

Masterplan 100% Klimaschutz

Universitäts- und Hansestadt Greifswald

Endbericht

Auftraggeber:

Universitäts- und Hansestadt Greifswald



Universitäts- und Hansestadt

Greifswald



Impressum

Herausgeber:

Universitäts- und Hansestadt Greifswald

Redaktion, Satz und Gestaltung:

seecon Ingenieure GmbH, Hortensienstr. 29, 12203 Berlin

SVU Dresden, Gottfried-Keller-Straße 24, 01157 Dresden-Cotta

Stand bzw. Redaktionsschluss:

15.09.2017

Bildnachweis Titelseite:

Marktplatz mit Rathaus, Malte Kretschmann (Universitäts- und Hansestadt Greifswald)

Anmerkung:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Alle geschlechtsspezifischen Bezeichnungen, die in männlicher oder weiblicher Form benutzt wurden, gelten für beide Geschlechter gleichermaßen ohne jegliche Wertung oder Diskriminierungsabsicht.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	II
Inhaltsverzeichnis.....	III
1 Einleitung.....	8
1.1 Hintergrund.....	8
1.2 Veranlassung und Zielsetzung.....	9
2 Beschreibung des Untersuchungsraumes	11
3 Versorgungsinfrastruktur.....	13
3.1 Strom.....	13
3.2 Erdgas.....	14
3.3 Fernwärme	15
3.4 Verkehr.....	16
3.4.1 Siedlungsstrukturelle Wechselwirkungen.....	16
3.4.2 Kfz-Verkehr.....	17
3.4.3 Öffentlicher Verkehr.....	19
3.4.4 Fuß- und Radverkehr.....	20
3.4.5 Kommunale, Betriebliche und Elektromobilität	22
4 Beschreibung der demografischen Randbedingungen.....	24
4.1 Datenanalyse.....	24
4.2 Entwicklung der Gesamtbevölkerung.....	25
4.3 Altersaufbau	26
4.4 Anzahl der Erwerbspersonen.....	27
4.5 Anzahl der Haushalte	28
4.6 Variantenauswahl	28
5 Energie- und THG-Bilanz.....	29
5.1 Methodik.....	29
5.2 Datenquellen	32
5.3 Ergebnisse	34
5.4 THG-Bilanzierung außerhalb des BSKO Standards.....	36
6 Potenzielle Erneuerbare Energien	39

6.1	Solarenergie	39
6.1.1	Methodik	39
6.1.2	Solarkataster	40
6.1.3	PV-Anlagen	41
6.1.4	Solarthermie	42
6.2	Kleinwindanlagen	43
6.3	Biomasse.....	45
6.3.1	Halmgutartige und krautige Biomasse	46
6.3.2	Reststoffe aus der Tierhaltung.....	47
6.3.3	Holzartige Biomasse.....	48
6.3.4	Landschaftspflegeholz	48
6.3.5	Paludikulturen.....	50
6.4	Oberflächennahe Geothermie.....	51
6.5	Tiefengeothermie.....	52
6.5.1	Methodik.....	52
6.5.2	Hydrothermales Wärmepotenzial:.....	53
6.5.3	Wirtschaftlichkeit.....	55
6.6	Zusammenfassung der Potenziale.....	57
7	Energiebedarfe privater Haushalte an Strom	62
7.1	Methodik.....	62
7.2	Strombedarf der privaten Haushalte	62
7.3	Einsparpotenzial Strom in privaten Haushalten.....	63
8	Energiebedarfe privater Haushalte an Gebäude- und Warmwasser-Wärmebedarf .	65
8.1	Analyse des Datensatzes	65
8.2	Methode	66
8.3	Sanierungskosten.....	67
8.4	Warmwasserbereitung	68
8.5	Einsparpotenzial Wärmebedarf private Haushalte	71
9	Energiebedarfe kommunaler Gebäude und Anlagen	74
9.1	Kommunale Gebäude.....	74
9.2	Straßenbeleuchtung	74

9.2.1	Bestandsanalyse	74
9.2.2	Potenzialbetrachtung	76
10	Energiebedarfe in Industrie und GHD	79
10.1	Energiebedarf des gesamten Sektors	79
10.2	Energiebedarf Universität und Klinikum	80
10.3	Prozessenergiebedarfe.....	83
10.4	Abwärme aus Industrie und GHD	84
10.5	Einsparpotenzial Industrie und GHD	85
11	Mobilitätsbedarf und Energiebedarf Verkehr	88
11.1	Status Quo des Mobilitätsverhaltens.....	88
11.2	Pkw-Bestand	91
11.3	Energiebedarf / Bilanzierung.....	91
11.3.1	Methodik.....	91
11.3.2	Endenergiebedarf und CO ₂ -Ausstoß im Bestand	93
12	Mobilitäts- und Versorgungskonzept.....	94
12.1	CO ₂ -Minderungspotenziale im Verkehr	94
12.2	Zukünftiges Mobilitäts- und Versorgungskonzept.....	95
12.3	Entwicklung von Endenergiebedarf und CO ₂ -Ausstoß	98
12.4	Maßnahmen	100
13	Verwendungskonzept für Brenn- und Kraftstoffe.....	102
13.1	Methodik.....	102
13.2	Ausgangsstoff Biomasse	102
13.2.1	Brennstoffe	102
13.2.2	Kraftstoffe	103
13.2.3	Einsatzmöglichkeiten des vorhandenen Biomassepotenzials	105
13.3	Energiequelle erneuerbarer Strom.....	106
13.4	Sektorübergreifender Bedarf.....	107
13.5	Zusammenfassung	107
14	Versorgungskonzept für die Raumwärme	112
14.1	Entscheidung für netzgebundene Wärmeversorgung und räumliche Zuordnung zu Siedlungsgebieten	112
14.2	Dezentrale Wärmebereitstellungstechnik.....	114

14.3	Untersuchung zur Dekarbonisierung der vorhandenen Fernwärme unter Einbeziehung bisheriger Klimaschutz/-teilkonzepte	116
14.4	Sozialverträgliche Mietpreise	118
14.5	Zusammenfassung	119
15	Versorgungskonzept Strom	121
15.1	Hintergrund.....	121
15.2	Zukünftige Herausforderungen der Stadtwerke Greifswald	122
15.3	Großräumiger Fluktuationsausgleich durch Power-to-Heat.....	123
15.3.1	Potenzialbetrachtung	123
15.3.2	P2H als Teilnehmer am Regelenergiemarkt.....	126
15.4	Kleinräumige Fluktuationsausgleichsoptionen	127
15.5	Zusammenfassung	128
16	Suffizienz.....	129
16.1	Definition	129
16.2	Bezug zu den Maßnahmen.....	130
16.3	Einsparung durch Suffizienz am Beispiel der Pro-Kopf-Wohnfläche	132
16.4	Fazit	133
17	Konzept für zivilgesellschaftliche Prozesse und Öffentlichkeitsarbeit	134
17.1	Beteiligung der Zivilgesellschaft.....	134
17.2	Zielgruppenanalyse	136
17.2.1	Genderspezifische Aspekte	137
17.2.2	Verwaltung	140
17.2.3	Bürgerinnen und Bürger	141
17.2.4	MIV-Nutzer	143
17.2.5	Touristen	143
17.2.6	Maritime Akteure	144
17.2.7	Kinder und Jugendliche	144
17.2.8	Studierende	145
17.2.9	Gewerbe.....	145
17.3	Marke Klimaschutz	146
17.4	Zeitplan und Kostenschätzung Öffentlichkeitsarbeit.....	148

17.5	Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungsprozesse während der Erstellung des Masterplankonzeptes.....	151
18	Lokale Akteurseinbindung, Masterplanbeirat	152
19	Controllingkonzept, Transparenz, Verstetigung	153
19.1	Top-Down-Controlling.....	153
19.1.1	Energie- und Treibhausgasbilanz	153
19.1.2	Teilziele und Indikatoren.....	154
19.2	Bottom-up-Controlling.....	155
19.3	Instrumente des Controllings	155
19.4	Berichtswesen	156
19.5	Verstetigungsstrategie	156
19.5.1	Projektgruppe/Masterplanbeirat.....	157
19.5.2	European Energy Award.....	157
19.5.3	Kooperationspartner	159
20	Maßnahmenkatalog.....	160
21	Bedarfsminderungs- und Versorgungsoptionen	163
21.1	Bedarfsminderung	163
21.2	Prämissen für die zukünftige Versorgung	165
21.3	Sektorale Zielsetzung	168
21.4	Einflussmöglichkeiten der Masterplankommune	169
22	Zusammenfassung	171
	Quellenverzeichnis	183
	Abbildungsverzeichnis.....	189
	Tabellenverzeichnis.....	192
	Abkürzungsverzeichnis.....	195

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Seit den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts weisen Klimaforscher auf einen sich abzeichnenden Klimawandel durch die beständige Zunahme von Treibhausgasen in der Atmosphäre hin. Dieser Effekt wird überwiegend auf menschliche Aktivitäten zurückgeführt, insbesondere auf das Verbrennen fossiler Brennstoffe, Viehhaltung und Rodung von Wäldern.

Um dem Klimawandel Einhalt zu gebieten, muss der globale Ausstoß an Treibhausgasen verringert werden. Das Übereinkommen von Paris als Nachfolge für das Kyoto-Protokoll wurde am 12. Dezember 2015 auf der UN-Klimakonferenz in Paris verabschiedet und sieht die Begrenzung der menschengemachten globalen Erwärmung auf deutlich unter 2°C gegenüber vorindustriellen Werten vor.

Den Rahmen bilden zwei Strategien auf europäischer Ebene: einerseits das Richtlinien- und Zielpaket für Klimaschutz und Energie, auch als 20/20/20-Ziele bekannt, und der EU-Klima- und Energierahmen 2030 andererseits (EU-KIEn 2030). 20/20/20 bezieht sich dabei auf drei Ziele bis zum Jahr 2020¹:

- Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 20 % gegenüber 1990
- Erhöhung der Energieeffizienz um 20 %
- Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch von 20 %

Der EU-Klima- und Energierahmen 2030 baut auf diesen Zielen auf. Er soll bereits heute Sicherheit für Investoren hinsichtlich der weiteren Zielvorgaben liefern. Die Ziele werden bis 2030 auf eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 40 %, 27 % Energieeinsparungen und ein Anteil der erneuerbaren Energien von 27 % ausgeweitet.²

In Deutschland ist der Begriff „Energiewende“ in aller Munde. Grund dafür sind nicht nur Überlegungen zum Klimaschutz, sondern auch folgende entscheidende Faktoren:

- knapper werdende fossile Energieträger,
- die hohe Importabhängigkeit Deutschlands, vor allem bei Öl und Erdgas, und
- die steigenden Energiekosten auf dem Weltmarkt.

Zentrale Elemente der Gestaltung und Umsetzung der Energiewende sind die Einsparung von Energie, der effizientere Umgang mit Energie und der Einsatz regenerativer Energieträger. Das Potenzial zur Energieeinsparung liegt größtenteils in der Senkung des Verbrauchs und der Vermeidung von Verkehr. Die Steigerung der Effizienz beschreibt die rationelle

¹ vgl. European Commission (2016)

² vgl. ebd.

Energienutzung und -umwandlung, die z. B. durch die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) verbessert werden kann. Der Einsatz regenerativer Energieträger zielt auf eine CO₂-arme Energieversorgung. Voraussetzung ist dabei im Allgemeinen, dass Einspar- und Effizienzmaßnahmen zuerst ausgeschöpft werden. Darauf aufbauend kann ein somit verringerter Energiebedarf durch die Nutzung emissionsarmer Energieträger gedeckt werden.

Die Beschlüsse innerhalb der Europäischen Union bilden die Grundlage des Handelns in Deutschland. Die Ziele der deutschen Bundesregierung sind im Rahmen des Energiekonzepts aus dem Jahr 2010 daher folgende:³

Tabelle 1 Ziele der Energiewende in Deutschland

Ziel	bis 2010	bis 2020	bis 2030	bis 2040	bis 2050
Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch	35 %		50 %	65 %	80 %
Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch			30 %	45 %	60 %
Senkung der Treibhausgasemissionen	40 %				mind. 80 %
Einsparung Primärenergie		20 %			50 %

Ein weiteres Kernelement der Energiewende ist der Strukturwandel, weg von den wenigen konventionellen fossilen Kraftwerken, hin zu einer Dezentralisierung und Demokratisierung der Energieerzeugung durch Wind- und Solarparks sowie Biomasse- und Geothermieanlagen an vielen verschiedenen Standorten. Hier kommen besonders regionale Akteure ins Spiel. Zur Umsetzung der Klimaschutzziele hat das Bundesumweltministerium eine breit angelegte Klimaschutzinitiative initiiert. Dieses Programm sieht unter anderem die Förderung kommunaler Klimaschutzkonzepte und Maßnahmen zur Emissionsreduktion vor.

1.2 Veranlassung und Zielsetzung

Die Universitäts- und Hansestadt Greifswald (UHGW) hat bereits seit einigen Jahren strategische Überlegungen im Bereich Klimaschutz unternommen. So wurde 2010 ein Klimaschutzkonzept erstellt, 2015 Klimaschutzteilkonzepte zu den Themen Wärme, Mobilität und Deponie und 2008 haben sich die wichtigsten Akteure der UHGW zum Klimaschutzbündnis Greifswald 2020 (Stadt, Uni, Stadtwerke, Wohnungsunternehmen, Klinikum, Fa. ADTRAN, Sparkasse Vorpommern, WITENO GmbH) zusammengeschlossen.

Als neue Herausforderung hat sich die UHGW das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 95 % zu reduzieren sowie gleichzeitig den Energieverbrauch zu halbieren. Damit ist die UHGW, neben den anderen Masterplan-Kommunen, die seit dem 1.

³ vgl. Die Bundesregistrierung (2015)

Juli 2016 durch die Nationale Klimaschutzrichtlinie gefördert werden, Vorreiter in Sachen Klimaschutz.

Das Konzept - Masterplan 100 % Klimaschutz – zeigt mit konkret formulierten Klimaschutzmaßnahmen, den Weg hin zu einer nahezu karbonfreien Stadt. Untersucht wurden die Energiebedarfe für Raumwärme, Warmwasser, Strom in privaten Haushalten (Kapitel 7 und Kapitel 8) und Verkehr (Kapitel 11 und 12), Energiebedarfe für kommunale Gebäude und Anlagen (Kapitel 9), Energiebedarfe für Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie (Kapitel 10), Potenziale für erneuerbare Energien (Kapitel 6), Einsatz der zukünftig noch vorhandenen Brennstoffe (Kapitel 13), zukünftige Versorgungskonzepte Raumwärme (Kapitel 14) und Strom (Kapitel 15). Die Bürgerinnen und Bürger sowie die lokalen Unternehmen und die weiteren Schlüsselakteure vor Ort wurden in den Prozess der Masterplankonzepterstellung eingebunden.

2 Beschreibung des Untersuchungsraumes

Seit 2005 trägt Greifswald den Namen „Universitäts- und Hansestadt Greifswald“. Sie erstreckt sich über 51 km² und hat eine Ausdehnung von 12,3 km von Ost nach West sowie 7,7 km von Nord nach Süd.

Sie liegt geographisch zwischen den beliebten Ferienregionen Rügen und Usedom im Nordosten des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern. Die Stadt ist die fünftgrößte Stadt im Bundesland und bildet zusammen mit Stralsund eines der vier Oberzentren des Landes, neben Rostock, Schwerin und Neubrandenburg.

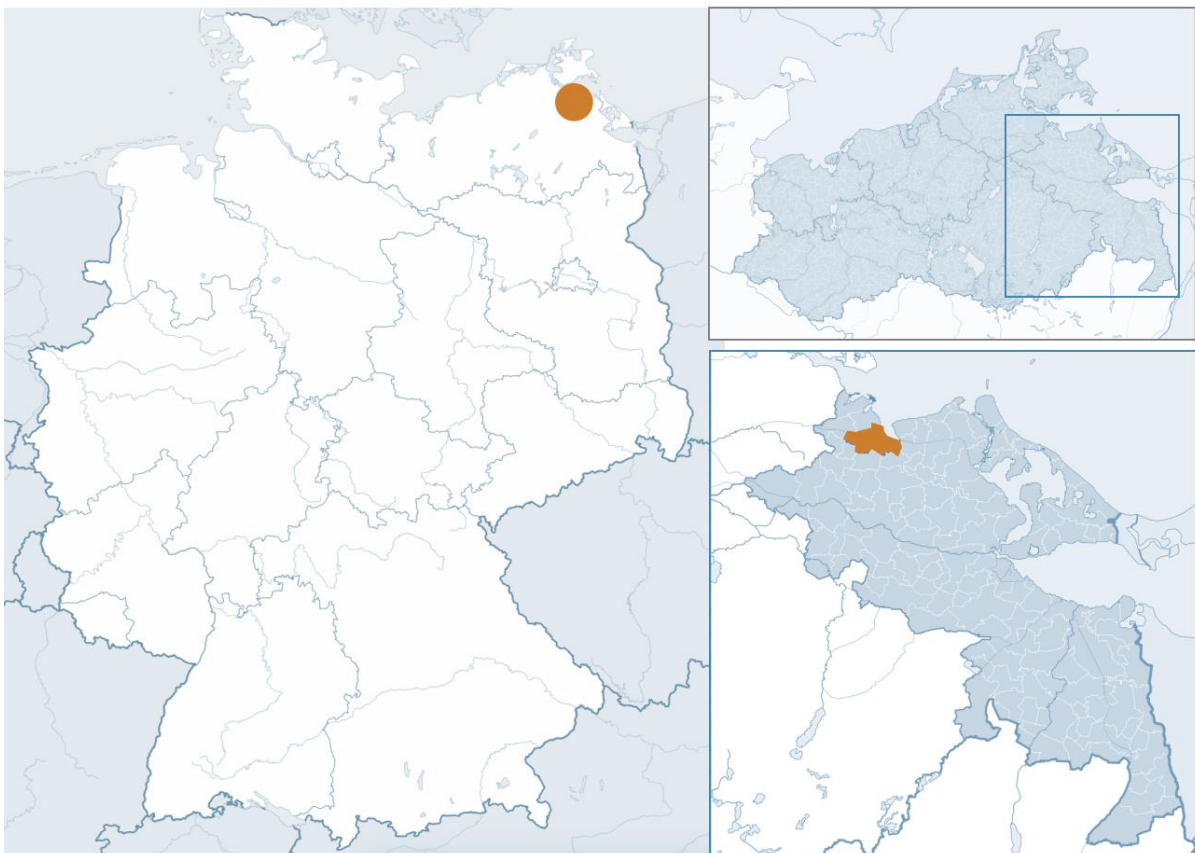


Abbildung 1 geographische Lage der UHGW

Die nächst gelegenen Orte sind Stralsund, ca. 40 km nordwestlich und die Hansestadt Rostock, ca. 100 km westlich von der UHGW. Die Stadt Wolgast befindet sich ca. 30 km östlich und Anklam ca. 40 km südöstlich von der UHGW entfernt.

Unter anderem durch den hochwertigen Landschafts- und Naturraum sowie die unmittelbare Lage an der Mündung des Flusses Ryck als Teil des Greifswalder Boddens verfügt die Stadt über landschaftsorientierte Freizeitaktivitäten und gewinnt touristisch zunehmend an Bedeutung.

Die Bevölkerung wächst entgegen dem Trend in anderen Regionen. Im Vergleich zum Jahr 2010 bedeutet das einen Bevölkerungszuwachs von rund 2.700 Einwohner. Wie sich dieser Trend bis zum Jahr 2050 entwickelt, ist in Kapitel 4 zu finden.

Tabelle 2 Entwicklung der Bevölkerung mit Hauptsitz in der UHGW von 2010 bis 2015

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
UHGW	54.610	55.949	55.771	56.445	56.685	57.286
Mecklenburg-Vorpommern	1.642.327	1.606.899	1.600.327	1.596.505	1.599.138	1.612.362

Die Ernst-Moritz-Arndt-Universität als größter Arbeitgeber und das Universitätsklinikum sind die wichtigsten Wirtschaftsfaktoren in der Stadt. Zugleich prägen die in der Stadt verteilten Universitätsstandorte, deren Beschäftigte und Studierende das Erscheinungsbild der UHGW. Die Universität ist als Wissens-, Technologie- und Forschungsstandort auch auf nationaler- und internationaler Ebene renommiert und bekannt.

3 Versorgungsinfrastruktur

3.1 Strom

Die Stadtwerke Greifswald GmbH (SWG) versorgt das Gebiet der UHGW mit Elektrizität. Für das Netzgebiet sind die Kennzahlen nach Tabelle 3 bekannt.

Tabelle 3 Kennzahlen zum Netzgebiet Strom der SWG⁴

Parameter	Einheit		2014	2015
Netzeinspeisung	GWh		203	201
Netzabgabe	GWh		196	201
Länge Niederspannungsnetz	km		433	559
Länge Mittelspannungsnetz	km		241	255
Anzahl Hausanschlüsse	Stück		8.159	8.875

Im Rahmen der Konzepterstellung wurden in Interviews folgende Angaben zur Zukunftsfähigkeit des Stromnetzes von der SWG gemacht:

Das Elektrizitätsnetz wird allen aktuellen Anforderungen an die Versorgungssicherheit gerecht. Die zunehmende Integration erneuerbarer Energiequellen im Strombereich stellt das Netz vor Herausforderungen an die Regelbarkeit. Die SWG begegnet der zunehmenden Volatilität der Netzeinspeisung mit einem System des steten Informationsaustauschs zwischen den Netzteilnehmern. Dem Verteilnetz muss ein Kommunikationsnetz zugeteilt werden, welches die Regelparameter zwischen Bezug und Bereitstellung in ausreichender Weise übertragen kann. In der UHGW ist die Etablierung eines sekundären Kommunikationsnetzes bereits in Form von leitungsgebundener und funkgestützter Informationsübertragung zwischen den Einspeisern, großen Abnehmern und der Leitstelle erfolgt. Im Bereich der Regulierung wird die Ausarbeitung weitergehender Eingriffsmöglichkeiten der Übertragungsnetzbetreiber in die Anlagen der Verteilnetzbetreiber eine Herausforderung der nächsten Jahre. Dies hat eine noch stärkere Abstimmung zwischen den einzelnen Netzbetreibern zur Folge und Bedarf einer standardisierten Kommunikationslösung.

Der Anstieg außerplanmäßiger Netzeingriffe in den vergangenen Jahren ist vor allem dem Zubau der Leistungskapazitäten erneuerbarer Energieträger zuzuordnen. Windreiche Tage können insbesondere als Verursacher von manuellen Eingriffen zur Netzstabilisierung ausgemacht werden. Diese in Norddeutschland verbreitete Folge des Zubaus der erneuerbaren Energietechnologien ist auch für die SWG eine stetig zunehmende Herausforderung.

Der Verkehrssektor wird durch die Zunahme der Elektromobilität immer relevanter für die öffentliche Stromversorgung. Im Netzgebiet der Stromversorgung Greifswald GmbH erfolgte

⁴ vgl. Zahlenspiegel 2014/15

zwischen 2009 und 2016 ein umfassender Umbau. Diese Umstrukturierung erfolgte auch mit dem Ziel den Herausforderungen der Elektromobilität in unmittelbarer Zukunft gerecht zu werden.

3.2 Erdgas

Das Gebiet der UHGW ist zu einem großen Teil über das Erdgasnetz der SWG erschlossen. Für das Netzgebiet sind folgende Kennzahlen bekannt.

Tabelle 4 Kennzahlen zum Netzgebiet der Gasversorgung Greifswald GmbH⁵

Parameter	Einheit	2014	2015
Netzabgabe	GWh	679	706
Hochdrucknetz	km	32	32
Mitteldrucknetz	km	35	40
Niederdrucknetz	km	115	116
Hausanschlüsse	Stück	4.787	4.669
eingebaute Zähler	Stück	6.761	6.771

Im Rahmen der Konzepterstellung wurden in Interviews folgende Angaben zur Zukunftsfähigkeit des Gasnetzes von der SWG gemacht:

In Teilen liegen Konkurrenzsituationen zwischen den Energieträgern Erdgas und Fernwärme vor. Gerade im Kernbereich der UHGW wird auf eine Stärkung (Nachverdichtung) von Fernwärme gesetzt. Unterstützt wird dies durch die Fernwärmesatzung der UHGW. Erdgas wird aber auch in Zukunft eine wesentliche Rolle in den Bereichen mit geringerer Wärmedichte spielen. Neuerschließungen erfolgten in Friedrichshagen (2013 bis 2015) und Erweiterungen sind in Ladebow (2017/ 2018) und Koitenhagen (ab 2018) geplant⁶.

