-Vorpommerns an der gesamtdeutschen Stromerzeugung steigt von 2,8 Prozent im Jahr 2018 auf 8,3 Prozent im Jahr 2035. Die diese beiden Stichjahre verbindende Entwicklung der Stromerzeugung ist in Abbildung 54 nach Energieträgern aufgegliedert dargestellt. Zusätzlich sind in der Abbildung der Entwicklung des Stromverbrauchs im Land sowie das hier ermittelte Potenzial der erneuerbaren Stromerzeugung von knapp 50 TWh eingetragen (erhöht um die nicht erneuerbare Stromerzeugung im Jahr 2035). Wie ersichtlich ist, steigt die Stromerzeugung insgesamt von 14,6 TWh im Jahr 2016 auf 53 TWh im Jahr 2035. Betrug der Erneuerbare-Energien-Anteil an der Stromerzeugung des Landes 2016 knapp 67 Prozent, steigt er in der hier zugrunde gelegten Entwicklung bis 2035 auf ca. 93 Prozent. Zu dieser Entwicklung müssten besonders die Windenergie und die Photovoltaik wesentliche Beiträge leisten.



EE-Potenzial 1 – Landesatlas EE MV /68/ (aktualisiert); EE-Potenzial 2 – BMVI-Studie /73/ (vgl. Tabelle 13)

Abbildung 54: Entwicklung der Stromerzeugung in Mecklenburg-Vorpommern bis 2035

Legt man für Mecklenburg-Vorpommern das erneuerbare Stromerzeugungspotenzial an Land[141] von 119 TWh (obige Tabelle 13, Spalte 3) zugrunde, das wie oben beschrieben unter Einschluss von Restriktionsflächen ermittelt wurde /73/, führt die in der Abbildung 54 dargestellte Entwicklung des erneuerbaren Teils der Stromerzeugung des Landes zu der Potenzialausschöpfung in Höhe von 25 Prozent. Legt man dagegen das im Landesatlas Erneuerbare Energien /68/ ermittelte und hier für die derzeitigen Rahmenbedingungen aktualisierte Potenzial an Land von 29 TWh zugrunde (Tabelle 13, Spalte 5), bedeutet die dargestellte Entwicklung eine vollständige Ausschöpfung dieses Potenzials. In jedem Fall stellt sich die Entwicklung schon im Vergleich mit der bisherigen Entwicklung der Stromerzeugung im Land als eine große und unter den gegebenen Rahmenbedingungen sehr anspruchsvolle

[141] Es wird davon ausgegangen, dass das Stromerzeugungspotenzial der offshore-Windenergie in der Ostsee in Höhe von knapp 20 GWh/a in jedem Fall erschlossen wird.

Herausforderung dar. Sie würde zudem die gleiche Ausbaugeschwindigkeit der erneuerbaren Stromerzeugung erfordern, wie sie in den Jahren von 2010 bis 2015 erreicht werden konnte[142]. Andererseits bietet die dargestellte Stromlieferung aus Mecklenburg-Vorpommern in andere Regionen Deutschlands auch eine ausgezeichnete Exportmöglichkeit und birgt ein großes Wertschöpfungspotenzial in sich.

A.3.5 Umverteilung der Länderbeiträge in der Stromversorgung Deutschlands

In Abbildung 55 sind die Bundesländeranteile an der gesamtdeutschen Stromerzeugung noch einmal für die Jahre 2017 und 2035 gegenübergestellt, wobei die Bundesländer nach dem Anteil im Jahr 2017 absteigend angeordnet sind, den sie im Jahr 2017 hatten.

Diese Darstellung ist in Abbildung 56 auf die Teilregionen Nord-, Mittel- und Süddeutschland aggregiert: Der Anteil Mitteldeutschlands an der Stromerzeugung geht danach deutlich zurück (- 10,3 Prozent). Diesem Rückgang steht ein deutlicher Anstieg des Anteils Norddeutschlands gegenüber (+ 10,5 Prozent). Der Anteil Süddeutschlands bleibt dagegen weitgehend unverändert.