Das Erdgasnetz wird zukünftig durch zunehmende Anteile biogener und stromgestützter Gase gespeist. Das bereits in nennenswerten Anteilen dem Erdgas beigemischte Biogas soll in Zukunft durch aus regenerativen Stromquellen erzeugtes Methan ergänzt werden. Power to Gas (P2G) wird bei den überregionalen Netzbetreibern in den windreichen Regionen als ein Baustein zur Nutzung von überschüssigem Windstrom angesehen und daher im Gasmix im Stadtgebiet der UHGW zukünftig eine Rolle spielen.

⁵ vgl. Zahlenspiegel 2015/16

⁶ Mitteilung der SWG, Januar 2017

3.3 Fernwärme

Für die bestehenden Netzgebiete der Fernwärme gelten die Kennzahlen gemäß nachfolgender Tabelle.

Tabelle 5 Kennzahlen zum Netzgebiet Fernwärme der SWG⁷

Parameter	Einheit	2014	2015
Wärmenetzeinspeisung	GWh	228	237
Absatz	GWh	199	207
Anschlusswert	MW	138	139
angeschl. Wohneinheiten	Stück	19.630	20.769
Hausanschlussstationen	Stück	1.052	1.113
Leitungsnetz	km	85	87

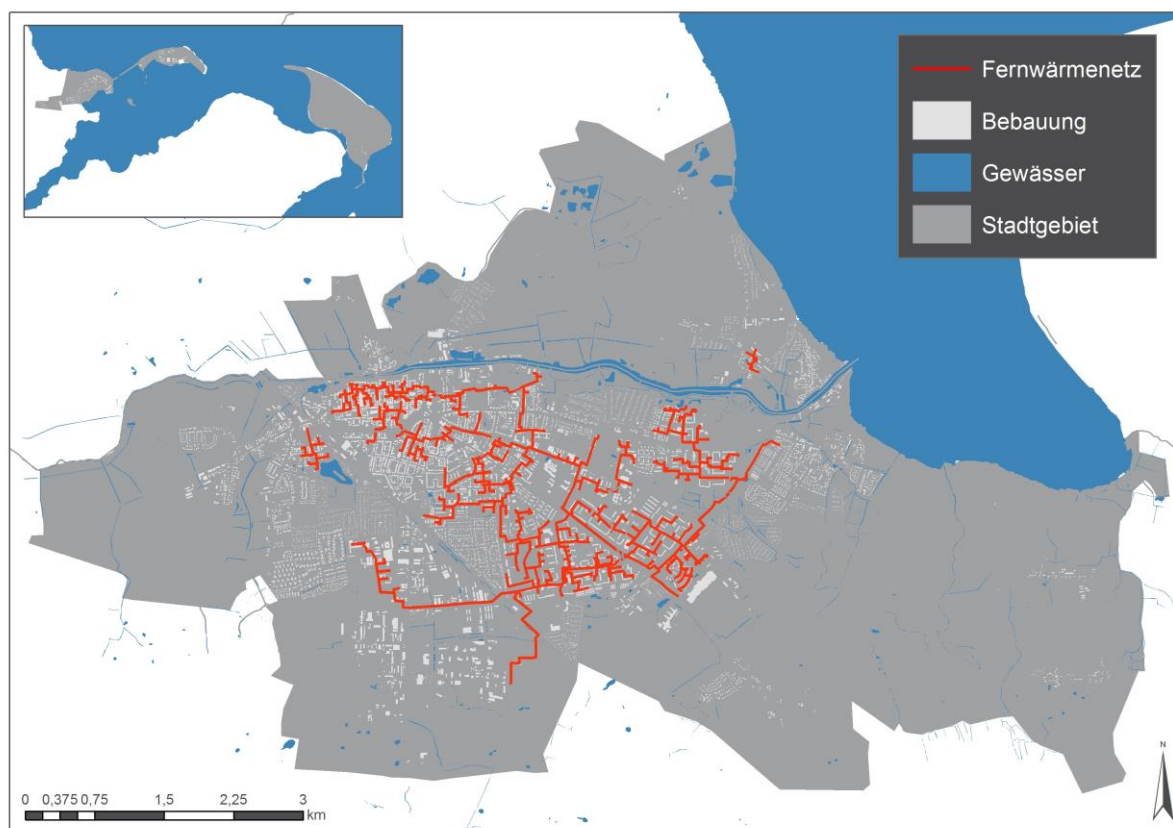


Abbildung 2 Fernwärmenetz der UHGW⁸

⁷ Zahlenspiegel 2014/15

⁸ Wärmekataster Stadt Greifswald 2017, siehe auch Abbildung 46

Das Wärmenetz konzentriert sich auf den Kernbereich der UHGW (Abbildung 2) Das Erdgasnetz und die Fernwärmeversorgung überlagern sich zum Teil. Die daraus resultierende Konkurrenzsituation wird sich in den Gebieten der Fernwärmesatzung zu Gunsten der zentralen Wärmeversorgung verschieben. In den Randbereichen der UHGW wird Erdgas aufgrund der dort vorhandenen geringeren Wärmedichten auch zukünftig den Vorrang gegenüber einer zentralen Wärmeversorgung haben.

Für eine detaillierte Analyse und vor allem bezüglich der vorhandenen Potenziale zur Senkung der CO₂-Emissionen sei im Bereich der Fernwärme auf das Klimaschutzteilkonzept integrierte Wärmenutzung aus dem Jahr 2015 verwiesen⁹. Eine wesentliche Erkenntnis der Studie liegt in dem notwendigen flexiblen Zusammenspiel aus zentraler Wärmebereitstellung für die verdichteten Innenbereiche der UHGW durch die Fernwärme und die zunehmend elektrifizierte dezentrale Wärmebereitstellung über die Wärmepumpen.

3.4 Verkehr

3.4.1 Siedlungsstrukturelle Wechselwirkungen

Die Mobilität in der UHGW wird wesentlich durch die siedlungsstrukturellen, funktionellen und verkehrlichen Rahmenbedingungen geprägt. Neben dem städtischen Binnenverkehr ist auch der Stadt-Umland-Verkehr von zentraler Bedeutung.

Gemeinsam mit der Stadt Stralsund übernimmt die UHGW funktionsteilig die Aufgaben eines Oberzentrums. Neben der administrativen Funktion als Kreisstadt des Landkreises Vorpommern-Greifswald hat die UHGW damit auch wichtige Versorgungsfunktionen für die angrenzenden Regionen.

Das Greifswalder Stadtgebiet ist insgesamt durch eine kompakte Struktur und kurze Entfernungen gekennzeichnet. Ausgehend vom Marktplatz liegt das gesamte Kernsiedlungsgebiet innerhalb eines 5,5 km-Luftlinienradius. Damit bestehen günstige Grundvoraussetzungen, um viele innerstädtische Wege effektiv zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurücklegen zu können.

Das Umland ist abgesehen von den Nachbarstädten Stralsund im Nordwesten, Wolgast im Nordosten, Anklam im Südosten und Grimmen im Westen eher durch kleinteilige ländliche Siedlungsstrukturen geprägt. Im unmittelbaren Nahbereich (< 10 km) der UHGW befinden sich vorrangig kleinere Ortschaften. Enge Austauschbeziehungen bestehen mit allen in der Raumordnung festgelegten Gemeinden des Stadt-Umland-Raumes¹⁰ wie z.B. mit den unmittelbar nördlich des Stadtzentrums liegenden Ortschaften Neuenkirchen und Wackerow. Diese liegen Luftlinie weniger als 3 km vom Marktplatz der UHGW entfernt. Die Entfernung zu den drei Nachbarstädten ist hingegen durchweg größer als 25 km. Die überwiegende Mehrzahl der Einpendler hat aufgrund der dünnen und ländlich geprägten Siedlungsstrukturen in der Region Vorpommern / Demmin ebenfalls vergleichsweise weite Wege zurückzulegen.

⁹ vgl. UHGW 2015

¹⁰ Stadt-Umland-Raum Greifswald Diedrichshagen, Hinrichshagen, Kemnitz, Levenhagen, Neuenkirchen, Mesekenhagen, Wackerow, Weitenhagen (Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung 2016)

Damit bestehen für die Stadt-Umland-Verknüpfungen lediglich begrenzte Potenziale für den Radverkehr.

Die Stadtentwicklung wurde ganz wesentlich bestimmt durch strukturell bedingte Barrieren (Bahn und Ryck), wie auch durch natürliche Gegebenheiten. Hervorzuheben sind hierbei der Ryck sowie die Bahnstrecke Stralsund – UHGW – Anklam. Während die Eisenbahn durch den Motorisierten Individualverkehr (MIV) lediglich an zwei Stellen im Kernstadtgebiet gequert werden kann, bestehen für den Fuß- und Radverkehr vier zusätzliche kleinteilige Querungsmöglichkeiten. Diese tragen wesentlich zur Reduzierung der Barrierewirkung bei.

Für den Ryck ergibt sich eine stärkere Bündelungswirkung. Eine unbeschränkt für den Kfz-Verkehr nutzbare Querung besteht im Kernstadtgebiet ausschließlich im Zuge der Stralsunder Straße. Die Barrierewirkung des Wasserlaufes hat auch in der Stadtentwicklung Spuren hinterlassen. Die großen Stadterweiterungen und Wohngebiete konzentrieren sich vor allem südöstlich und südlich der Altstadt. Für den Fuß- und Radverkehr sowie die Anwohner steht zwischen Wieck und Eldena noch eine zweite Ryck-Querung zur Verfügung. Dennoch ergeben sich für den Bereich Ladebow und Wieck durch den Wasserlauf verursachte Erschließungsdefizite.

Innerstädtisch werden die kurzen Wege durch dezentrale Grundversorgungsmöglichkeiten in verschiedenen Teilräumen der Stadt unterstützt. Anders sind die zentralen Versorgungseinrichtungen Elisenpark und Marktkauf in Neuenkirchen zu bewerten. Deren Lage und Erschließung durch den Umweltverbund ist nicht optimal. Der Elisenpark befindet sich am östlichen Stadtrand und hat auf der, der Stadt zugewandten Seite keine Zugangsmöglichkeit. Dadurch ergeben sich selbst für die direkt westlich angrenzenden Wohngebiete deutliche Umwege. Der Einkaufsstandort Neuenkirchen befindet sich nördlich des Stadtzentrums in der Nachbargemeinde und verfügt ebenfalls nicht über eine integrierte Lage.

3.4.2 Kfz-Verkehr

Das Hauptstraßennetz der UHGW ist durch sternförmig auf das Stadtzentrum zuführende Radiale geprägt. Diese sorgen für eine Verknüpfung der Kreisstadt mit dem angrenzenden Umland, den Nachbarstädten sowie dem übergeordneten Straßennetz.

Großräumige Fahrbeziehungen werden um das Kernstadtgebiet herumgeleitet. Hierzu wurde bereits 2004 eine Ortsumfahrung im Zuge der B 105/B 109 in Betrieb genommen. Alle Bundes- und Landesstraßen aus dem Umland sind an die Ortsumfahrung angebunden. Für einzelne Fahrbeziehungen ist ein Befahren der „alten“ Ortsdurchfahrt dennoch attraktiv. Dies betrifft insbesondere die Verbindung zwischen Wolgaster Straße und Stralsunder Straße.

Insgesamt ist der Anteil des Durchgangsverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen innerhalb des Stadtgebietes jedoch gering. Bezogen auf alle täglich stattfindenden Fahrten liegt dieser bei lediglich ca. 10 % (einschließlich Ortsumfahrung). Dominierend sind der Quell- und Zielverkehr mit einem Fahrtenanteil von ca. 50 % und Binnenverkehr mit ca. 40 % Anteil. Bezogen auf die Fahrleistungen wird deutlich, dass vor allem der Stadt-Umland-Verkehr für große Teile der innerstädtischen Verkehrsaufkommen verantwortlich zeichnet. Circa zwei Drittel der täglichen Fahrleistungen sind diesem Nutzungsprofil zuzuordnen.

Der Neubau der Umgehungsstraße B 105/109 hat einerseits zu einer Entlastung der innerstädtischen Verkehrsanlagen geführt, andererseits jedoch auch zur Steigerung der Attraktivität des Kfz-Verkehrs beigetragen. Eine flächendeckende Nutzung der entstanden Potenziale durch die Abnahme des Kfz- und insbesondere der Schwerverkehrsaufkommen ist bisher noch nicht erfolgt. Vor allem im Zuge des Hanseringes sowie an der Europakreuzung sind die großzügigen Fahrbahnflächen durch die aktuellen Verkehrsaufkommen nicht mehr gerechtfertigt. Hier bestehen weitere Handlungspotenziale für eine Umnutzung von Verkehrsflächen. Andernorts, so z. B. auf Teilabschnitten der Anklamer Straße wurden die Potenziale bereits zur Ausweitung der Radverkehrsangebote genutzt.

Im innerstädtischen Bereich wurden mit dem Bau der Bahnparallele im Zusammenhang mit der Neuordnung der Bahnquerungen und einer Bündelung des Verkehrs aus Richtung Süden, auch im Sinne der CO₂-Minderung positive Effekte erreicht. Insbesondere für den Fuß- und Radverkehr ergeben sich deutliche Querungsvorteile. Für wichtige integrierte Wohnlagen in der Innenstadt konnte parallel eine deutliche Aufwertung erreicht werden.

Positiv im Sinne des Klimaschutzes ist die bestehende LSA-Koordinierung („Grüne Welle“) in der Wolgaster Straße (gleichzeitig in beide Richtungen) und in der Anklamer Straße (tageszeitabhängig jeweils nur eine Richtung) sowie der kontinuierliche Einsatz (Bau und Planung) von Kreisverkehren einzuschätzen. Beide Maßnahmen tragen zur Verstetigung des Verkehrsflusses, zur Reduzierung von Anfahr- und Bremsvorgängen und damit zu einer Reduzierung von Emissionen bei. Auch bezüglich der Straßenraumgestaltung zu Gunsten der Stadt-, Wohn- und Aufenthaltsqualität existiert eine Vielzahl positiver Beispiele im Stadtgebiet. In der Fläche besteht allerdings für verschiedene Abschnitte des Hauptnetzes und insbesondere im Nebennetz weiterer Handlungsbedarf zur Anpassung der Verkehrsflächen im Sinne des Klimaschutzes (Anpassung an Bedarf, Straßenraumbegrünung, Förderung des Umweltverbundes, Reduzierung befestigter Verkehrsflächen etc.).

Im Stadtzentrum ist eine flächendeckende Parkraumbewirtschaftung (Bewohnerparken, Zeitbeschränkung bzw. Gebührenpflicht) vorhanden. Zudem wird generell die Zielstellung verfolgt, das Straßenparken in der Altstadt vorrangig den Bewohner zuzuordnen, um den Parksuchverkehr zu reduzieren bzw. den Besucherverkehr in Richtung der zusammenhängenden Parkierungseinrichtungen zu kanalisieren. Insgesamt stehen im Stadtzentrum ca. 1.600 öffentliche Stellplätze ohne Nutzergruppenbeschränkung zur Verfügung. Im Kernbereich beitragen die Parkgebühren durchgehend einen Euro pro Stunde. Am Altstadtrand (P+R Bahnhof, Theaterplatz, Museumshafen) sind die Kosten deutlich geringer. Hier werden zwei Euro am Tag fällig. Am Museumshafen beträgt die Tagesparkgebühr sogar lediglich einen Euro. Auch wenn die Kosten im Vergleich zur Vergangenheit bereits gestiegen sind, bilden die Parkgebühren weiterhin eine wichtige Stellschraube für die Förderung einer klimafreundlichen Mobilität. Weitere Handlungspotenziale sind vorhanden.

Insgesamt ist festzustellen, dass in der UHGW ein gut ausgebautes, flächendeckendes Verkehrsnetz für den motorisierten Individualverkehr existiert. Verschiedene Konzepte, Ansätze und Umbaumaßnahmen, welche in den letzten Jahren umgesetzt wurden, sind im Sinne des Klimaschutzes positiv einzuschätzen. Es bestehen jedoch weitere Potenziale insbesondere hinsichtlich der Verstetigung des Verkehrsflusses, der Veränderung der Verkehrsmittelwahl etc.

3.4.3 Öffentlicher Verkehr

Die UHGW verfügt über zwei Verknüpfungspunkte mit dem Bahnverkehr. Am südwestlichen Rand des Stadtzentrums befindet sich der Hauptbahnhof. Dieser ist als intermodale Schnittstelle ausgebaut und beherbergt unmittelbar angrenzend den zentralen städtischen Omnibusbahnhof (ZOB). Somit bestehen direkte Übergangsmöglichkeiten zum Stadt-, Regional- und Fernbusverkehr. Im ZOB ist die Mobilitätszentrale Vorpommern als zentrale Informations- und Auskunftsstelle für alle Angelegenheiten des Öffentlichen Personennahverkehrs in der Region und darüber hinaus angesiedelt. Parallel existieren am Bahnhof ein Leihfahrradangebot sowie umfangreiche teilweise überdachte Radabstellmöglichkeiten. Ein weiterer Ausbau mit einer Fahrradstation ist in Planung. Weitere Entwicklungspotenziale bestehen hinsichtlich einer Verknüpfung mit dem Carsharing-Angebot. Neben dem Regionalbahnverkehr wird der Hauptbahnhof auch durch einzelne Fernverkehrszüge auf der Verbindung (München) - Berlin - Ostseebad Binz bedient. Weitere Fernreiseangebote ergeben sich durch den ebenfalls am Bahnhof haltenden Fernbusverkehr.

Am zweiten Bahnhaltepunkt Greifswald-Süd erfolgt hingegen ausschließlich eine Bedienung durch den Regionalbahnverkehr. Auch hier bestehen intermodale Verknüpfungen insbesondere zum Stadtbusverkehr. Abstellmöglichkeiten für den Radverkehr sind vorhanden, bieten jedoch weitere Optimierungspotenziale bezüglich Sicherheit und Witterungsschutz. Der im Südosten des Greifswalder Stadtgebietes angesiedelte Bahnhaltepunkt bietet einen direkten Bahnzugang für das Wohngebiet Schönwalde sowie die Gewerbestandorte Am Gorzberg und Herrenhufen Nord.

Für die Stadt-Umland-Verknüpfung durch den öffentlichen Verkehr bestehen wesentlich Angebotsunterschiede. Die etwa jede Stunde verkehrenden Regionalbahnen sorgen für eine regelmäßige Verbindung in Richtung Stralsund und Züssow. In Richtung Anklam / Pasewalk und Wolgast / Swinemünde ergeben sich jedoch bereits Abstriche, da das Fahrtangebot hier auf einen 2-Stunden-Takt ausgedünnt ist.

Die Anbindung des Umlandes ist durch verschiedene vorrangig unvertaktete Regionalbuslinien geprägt. Deren Angebot ist im Wesentlichen auf den Schülerverkehr ausgerichtet. Die umfangreichsten Fahrtangebote bestehen in Richtung Wolgast und Jarmen. Für die im unmittelbaren Einzugsbereich der Stadt liegenden Ortschaften Neuenkirchen und Wackerow besteht lediglich eine unregelmäßige Regionalbusanbindung. Insgesamt ist daher festzustellen, dass bezüglich der ÖPNV-Stadt-Umland-Verknüpfungen deutliche Entwicklungspotenziale bestehen. Um den ländlichen Raum besser zu erreichen, soll der Netzplan im Nahverkehr erweitert werden. Wesentliche Hemmnisse bilden dabei allerdings die Bevölkerungsrückgänge im ländlichen Raum sowie die Finanzierbarkeit entsprechender Angebote.

Das Rückgrat des innerstädtischen ÖPNV bilden drei Stadtbuslinien, die alle 15 (Linie 2) bzw. alle 30 Minuten verkehren. Grundsätzlich ist deren Bedienungshäufigkeit auch in den Randverkehrszeiten und am Wochenende als gut einzuschätzen. Die Fahrten werden klimafreundlich mittels Erdgasbussen abgewickelt. Hinsichtlich der Linienführung und Erschließungswirkung sind in den vergangenen Jahren wesentliche Verbesserungen erfolgt. Für die Stadtrandansiedlung bzw. Fettenvorstadt existiert nunmehr eine Direktanbindung zum ZOB

ohne den Umweg über den Haltepunkt Greifswald Süd. Am Rathaus wurde eine zentrale Stadtbushaltestelle eingerichtet. Die Anbindung des Eisenparkes wurde verbessert.

Darüber hinaus bestehen jedoch noch weitere Optimierungspotenziale im Stadtverkehr. Im Westen der Stadt sorgen die Schleifenfahrten der Linie 1 zu den Galgenkampwiesen für Umwege. Die Führung der Linie 3 in der Innenstadt ist aufgrund des Einbahnrichtungsbetriebes der Haltestelle Rathaus weiter optimierungsbedürftig. Die Potenziale des neuen zentralen innerstädtischen Haltestellenstandortes werden noch nicht voll ausgenutzt. Hier wäre auch eine Einbindung der Haupt-Stadtbuslinie 2 wünschenswert. Zudem fehlt weiterhin eine Einbindung der Ortslage Neuenkirchen in das Stadtbussystem. Die Verständlichkeit des Fahrplans der Linie 2 ist schwierig. Vor allem an der Haltestelle Platz der Freiheit bedient dieselbe Linie vier unterschiedliche Fahrrelationen.

Auch bezüglich der Haltestellen sind in den letzten Jahren verschiedene Ausbaumaßnahmen realisiert wurden. Dies betrifft insbesondere die zentralen Schnittstellen am Hauptbahnhof sowie Bahnhof Greifswald Süd. Weitere Aufgaben bestehen allerdings noch hinsichtlich eines flächendeckenden barrierefreien Ausbaus des Haltestellennetzes.

Bereits seit einigen Jahren existiert in der UHGW ein mittlerweile stadtweites Carsharing-Angebot. Standorte befinden sich u.a. am Nexöplatz, am Bahnhof, in der Lommonossowallee, am Helsinkiring, in der Franz-Mehring-Straße, an der Schwimmhalle und am Thälmann-Ring.

3.4.4 Fuß- und Radverkehr

Hinsichtlich der Führung des Fuß- und Radverkehrs ist festzustellen, dass in den vergangenen Jahren in vielen Bereichen bereits moderne, attraktive und sichere Verkehrsanlagen realisiert worden sind. Dennoch bestehen auch weiterhin wichtige Herausforderungen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für Fußgänger und Radfahrer.

Im Radverkehr ist vor allem die konsequente Umsetzung von Radfahrstreifen und Radschutzstreifen im Zuge wichtiger Hauptverkehrsstraßen positiv hervorzuheben. Parallel wurde auch beim Bau von Radwegen (z. B. Grimmer Straße, Bahnhofstraße) auf eine attraktive und sichere Gestaltung der Radverkehrsanlagen, vor allem an Einmündungen und Grundstückszufahrten (Gehwegüberfahrten, Nutzung von Rampensteinen etc.) geachtet. Wichtige Einbahnstraßenverbindungen sind für den Radverkehr zur Nutzung entgegen der zulässigen Fahrtrichtung freigegeben. Zwischen Stadtzentrum und den südöstlichen Stadtgebieten (Wohngebiet Ostseeviertel, Krankenhaus, Universitätscampus) wurde eine zentrale Hauptachse für den Radverkehr entwickelt. Diese ist abschnittsweise als Fahrradstraße ausgewiesen.

Insgesamt ist erkennbar, dass im Rahmen von Um- und Ausbaumaßnahmen die Vorgaben einer modernen Radverkehrsförderung berücksichtigt werden und einen hohen Stellenwert haben. Als planerische Grundlage hierfür wurde durch die UHGW ein Radverkehrskonzept erarbeitet und beschlossen. Eine weitere wesentliche Einflussgröße zur Förderung des Radverkehrs bildet die frühzeitige Einbindung lokaler Akteursgruppen (ADFC, VCD) im Rahmen der regelmäßig tagenden Arbeitsgruppe Verkehr.

Mit dem Radverkehrskonzept wurden die zentralen Radrouten im Stadtgebiet auf konzeptioneller Ebene definiert. In der Praxis weist das Routennetz jedoch noch verschiedene Angebotslücken auf. Schwerpunkte bilden dabei beispielsweise attraktive und sichere Knotenpunktführungen. Betroffen ist hierbei u. a. auch die zentrale Ost-West-Radverkehrsachse. Weiterer Optimierungsbedarf besteht am Platz der Freiheit sowie an den Schnittstellen mit der Walther-Rathenau-Straße sowie dem Karl-Liebke-Ring. Zudem ergeben sich durch die Weiterentwicklung des Universitätsstandortes in der zentralen Innenstadt (Friedrich-Löffler-Straße) neue Herausforderungen für den Ausbau der Radverkehrsachse. Parallel ist auch eine attraktive Anbindung des Elisenparkes an die zentrale Ost-West-Verbindung noch offen.

Radwege außerhalb der Stadt sollen ausgebaut werden. In diesem Zusammenhang sollen die Landkreise viel mehr miteinander kooperieren. Pendler, Studenten und Schüler würden dann den Radverkehr zwischen den Ortschaften mehr in Anspruch nehmen.

Weitere Handlungsnotwendigkeiten bestehen hinsichtlich einer kontinuierlichen und kleinteiligen Weiterentwicklung der Angebotsqualität im Radverkehrsnetz (Schließung von Angebotslücken, Beseitigung von Konfliktstellen, Umsetzung des Radverkehrskonzeptes) zur Verbesserung der Oberflächenbeschaffenheit, intermodaler Verknüpfungen sowie der Service und Dienstleistungsangebote. Speziell an den beiden zentralen intermodalen Verknüpfungsstellen Hauptbahnhof und Greifswald Süd ist eine Verbesserung der Radabstellmöglichkeiten notwendig. Es bedarf sicherer und abschließbarer Parkmöglichkeiten für Fahrräder (u. a. als Abstellmöglichkeit für Pedelecs). Auch insgesamt existiert weiter kleinteiliger Bedarf zur Schaffung zusätzlicher Radabstellmöglichkeiten im öffentlichen Raum, an Versorgungs- und Dienstleistungseinrichtungen sowie im Wohnumfeld.

Zur Förderung des Radverkehrs soll die Umsteigemöglichkeit in städtischen und regionalen Bussen angeboten werden. Dies gehört zu einem intakten ÖPNV in einer Stadt.

In der UHGW existieren insgesamt vier Standorte des Fahrradverleihsystems Usedom Rad. Diese befinden sich in der zentralen Innenstadt an der Dompassage sowie auf dem Markt, am Hauptbahnhof sowie in Wieck.

Die Situation des Fußverkehrs in der UHGW ist differenziert zu bewerten. Positiv hervorzuheben sind die bestehenden Vorrangbereiche für den Fußverkehr am Markt und im Zuge der Langen Straße/Knopfstraße. Diese bieten eine hohe Aufenthaltsqualität sowie vielfältige Kommunikationsmöglichkeiten. In anderen Bereichen des Stadtzentrums, so z. B. im Zuge der Friedrich-Loeffler-Straße sind die Rahmenbedingungen für den Fußverkehr hingegen nicht optimal. Durch den Kfz-Verkehr ergeben sich hier Nutzungseinschränkungen.

Ein gesamtstädtisches Problem bilden die durch den Kfz-Verkehr im Zuge der Hauptverkehrsstraßen verursachten Trennwirkungen. Hauptursachen bilden die Breite der zu querenden Fahrbahnflächen und die hohen Verkehrsaufkommen. Durch die Schaffung zusätzlicher Querungsstellen wurde in den vergangenen Jahren die Bestandssituation bereits kontinuierlich verbessert. Dennoch bestehen weitere Handlungsnotwendigkeiten zum Abbau von Barrieren, zur Schaffung kleinteiliger und sicherer Querungsmöglichkeiten sowie zur besseren Vernetzung der einzelnen Stadtquartiere. Parallel ergibt sich angesichts der hohen Radverkehrsaufkommen in der UHGW weiterer Bedarf zur Entflechtung des Fuß- und Radverkehrs. Ein Schwerpunktbereich bildet hierbei der Platz der Freiheit.

Auch insgesamt bestehen weitere Potenziale für die Gewährleistung barrierefreier Verkehrsanlagen im Stadtgebiet. Die verschiedenen Anforderungen aller Nutzergruppen werden noch nicht flächendeckend berücksichtigt. Problempunkte bilden vor allem Gehwegoberflächen, Bordabsenkungen an wichtigen Querungsstellen sowie fehlende Leitsysteme für mobilitätsingeschränkte Personen.

Gerade innerhalb der Wohngebiete sind vielfach Flächenkonkurrenzen mit dem ruhenden Kfz-Verkehr zu beobachten. Ein flächendeckender Einsatz verkehrsberuhigender Elemente zur Unterstützung des angeordneten Niedriggeschwindigkeitsniveaus in den Wohngebieten ist bisher nicht erfolgt. Positive Beispiele, wie z. B. die Straßenraumgestaltung im Zuge des Karl-Liebknecht-Ringes zwischen Kreisverkehr Lomonossowallee und Hans-Beimler Straße können hierbei als Vorbild dienen. Im Nebennetz sollten die Aufenthaltsfunktionen im Vordergrund stehen.

Zusammenfassend ist für den Fußverkehr festzustellen, dass die auf Grundlage der generellen Siedlungsstrukturen existierenden Potenziale noch nicht vollständig ausgenutzt. Wie in vielen anderen Städten auch fehlt in der UHGW bisher eine konsequente Fußverkehrsstrategie.

3.4.5 Kommunale, Betriebliche und Elektromobilität

Im Rahmen des vom Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung durchgeführten Projektes „Kombiniert Mobil – Verkehrsmittel vernetzen“ wurden die Potenziale sowie mögliche Ansatzpunkte für das betriebliche Mobilitätsmanagement in der UHGW untersucht. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass bisher in der UHGW kein systematischer Ansatz für ein kommunales oder betriebliches Mobilitätsmanagement besteht. Veränderungspotenziale und Handlungsnotwendigkeiten hinsichtlich der betrieblichen Mobilität werden auch durch die aktuellen Mobilitätserhebungen (siehe auch Kapitel 11.1) nochmals aufgezeigt. Der Anteil des MIV am Modal-Split ist für die Wege zur Arbeit sowie betriebliche Fahrten überdurchschnittlich hoch. Sowohl für die privaten Unternehmen als auch öffentliche und teilöffentliche Einrichtungen im Stadtgebiet bestehen weitere Handlungspotenziale.

Dies betrifft insbesondere auch die Stadtverwaltung im Sinne der Vorbildfunktion. Einen Schwerpunkt sollte dabei das Fuhrparkmanagement in Verknüpfung mit der Elektromobilität darstellen. Die Flotte der Stadt besteht aktuell durchgängig aus konventionellen Fahrzeugen. Ein ämterübergreifendes zentrales Fuhrparkmanagement existiert nicht. Auch eine Nutzung des Carsharings für Dienstfahrten findet bisher nicht statt. Erste Ansatzpunkte hinsichtlich der Elektromobilität bestehen bei den Stadtwerken, welche vier Elektrofahrzeuge in Ihrer Flotte haben.

In der UHGW existieren aktuell zwei durch die Stadtwerke betriebene Ladestationen für Elektrofahrzeuge. Diese stehen auf dem Kundenparkplatz der Stadtwerke an der Gützkower Straße mit zwei 22 kW-Lademöglichkeiten für Pkw zur Verfügung. Außerdem werden vier weitere Lademöglichkeiten für Elektrofahrräder angeboten. Die Ladenergie wird unmittelbar am Standort mittels Solaranlage gewonnen bzw. zwischengespeichert. Auf dem Parkplatz des Freizeitbades Greifswald befindet sich eine 50 kW-Schnellademöglichkeit ebenfalls für zwei

Fahrzeuge. Nach Angaben der Stadtwerke wird auch hier zu 100 % Ökostrom abgegeben. Aktuell ist das Laden an beiden Standorten kostenlos.

4 Beschreibung der demografischen Randbedingungen

4.1 Datenanalyse

Für die weiteren Betrachtungen zur Entwicklung des Energiebedarfs ist die Abschätzung der demografischen Entwicklung bis zum Jahr 2050 erforderlich. Im Folgenden sind die Ergebnisse für die Bereiche Entwicklung Gesamtbevölkerung, Erwerbspersonen, der privaten Haushalte und des Altersaufbaus zusammengefasst dargestellt.

Zur Ermittlung der Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahr 2050 bieten die ermittelten Szenarien der Statistikstelle des Amts für Wirtschaft und Finanzen von Greifswald die Datenbasis. In Abbildung 3 sind die Entwicklungen für die Jahre bis 2030 aufgeführt. Das Szenario zur kontinuierlichen Entwicklung entspricht der rein mathematischen Fortschreibung der Durchschnittswerte der Jahre 2012 bis 2014 und dient als Referenz. Im Szenario 1 wird von einer stark wachsenden Bevölkerung durch Zuzüge, welche selbst die größer werdende Anzahl von Sterbefällen ab dem Jahr 2020 ausgleichen würde, ausgegangen. Das Szenario 2 entspricht einer stabilen Entwicklung bis zum Jahr 2030. Das Szenario zur rückläufigen Entwicklung entspricht einem leicht negativen Wanderungssaldo in Kombination mit einem stark negativen Saldo aus Geburten und Sterbefällen aufgrund einer überalterten Bevölkerungspyramide ohne den Nachzug junger Menschen. Die Kurve mit der Bezeichnung LK V-G (durch GGR) entspricht der kleinräumigen Bevölkerungsprognose für den Landkreis Vorpommern-Greifswald¹¹

¹¹ Gertz Gutsch Rümenapp GbR: Kleinräumigen Bevölkerungsprognose für den Landkreis Vorpommern-Greifswald, Schlussbericht, Hamburg, Berlin Juli 2014.

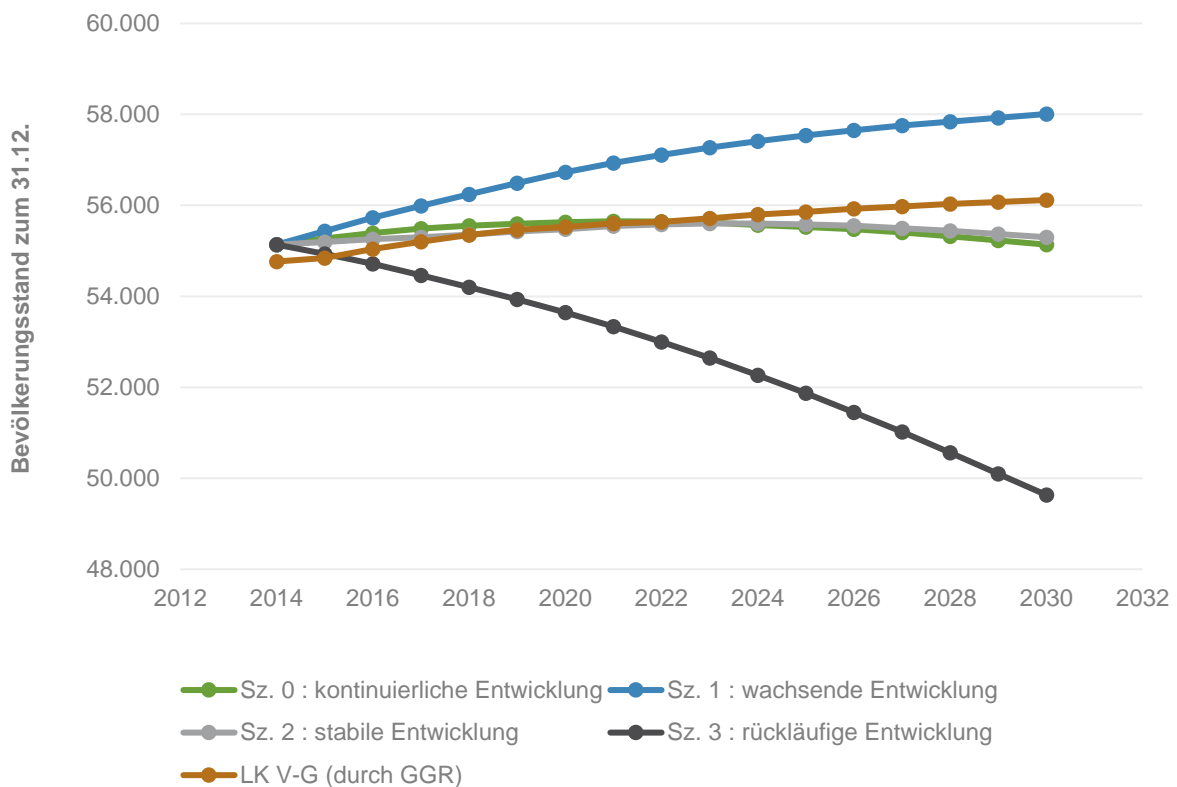


Abbildung 3 Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung

4.2 Entwicklung der Gesamtbevölkerung

Im integrierten Stadtentwicklungskonzept, in der Bürgerschaft im Februar 2017 beschlossen, wird das Szenario 1 mit der wachsenden als Vorzugsszenario festgelegt. Das Vergleichsszenario in der nachfolgenden Abbildung entspricht wiederum der kleinräumigen Bevölkerungsprognose für den Landkreis Vorpommern-Greifswald¹².

Um die Entwicklung bis zum Jahr 2050 abschätzen zu können, lassen sich die Daten der Bevölkerung Deutschlands bis 2060 gemäß der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung¹³ als Ansatz nutzen. Darin wird das Szenario „Kontinuität bei stärkerer Zuwanderung“ für die Jahre 2030, 2040 und 2050 beschrieben. Aus der relativen Veränderung der Gesamtbevölkerung der Bundesrepublik ergibt sich in Verbindung mit dem Szenario 2 die untere Variante der Bevölkerungsprognose für die UHGW. Für die obere Variante wurde das Szenario 1 der wachsenden Entwicklung inklusive einer Fortschreibung der Entwicklung der Prognosejahre 2015 bis 2030 angesetzt. Das Ergebnis der Bevölkerungsprognose ist in folgendem Diagramm zusammenfassend dargestellt.

¹² Gertz Gutsch Rügenapp GbR: Kleinräumigen Bevölkerungsprognose für den Landkreis Vorpommern-Greifswald, Schlussbericht, Hamburg, Berlin Juli 2014.

¹³ Statistisches Bundesamt: Daten der Bevölkerung Deutschlands bis 2060 - 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Wiesbaden 2015.

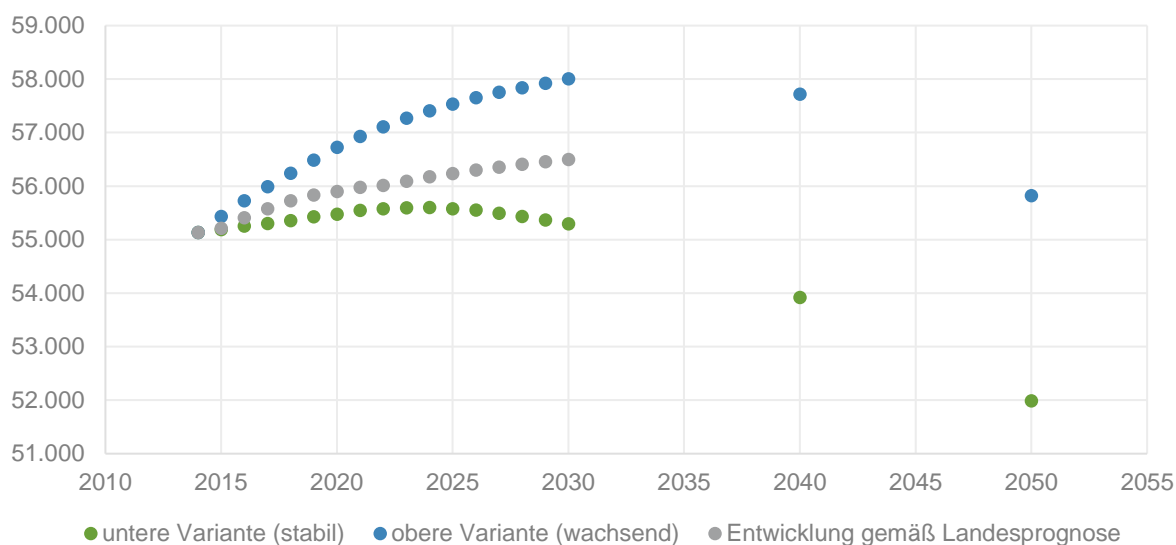


Abbildung 4 Entwicklung der Bevölkerung in der UHGW gemäß der untersuchten Varianten

Im Vergleich mit der Landesprognose in den Jahren 2014 bis 2030 zeigt sich, dass sich diese Prognose zwischen die beiden Varianten einordnet. Für die Folgejahre wurden aber zum Zeitpunkt der Berichtserstellung keinen Angaben zur Entwicklung gemacht.

Folgende Tabelle gibt die Absolutwerte der beiden Varianten wieder und bildet damit den Korridor der zu erwartenden Bevölkerungsentwicklung in der UHGW.

Tabelle 6 Bevölkerung der Jahr 2014, 2030, 2040 und 2050 in der UHGW

Jahr	untere Variante	obere Variante
2014	55.137	55.137
2020	55.476	56.727
2030	55.299	58.008
2040	53.919	57.719
2050	51.988	55.824

Es zeigt sich, dass selbst bei kurzfristiger Zunahme der Bevölkerung ein langfristiger Rückgang der Einwohnerzahlen erfolgen könnte.

4.3 Altersaufbau

Für die Entwicklung der Altersgruppen lassen sich die Prognosewerte für die Szenarien 1 und 2 der Statistikstelle der Stadt Greifswald fortschreiben. Für die Gruppe der unter 15jährigen lässt sich ein konstanter Anteil an der Gesamtbevölkerung für beide Varianten annehmen. Der Mittelbau der 15- bis 65jährigen ist in beiden Varianten sinkend, die über

65jährigen werden einen zunehmenden Anteil bis zum Jahr 2050 einnehmen. Die absoluten Werte sind in den folgenden Tabellen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 7 Entwicklung des Altersaufbaus unteres Szenario

Jahr	2014	2020	2030	2040	2050
0 b.u.15	6.383	6.816	6.490	6.495	6.263
15 b.u.65	37.868	36.234	34.800	30.691	27.772
65 u. älter	10.886	12.426	14.009	16.733	17.953
Insgesamt	55.137	55.476	55.299	53.919	51.988

Tabelle 8 Entwicklung des Altersaufbaus oberes Szenario

Jahr	2014	2020	2030	2040	2050
0 b.u.15	6.383	7.032	6.971	7.039	6.808
15 b.u.65	37.868	37.198	36.813	35.716	32.758
65 u. älter	10.886	12.497	14.224	14.963	16.258
Insgesamt	55.137	56.727	58.008	57.719	55.824

Es zeigt sich, dass in beiden Szenarien eine deutliche Zunahme der Anteile von Einwohnern mit 65 Jahren und älter erfolgen wird.

4.4 Anzahl der Erwerbspersonen

Auf Basis der Arbeitsmarktdaten für das Jahr 2016 lässt sich ein Anteil der Arbeitsfähigen an den 15 bis 65jährigen von 80% bestimmen. Durch Anwendung des Wertes auf die beiden Varianten ergeben sich die Entwicklungen der Erwerbsfähigen gemäß folgender Tabelle.

Tabelle 9 Entwicklung der Anzahl der Erwerbsfähigen bis zum Jahr 2050

Jahr	untere Variante	obere Variante
2014	30.125	30.125
2020	28.825	29.592
2030	27.684	29.286
2040	24.415	28.413
2050	22.093	26.059

Aus der Abnahme der Anteile erwerbsfähiger Einwohner wird ein Kaufkraftverlust für die Bevölkerung der UHGW resultieren. Es ist keine großartige Änderung der Struktur weder in die eine noch in die andere Richtung zu erwarten. Das Klinikum und die Uni bleiben als größte Arbeitgeber voraussichtlich erhalten.

4.5 Anzahl der Haushalte

Die Anzahl der Haushalte lässt sich gemäß des Integrierten Stadtentwicklungskonzeptes 2030 für die UHGW¹⁴ anhand eines dynamischen Schlüssels abschätzen. Der für das Jahr 2014 geltende Schlüssel in Höhe von 1,81 wird sich gemäß der Prognose aus dem ISEK bis zum Jahr 2030 auf 1,76 reduzieren. Dies entspricht einem jährlichen Rückgang von 0,003 Einwohnern je Haushalt. Bei Fortsetzen dieses linearen Trends ergibt sich ein Haushaltschlüssel in Höhe von 1,70 im Jahr 2050. Daraus wird selbst bei nahezu konstanter Bevölkerung im wachsenden Szenario im Jahr 2050 eine Zunahme der Anzahl der Haushalte zu verzeichnen sein.

Tabelle 10 Entwicklung der Anzahl der Haushalte bis zum Jahr 2050

Jahr	untere Variante	obere Variante
2014	30.462	30.462
2020	30.971	31.669
2030	31.420	32.959
2040	31.190	33.388
2050	30.626	32.886

4.6 Variantenauswahl

Für die weiteren Betrachtungen zur Entwicklung der Energiebedarfe in den einzelnen Untersuchungssektoren wird in Anlehnung an die Ergebnisse des ISEK von der oberen Variante der Bevölkerungsuntersuchung (siehe Tabelle 6) ausgegangen.

¹⁴ vgl. Büro für urbane Projekte i.A. Universitäts- und Hansestadt Greifswald

5 Energie- und THG-Bilanz

5.1 Methodik

Die Erstellung der Energie- und Treibhausgasbilanzen erfolgt mithilfe des Klimaschutzplaners (KSP). Dieses Instrument wurde im Rahmen des Projektes „Klimaschutz-Planer - Kommunalen Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“ der Nationalen Klimaschutzinitiative, Förderaufruf „Innovative Klimaschutzprojekte“ erarbeitet und wird aktuell durch das Klima-Bündnis vermarktet. Diese Software stützt sich auf den BSKO-Standard (Bilanzierungs-Systematik Kommunal), der unter Federführung des ifeu-Instituts Heidelberg entwickelt wurde. Die Erstellung von Energie- und CO₂-Bilanzen soll durch die neue Methodik deutschlandweit vereinheitlicht und somit eine bessere Vergleichbarkeit der Kommunen untereinander erreicht werden.

Für die Bilanzierung auf kommunaler Ebene wird das endenergiebasierte Territorialprinzip verfolgt (Abbildung 5). Dies bedeutet, dass alle im betrachteten Territorium anfallenden Verbräuche auf Ebene der Endenergie berücksichtigen.

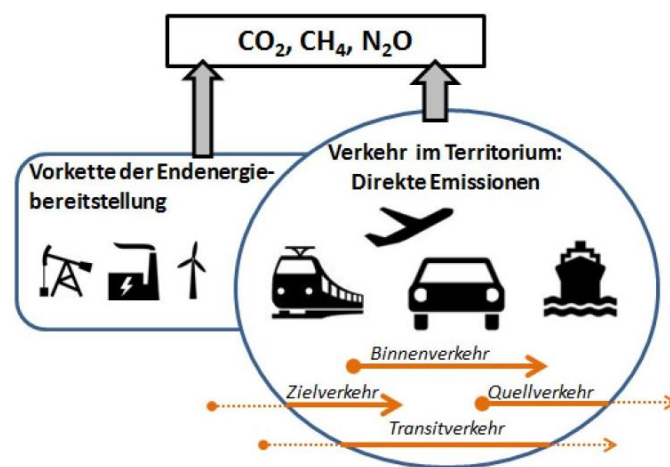


Abbildung 5 Bilanzierungssystematik im Verkehr¹⁵

Der KSP bilanziert für verschiedene Energieträger (Benzin fossil, Biobenzin, Biogas, Biomasse, Braunkohle, Fernwärme, Heizstrom, Heizöl, Kerosin, Liquefied Petroleum Gas LPG [Liquefied Petroleum Gas], Nahwärme, Solarthermie, CNG bio [Compressed Natural Gas], CNG fossil, Erdgas, Flüssiggas, sonstige Erneuerbare, sonstige Konventionelle, Steinkohle, Strom, Umweltwärm) die Energieverbräuche bzw. die mit dem Energieverbrauch verknüpften Emissionen nach den zwei Teilbereichen „stationär“ und „Verkehr“. Der stationäre Bereich unterteilt sich nach Sektoren (Tabelle 11).