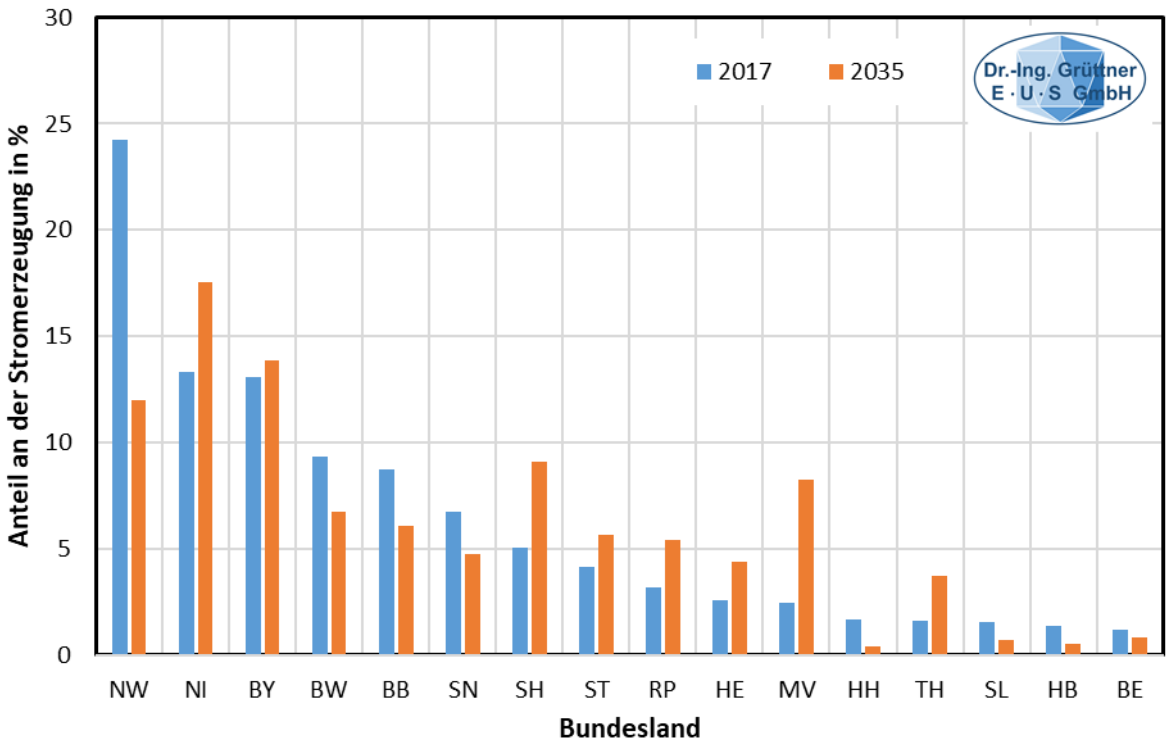


Abbildung 55: Anteile der Länder an der Stromerzeugung Deutschlands 2017 und 2035

[142] Diese Ausbaugeschwindigkeit wird allerdings derzeit zumindest bei der Windenergie nicht erreicht: Dem Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur zufolge ist der jährliche Zuwachs an installierter Leistung im WEA-Bestand in den letzten beiden Jahren um mindestens um die Hälfte und damit deutlich gegenüber den Vorjahren zurückgegangen.