¹⁵ IFEU 2013

Tabelle 11 Erläuterung der Verbrauchssektoren

Sektor	Erläuterung
private Haushalte	gesamte Verbräuche/Emissionen der privaten Haushalte für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser sowie den Betrieb elektrischer Geräte
Industrie	Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes (Industrie und Verarbeitendes Handwerk) von Unternehmen des Produzierenden Gewerbes mit 20 und mehr Beschäftigten.
kommunale Einrichtungen	öffentliche Einrichtungen der Kommune (Bsp.: Rathaus, Verwaltung, Schulen, Kindertagesstätten, Feuerwehren, Straßenbeleuchtung etc.) sowie kommunalen Infrastrukturanlagen u.a. aus den Bereichen Wasser/Abwasser, Straßen und Abfall
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen /Sonstiges	alle bisher nicht erfassten wirtschaftlichen Betriebe (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie Betriebe des Bergbaus, der Gewinnung von Steinen und Erden, dem Verarbeitenden Gewerbe mit weniger als 20 Mitarbeitern und landwirtschaftliche Betriebe)
Verkehr	MIV, ÖPNV, Güterverkehr, Flugverkehr

Über spezifische Emissionsfaktoren (Tabelle 12 und Tabelle 13) können die Treibhausgasemissionen berechnet werden. Neben den reinen CO₂-Emissionen werden weitere Treibhausgase (N₂O und CH₄) in die Betrachtung einbezogen und als CO₂-Äquivalente ausgegeben.

Tabelle 12 Emissionsfaktoren Endenergie Wärme (t/MWh) in CO₂-äqu.

Zeiträume	Emissionsfaktor [kg/kWh]	Quelle	Prozess - Bezeichnung
Erdgas	0,250	GEMIS 4.94	Gas Heizung Brennwert DE (Endenergie)
Heizöl	0,320	GEMIS 4.94	Öl-Heizung DE (Endenergie)
Biomasse	0,027	GEMIS 4.94	Holz Pellet Holzwirt. Heizung 10 kW (Endenergie)
Flüssiggas	0,267	GEMIS 4.94	Flüssiggasheizung-DE (Endenergie)
Steinkohle	0,444	GEMIS 4.94	Kohle Brikett Heizung DE (Endenergie)
Braunkohle	0,434	GEMIS 4.94	Braunkohle Brikett Heizung DE (Mix Lausitz/rheinisch)
Solarthermie	0,025	GEMIS 4.94	Solarkollektor Flach DE
Fernwärme	0,213	KSP Berechnung	Fernwärme-Erdgas + Öl (70 % KWK)
Sonstige Erneuerbare	0,025	ifeu (Annahme)	individuell veränderbar
Sonstige konvent. Energieträger	0,330	ifeu (Annahme)	individuell veränderbar

Dabei werden die energiebezogenen Vorketten (u.a. Infrastruktur, Abbau und Transport von Energieträgern) bei den Emissionsfaktoren berücksichtigt.

Tabelle 13 Emissionsfaktoren ohne Brennstoffinputinformationen in t/MWh in CO₂-Äquivalenten für KWK-Wärme

Zeiträume	2000-2004	2005-2009	2010-2014	Quelle	Prozess-Bezeichnung
Feste Biomasse (KWK)	0,077	0,077	0,077	UBA 2009, UBA 2013	Waldholz-DT-HKW
Flüssige Biomasse	0,108	0,108	0,154	UBA 2009, UBA 2013	Palmöl-BHKW-gross-DE-2010 (IST) (anpasst an UBA-2013)
Biogas	0,052	0,052	0,056	UBA 2009, UBA 2013	Biogas-Gülle-BHKW-500 kW 2010 (IST)

Beim Strom wird mittels eines bundesweit gültigen Emissionsfaktors (sog. Strommix) bilanziert (Tabelle 14).

Tabelle 14 Zeitreihe Strom Bundesmix (Quelle: ifeu-Strommaster) in t/MWh in CO₂-Äquivalenten

Jahr		Jahr		Jahr		Jahr		Jahr	
1990	0,872	1996	0,774	2002	0,727	2008	0,656	2014	0,620
1991	0,889	1997	0,752	2003	0,732	2009	0,620		
1992	0,830	1998	0,738	2004	0,700	2010	0,614		
1993	0,831	1999	0,715	2005	0,702	2011	0,633		
1994	0,823	2000	0,709	2006	0,687	2012	0,645		
1995	0,791	2001	0,712	2007	0,656	2013	0,633		

Im Verkehrsbereich werden alle Fahrten innerhalb des Territoriums der Kommune betrachtet. Dazu gehören sowohl der Binnenverkehr, der Quell- / Zielverkehr als auch der Transitverkehr.

In Deutschland liegen mit dem Modell TREMOD21 harmonisierte und regelmäßig aktualisierte Emissionsfaktoren für alle Verkehrsmittel vor und werden zentral für alle Kommunen als nationale Kennwerte bereitgestellt. Die Werte sind analog zu den stationären Sektoren in CO₂-Äquivalenten (CO₂, CH₄, N₂O) inkl. Vorkette der Energieträgerbereitstellung angegeben. Im Folgenden werden diese, aus Gründen der Lesbarkeit, synonym vereinfacht als CO₂ bezeichnet.

Nicht bilanziert werden:

- nichtenergetische Emissionen, wie z.B. aus der Landwirtschaft oder aus Industrieprozessen
- graue Energie, die z.B. in konsumierten Produkten steckt und Energie, die zur Befriedigung der Bedürfnisse der Bürger außerhalb der Stadtgrenzen benötigt wird

Weitere Informationen zur Bilanzierungsmethodik finden sich in den „Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland“¹⁶. Die detaillierte Bilanz ist unter www.klimaschutz-planer.de einsehbar.

5.2 Datenquellen

Durch den KSP sind bereits einige kommunale Daten wie z.B. Einwohner- und Beschäftigtenzahlen, Kfz-Fahrleistungen sowie die Emissionsfaktoren vorgegeben. Für die Erstellung der Energie- und CO₂-Bilanz der UHGW wurden weitere Daten wie z.B. Angaben zu den Fahrleistungen nach Verkehrsmitteln, der Strom-, Gas- und Fernwärmeabsatz, der Verbrauch (Strom/Wärme) kommunaler Einrichtungen und kommunaler Infrastruktur (Straßenbeleuchtung) sowie die lokal erzeugten Energiemengen an Strom (Gesetz zum Ausbau erneuerbarer Energien – EEG) eingearbeitet.

Je nach Herkunft und Qualität der Information ergibt sich für jede Datenquelle eine entsprechende Datengüte (0-1). Um Datenlücken zu vermeiden und die deutschlandweite Vergleichbarkeit der Methodik aufrecht zu erhalten, werden in Bereichen, für die keine spezifischen Daten vorliegen, bundesweite Durchschnittswerte heruntergebrochen. Dies entspricht einer eher mäßigen Datengüte von 0,25. Direkt vor Ort erhobene Daten, die einen sehr hohen Wahrheitsgehalt aufweisen, entsprechen einer Datengüte von 1,0.

In Tabelle 15 sind die für die Energie- und CO₂-Bilanz verwendeten Daten sowie deren Quellen aufgelistet.

Tabelle 15 Quellen und Inhalt der Bilanzierungsdaten

Datenquelle	Inhalt	Berücksichtigte Sektoren	Datengüte
Stadtwerte Greifswald GmbH	<ul style="list-style-type: none"> Energieabsatz im Versorgungsgebiet (Strom, Gas, Fernwärme) Informationen über Erzeugerstätten und Versorgungsnetze EEG Anlagen im Netzgebiet Jahresfahrleistung und technischen Spezifikationen der Linienbusse 	HH GHD IND KE	1,0
Universität Greifswald	<ul style="list-style-type: none"> Energieverbrauch (Strom) Energieverbrauch (Wärme) Eigene Erzeugung Verwendete Energieträger 	GHD	1,0

¹⁶ IFEU 2014

Datenquelle	Inhalt	Berücksichtigte Sektoren	Datengüte
Klinikum Greifswald	<ul style="list-style-type: none"> Energieverbrauch (Strom) Energieverbrauch (Wärme) Eigenen Erzeugung Verwendetet Energieträger 	GHD	1,0
Stadtverwaltung UHGW	<ul style="list-style-type: none"> Energieverbrauch (Strom) Energieverbrauch (Wärme) Eigenen Erzeugung Verwendetet Energieträger 	KE	1,0
Wohnungsunternehmen (WVG/WGG)	<ul style="list-style-type: none"> Energieverbrauch (Strom) Energieverbrauch (Wärme) Eigenen Erzeugung Verwendetet Energieträger 	HH GHD	1,0
Kleinfeuerungsanlagen-Kataster (KFAK)	Ableitung von Verbräuchen (Heizöl, Festbrennstoff etc.) nichtleitungsgebundener Gebäude über Kennzahlen der Schornsteinfeger	HH GHD IND	0,5
Förderprogramme (BAFA, MAP)	Ermittlung für verschiedene Energieträger anhand von den Förderungen im Zeitrahmen des Förderprogramms für Gesamtkommune	HH GHD	0,5
Wärme-Kataster	Ableitung von Verbräuchen für HH und GHD auf Basis von Gebäudetypologien und berechneten Bedarfen	HH GHD IND	0,5
Kommunale Konzepte	Ermittlung von Kennzahlen oder Ableitungen von Strukturen und Verbräuchen aus vorhergehenden Untersuchungen	HH GHD IND	0,5
Statistiken	Ableitung von Kennzahlen aus Statistiken der Stadt, des Landes oder des Bundes	HH GHD IND KE	0-0,25
Literatur	Ableitung von Kennzahlen und Annahmen aus wissenschaftlichen Studien, Forschungsberichten oder Artikeln	HH GHD IND KE	0,25-0,5
Sonstiges	Ableitung von Kennzahlen und Annahmen aus Melderegistern oder Anlagenlisten	HH GHD IND KE	0,5

Die Datengüte der resultierenden Bilanz liegt zwischen 0,75 und 1. Für die Bilanzierung des Bezugsjahres 1990 wurden die meisten Informationen aus dem Energieversorgungskonzept der UHGW aus dem Jahre 1991 von der Firma Energieplan in Verbindung mit Recherchen

und Erfahrungswerten ermittelt¹⁷. Fehlende Daten werden vom Klimaschutzplaner aus hinterlegten Statistiken runtergerechnet. Die Datengüte liegt in diesem Fall zwischen 0,25-0,5.

5.3 Ergebnisse

Tabelle 16 Endenergieverbrauch (EEV) in MWh und THG-Emissionen in t im Vergleich 1990 und 2015 nach Sektoren, witterungsbereinigt

Sektor	1990		2015		Saldo THG		Saldo EEV	
	THG	EEV	THG	EEV	Absolut	[%]	absolut	[%]
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	152.520	287.631	114.241	266.863	-38.279	-25,1%	-20.768	-7,2%
Industrie	44.185	92.003	11.051	37.513	-33.135	-75,0%	-54.490	-59,2%
Kommunale Einrichtungen	34.602	62.226	5.427	16.846	-29.176	-84,3%	-45.380	-72,9%
Private Haushalte	234.897	473.370	115.355	448.202	-119.542	-50,9%	-25.168	-5,3%
Verkehr	51.840	154.853	65.789	209.779	13.949	26,9%	54.926	35,5%
Gesamt	518.045	1.070.084	311.862	979.203	-206.183	-39,8%	-90.880	-8,5%

Die UHGW emittierte im Jahre 1990 mit 66.251 Einwohnern ca. 518.000 t CO₂ bei einem Endenergieverbrauch (EEV) von etwas über einer Million MWh. Im Jahre 2015 mit 57.286 Einwohnern waren es etwa 312.000 t CO₂ bei ca. 979.000 MWh Endenergieverbrauch (Tabelle 16 in Verbindung mit Abbildung 6 und Abbildung 7).

Das entspricht einem Rückgang von 39,8% bei den Treibhausgasemissionen (THG) und 8,5% beim Energieverbrauch. Pro Kopf sind die Emissionen von 7,8 t auf 5,44 t (-30,4 %) gesunken. Der spezifische Endenergieverbrauch hingegen ist von 16,2 MWh/Ew. auf 17,1 MWh/Ew. (+5,8 %) gestiegen.

Die größten Einsparungen sind in den Sektoren „Industrie“ und „Kommunale Einrichtungen“ zu verzeichnen und hauptsächlich auf den Rückgang industrieller Produktion im Stadtgebiet und Umstrukturierungen in der kommunalen Verwaltung zurückzuführen. Insbesondere die seit 2010 verstärkt getätigten Optimierungen im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) tragen entscheidend zur stetigen Reduzierung des kommunalen Energiebedarfs bei.

Der Motorisierungsgrad der Bevölkerung ist seit 1990 stark gestiegen. Das spiegelt sich in den steigenden Zahlen des Verkehrssektors wieder. Den größten Anteil am Energiebedarf und den Emissionen hat dabei der motorisierte Individualverkehr (siehe Abbildung 38 und Abbildung 39). Auf den öffentlichen Verkehr (Stadt-, Regional- und Fernverkehr) entfallen lediglich ca. 3 % des Energiebedarfes sowie der Emissionen.

¹⁷ UHGW 1991

Der überwiegende Teil des Energiebedarfes wird durch den Verbrauch von Kraftstoffen gedeckt. Der Anteil des elektrischen Stromes ist mit unter 1 % aktuell gering.

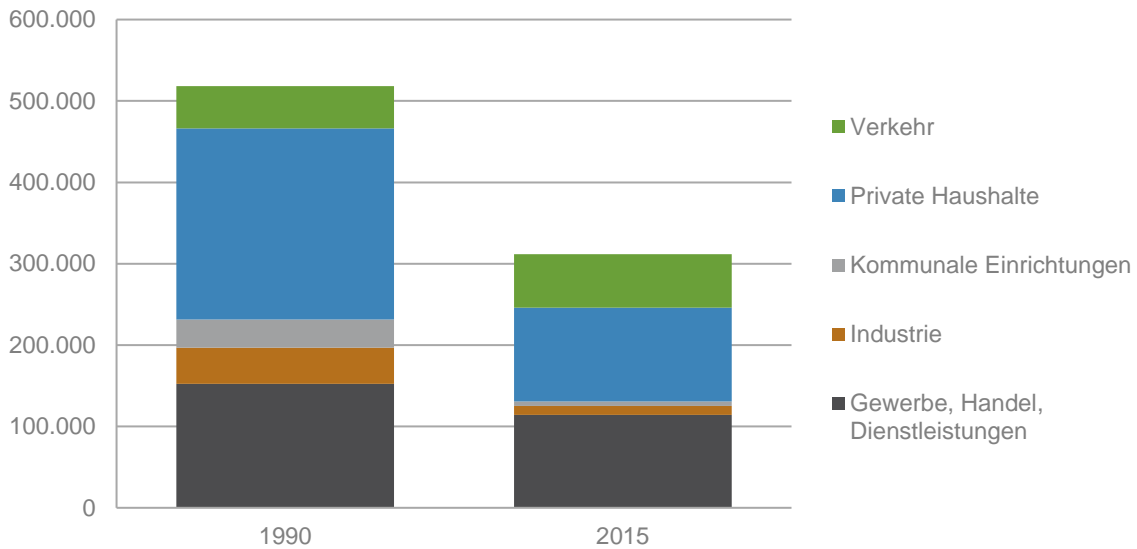


Abbildung 6 THG-Emissionen Vergleich 1990 und 2015 nach Sektoren in t CO₂

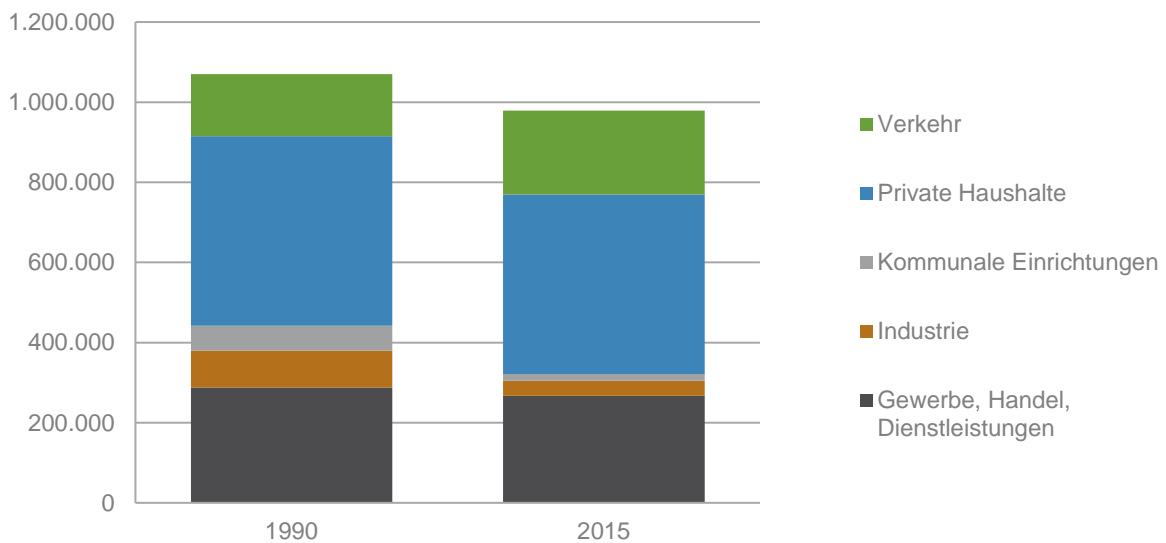


Abbildung 7 Endenergieverbrauch Vergleich 1990 und 2015 nach Sektoren in MWh/a

Beim Blick auf die verwendeten Energieträger fällt auf, dass sich vor allem die Struktur verändert hat. Aktuell kommen weit mehr Energieträger als 1990 zum Einsatz. Insbesondere im Wärmebereich sind erneuerbare Energieträger hinzugekommen. Zudem gab es eine Substituierung von Braunkohle hauptsächlich durch Erdgas. Im Verkehrssektor hat sich die Verteilung der Kraftstoffe zugunsten von Dieselmotoren verschoben. Alternative, vor allem fossile Gaskraftstoffe sind in geringen Mengen präsent.

Der Endenergieverbrauch bei der Fernwärme hat stark abgenommen. Das ist vor allem auf die bereits erwähnten Reduktionen in den einzelnen Sektoren (außer Verkehr) zurückzuführen in Verbindung mit einer stetigen energetischen Sanierung des Gebäudebestandes.

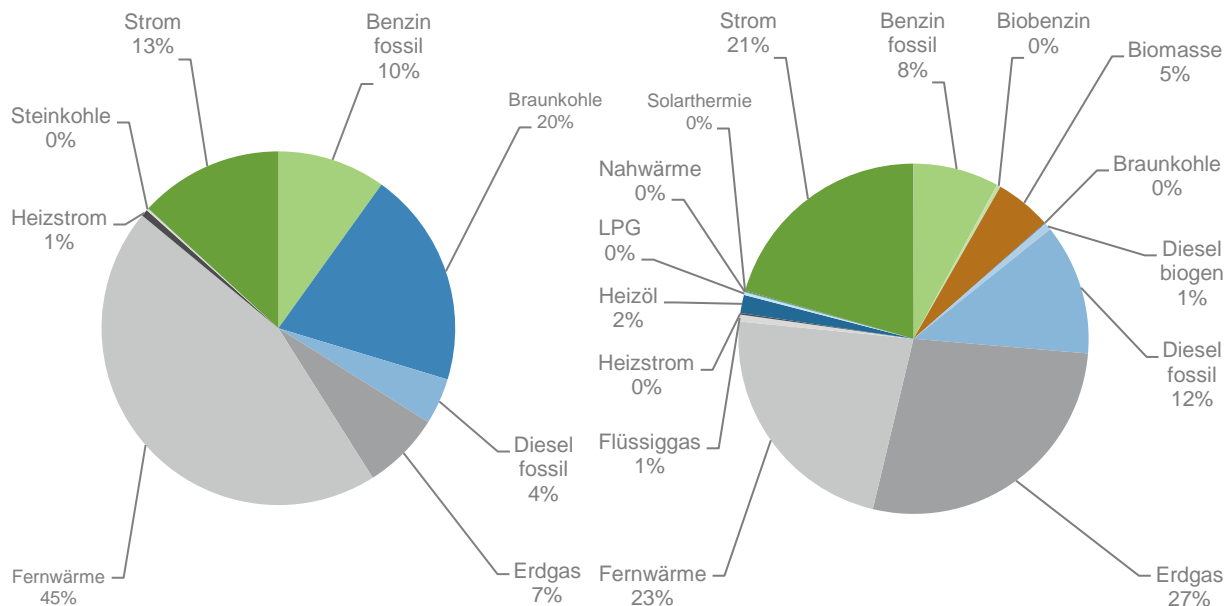


Abbildung 8 Endenergieverbrauch 1990 (links) und 2015 (rechts) nach Energieträgern

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Energieversorgung der UHGW in hohem Maße von Erdgas bestimmt wird. Es wird vor Ort entweder direkt zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser genutzt oder indirekt in Verbindung mit der gleichzeitigen Erzeugung von elektrischer Energie im Fernwärmenetz verwendet. Dank sehr hoher Effizienzsteigerungen in diesem Bereich, sind die damit verbundenen Emissionen stark gesunken.

Im Verkehrsbereich sind die Emissionen durch eine Zunahme des MIV und des Güterverkehrs mit seinem hohen Dieselanteil stark gestiegen. Der Stromverbrauch ist sowohl gesamt als auch pro Kopf gestiegen. Die spezifischen Emissionen des bundesdeutschen Strommixes sinken jedoch.

5.4 THG-Bilanzierung außerhalb des BSKO Standards

Nichtenergetische Emissionen werden im oben beschriebenen BSKO-Standard nicht bilanziert. Dennoch soll auf Moorstandorte als Greifswalder Besonderheit speziell eingegangen werden.

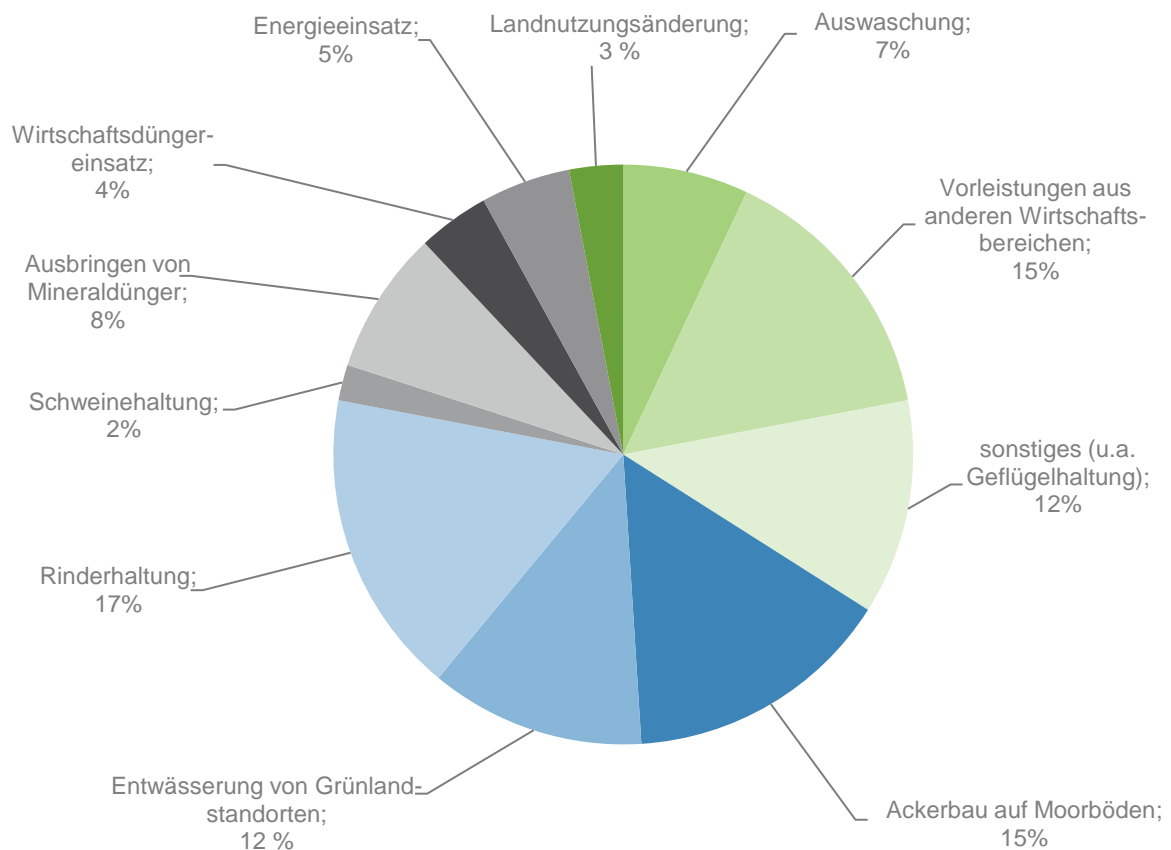


Abbildung 9 Anteil der Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft Deutschlands ohne Importfuttermittel in CO₂ nach Hirschfeld, J. et al., 2008

Abbildung 9 zeigt die verschiedenen Treibhausgas-Emissionsquellen der deutschen Landwirtschaft. Während der Großteil der Quellen nicht im direkten Einflussbereich der UHGW liegen, so sind bei Vernachlässigung der Rinderhaltung mit Abstand die meisten Emissionen auf die Entwässerung von Grünland und den Ackerbau auf Moorböden zurückzuführen.

Im Stadtgebiet der UHGW liegen 859 ha Moorflächen (nach Moorbodenkarten). Davon werden 510 ha landwirtschaftlich genutzt (96 ha Ackerbau und 414 ha Dauergrünland).

Ausschlaggebend für die auftretenden CO₂-Emissionen der Flächen ist der Wasserstand. Je tiefer Moorflächen entwässert sind, desto höher fallen deren Treibhausgasemissionen aus. Basierend auf Daten von Wilson¹⁸ können 38 t CO₂ pro Hektar und Jahr für Ackerflächen auf Moorböden und 25 t pro Hektar und Jahr für Grünlandflächen angenommen werden. Daraus ergeben sich für die UHGW geschätzte jährliche Treibhausgasemissionen von ca. 14.000 t/a CO₂. Weitere Emissionen sind für die verbleibenden Flächen anzusetzen (geschätzt 3.500 t/a CO₂). Somit sind die Moorflächen in der UHGW für etwa 4-5 % der der gesamten Treibhausgasemissionen der Stadt verantwortlich. Das Einsparpotential liegt für die Greifswalder Ackerflächen (nach Wiedervernässung) bei ca. 25 t CO₂ pro Hektar und Jahr, bei Grünland bei 5-20 t CO₂ pro Hektar und Jahr. Je nach Annahme wieviel Flächen in der Praxis wieder-

¹⁸ Wilson (2016)

vernässt werden können, lässt sich somit herausstellen, dass dies mehrere 1.000t CO₂- pro Jahr sein können und somit nicht vernachlässigbar ist.

Zudem sind theoretisch alle landwirtschaftlich genutzten Moorstandorte für die Produktion von Festbrennstoffen für eine thermische Verwertung geeignet. Um die anvisierten Klimaschutzziele zu erreichen, kommen jedoch nur nasse oder wiedervernässte Moorstandorte für eine Bewirtschaftung in Paludikultur in Frage.

6 Potenziale Erneuerbare Energien

Für eine Reduktion des Treibhausgasausstoßes sowie einer Erhöhung der Eigenversorgung durch zunehmend regenerative Energiequellen werden die entsprechenden Potenziale untersucht. Als Primärenergieträger für eine städtische Versorgungsmöglichkeit werden Solarstrahlung, Windenergie und Biomasse betrachtet. In den folgenden Ausführungen wird das theoretisch sinnvoll nutzbare bzw. technische Potenzial der einzelnen regenerativen Energieträger dargestellt. Das wirtschaftlich umsetzbare Potenzial muss standortbezogen, individuell ermittelt werden.

6.1 Solarenergie

Das solare Potential wird sowohl thermisch als auch elektrisch ausgewiesen. Dabei wird zuerst auf das elektrische Potential durch Solarzellen auf Häusern eingegangen. Eine mögliche Integration in Gebäudefassaden wird hier nicht betrachtet, da in der UHGW keine akute Restriktion von Aufstellungsorten herrscht. Zudem ist kein Konkurrenzverhalten der solarthermischen Technologie gegenüber der Photovoltaik abgebildet.

6.1.1 Methodik

Das solare Potenzial auf kommunaler Ebene wurde im Rahmen einer Masterarbeit (s. Blauhut 2016) für die UHGW bestimmt. Als Datengrundlage dienen Geodaten des Landesamts für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern. Diese liegen in dem Format City GML und 3D/2D Shapes vor. Für die Bestimmung des solaren Potenzials wurden diese in ArcGIS weiterverarbeitet. Zum Einsatz kam das Toolset Solar Analyst in ArcView von ESRI. Die Klassifizierung von 3D Gebäudemodellen erfolgt in vier Detaillierungsstufen. Diese werden mit LODx (Level of Detail) abgekürzt, wobei der Buchstabe x Platzhalter für einen ganzzahligen Wert zwischen 1 und 4 darstellt. LOD1-Modelle liegen als Blockmodelle vor, aus welchen die Gebäudekanten hervorgehen. Bei LOD2-Modellen sind Informationen über die Dachform enthalten. LOD3-Modelle verfügen über weitere architektonische Merkmale der Außenhülle wie beispielsweise Fenster. LOD4 Modelle geben Aufschluss über Innenräume und Etagen des Gebäudes. Die zur Verfügung gestellten Daten liegen in LOD2-Auflösung vor. Dadurch kann ein dachflächenspezifischer solarer Ertrag zugeordnet werden. Verschattungseffekte konnten aufgrund der LOD1-Struktur für jedes vorhandene Gebäude berücksichtigt werden. Die Potenziale werden als Rasterflächen mit einer Auflösung von 1 m auf 1 m errechnet. Insgesamt wurden rund 41.000 Dächer betrachtet, von denen etwa ¼ Flachdächer sind. Bei Flachdächern werden die Solarzellen durch Aufständigung in Ihrem Winkel gegenüber der Sonne eingestellt. Dabei wurde nicht der Winkel für den maximalen Ertrag eines Solarpanels

mit 35° gewählt, da hierbei die gegenseitige Verschattung der Panels groß ist. Daher wurde ein etwas flacherer Winkel von 20° gewählt¹⁹.

6.1.2 Solarkataster

Die Untersuchung ergibt ein gesamtes solares Einstrahlungspotenzial über alle Dachflächen der UHGW. Abbildung 10 veranschaulicht das Ergebnis. Dabei zeigen rot eingefärbte Dachflächen ein gutes solares Potenzial von über 850 kWh/m² und Jahr. Verschattete oder nach Norden ausgerichtete Dächer weisen immerhin einen Ertrag von bis zu 400 kWh/m² und Jahr auf. Grund hierfür ist der recht hohe Anteil an diffuser Strahlung. Für die Potenzialanalyse wurden alle im LOD2-Datensatz vorhandene Gebäudedächer genutzt. Die gesamte jährliche Globalstrahlung über alle Häuserdächer beträgt 2.124 GWh. Eine Heatmap (Abbildung 10) zeigt, wie gut ein Standort für die Nutzung von solarer Strahlung geeignet ist. Da es sich hierbei um ein theoretisches Potenzial handelt und sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch die Anzahl an denkmalgeschützten Objekten noch nicht einbezogen wurde, wird im nächsten Kapitel ein aktuell gültiges ökonomisches Potenzial ermittelt.

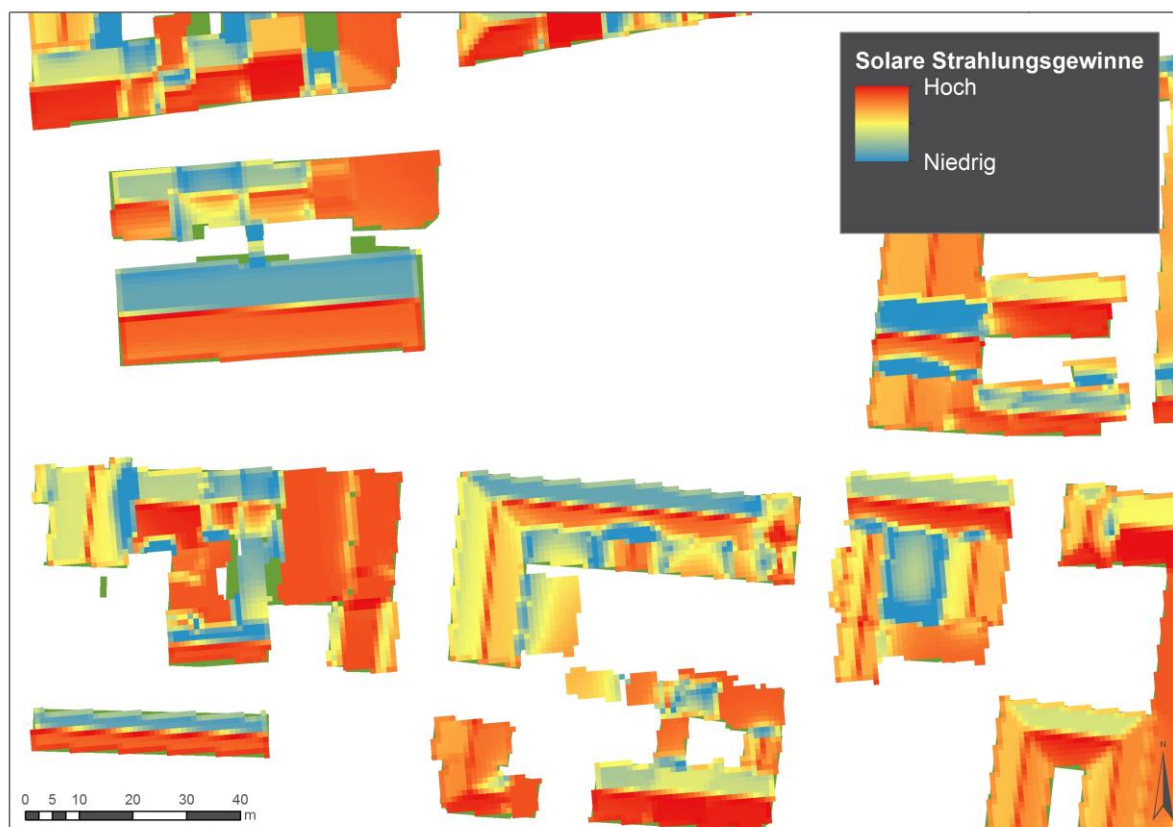


Abbildung 10 Auszug aus dem Solarkataster der UHGW

¹⁹ Mertens 2015

6.1.3 PV-Anlagen

Die Systemkosten (S) einer Photovoltaik (PV) Anlage werden als pauschaler Wert mit 1.300 €/kWp angesetzt²⁰. Die wirtschaftliche Lebensdauer (n) einer PV Anlage wird zu 20 Jahren angenommen. Zur wirtschaftlichen Berechnung wird die Annuitätenmethode²¹ verwendet. Es wird mit 5 % Verzinsung (i) des Eigenkapitals gerechnet sowie mit Instandhaltungskosten (k) von 1,5 % der Investitionssumme. Ein ähnliches Vorgehen wurde bereits vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in einer kürzlich veröffentlichten Studie genutzt²².

Mit Formel 1 wird dabei die Annuität (a) ermittelt:

$$a = \left(S \cdot \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + S \cdot k \right) \quad \text{Formel 1}$$

Über die Gesamte Anlagenlaufzeit ergeben sich somit Kosten (K) für die Installation einer Anlage mit 1 kWp in Höhe von

$$K(20 a) = \left(1.300 \text{ €} \cdot \frac{0,05 \cdot (1 + 0,05)^{20}}{(1 + 0,05)^{20} - 1} + 1.300 \text{ €} \cdot 0,015 \right) \cdot 20 = 2.470 \text{ €} \quad \text{Formel 2}$$

Bei einem wirtschaftlichen Betrieb müssen diese Kosten durch den Ertrag über die Laufzeit von 20 Jahren gedeckt werden. Im nächsten Schritt wird berechnet, wieviel Strom durch die Solaranlage erzeugt werden muss, um diese Kosten zu decken. Es wird hierfür überschlägig davon ausgegangen, dass 38 % des erzeugten Stroms selbst genutzt werden können und 62 % mit der aktuellen EEG Vergütung in das öffentliche Netz eingespeist werden. Dabei wird von einem Strompreis von 0,25 €/kWh und einer EEG Vergütung von 0,12 €/kWh ausgegangen. Für den selbstverbrauchten Strom werden Umsatzsteuern in Höhe von 19 % fällig²³.

Der gemittelte Gewinn (G) pro erzeugter kWh Strom berechnet sich unter diesen Annahmen gemäß folgender Formel:

$$G = 0,25 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot 0,38 \cdot (1 - 0,19) + 0,12 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot 0,62 = 0,15 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \quad \text{Formel 3}$$

Siliziumsolarzellen neigen zu einer jährlichen Degradation von 0,5 %²⁴. Dadurch verringert sich der Ertrag der Solarzellen über 20 Jahre gemittelt um 4,6 %. Um einen wirtschaftlichen Standort zu bestimmen, wird der benötigte mittlere solare Ertrag (E) den Gesamtkosten (K) gegenübergestellt. Der mittlere solare Ertrag (E), welcher von einer Anlage pro installierter Nennleistung kWp auf 20 Jahre erzeugt werden muss, beträgt damit:

²⁰ Fraunhofer ISE (2016a)

²¹ „Die Annuitätenmethode ist ein Verfahren der klassischen, dynamischen Investitionsrechnung. Der Kapitalwert einer Investition wird auf die Nutzungsdauer so verteilt, dass die Zahlungsfolge aus Einzahlungen und Auszahlungen in die sogenannte Annuität umgewandelt wird. Im Gegensatz zum Kapitalwert wird also nicht der Gesamtzielwert ermittelt, sondern der Zielwert pro Periode.“ (Zitat: Wikipedia, Quelle: Klaus Olfert: Investition, 9. Auflage, Friedrich Kiehl Verlag, 2003, ISBN 3-470-70479-1, S. 238)

²² Fraunhofer ISE (2016b)

²³ M. Huber et al. (2013)

²⁴ D. C. Jordan, S. R. Kurtz (2012)

$$E = \frac{2470 \text{ €}}{0,15 \text{ €/kWh} \cdot 20 \text{ a} \cdot 0,954} = 867 \text{ kWh/a} \quad \text{Formel 4}$$

Legt man diesen Wert als Grenzwert für die Wirtschaftlichkeit von Dachflächen in der UHGW fest, sind damit 19.873 Dächer (u) demnach als wirtschaftlich für Solarzellen anzusehen. In Abbildung 11 sind die Einstrahlungswerte pro Hausdach ihrer Größe nach absteigend aufgetragen. Die Grüne Linie stellt den wirtschaftlichen Grenzwert von 867 kWh/a dar. Sollten die Preise für die Anlagen sinken, so kann auch diese Grenze nach unten verschoben werden und weitere Dachflächen werden geeignet. Im letzten Schritt wird die gesamte Dachfläche mit wirtschaftlichen Anlagen bestimmt. Dazu wird ermittelt, wie viel kWp pro Dach installiert werden können. Dazu wird davon ausgegangen, dass eine kWp Anlage 10 m² Dachfläche benötigt. Anschließend wird jede wirtschaftliche Dachfläche (d) mit dem entsprechenden jährlichen Ertrag multipliziert und durch die benötigte Dachfläche von 10 m² geteilt. Um der Verminderung durch Denkmalsgeschützte Gebäude sowie technischer Restriktionen Rechnung zu tragen, wird das Potential mit einem Minderungsfaktor von 0,8 beaufschlagt.

$$PV_{ges} = \sum_1^u \frac{d_u \cdot E_u}{10 \text{ m}^2} \cdot 0,8 = 93.309.188 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \quad \text{Formel 5}$$

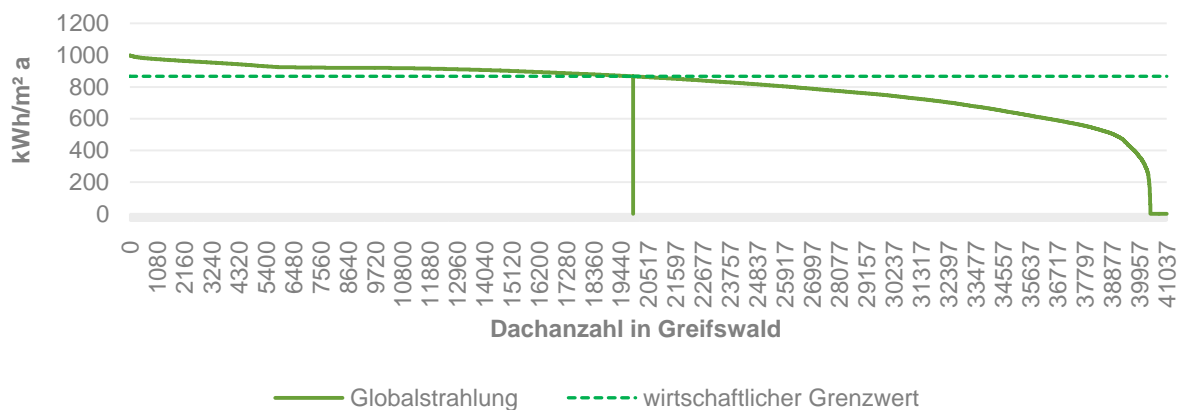


Abbildung 11 Jährliche Solareinstrahlung auf die Hausdächer der UHGW – absteigend sortiert.

Dies entspricht einer jährlichen Strommenge von etwa 93 GWh. Bilanziell können somit in etwa 47 % des jährlichen Strombedarfs der UHGW gedeckt werden.

6.1.4 Solarthermie

Neben PV-Anlagen ist die Installation von Solaranlagen möglich. Damit wird die Sonnenenergie in Form von Wärme nutzbar gemacht. Obwohl in der Praxis eine Flächenkonkurrenz zwischen PV-Anlagen und Solarkollektoren vorliegt, wird in dieser Betrachtung wieder das theoretische Potenzial für Wärmenutzung ohne Berücksichtigung des Nutzungskonfliktes betrachtet. Praktisch kann folglich eine gegebene Dachfläche entweder elektrisch oder thermisch oder kombiniert zu geeignet gewählten Flächenanteilen genutzt werden.

$$\sum_{i=1}^{i=19.873} A_{Dach,i} \cdot E_i = 506 \text{ GWh} \quad \text{Formel 6}$$

Der energetische Anteil an Direktstrahlung auf allen Häuserdächern in der UHGW beträgt 1.032 GWh. Berücksichtigt man nur die 19.873 Dachflächen, die das Wirtschaftlichkeitskriterium für die PV-Anlagen erfüllen, so verringert sich dieser Wert auf 506 GWh. Dabei entspricht i der Anzahl der Dächer, A_{Dach} den Dachflächen und E_i dem Einstrahlungswert. Das Strahlungspotenzial wird zudem verringert durch folgende Effekte (grob geschätzte Beiwerte in Klammern):

- nutzbare Gebäude unter Ausschluss ungeeigneter oder denkmalgeschützter Objekte 80 %
- nutzbare Wärme nach Abzug der Verluste in Kollektor, Röhren und Pufferspeichern 70 %.

Zusammen lassen diese Effekte das technisch realisierbare Potenzial für solarthermische Nutzung in einer Größenordnung liegen um:

$$506 \text{ GWh} \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 506 \text{ GWh} \cdot 0,56 = 283 \text{ GWh} \quad \text{Formel 7}$$

Der Endenergieverbrauch für Warmwasserbereitung liegt bei knapp 67 GWh im Jahr 2008²⁵. Mit 283 GWh steht das technische Potential weit über dem Warmwasserbedarf. Jedoch unterscheiden sich Verfügbarkeit und Bedarf in ihrem zeitlichen Auftreten signifikant. Aus diesem Grund müssen hier Speichersysteme installiert werden um die zeitliche Verschiebung zu einem gewissen Grad zu kompensieren. Bei ausschließlicher Nutzung des Brauchwassers reichen meist wenige 100 l Speichervolumen aus. Bei Heizungsunterstützung steigen die Speichervolumina bis in den vierstelligen Bereich. Mit steigender Eigenbedarfsdeckung werden jedoch größere Wärmespeicher benötigt.

6.2 Kleinwindanlagen

Im derzeitigen „Regionalen Raumentwicklungsprogramm Vorpommern Entwurf 2015“ (RREP) wurden 54 Eignungsgebiete für Windparks ausgewiesen. Die UHGW liegt in keinem dieser Gebiete. Daher ist kein Windpotenzial aus Großwindenergieanlagen zu erwarten. In näherer Umgebung um die UHGW sind die Gebiete 10/2015, 11/2015 sowie 13/2015 ausgewiesen²⁶. Allerdings sind die nächsten zwei Gebiete weiterhin etwa 10 km vom Stadtzentrum (Nördlich von Böken und östlich von Poggendorf) entfernt. Daher wird im nächsten Schritt das Potenzial von Kleinwindanlagen innerhalb der UHGW untersucht.

Innerhalb des Programms ArcMap ist eine 3D-Gebäudedatenbank vorhanden, in der alle Dachflächen dreidimensional dargestellt werden. Hinter einem Windhindernis entsteht ein turbulenter Strömungsbereich der Luftmassen. In diesem Bereich findet eine Änderung der Windrichtung statt und damit eine starke Abnahme der kinetischen Energie. Diese energie-

²⁵ UHGW 2010, Tab. 5

²⁶ vgl. Regionaler Planungsverband Vorpommern 2015a, 2015b

armen und verwirbelten Luftmassen können von Windkraftanlagen kaum genutzt werden. Diese Verwirbelungen treten in Hauptwindrichtung hinter einem Hindernis in 20-facher Höhe des Hindernisses auf²⁷. Die durchschnittliche Höhe eines Gebäudes in der UHGW beträgt 11,5 m. Hinter einem durchschnittlichen Gebäude in der UHGW entstehen Verwirbelungen in einer Länge von 230 m. Die Hauptwindrichtung in der UHGW ist Westen²⁸. Für jedes Gebäude werden diese Windturbulenzen simuliert. Hierfür wird der geometrische Schwerpunkt einer jeden Dachfläche als Punkt erstellt. Die Punktdaten werden dupliziert und um 230 m nach Osten verschoben. Die jeweiligen Punkte der einzelnen Dächer werden mit einer Linie verbunden. Dadurch entsteht eine Linie mit der Länge der Turbulenzen, siehe Abbildung 12. Die Linien werden mit den Dachflächen räumlich verschnitten. Jede Dachfläche, die von einer Linie einer anderen Dachfläche geschnitten wird, ist ungeeignet, da diese Dachfläche im Windschatten einer anderen Dachfläche liegt. In Abbildung 12 sind nach Ausschluss der ungeeigneten Dachfläche die für Kleinwindkraftanlagen geeigneten übrigen Dächer dargestellt.

In der UHGW sind 2.644 Dachflächen vorhanden, die nicht im Windschatten eines anderen Daches liegen. In der UHGW liegt die mittlere Windgeschwindigkeit in einer Höhe von 10 m bei 4,6 m/s. Die Daten über die mittlere Windgeschwindigkeit stammen vom Deutschen Wetterdienst und zeigen die mittleren jährlichen Windverhältnisse. In Mecklenburg-Vorpommern gibt es im Mittel 24 Sturmtage und 2 windstille Tage im Jahr²⁹. Bei der Energiebetragsrechnung für Windenergieanlagen sind die Windgeschwindigkeit und die Windverteilung wichtige Einflussgrößen. In der Regel finden Windmessungen am Standort statt, damit umfangreiche Messreihen vorliegen³⁰.

Das Potenzial der Kleinwindanlagen in der UHGW wird überschlägig anhand der mittleren Windgeschwindigkeit und einer Referenzanlage ermittelt. Die Referenzanlage der Firma Sonnenwindanlagen GmbH hat die Produktbezeichnung „Biotec BVT 1,5“ und eine Leistung von 1,5 kW³¹. Aus dem Leistungsdiagramm der Anlage ist bei einer Windgeschwindigkeit von 4,6 m / s eine Leistung von 270 W abzulesen. Der Energiebetrag (E) lässt sich mit Hilfe der Leistung (P), der Zeit (t) und dem Wirkungsgrad (η) des Wechselrichters von 96,1 % berechnen. Für ein Jahr lässt sich ein Ertrag von 2.273 kWh/a ermitteln:

$$E = 0,27 \text{ kW} \cdot 8.760 \text{ h/a} \cdot 0,961 = 2.273 \text{ kWh/a} \quad \text{Formel 8}$$

Für alle Gebäude der Stadt ergibt sich folgendes Potenzial:

$$2.273 \text{ kWh/a} \cdot 2.644 = 6,01 \text{ GWh/a} \quad \text{Formel 9}$$

Das gesamte Energiepotenzial für die 2.644 Dächer beträgt 6,01 GWh/a. Zum Vergleich: In Mecklenburg-Vorpommern standen 2013 1.788 große Windenergieanlagen, diese produzierten 3.688 GWh/a. Eine Windenergieanlage in Mecklenburg- Vorpommern produziert im Jahr durchschnittlich 2,1 GWh Strom³². Die Kosten der Referenzanlage (ohne Mast) belaufen sich auf 8.710 €, die Montage kostet 1.400 €³³. Insgesamt also 10.110 € zzgl. 19 % MwSt. Bei

²⁷ C.A.R.M.E.N. e.V. (2013)

²⁸ M-V LUV (2009)

²⁹ Helmholtz (2014)

³⁰ R. Schmelmer et al. (2014)

³¹ Sonnenwindanlagen (2016)

³² BWE (2013)

³³ Vertikale Kleinwindanlagen in Bayern 2014

einer Nutzungsdauer von 20 Jahren und einem Zinssatz von 5 % ergibt sich eine Annuität von 811 €/a. Die Betriebskosten beinhalten Wartungs- und Verwaltungskosten und belaufen sich auf 200 €/a³⁴. Die Stromgestehungskosten liegen bei 44 ct/kWh. Zum Vergleich bei großen Windkraftanlagen liegen die Stromgestehungskosten zwischen 5,3 ct/kWh und 9,6 ct/kWh³⁵.