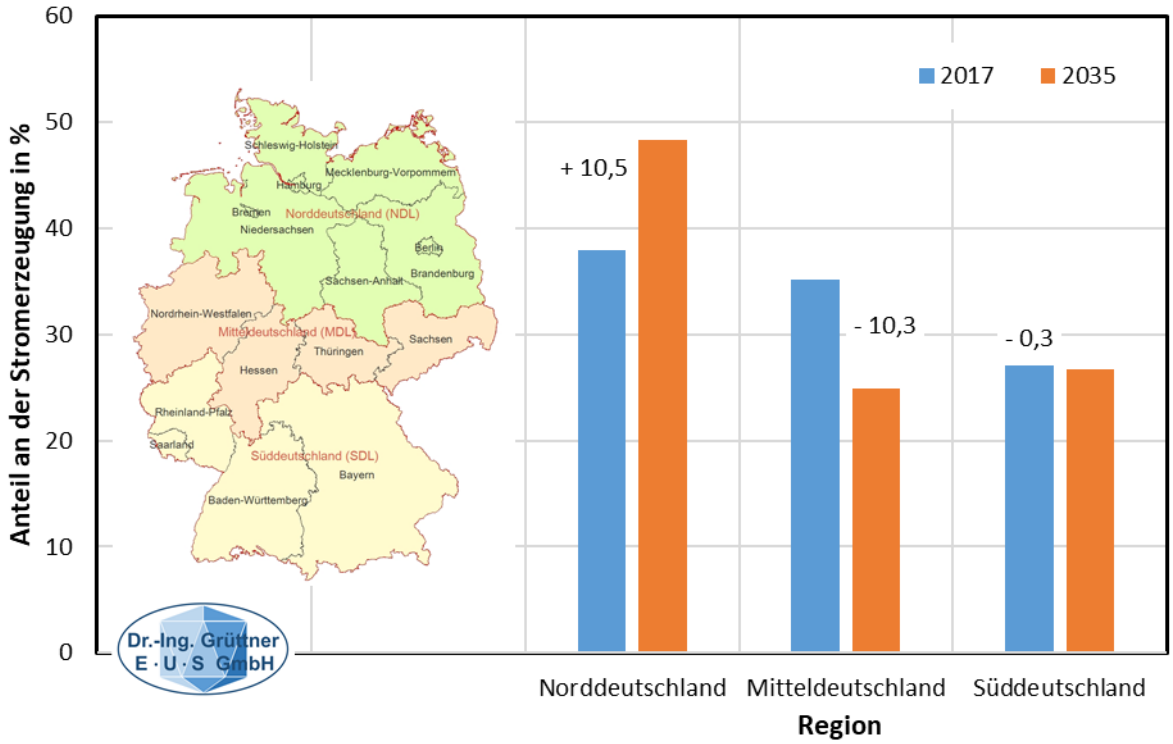


Abbildung 56: Anteile der Regionen Deutschlands 2017 und 2035 im Vergleich

Aus dieser Umverteilung der Stromerzeugung zwischen den Bundesländern lässt sich im Weiteren auch ableiten, welche Strommengen die Länder zukünftig untereinander austauschen können bzw. müssen, um die zukünftige Versorgung aller Länder insgesamt zu gewährleisten. Dazu wurden die Differenzen zwischen der Stromerzeugung und dem Stromverbrauch der Bundesländer gebildet. Sie ergeben Überschüsse in potenzialreichen Ländern bzw. Defizite in solchen Ländern, deren erneuerbare Stromerzeugungspotenziale für die eigene Versorgung nicht ausreichen. Abbildung 57 zeigt diese Erzeugungsüberschüsse und -defizite für die Jahre 2017 und für 2035 im Länder- und im Zeitvergleich. Sofern die Länder Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg ihre erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale bis 2035 tatsächlich nur in der oben zugrunde gelegten Höhe von 25 Prozent ausschöpfen, müssen sie in der Zukunft erhebliche Strommengen importieren. Dies gilt – wenngleich auf einem deutlich geringeren Niveau – auch für die Länder Hessen und für Bayern, für die Stadtstaaten sowie für das Saarland.

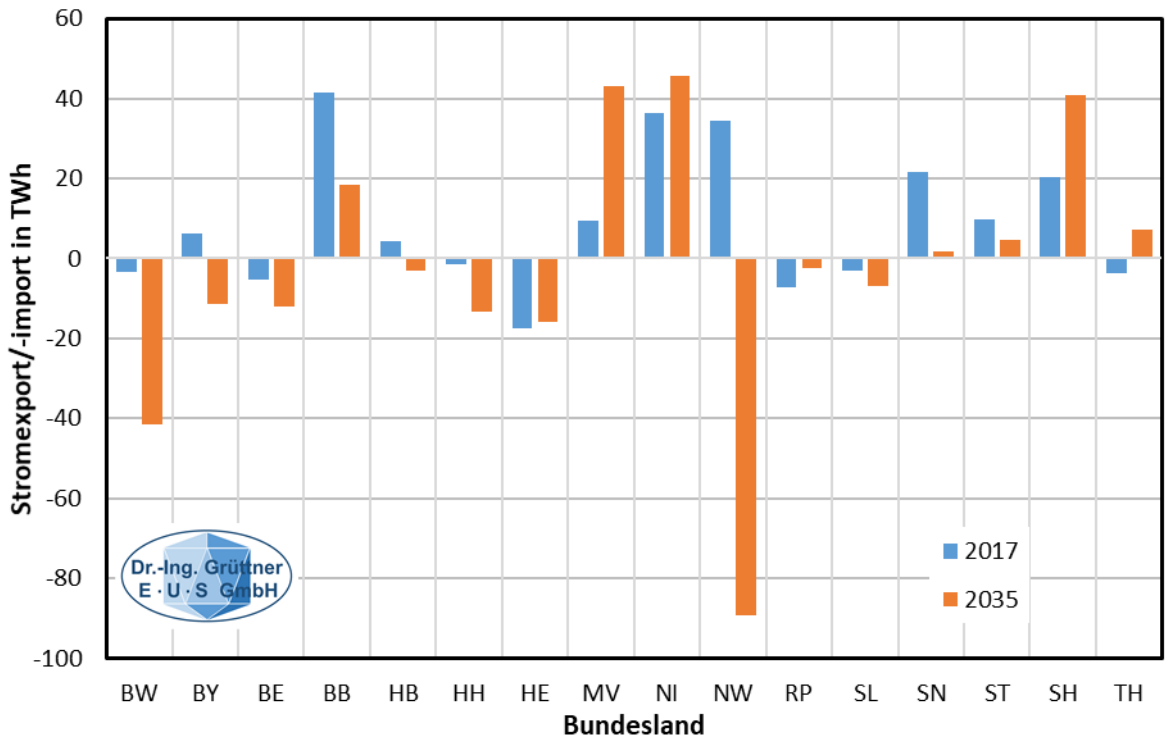


Abbildung 57: Erzeugungsüberschüsse und -defizite der Länder 2017 und 2035

Teilt man diese Überschüsse und Defizite der einzelnen Bundesländer nach Regionen auf, ergeben sich die in Abbildung 58 dargestellten regionalen Überschüsse und Defizite. Da für alle Bundesländer ein vergleichbar steigender Stromverbrauch, also jeweils ein Zuwachs um ca. 30 Prozent gegenüber ihrem Stromverbrauch von 2017 (gemäß dem aktuellen Netzentwicklungsplan) angenommen wurde, muss die Abbildung in ihrer Grundaussage derjenigen aus Abbildung 56 ähnlich sein. Während Mitteldeutschland 2017 noch Strom für andere Bundesländer bzw. für den deutschen Stromexport bereitgestellt hat, muss die Region voraussichtlich im Jahr 2035 in Größenordnungen Strom beziehen. Ähnlich stellt sich die Situation in Süddeutschland dar, wo die Bilanz aus Stromerzeugung und Verbrauch 2017 noch nahezu ausgeglichen war, während im Jahr 2035 voraussichtlich größere Strommengen bezogen werden müssen. Das mittel- und süddeutsche Defizit wird unter den getroffenen Annahmen zur Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung und des Stromverbrauchs also nur zu einem Teil aus dem Überschuss Norddeutschlands gedeckt werden können. Der andere Teil muss aus dem Ausland nach Deutschland importiert werden: Der deutsche Stromaustauschsaldo mit dem Ausland, bei dem bislang die Ausfuhren die Einfuhren deutlich überwogen[143], verändert sein Vorzeichen. Deutschland muss gemäß dieser Vorausberechnung von Erzeugung und Verbrauch zukünftig voraussichtlich in Größenordnungen Strom importieren. Damit Deutschland auch weiterhin Strom exportieren kann bzw. der deutsche Stromexport bis 2035 sogar auf dem heutigen Niveau erhalten bleiben kann, müssten daher alle Bundesländer bzw. diejenigen mit den größeren erneuerbaren Stromerzeugungspotenzialen ihre Potenziale zu einem höheren Prozentsatz als zu den oben angenommenen 25 Prozent ausschöpfen und die fehlenden Strommengen zusätzlich erzeugen.