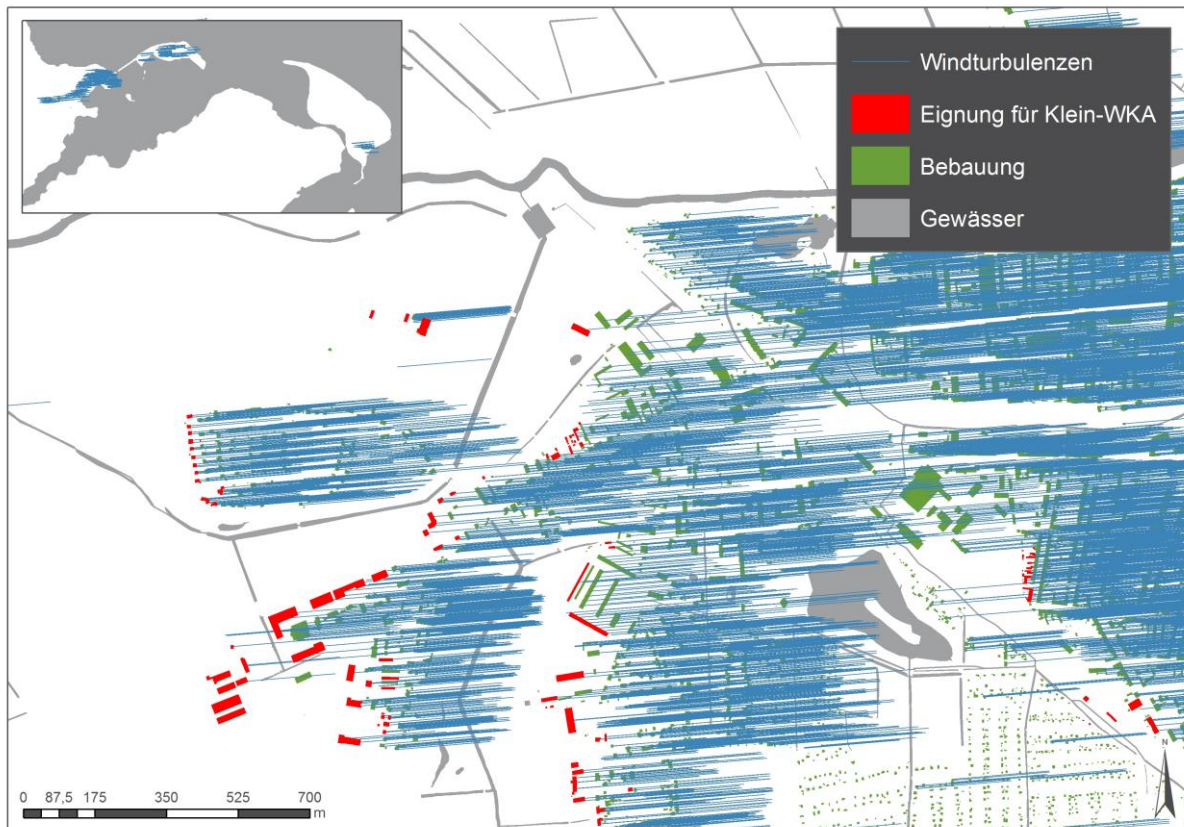


Abbildung 12 Turbulenzen hinter Gebäuden und geeignete Dachflächen für Kleinwindanlagen

6.3 Biomasse

Biomasse mit einem niedrigen Wassergehalt (z. B. Holz oder Stroh) wird für die direkte Verbrennung genutzt. Die erzeugte Wärme kann zum Heizen verwendet werden. In Biomasseheizkraftwerken wird mit der erzeugten Wärme Wasser verdampft. Der Dampf treibt eine Turbine mit einem Generator an, sodass Strom erzeugt werden kann.

Halmgutartige und krautige Biomasse mit einem hohen Wassergehalt wird meist in einer Biogasanlage zu Methan umgewandelt. Die Biomasse wird innerhalb eines Fermenters anaeroben vergoren. Das entstehende Biomethan kann sehr flexibel im Strom- Wärme oder Kraftstoffmarkt eingesetzt werden. Häufig wird das Methan an der Biogasanlage mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW) in Strom und Wärme umgewandelt.

³⁴ R. Schmelmer et al. (2014)

³⁵ Deutsche WindGuard (2015)

6.3.1 Halmgutartige und krautige Biomasse

Laut dem statistischen Amt Mecklenburg-Vorpommern werden in MV folgende Feldfrüchte angebaut:

- Getreide zur Körnergewinnung
- Ölfrüchte zur Körnergewinnung (z. B. Raps)
- Hackfrüchte (Kartoffeln und Zuckerrübe)
- Hülsenfrüchte zur Körnergewinnung (z. B. Erbsen)
- Pflanzen zur Grünernte

Bei den ersten vier Arten von Feldfrüchten fallen Reststoffe an, die energetisch genutzt werden können. „Pflanzen zur Grünernte“ werden komplett geerntet dabei fallen keine Reststoffe an³⁶.

Getreidestroh

Bei der Ernte von Getreide zur Körnergewinnung fällt Stroh an. Der größte Teil des Strohs verbleibt bei der Getreideproduktion auf dem Feld, dies ist zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit sinnvoll. In Deutschland können pro Hektar 1,2 bis 2 t Stroh zur Energieerzeugung nachhaltig genutzt werden, ohne dass die Bodenfruchtbarkeit abnimmt³⁷. Getreidestrohballen mit einem Wassergehalt von 15 % haben einen Energiegehalt von 3,96 kWh/kg³⁸.

Ölsaatenstroh

Nach Getreide zählen Ölsaaten zu den am meisten verbreiteten Kulturen in Europa. In Mecklenburg-Vorpommern wurde 2014 fast ausschließlich die Ölsaat Winterraps angebaut³⁹. In Deutschland fällt beim Winterraps durchschnittlich ein Ertrag von 3,95 t / (ha a) Ölsaat und 10 t / (ha a) Rapsstroh an. Bei der Ernte wird das Rapsstroh stark zerkleinert, wodurch nur 50 % bis 80 % des Strohs geborgen werden können, der Rest verbleibt auf dem Feld. Tatsächlich können 6 bis 8 t / (ha a) Rapsstroh geborgen werden. Zum Erntezeitpunkt haben die dicken Rapsstängel einen relativ hohen Wassergehalt von ca. 50 %, dies macht eine Nachtrocknung des Rapsstrohs auf dem Feld nötig⁴⁰. Wird das Rapsstroh getrocknet, sodass es einen Wassergehalt von 15 % hat, verliert es 35 % an Gewicht. Für die Berechnung des Energiegehaltes von Rapsstroh wird der Wert von Halmgut (4,0 MWh/t) angenommen⁴¹.

³⁶ Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2014)

³⁷ M. Kaltschmitt (2016)

³⁸ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2013

³⁹ Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern 2014

⁴⁰ M. Kaltschmitt (2016)

⁴¹ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2013), S. 18

Biomasse von Hackfrüchten

Bei Hackfrüchten fällt in der Regel Biomasse mit einem sehr hohen Wassergehalt an. Diese Rückstände können in der Biogasanlage als Gärsubstrat verwendet werden. Eine Verbrennung scheidet auf Grund des hohen Wassergehalts meist aus. In Mecklenburg-Vorpommern werden fast ausschließlich Kartoffeln und Zuckerrüben angebaut. Bei Kartoffeln fallen, bei den heute üblichen Sorten 4,5 t/(ha a) Frischmasse an. Bei der Zuckerrübenproduktion fallen große Mengen an Blattmasse an 40 bis 50 t/(ha a). Diese Blätter werden zum Teil auch als Viehfutter eingesetzt⁴². Die Gasausbeute liegt bei ca. 100 Nm³ Biogas pro eingesetzter Tonne Frischmasse. Der Energiegehalt von 1 Nm³ Biogas beträgt 6 kWh⁴³.

Hülsenfrüchte zur Körnergewinnung

Bei Hülsenfrüchten zur Körnergewinnung fällt das Stroh als Nebenprodukt an. Bei Erbsen fallen ca. 4,8 t/(ha a) Stroh an, dieser Wert wird für alle Hülsenfrüchte im Landkreis Vorpommern-Greifswald angewendet. Zum Erntezeitpunkt hat die Frischmasse einen hohen Wassergehalt. Genauso wie bei Raps ist eine Nachtrocknung auf dem Feld nötig⁴⁴.

Tabelle 17 Feldfrüchte und deren Energiegehalt im Landkreis Vorpommern-Greifswald⁴⁵

Reststoff	Fläche [ha]	anfallender Reststoff [t/(ha a)]		Reststoff absolut [t]		Energiegehalt (Mittelwert) [MWh]
		Untergrenze	Obergrenze	Untergrenze	Obergrenze	
Getreidestroh	84.700	1,2	2	101.640	169.400	536.659
Ölsaatenstroh	38.300	6	8	149.370	199.160	697.060
Kartoffelgrün	2.700		4,5		12.150	72.900
Zuckerrübengrün	6.400	40	50	256.000	320.000	172.800
Stroh von Hülsenfrüchten	800		4,8		2.496	9.884

6.3.2 Reststoffe aus der Tierhaltung

Im Landkreis Vorpommern-Greifswald wird eine Fläche von 161.900 ha landwirtschaftlich genutzt. Der Großviehbesatz im Landkreis beträgt 48,1 Tiere je 100 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche und 60,9 Schweine je 100 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche. Insgesamt

⁴² M. Kaltschmitt (2016)

⁴³ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2013)

⁴⁴ M. Kaltschmitt (2016)

⁴⁵ Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2014)

samt gibt es im Landkreis 77.874 Tiere die unter die Kategorie Großvieh fallen sowie 98.597 Schweine⁴⁶.

Als durchschnittlicher Wert, für die von Großvieh produzierte Gülle, im Jahr wird 20 m³ angenommen. Der Gasertrag beträgt 500 Nm³ Biogas. Ein Schwein produziert im Jahr ca. 3,75 m³ Gülle in Jahr, diese kann zu 105 m³ Biogas vergoren werden⁴⁷.

Tabelle 18 Energiegehalt der Gülle durch Vergärung in der Biogasanlage

Tierart	Anzahl der Tiere	Gülle [m ³]	Biogasertrag [m ³]	Energiegehalt [MWh]
Großvieh	77.874	1.557.478	38.936.950	233.621
Schweine	98.597	369.739	10.352.696	62.116

6.3.3 Holzartige Biomasse

Im Landkreis Vorpommern-Greifswald stehen 86.345 ha Wald⁴⁸. In jedem Hektar Wald fällt im Jahr eine Waldrestholzmenge mit einem Energiegehalt von 4 MWh an, siehe Tabelle 3⁴⁹.

6.3.4 Landschaftspflegeholz

Unter Landschaftspflegeholz wird Holz verstanden, dass bei Pflegearbeiten in der Land-, Obst- und Gartenbauwirtschaft oder sonstigen landschaftspflegerischen Aktivitäten anfällt. Landschaftspflegeholz fällt zum Beispiel in Parks, auf Friedhöfen, an Straßen- und Feldrändern, an Schienen und Wasserstraßen, unter Trassen von Leitungsverbindungen zum Energie- und Informationstransport, in Obstplantagen, in Weingärten, in Privat- bzw. Schrebergärten an⁵⁰.

Straßenbegleitholz kann zu Hackschnitzeln verarbeitet werden und energetisch genutzt werden. Das flächenspezifische Vorkommen von Straßenbegleitgrün ist in Deutschland starken Variationen unterworfen. Es fallen in der Regel 1 bis 4 t/(km·a) Biomasse an⁵¹.

Schienenbegleitgrün fällt bei Pflegearbeiten am Seitenstreifen von Bahnschienen, im Wesentlichen durch das Beschneiden von Gehölzen an. Die Schienen werden in einem Bereich von 4 m bis 8 m neben den Schienen gepflegt. Dabei fallen erhebliche Mengen an Holz an.

⁴⁶ ebd.

⁴⁷ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2013)

⁴⁸ Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2014)

⁴⁹ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2013)

⁵⁰ M. Kaltschmitt (2016)

⁵¹ ebd.

In der Regel wird das Holz vor Ort zerkleinert und kompostiert. Dieses Gehölz kann auch als Hackschnitzel in Biomasseheizkraftwerken genutzt werden⁵².

Gehölz in der freien Landschaft fällt bei Feld- oder Windschutzhecken sowie in Schutzgebieten an. Die anfallende Biomasse variiert stark durch unterschiedliche Bewuchsdichte, Altersstruktur, Klima- und Wetterbedingungen. Bei Windschutzhecken fallen ca. 2,5 bis 4 kg/a Biomasse je Meter Hecke an⁵³.

In Parks, öffentlichen Anlagen und Friedhöfen fallen zum Teil erhebliche Mengen an holzartiger Biomassen an. In öffentlichen Grünanlagen fallen zwischen 1,8 und 7,0 t/(ha·a) an holzartiger Biomasse an. Auf Friedhöfen fallen Holzmengen von 4,5 bis 13,0 t/(ha·a) an⁵⁴.

Belastbare Zahlen zum Potenzial von Biomasse aus der Landschaftspflege sind für Friedhöfe, Parks, öffentliche Anlagen und für Straßenbegleitstreifen vorhanden, siehe Tabelle 3.

Es wird angenommen das bei der Landschaftspflege zur Hälfte Weichholz und zur Hälfte Hartholz anfällt mit einem spezifischen Energiegehalt von 3,1 MWh/t sommerfeuchter Biomasse⁵⁵.

Tabelle 19 Energiegehalt holzartiger Biomasse⁵⁶

Nutzungsart	Flächen-einheit	Fläche / Länge	Anfallenden Biomasse [t]	Energiegehalt [MWh]
Friedhof	[ha]	239	2.091	6.483
Straßen	[km]	4.454	11.135	34.519
Parks öffentliche Anlagen	[ha]	4.314	18.982	58.843
Waldrestholz	[ha]	86.345		345.380

⁵² ebd.

⁵³ ebd.

⁵⁴ ebd.

⁵⁵ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2013)

⁵⁶ ebd., S. 19; Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern 2014

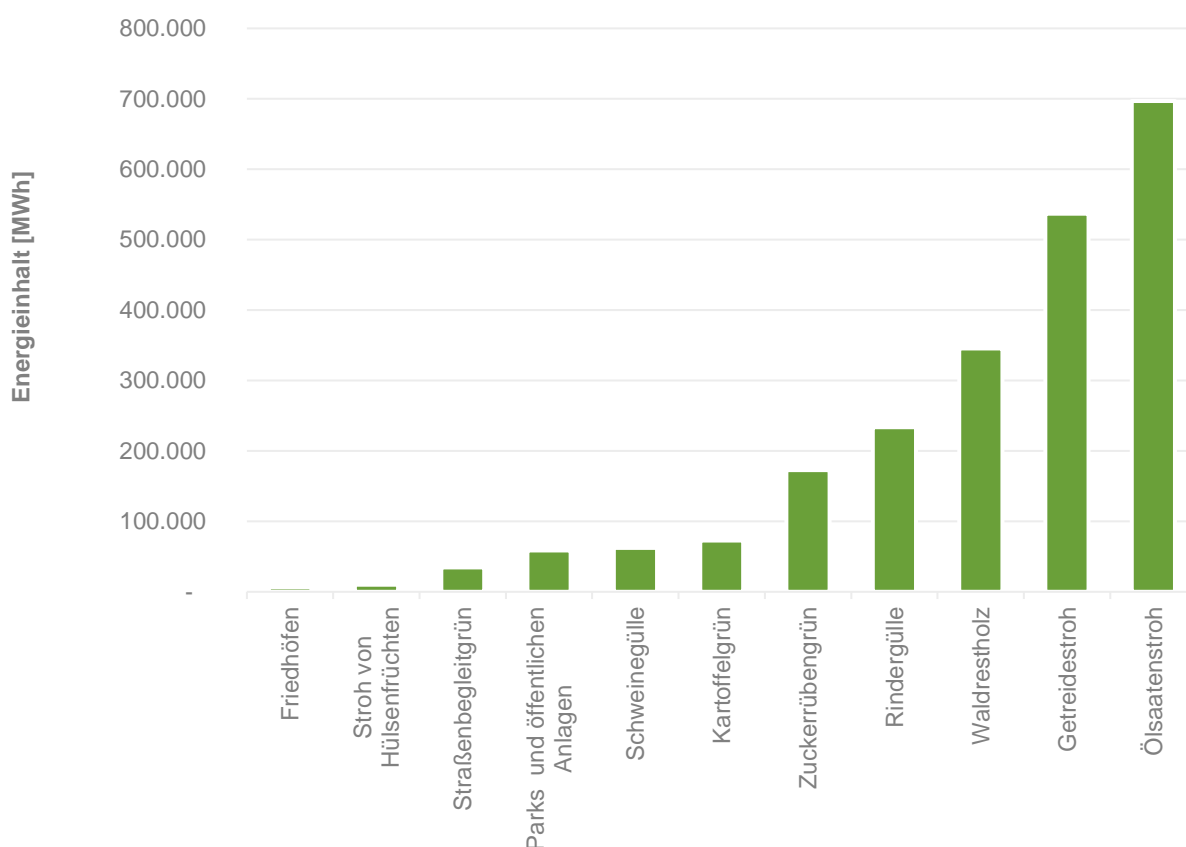


Abbildung 13 Verfügbares theoretisches Potential aus verschiedenartigen Reststoffen in Vorpommern-Greifswald

6.3.5 Paludikulturen

Unter dem Begriff Paludikultur wird die land- und forstwirtschaftliche Nutzung nasser Hoch- und Niedermoorestandorte verstanden. Bezugnehmend auf die Aussagen aus Kapitel 5.3. soll diese Form der Landnutzung in die Überlegungen zum Biomassepotenzial für die UHGW mit aufgegriffen werden.

Jüngsten Zahlen einer Studie aus dem Landkreis Vorpommern-Rügens zufolge liegen die energetischen Nutzungspotenziale bei ca. 13 MWh/ha a ha wenn die Umwandlung von Schilfmaht in Wärme mittels Verbrennung in einem Heizwerkangenommen wird.

Daraus ergibt sich, bei ca. 900 ha Moorfläche im Stadtgebiet der UHGW ein rein technisches Potential von ca. 12 GWh/a. Das entspricht in etwa 3 % des Wärmebedarfes der Stadt.

Bei Fortführung der Entwässerung würden die Treibhausgasemissionen, die mit der Bewirtschaftung der Moorstandorte einhergehen, die positiven Effekte der Substitution fossiler Energieträger deutlich übersteigen. Besonders groß sind die Klimaschutzeffekte, wenn die Wasserstände in den Flächen im Zusammenhang mit der Umstellung der Verwertung angehoben werden, das heißt, dass die Sicherung der Biomasseabnahme zu einer Anhebung der Wasserstände auf den Produktionsflächen führt.

Die Anhebung der Wasserstände ist aus Sicht der zu erzielenden Biomassequalität möglich, da sich die Anforderungen an die Biomasse bei einer Verwertung als Festbrennstoff von den Anforderungen an Futter unterscheiden. Statt hoher Futterwerte wird bei direkter Verfeuerung eine möglichst geringe Konzentration an verbrennungskritischen Inhaltsstoffen erwünscht. Die mit der Anhebung der Wasserstände einhergehende Veränderung der Pflanzenbestände von Süßgras zu Seggen-dominierten Beständen ist im Hinblick auf eine thermische Verwertung zu begrüßen.

Am besten für die Wärmeherzeugung geeignet ist Schilf aus der Wintermahd, jedoch ist der Anbau von Schilf als landwirtschaftliche Nutzung in Deutschland nicht anerkannt (Stand 12/2016). Eine Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen ist notwendig.

6.4 Oberflächennahe Geothermie

Die zwei maßgeblichen Größen zur Bestimmung des Potenzials der oberflächennahen Geothermie sind die Menge und Fläche der verfügbaren Flurstücke, sowie deren Ergiebigkeit, also die Menge an thermischer Energie, die pro Flächeneinheit jährlich extrahiert werden kann.

Zur Bestimmung der Flurstücke wird auf methodische Vorarbeiten von Tobias Eder (Eniano GmbH) zurückgegriffen, die zuletzt im Pilotprojekt „Geothermischer Energienutzungsplan“ im Landkreis Kulmbach⁵⁷ weiterentwickelt und angewendet wurden. Als Ausgangsbasis dienen zwei Geodatensätze: Flurstücke und Gebäudegrundrisse. Die Methode ermittelt unter Vorgabe von fixen Mindestabständen zu Grundstücksgrenzen und Gebäuden die theoretisch für Erdkollektoren (flächig) oder Erdsonden (punktuell) zur Verfügung stehen. Hierbei wird bei den Sonden ein vorgegebener Mindestabstand eingehalten. Abbildung 14 zeigt ausschnittsweise das Ergebnis dieser Analyse für einen kleinen Ausschnitt der UHGW. Farblich hervorgehoben sind die Flächenpotenziale je Grundstück für Kollektoren sowie Sonden.



Abbildung 14 Abschätzung geeigneter Flächen je Flurstück für Kollektoren (links) sowie Sonden (rechts) zur Nutzung oberflächennaher Geothermie

⁵⁷ Kulmbach (2015)

Über alle Greifswalder Flurstücke ergibt sich so eine theoretische Gesamtfläche für Kollektoren in Höhe von 11,4 km².

Die im Jahresmittel verfügbare thermische Energie wurde im Projekt GeotIS⁵⁸ in der Region um die UHGW für 25 bis 50 kWh/(m²·a) angegeben. Multipliziert man die beiden Randwerte mit der theoretischen Kollektorfläche, so liegt das technische Potenzial für oberflächennahe Geothermie im Bereich zwischen 285 und 569 GWh/a.

6.5 Tiefengeothermie

Bei der Potenzialanalyse der Tiefengeothermie wird in diesem Fall zwischen zwei Arten unterschieden. Zum einen die petrothermale Geothermie und zum anderen die hydrothermale Geothermie. Bei der petrothermalen Geothermie wird ein Wärmereservoir durch Veränderungen des Gesteins genutzt. Es gibt verschiedene Verfahren, die darauf abzielen, aufgrund der geringen oder fehlenden Wasserführung des Reservoirs ein Trägermedium in das Gestein zu pressen. Meist wird dabei das Gestein aufgebrochen, um durch die entstehenden Risse im Untergrund einen Wärmetauscher zu schaffen. Aufgrund der günstigen Lage von der UHGW in der geothermischen Provinz des Norddeutschen Beckens wird im Weiteren ausschließlich die hydrothermale Geothermie betrachtet. Dieses natürliche Reservoir verfügt über ausreichende Wassermengen um unter Umständen einen wirtschaftlichen Wärmeentzug zu gewährleisten⁵⁹.

6.5.1 Methodik

Um das Geothermiepotenzial der UHGW abzuschätzen wird zuerst die Region nach den wichtigsten geothermischen Horizonten aufgelöst. Dabei ist ein geologischer Horizont gemeint, welcher in diesem Fall eine Gesteinsschicht beschreibt, welche von geologischem Interesse ist. Vielversprechend sind zunächst die Sandsteinschichten des Mittleren Keupers sowie des Mittleren Buntsandsteins sowie des Lias. Da die Entzugsleistung der geothermischen Wärmequelle von den Aquifereigenschaften Temperatur, Mächtigkeit des Horizontes, der lateralen Ausdehnung sowie der Permeabilität abhängen, werden diese bestimmt⁶⁰. Als Basis der Untersuchung dient das Internetportal des Geothermischen Informationssystems für Deutschland (GeotIS). Dieses stellt ortsbezogene Temperaturdaten, Informationen zu der Mächtigkeit vorliegender Horizonte sowie die zu erwartenden Bohrtiefen zur Verfügung.

⁵⁸ Schulz, R. & GeotIS-Team (2013), T. Agemar et al. (2014a) und (2014b)

⁵⁹ Bundesverband Geothermie (2016)

⁶⁰ H. Feldrappe (2008)

6.5.2 Hydrothermales Wärmepotenzial:

Für einen wirtschaftlichen Betrieb sollte die Temperatur der Wärmequelle mindestens 50 °C betragen. Bei einer durchschnittlichen Temperaturzunahme von etwa 3 K pro 100 m sind Gesteinsschichten ab etwa 1600 m interessant. Für einen wirtschaftlichen Betrieb wird eine Produktivität von 50 m³/h bei Speichermächtigkeiten von 15-20 m vorausgesetzt. Die Nutzporosität eines geeigneten Gesteins ist mit mindestens 20 % angegeben und die Permeabilität größer 250 mD⁶¹. Die durchschnittliche Nutzporosität sowohl innerhalb der einzelnen wasserleitenden Horizonte, als auch über die gesamte Mächtigkeit der betrachteten Gesteinsschichten schwankt stark. Mit zunehmender Tiefe und zunehmender Auflast weisen die Gesteine einen erhöhten Diageneseegrad⁶² auf, der mit abnehmender Porosität einhergeht.

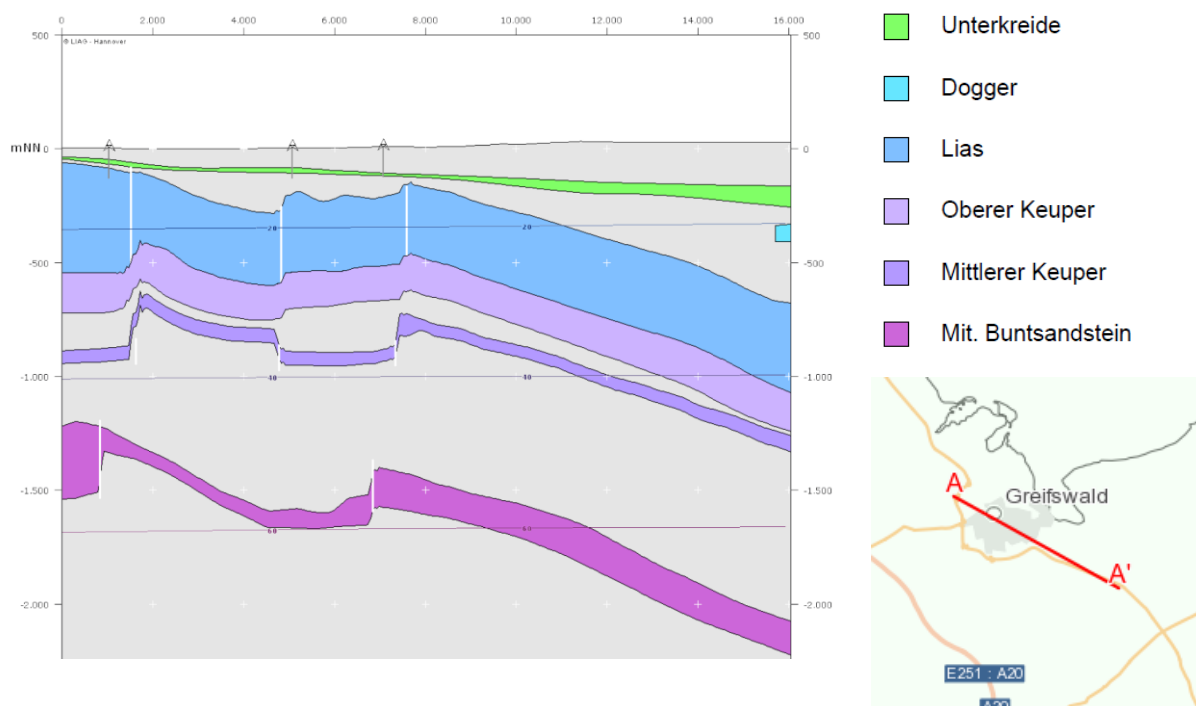


Abbildung 15 Vertikale Mächtigkeit im Schnitt A – A' (Greifswald) erstellt mit GeotIS

Abbildung 15 zeigt einen Ausschnitt der mesozoischen Aquiferhorizonte in der UHGW und Umgebung. Sehr gut zu erkennen ist dabei die Mächtigkeit der einzelnen Horizonte in den entsprechenden Tiefen. Die Temperaturen sind als Isolinien mit 20 K Abstand eingezeichnet. Bezüglich der Permeabilität sowie

⁶¹ vgl. W. Rockel (1997) nach H. Feldrappe (2008)

⁶² „Die Diagenese (griechisch δια „durch“ und γένεσις „Entstehung“) ist der geologische Prozess der Verfestigung von Sedimenten und der weiteren Veränderung der dadurch entstandenen Sedimentgesteine unter verhältnismäßig niedrigen Drücken und Temperaturen bis zu ihrer Abtragung“ (Zitat: wikipedia, Quelle: Hans Murawski, Wilhelm Meyer: Geologisches Wörterbuch. 10. Auflage. MVS Medizinverlage, Stuttgart 1998, ISBN 3-432-84100-0)

der Porosität bestehen für das Norddeutsche Becken einige Richtwerte, welche in

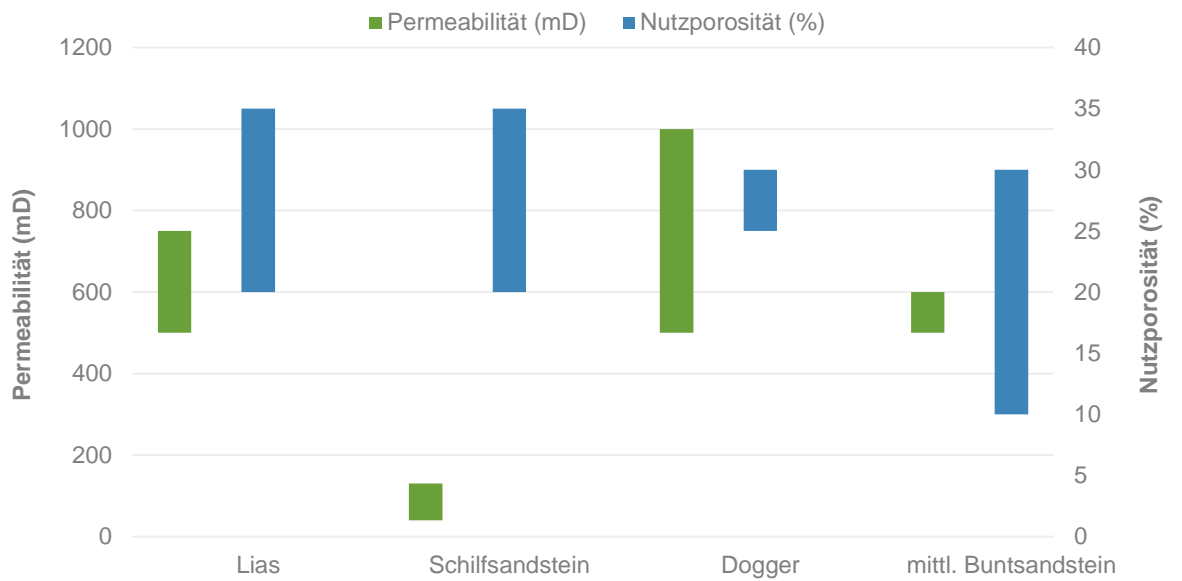


Abbildung 16 zusammengefasst sind. Dabei werden für die Nutzporosität die Mittelwerte verschiedener Studien genutzt. Die Werte für die Permeabilität liegen zwischen 200 und 1000 mD. Die der Nutzporosität zwischen 10 und 35 %⁶³. Höhere Werte sind jeweils besser für Geothermie geeignet. Vor allem im Bereich des Mittleren Buntsandsteins gehen die Informationsquellen auseinander. Dennoch wird hier „die Permeabilität als moderat bis gut eingeschätzt“⁶⁴.

⁶³ M. Bauer (2014), H. Feldrappe (2008)

⁶⁴ H. Feldrappe (2008)

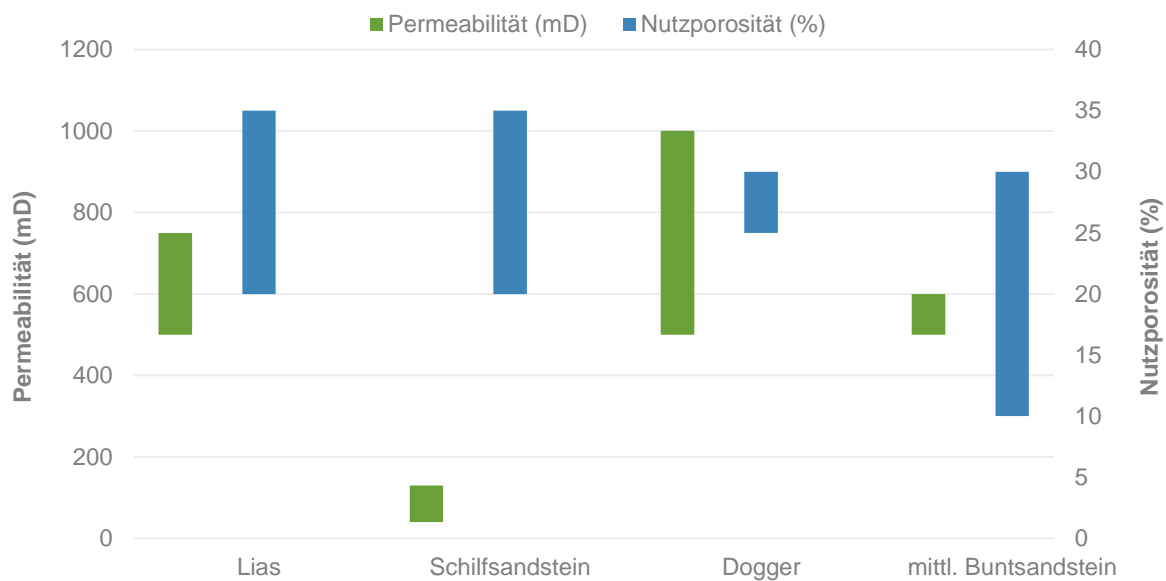


Abbildung 16 Hydraulische Eigenschaften der mesozoischen Aquifergesteine des Norddeutschen Tieflandes Beckens

6.5.3 Wirtschaftlichkeit

Im Vordergrund stehen die Bohrkosten, welche je nach Literatur und Bohrung von einigen Hundert bis Tausend Euro pro Meter Tiefe angegeben werden. Die Kosten für das Erstellen eines geeigneten Bohrloches sind abhängig von der Bohrtiefe. Für geringe Tiefen von 400 bis 800 m werden teilweise niedrige Kosten in Höhe von etwa 400 €/m angegeben. Mit zunehmender Tiefe steigen diese überproportional an. Bei etwa 2000 m werden diese mit bis zu 1000 €/m angegeben. Bei 6000 m steigen diese um 50 % auf 1500 €/m. Die Kosten der Kraftwerke schwanken je nach Form der Energiebereitstellung und Bohrtiefe. Als ein Richtwert werden 2500- 5000 €/kW (elektrisch) angegeben. Die Bereitstellung von Wärme erfolgt durch wesentlich günstigere Heizkraftwerke zwischen 400 und 1000 €/kW (thermisch)⁶⁵.

Das Potenzial einer geothermischen Anlage wird durch die Anlagenleistung bestimmt, welche maßgeblich von der Aquifertemperatur sowie der Förderrate der Anlage bestimmt wird.

$$P = \rho \cdot c \cdot Q \cdot (T_e - T_a)$$

Formel 10

mit

P Leistung (W)

ρ Dichte des Fluids

c spezifische Wärmekapazität des Fluids (J/kgK)

Q Förderrate (m³/s)

⁶⁵ Schulz (2012), BMU (2004), R. Schulz (2006)

T_e Eingangstemperatur(K)

T_a Ausgangstemperatur (K)

Die Förderrate hängt nach dem Dupuit-Thiem-Theorem unter anderem von der Aquifermächtigkeit, der Permeabilität sowie technischen Parametern des Bohrloches ab. Die Entzugswärme ergibt sich direkt durch die Differenz der Temperatur am Bohrlochkopf des Aquifers gegenüber der Umgebungstemperatur⁶⁶. In der GeotIS Datenbank sind Temperaturen von bestehenden Bohrlöchern eingetragen. Diese sind abhängig von Ort und Bohrtiefe um die UHGW. Aufgrund der Mächtigkeit bieten die Gesteine des Doggers sowie der mittlere Buntsandstein gute Potenziale. Als Maß für die Ergiebigkeit einer Bohrung dient die Produktivität beziehungsweise der Produktivitätsindex. Dieser ist definiert als „die Förderrate in Abhängigkeit von der Druckabsenkung“⁶⁷. Das Aalen Aquifer im Dogger bietet im Norddeutschen Becken zum Teil hervorragende Produktivitäten von bis zu 300 m³h⁻¹ MPa⁻¹ (BMU 2009). Es herrscht eine geringe Aquifertemperatur von etwa 20 °C in durchschnittlich 500 m Tiefe. Der Mittlere Buntsandstein liegt in Küstennähe gut ausgeprägt bei einer Produktivität von bis zu 100 m³h⁻¹ MPa⁻¹ vor. Bei einer Tiefe von etwa 1.600 m werden in der UHGW Temperaturen von etwa 60 °C erreicht (Abbildung 17). Da derzeit erst ab Temperaturen von 100 °C die Wärme für die Stromerzeugung genutzt wird, steht ausschließlich die Wärmeversorgung im Vordergrund. Bei den erreichten Temperaturen von bis zu 60 °C im mittleren Buntsandstein kann durchaus ein Potenzial für die Nutzung der konventionellen Fernwärmeversorgung gesehen werden. Die niedrigen Temperaturen des Doggers bieten möglicherweise ein Potenzial für Niedertemperatur - Wärmenetze.

⁶⁶ W. Wirth et al. (2007)

⁶⁷ Bundesverband Geothermie (2016)

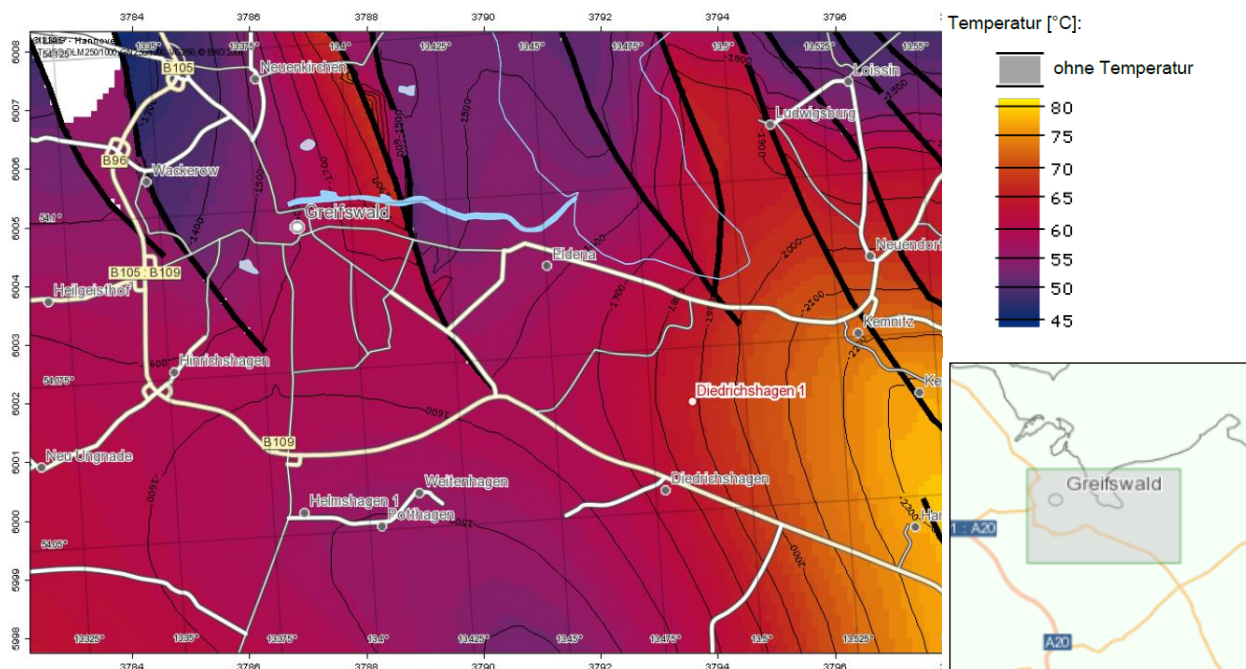


Abbildung 17 Temperaturverteilung an der Basis des Mittleren Buntsandsteins um die UHGW (GeotIS)

Da die Förderrate von der Aquifermächtigkeit, dem Durchlässungskoeffizienten, der Druckabsenkung sowie den physikalischen Eigenschaften der Bohrung abhängt, kann in dieser Studie die Förderrate nicht bestimmt werden. Um ein quantitatives Potenzial zu bestimmen, welches ortsbezogen auf die UHGW ausgewiesen werden kann, wird empfohlen ein detaillierteres Teilprojekt mit Probebohrungen vorzunehmen⁶⁸.

6.6 Zusammenfassung der Potenziale

Tabelle 20 fasst die ermittelten Potenziale für die Nutzung erneuerbarer Energien zur Produktion von Wärme, Strom und Kraftstoff zusammen.

Tabelle 20 Substitutionspotential erneuerbarer Energien

Ressource/ Technologie	Mittelwert [GWh/a]	Endenergie	Potenzialart
Photovoltaik	93	Strom	technisches Potenzial
Solarthermie	283	Wärme	technisches Potenzial
Kleinwindanlagen	6	Strom	technisches Potenzial
Biomasse ⁶⁹	188 ⁷⁰	103 + 12 ($\eta_{\text{Wärme}}$: 0,55)	theoretisches Potenzial
		66 (η_{Strom} : 0,35)	theoretisches Potenzial

⁶⁸ W. Wirth et al. (2007)

⁶⁹ Die Nutzung der Biomasse kann in einem KWK Prozess in Wärme und Strom umgewandelt werden

⁷⁰ Potenzial ohne Wirkungsgrad der Technologie ausgewiesen

Ressource/ Technologie	Mittelwert [GWh/a]	Endenergie	Potenzialart
Tiefengeothermie	k.A.		zu untersuchen
Erdwärmesonde (COP4)	569 ⁷¹		technisches Potenzial

Es handelt sich bei den dargestellten Werten um theoretische oder technische Potenziale. Diese Zahlen müssen stets den vor Ort herrschenden Rahmenbedingungen gegenübergestellt werden. Erst dann können Aussagen zu wirtschaftlichen und sogar tatsächlich erschließbaren Potenzialen gemacht werden.

Das ausgewiesene Potenzial für Photovoltaik und Solarthermie betrachtet bspw. nicht die Konkurrenzsituation beider Technologien auf der zur Verfügung stehenden Dachfläche. Darüber hinaus ist deren Einsatz sowohl von Denkmalschutz- und Sicherheitsbestimmungen als auch von den technischen Anforderungen des darunter liegenden Gebäudes abhängig. Die tatsächlich zu erwartenden Potenziale fallen daher sehr viel geringer aus. Es wird von einer Erschließbarkeit von ca. 40% bei der Photovoltaik und ca. 10 % bei der Solarthermie ausgegangen.

Auch bei der Planung und Errichtung von Kleinwindanlagen sind, neben technischen Einschränkungen, städtebauliche und stadtgestalterische Aspekte zu beachten. Die Zulässigkeit von Anlagen z.B. in denkmalgeschützten Bereichen, bei Einzeldenkmälern, oder bei Gebieten mit einer Erhaltungs-/Gestaltungssatzung etc. unterliegt einer gesonderten Prüfung und Entscheidung. Das ohnehin nicht allzu hohe Potenzial wird dadurch weiter verringert. Es wird von einer Erschließbarkeit von etwa 50 % des in Tabelle 20 angegebenen Potenzials ausgegangen.

Aber auch das berechnete Potenzial für Biomasse ist so in seiner Gesamtheit für die UHGW nur bedingt erschließbar. Es sind vor allem Entfernungen beim Transport, die hier eine beschränkende Rolle spielen. Daraus ergibt sich ein Teilpotenzial, welches aus Greifswalds unmittelbarer Nähe sowie der näheren Umgebung theoretisch erschließbar ist (

Tabelle 22 in Verbindung mit Abbildung 18). Es wird davon ausgegangen, dass 100 % des in der UHGW vorhandenen Potenzials genutzt wird jedoch mit einem Nutzungsfaktor (NF) beaufschlagt wird. Dieser Nutzungsfaktor vermindert das Potenzial um Verluste beim Transport oder Sammeln der Reststoffe. Für die Gülle wird ein niedriger NF von 0,5 gewählt, da auszugehen ist, dass ein Teil der Gülle zur Düngung verwendet wird.

Tabelle 21 Biomassepotenzial in der UHGW

Holzartige Biomasse	Flächenein- heit	Fläche/ Länge	Anfallenden Biomasse [t]	Energieinhalt [MWh]	NF	Energieinhalt [MWh]
Friedhof	[ha]	29	254	787	1	787
Straßen	[km]	174	435	1.349	0,7	944
Wald	[ha]	476	Keine Angabe	1.904	0,8	1.523

⁷¹ Arithmetischer Mittelwert der Wärmeentzugsleistung inkl. COP = 4

Holzartige Biomasse	Flächeneinheit	Fläche/Länge	Anfallenden Biomasse [t]	Energieinhalt [MWh]	NF	Energieinhalt [MWh]
Parks öffentliche Anlagen	[ha]	368	1.619	5.020	0,9	4.518
Landwirtschaft		2.255	*	24.158	0,8	19.327

Zusätzlich muss eine Abschätzung der Verwertbarkeit von Biomasse aus dem Landkreis Vorpommern-Greifswald getroffen werden. Dafür wird das gesamte ermittelte Potenzial um die Werte der UHGW reduziert. Dabei wird die Landwirtschaft aufgrund ihrer geringen Auswirkung nicht reduziert. Dieses Restpotenzial wird mit einem Entfernungsfaktor (EF) beaufschlagt. Dieser gibt prozentual an, welcher Anteil des Restpotenzials für die UHGW verwertbar ist. Auch hier gilt eine Beaufschlagung durch EF.