[143] Deutschland hat in den Jahren 2015 bis 2018 jeweils etwas mehr als 50 TWh/a mehr ausgeführt als eingeführt. Im Jahr 2019 war eines allerdings nur ca. 35 TWh, also etwa so viel wie in den Jahren 2013 und 2014.

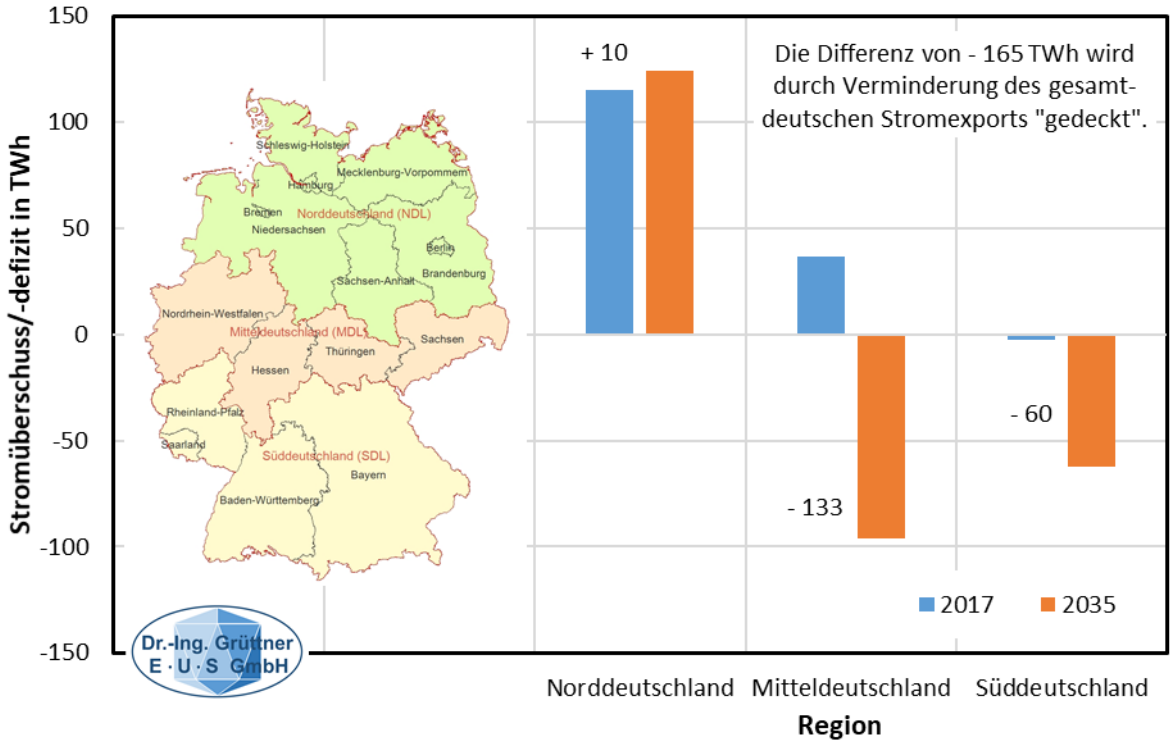


Abbildung 58: Erzeugungsüberschüsse und -defizite der Regionen 2017 und 2035

Des Weiteren lässt sich aus den für die Bundesländer im Jahr 2035 ermittelten Überschüssen und Defiziten auch der zukünftig erforderliche Beitrag des Landes Mecklenburg-Vorpommern und seiner Regionen zur Stromversorgung Deutschlands ableiten. Dazu wird angenommen, dass sich das Land als ihr mittelbarer Nachbar den Ausgleich der Stromdefizite von Hamburg und von Berlin mit deren unmittelbaren Nachbarn teilt. Dabei übernehmen Schleswig-Holstein und Brandenburg jeweils eine Hälfte des Defizits der beiden Stadtstaaten.

Außerdem muss Mecklenburg-Vorpommern auch einen Beitrag zum gesamtdeutschen Stromexport leisten, sofern dieser auch in der Zukunft fortgeführt werden soll. Ein solcher Länderbeitrag könnte dadurch definiert werden, dass der deutsche Stromexport zu gleichen Teilen auf die 13 Flächenländer umgelegt wird. Alternativ kann dieser Länderbeitrag an dem Anteil bemessen werden, den das erneuerbare Stromerzeugungspotenzial eines Landes am Gesamtpotenzial Deutschlands /73/ hat (auf Mecklenburg-Vorpommern entfällt bei beiden Ansätzen ein Anteil von sieben Prozent am deutschen Stromexport).

A.3.6 Beitrag Mecklenburg-Vorpommerns zur Stromversorgung in Deutschland

Die beiden vorhergehenden Abbildungen gelten unter der Annahme, dass alle Bundesländer ihre erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale in Höhe von 25 Prozent erschließen[144]. Die Bezugsgröße für Mecklenburg-Vorpommern ist hier also das oben unter Einschluss von Restriktionsflächen ermittelte erneuerbare Stromerzeugungspotenzial von 138 TWh. Um die aus dem damit zugleich definierten Beitrag des Landes Mecklenburg-Vorpommern gegebenenfalls erwachsenden Anforderungen an den Ausbau seiner erneuerbaren Stromerzeugung bis 2035 besser einordnen zu können, wird diese nun

[144] Im Jahr 2017 haben die Bundesländer ihre erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale durchschnittlich zu 12,4 Prozent ausgeschöpft (2016: 11,2 Prozent). Mecklenburg-Vorpommern lag mit 9,6 Prozent leicht unter diesen Durchschnitt.

auf das in dem Landesatlas Erneuerbare Energien /68/ ermittelte und hier gemäß den heutigen Rahmenbedingungen aktualisierte erneuerbare Stromerzeugungspotenzial von knapp 50 TWh bezogen. Wie zu Abbildung 54 erwähnt, entspräche eine 25-prozentige Erschließung des Potenzials von 138 TWh näherungsweise der vollständigen Erschließung des Landespotenzials von 50 TWh.

Abbildung 59 stellt zunächst die notwendigen Beiträge des Landes zur Mitversorgung der beiden Stadtstaaten Hamburg und Berlin (in den farbigen Säulen) sowie zum Stromexport Deutschlands dar (in den grauen Säulen). Ersichtlich ist, dass Deutschland ab einer Ausschöpfung der erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale aller Länder von 25 Prozent in der Lage wäre, Strom zu exportieren (obere Reihe der Prozentangaben). Die gelbe Kurve zeigt den Saldo dieser Beiträge, also die von Mecklenburg-Vorpommern erforderten Strommengen (nun mit positivem Vorzeichen, da sie für das Land einen Überschuss darstellen). Die blaue Kurve zeigt die aus Mecklenburg-Vorpommern – bei der jeweiligen Ausschöpfung des erneuerbaren Stromerzeugungspotenzials – lieferbaren Strommengen, also die Gesamterzeugung im Land abzüglich seines Stromverbrauchs. Diese lieferbaren Strommengen sind wegen der relativ geringen und annähernd gleichbleibenden nicht erneuerbaren Stromerzeugung weitgehend von der Erschließung des erneuerbaren Stromerzeugungspotenzials von 50 TWh abhängig. Die jeweiligen Anteile des erschlossenen Stromerzeugungspotenzials sind in der unteren Reihe der Prozentangaben ablesbar. Bezogen auf das erneuerbare Stromerzeugungspotenzial des Landes von 50 TWh ist es danach ab einer Potenzialerschließung von ca. 90 Prozent in der Lage, die erforderlichen Strommengen zu liefern. Die oben zugrunde gelegte Potenzialerschließung von 25 Prozent in allen Bundesländern entspricht einer Vollerschließung des 50 TWh-Potenzials in Mecklenburg-Vorpommern.

Aus den von Mecklenburg-Vorpommern notwendig zu liefernden Strommengen leitet sich unmittelbar der Beitrag der Region Rostock ab, wenn die beizutragenden Strommengen auf die vier Planungsregionen des Landes aufgeteilt werden. Aus Abbildung 59 ist ersichtlich, dass eine jährliche Stromlieferung Mecklenburg-Vorpommerns in einer Höhe von mindestens 17 bis 25 TWh erforderlich ist (untere blaue Linie in Abbildung 59), um zum Ausgleich der Defizite in der Stromversorgung anderer Bundesländer in Deutschland beizutragen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Deutschland bis zu einer Potenzialerschließung von 25 Prozent vor die Notwendigkeit gestellt ist, zusätzlich zur eigenen Erzeugung Strom zu importieren, um seinen Bedarf zu decken. Erst oberhalb einer Potenzialerschließung von 25 Prozent kann Deutschland wieder Strom exportieren.

Wie Abbildung 59 zeigt (grau gekennzeichnete Säulen), sind bis zum deutschlandweiten Erreichen dieser 25 Prozent-Marke die Bundesländer mit den größeren erneuerbaren Stromerzeugungspotenzialen gefordert, ihre Potenziale schneller zu erschließen, damit Deutschland seinen Status als Stromexportland aufrechterhalten kann. Dies würde für Mecklenburg-Vorpommern bedeuten, zusätzlich 5 bis 10 TWh/a bereitzustellen (obere blaue Linie). Hierbei könnten gegebenenfalls jährliche Schwankungen toleriert werden, während die Stromlieferungen zur Bedarfsdeckung gesichert erfolgen müssen (untere blaue Linie).

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass mit dem deutschlandweit steigenden Verbrauch beispielsweise auch die Netzverluste ansteigen, und dass dadurch steigende Strommengen weder für den Verbrauch in Deutschland noch für den Export zur Verfügung stehen.

Zusammenfassend kann unter Berücksichtigung der in den durchgeführten Analysen enthaltenen Unsicherheiten festgestellt werden, dass das Land Mecklenburg-Vorpommern in den nächsten 10 bis 15 Jahren – ebenso wie beispielsweise Brandenburg, Schleswig-Holstein und Niedersachsen – Strom für die überregionale Stromversorgung bereitstellen muss. Die erforderliche Strommenge beläuft sich für das Land Mecklenburg-Vorpommern auf mindestens 25 bis 30 TWh/a (obere blaue Linie in Abbildung 59). Dies entspricht näherungsweise dem Exportziel von 24,3 TWh, welches sich die Landesregierung für das Jahr 2025 in ihrer Energiepolitischen Konzeption aus dem Jahr 2015 /20/, S. 10 gesetzt hatte.

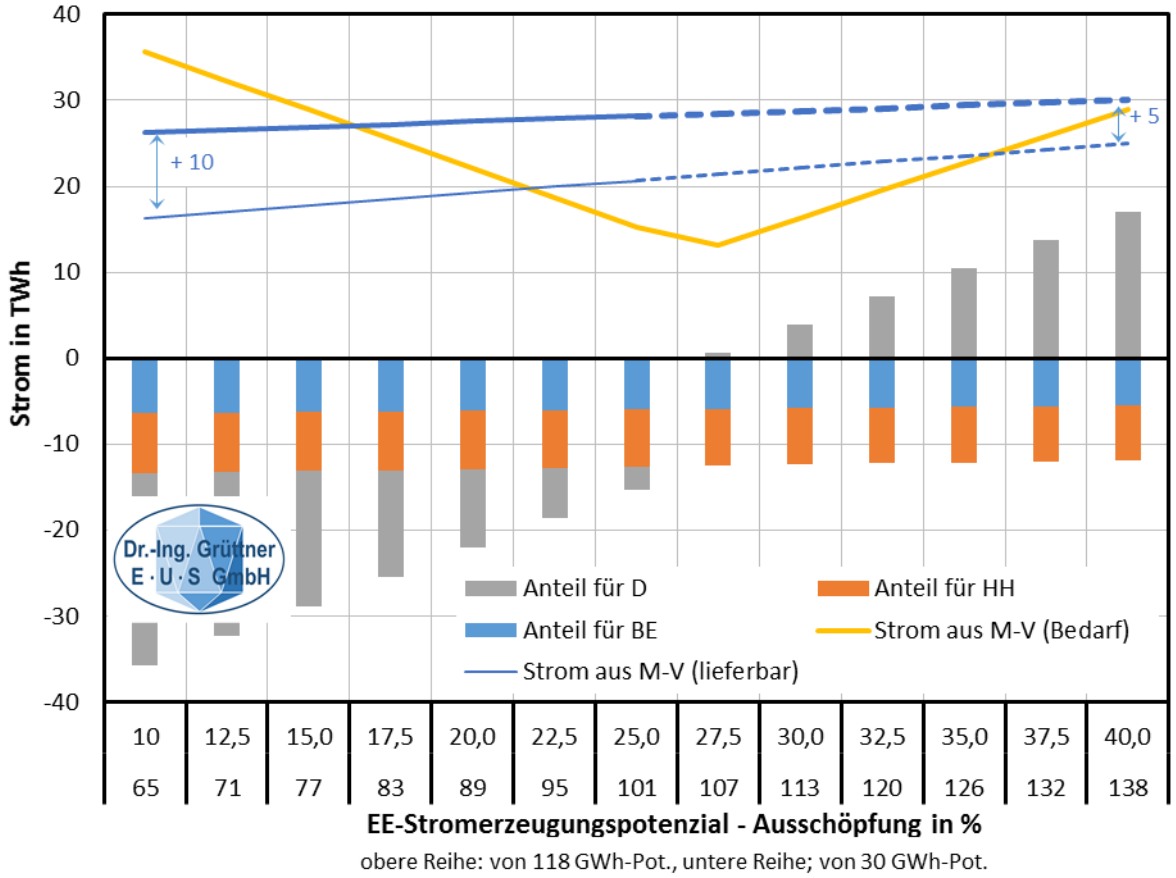


Abbildung 59: Strombedarf und Erzeugung sowie Potenzialausschöpfung in M-V 2035[145]

(Erläuterungen zur Abbildung im Text)

A.3.7 Beitrag der Region Rostock zur Stromversorgung in Deutschland

Aus dem Beitrag des Landes Mecklenburg-Vorpommern zur überregionalen Stromversorgung lassen sich im Weiteren die Beiträge ableiten, welche auf die vier Planungsregionen im Land entfallen. Da die erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale die Grundlage für die zukünftige Bereitstellung des Stromexports bilden, sind die Beiträge der vier Planungsregionen an ihren jeweiligen Potenzialen zu bemessen. Weiterhin korrelieren diese Potenziale, wie oben festgestellt wurde, in Deutschland in den Flächenländern mit deren Bodenflächen. Überträgt man diesen Zusammenhang zwischen der Bodenfläche und den erneuerbaren Energiepotenzialen auf die vier Planungsregionen im Land, so entfallen auf die Region Rostock gemäß ihrem Flächenanteil an der Landesfläche ca. 15 Prozent der im Land vorhandenen Erneuerbare-Energien-Potenziale. Dementsprechend entfallen von dem zukünftig erforderlichen Stromexport des Landes in Höhe von 25 bis 30 TWh/a mindestens 3,75 bis 4,50 TWh/a. Da die lieferbaren Strommengen nicht nur von der Stromerzeugung, sondern auch von Stromverbrauch im Land abhängen, kann eine Erschließung der erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale teilweise durch die Steigerung der Energieeffizienz im Stromverbrauch substituiert werden.

[145] Die Abbildung bezieht sich hinsichtlich der prozentualen Potenzialausschöpfung auf die erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale an Land, da davon ausgegangen wird, dass das Stromerzeugungspotenzial der offshore-Windenergie in jedem Fall erschlossen wird.

Dr.-Ing. Grüttner
Energie · Umwelt · Strategie
GmbH

18239 Hohen Luckow
Bützower Str. 1a
Fon +49(0)38295 74-109
Fax +49(0)38295 74-141
Mobil: 0173 973 8243
info@gruettner-eus.de
www.gruettner-eus.de