Da die Entfernung zwischen Feld und Abladestelle der Biomasse einen ausschlaggebenden Faktor auf die Rentabilität der Biomasse hat, sind weite Transportwege zu vermeiden. Als möglicher noch wirtschaftlicher Transportweg, bei welchem die Kosten näherungsweise mit der Entfernung linear steigen wurde eine Entfernung von 16 km gewählt⁷². Das entspricht in etwa der Entfernung von der UHGW nach Süderholz. Legt man nun um die UHGW einen Halbkreis mit dem Radius von 16 km so ergibt sich eine Fläche von etwa 402 km². Im Verhältnis zu Vorpommern-Greifswald ist das ein Verhältnis von etwa 1: 10. Es wird daher ein EF von 0,1 gewählt, um zu verdeutlichen, dass nur 10 % der Fläche von Vorpommern-Greifswald zur potentiellen Biomassennutzung in der UHGW zur Verfügung steht (Formel 11).

$$\frac{402 \text{ km}^2}{3.930 \text{ km}^2} = 10 \% \quad \text{Formel 11}$$

Tabelle 22 Erschließbares Teilpotenzial der Reststoffe auf Basis der Biomasse Potentialanalyse

Reststoff	Energiegehalt [MWh]	EF	NF
Friedhöfen	5.696	0,1	0,7 399
Stroh von Hülsenfrüchten	9.984		0,8 799
Straßenbegleitgrün	33.170		0,7 2.322
Parks und öffentliche Anlagen	53.823		0,8 4.306
Schweinegülle	62.116		0,5 3.106
Kartoffelgrün	72.900		0,8 5.832
Zuckerrübengrün	172.800		0,8 13.824
Rindergülle	233.622		0,5 11.681
Waldrestholz	343.476		0,8 27.478
Getreidestroh	536.659		0,8 42.933

⁷² vgl. Biogas Forum Bayern 2010, S.13

Reststoff	Energiegehalt [MWh]	EF	NF	
Ölsaatenstroh ⁷³	697.060		0,8	55.765
Summe	2.221.307			168.444

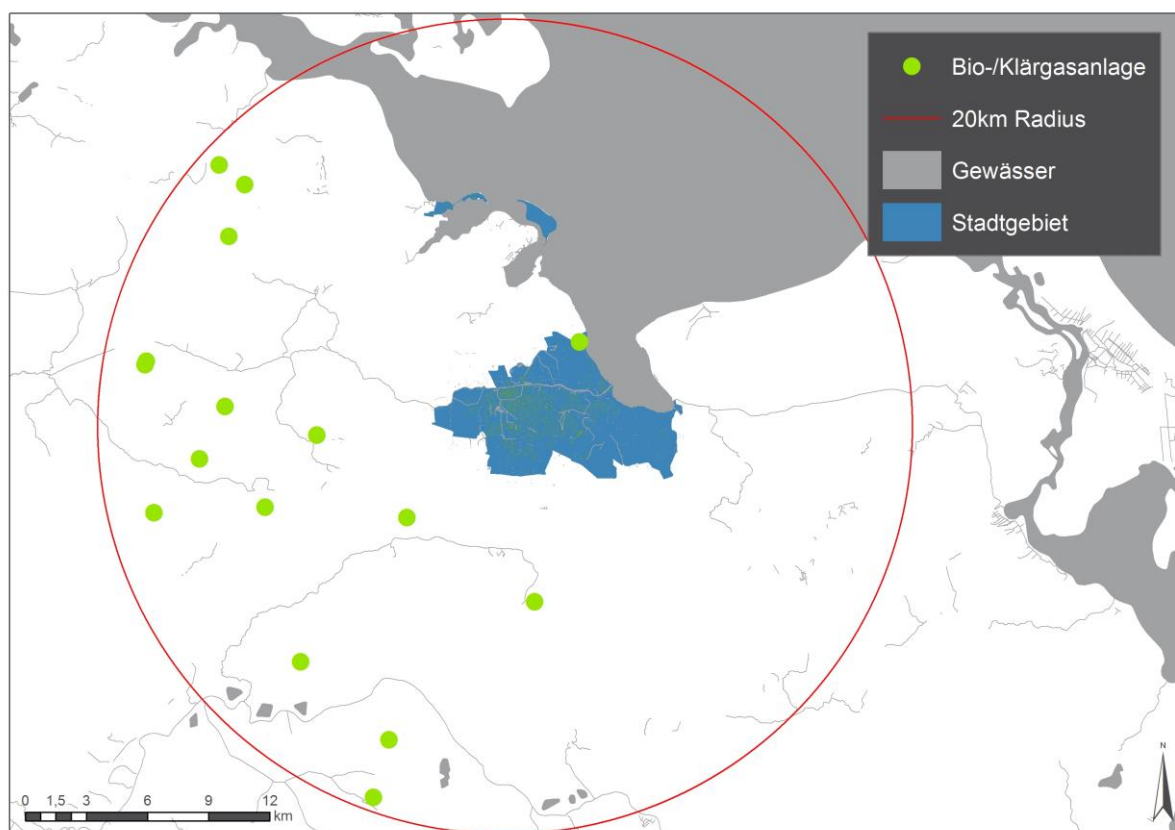


Abbildung 18 Betrachtungen des Umlandes zum Biomassepotential in einem Bereich von 16-20 km Umkreis.

Dadurch ergibt sich ein Biomassepotential von 19,3 GWh direkt aus der UHGW sowie 168,4 GWh aus Vorpommern-Greifswald. Insgesamt sind das 187,7 GWh, die aus Biomasse für die UHGW zur Verfügung stehen könnten. Ein Großteil dessen steht jedoch bereits in Biogasanlagen im Umland genutzt (Abbildung 18). Zudem sind die Anforderungen für eine direkte Nutzung von Biomasse im Stadtgebiet sehr komplex (Platzbedarf, Verkehrsaufwand, Geruchsbelastung, Systemintegration etc.). Es wird daher von einer Erschließbarkeit von etwa 30 % des in Tabelle 20 angegebenen Potenzials ausgegangen.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen des technischen Potenzials an Geothermie übersteigt den Rahmen dieser Untersuchung. Allerdings lässt sich festhalten, dass allein 5,8 km² der geeigneten Flächenstücke auf Flurstücken mit einer Größe von mehr als 10.000 m². Es ist unwahrscheinlich, dass diese flächig mit Sonden oder Kollektoren ausgerüstet werden.

⁷³ Da sich der Prozess des Einsammelns sowie der Lagerung von Ölsaatenstroh als schwieriger erweist, wird dieses zurzeit noch kaum genutzt (Kaltschmitt 2016). Dennoch wird dieses bewusst als zukünftiges Potential ausgewiesen.

Darüber hinaus existieren auch hier Nutzungskonkurrenzen mit den bestehenden Wärmenetzen (Erdgas und Fernwärme) und nicht jedes Gebäude kommt in Abhängigkeit von Nutzungsart und Sanierungsstand für einen Einsatz dieser Technologie in Frage.) Es wird von einer Erschließbarkeit von etwa 25 % des in Tabelle 20 angegebenen Potenzials ausgegangen.

Die Tiefengeothermie liefert Temperaturniveaus von etwa 60 °C. Dies kann ausschließlich bei Niedertemperaturnutzern eingesetzt werden. Ein Niedertemperaturnetz ist kein Problem, wenn die Abnehmer ihren Wärmebedarf und ihre Wärmeleistung durch eine Flächenheizung abdecken können. Im Bestand ist dies in der Regel jedoch nicht möglich.

7 Energiebedarfe privater Haushalte an Strom

7.1 Methodik

Für die Analyse des Strombedarfes der privaten Haushalte werden die Aussagen aus den THG-Bilanzen der Jahre 1990 und 2015 herangezogen. Es werden zudem Aussagen der HEWAG (dem damaligen Netzbetreiber) aufgegriffen und mit aktuellen Werten der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen abgestimmt. Anschließend erfolgt eine Interpolation der Daten auf Ebene der Greifswalder Haushalte um Einsparpotenziale quantifizieren zu können.

7.2 Strombedarf der privaten Haushalte

Der gesamte Stromverbrauch aller privaten Haushalte beträgt 48.693 MWh/a. Das entspricht einem mittleren Stromverbrauch von 0,85 MWh pro Einwohner und Jahr. Diese Zahl ergibt sich aus einer Energieverbrauchsanalyse aus dem Jahre 1990. Damit liegt die UHGW deutlich unter dem deutschen Durchschnitt von etwa 1-1,5 MWh/a und Einwohner.

Grund dafür die geringe Anzahl von elektrischen Warmwasserbereitern im Stadtgebiet in Folge des hohen Grades an leitungsgebundener Wärmeversorgung durch Gas oder Fernwärme.

Entsprechend den Auswertungstabellen zur Energiebilanz von Deutschland von 1990-2015 hat sich der spezifische Strombedarf der privaten Haushalte nicht wesentlich verändert und wird daher auch für das Jahr 2015 analog verwendet.

Dieser Stromverbrauch wird den privaten Haushaltstypen zugeordnet (Tabelle 23). Die Zuordnung erfolgt anhand der prozentualen Verteilung aus der THG-Bilanz der UHGW aus dem Jahr 2005⁷⁴.

Tabelle 23 Interpolierter Stromverbrauch nach Haushaltstypen in kWh/a

Haushaltstyp	Stromverbrauch
1 Person	937
2 Personen	1581
3 Personen	2039
> 4 Personen	2494

⁷⁴ UHGW 2010

7.3 Einsparpotenzial Strom in privaten Haushalten

Basis der Berechnung bilden Kennwerte eines durchschnittlichen 2-Personen Haushalts und möglicher Stromeinsparpotenziale durch die Anschaffung effizienter Neugeräte. Anteilig ergeben sich für 4-Personenhaushalte nur marginale Unterschiede im Verbrauchsverhalten⁷⁵. Dementsprechend wird folgende Potentialanalyse als repräsentativ für alle Haushalte in der UHGW betrachtet. Eine Analyse des Einflusses des Verbraucherverhaltens wird nicht vorgenommen.

Tabelle 24 macht deutlich, dass gegenüber dem heutigen durchschnittlichen Haushaltsverbrauch bis zu 49 % an Strom eingespart werden kann. Größtes Potential bietet dabei der Verbrauchstyp Diverses, darunter fallen Wellness, Klima-, Garten- und Kleingeräte sowie Sonstiges. Zweitgrößtes Einsparpotential bietet die Beleuchtung. Begründet wird dies durch den immer noch großen Anteil an energieineffizienten Leuchtmitteln. 2014 lag der Marktanteil effizienter Leuchtmittel bei ca. 58 %. Auffallend ist auch die nur moderate Steigerung gegenüber dem Jahr 2008 (Marktanteil ca. 49 %)⁷⁶.

Tabelle 24 Einsparpotenziale Stromverbrauch Haushalt (ohne elektrische Warmwasserbereitung). Datengrundlage⁷⁷

Verbrauchstyp	Altgeräte		Einsparpotenzial	
	Anteil am Stromverbrauch [%]	ggü. Altgeräten [%]	ggü. Altgeräten [%]	ggü. derzeitigem Stromverbrauch [%]
Kühlen	8	52		4
Gefrieren	9	36		3
Kochen und Backen	12	14		2
Spülen	7	50		3
Waschen	5	2		1
Trocknen	9	50		4
Licht	10	67		7
Informationstechnik	5	33		2
Unterhaltungselektronik	5	38		2
Pumpen	8	76		6
Diverses	21	67		14
Summe				49

Für einen durchschnittlichen 2-Personen Haushalt in der UHGW ergibt sich damit ein Einsparpotential von bis zu 781,8 kWh jährlich (siehe Tabelle 23).

⁷⁵ vgl. Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen und Öko-Institut 2009, S. 5

⁷⁶ vgl. Umwelt Bundesamt (2017)

⁷⁷ Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen und Öko-Institut 2009, S. 5

Tabelle 25 Einsparpotential 2-Personen Haushalt der UHGW in kWh/a

Verbrauchstyp	Verbrauch [kWh/a]	Einsparpotential [kWh/a]
Kühlen	133,8	69,6
Gefrieren	150	53,4
Kochen und Backen	187,2	27
Spülen	107,4	53,4
Waschen	80,4	21,6
Trocknen	139,2	69,6
Licht	160,8	107,4
Informationstechnik	80,4	27
Unterhaltungselektronik	85,8	32,4
Pumpen	133,8	102
Diverses	326,4	219,6
Summe	1579,8	781,8

Insgesamt ergibt sich damit ein Einsparpotential von 23.669 MWh/a. Dies bedeutet bei voller Ausnutzung des Potentials einen Stromverbrauch von 25.024 MWh/a für private Haushalte.

8 Energiebedarfe privater Haushalte an Gebäude- und Warmwasser-Wärmebedarf

Grundlagen für die Analyse sind vor allem die bestehende Gebäudedatenbank der UHGW⁷⁸, der Abschlussbericht des Klimaschutzteilkonzeptes⁷⁹ sowie die Treibhausgasbilanz⁸⁰.

8.1 Analyse des Datensatzes

Der Datensatz der Gebäudedatenbank beinhaltet 20.311 Datensätze, von denen 11.442 Gebäuden ein Wärmebedarf zugeordnet ist. Da der Wärmebedarf stark von den verwendeten Bausubstanzen abhängig ist, wird in Abbildung 19 der Datensatz nach Gebäude und Baualtersklasse zugeordnet. Von diesen 11.442 Gebäuden ist die Mehrheit eines jüngeren Baujahres (Bj. 2001). Etwa 6.800 Gebäude verfügen über keine Zuordnung bezüglich der Baualtersklasse.

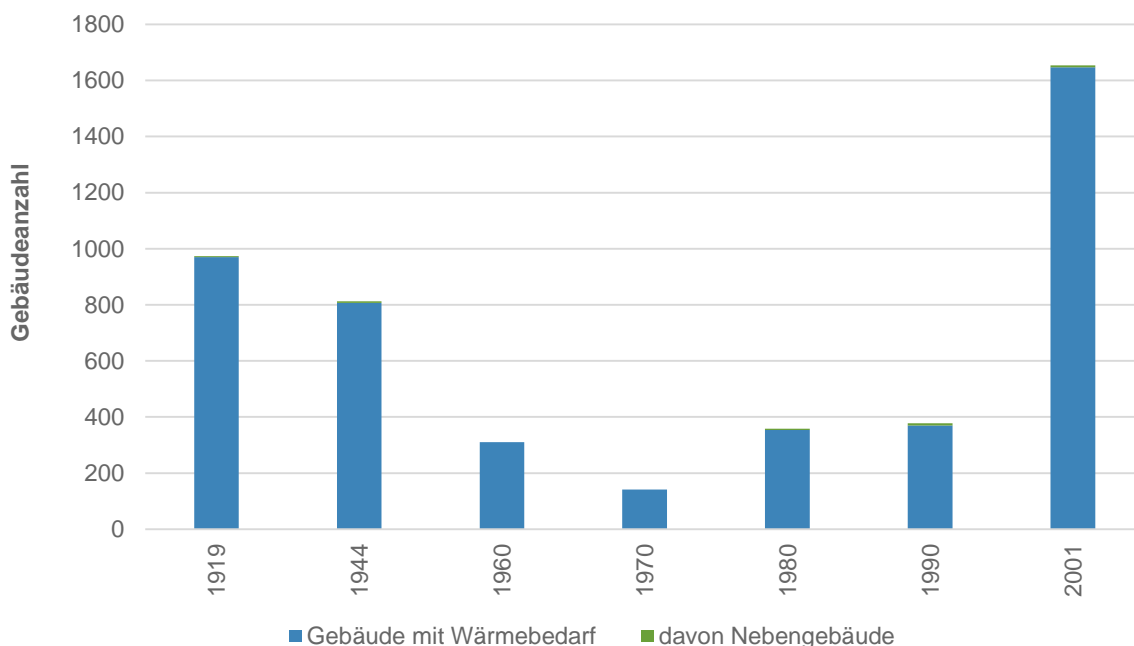


Abbildung 19 Anzahl von Gebäuden mit Wärmebedarf nach Baualtersklasse

⁷⁸ Stadtbauamt Greifswald (2016)

⁷⁹ UHGW 2010

⁸⁰ Stadtbauamt Greifswald (2015)

8.2 Methode

Um das Potential weiterer Sanierungsmaßnahmen des Baubestandes festzulegen wird der derzeitige Sanierungsstand des Datensatzes analysiert. Es gibt einen hohen Anteil an vollsanierten Gebäuden im Bestand. Zum anderen existiert auch ein Anteil von 968 Gebäuden mit unbekanntem Sanierungsstand (Nebengebäude wurden ausgeschlossen). Als effizienzsteigernde Maßnahme bezüglich der Gebäudefläche wird ausschließlich die Sanierung betrachtet. Die Rolle der Suffizienz wird nicht betrachtet.

Insgesamt sind 1.677 Gebäude mit Wärmebedarf einem Versorgungsträger zugeordnet. Von diesen wird der überwiegende Teil (912) mit Gas versorgt. Etwa 748 Gebäude sind an das Fernwärmenetz angeschlossen. Die Verbrauchsdaten der UHGW deuten jedoch auf einen weit höheren Anteil an Fernwärmeabnehmer hin. Daher wird der Ansatz des Wärmeschutzteilkonzeptes verfolgt⁸¹ und georeferenziert die Fernwärmeversorgung auf 3.374 Gebäude durch eine Fernwärmekarte⁸² vervollständigt. Die gesamte Fernwärmeproduktion beträgt damit 256 GWh.

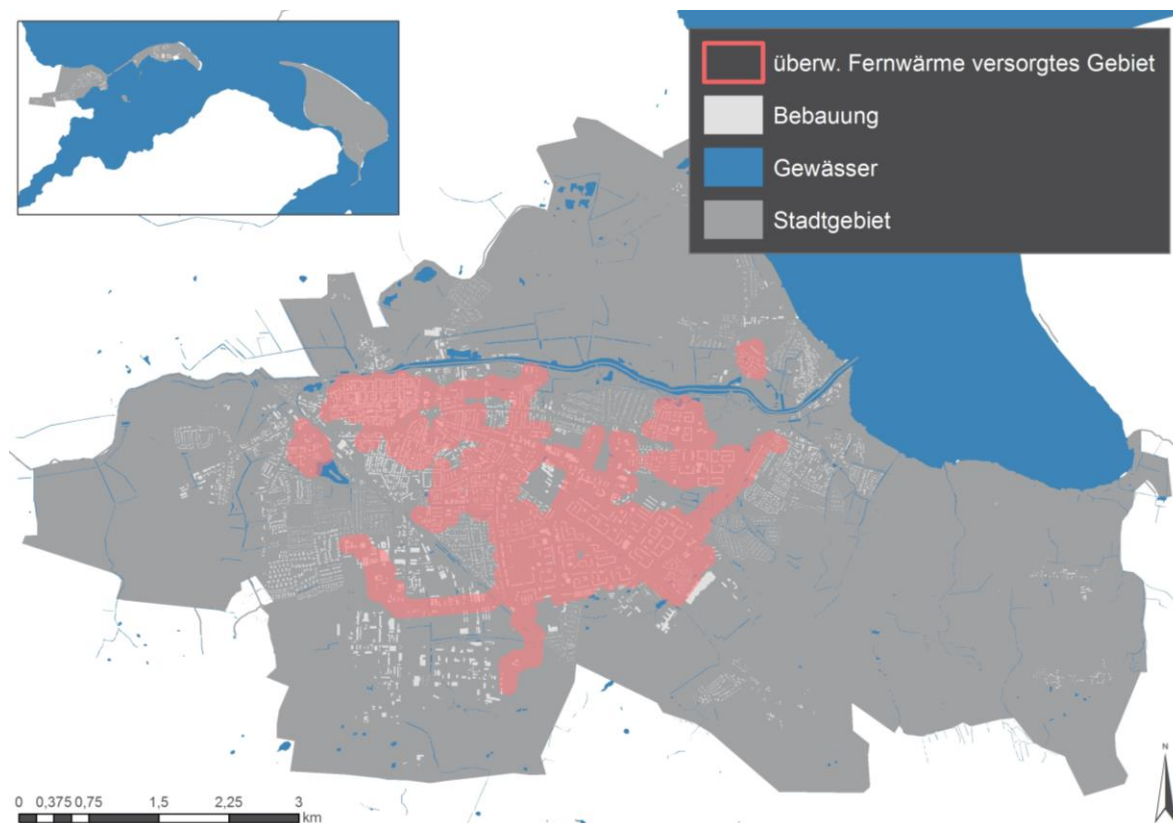


Abbildung 20 Gebäude mit Fernwärmeversorgung durch Georeferenzierung ermittelt

⁸¹ UHGW 2015, S. 18

⁸² Stadtwerke Greifswald (2015)

8.3 Sanierungskosten

Für die moderate Sanierung der privaten Haushalte wurde für jeden Gebäudetyp in Abhängigkeit des Baujahres ein eigener Kostenfaktor für die bauteilbezogenen Mehrkosten ermittelt. Diese Kosten wurden zur Berechnung der CO₂ Vermeidungskosten herangezogen und sind in den folgenden Abbildung 21 bis Abbildung 23 dargestellt. Vor allem die großen Mehrfamilienhäuser können aufgrund des konzentrierten Zusammenlebens effizient saniert werden. Durch die Teilsanierung wird über alle Gebäude im Schnitt eine Wärmeeinsparung von 18 % und durch die Vollsaniierung von 28 % erzielt. Zudem wurde für Modellrechnungen noch eine drastische Sanierungsmaßnahme von 80 % Wärmereduktion unterstellt, welche mit sehr hohen Kosten verbunden ist⁸³.

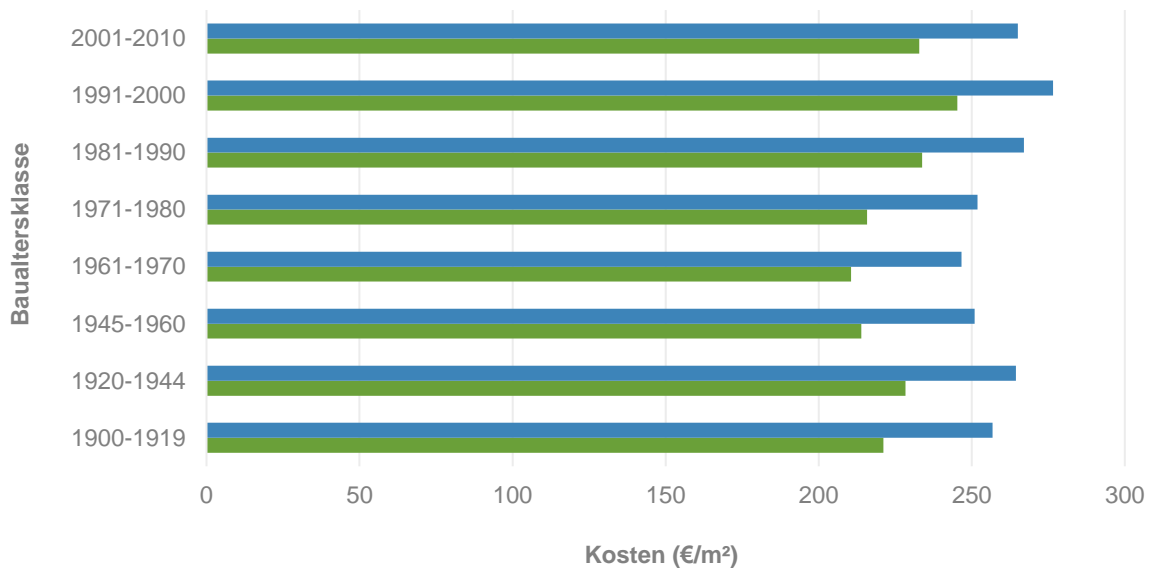


Abbildung 21 Sanierungskosten der Einfamilien- und Reihenhäuser in Abhängigkeit des Baujahres

⁸³ UHGW 2015

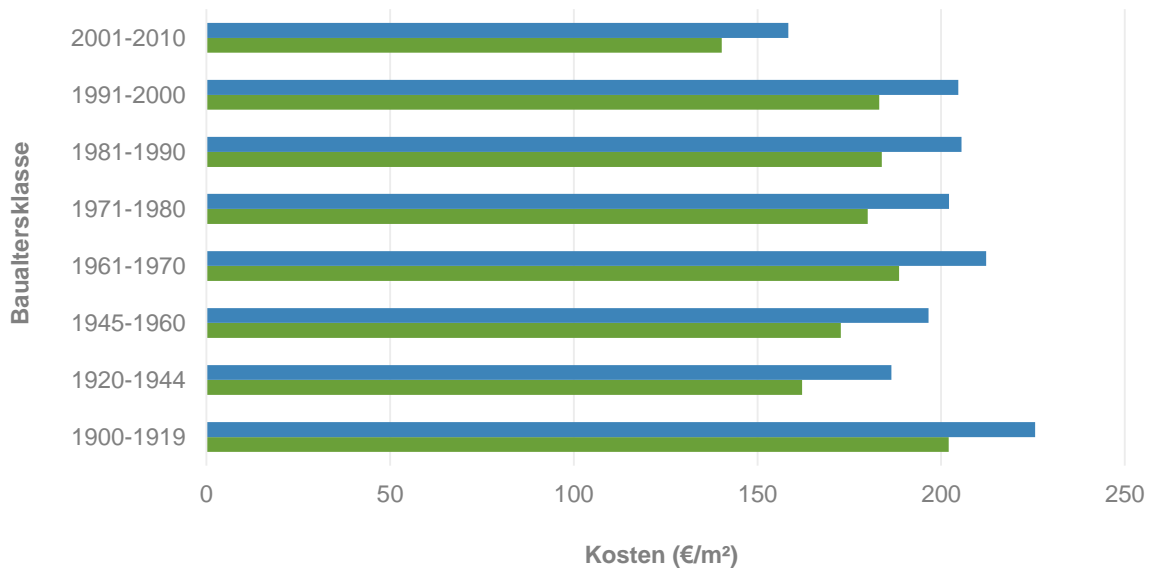


Abbildung 22 Sanierungskosten der Mehrfamilienhäuser in Abhängigkeit des Baujahres

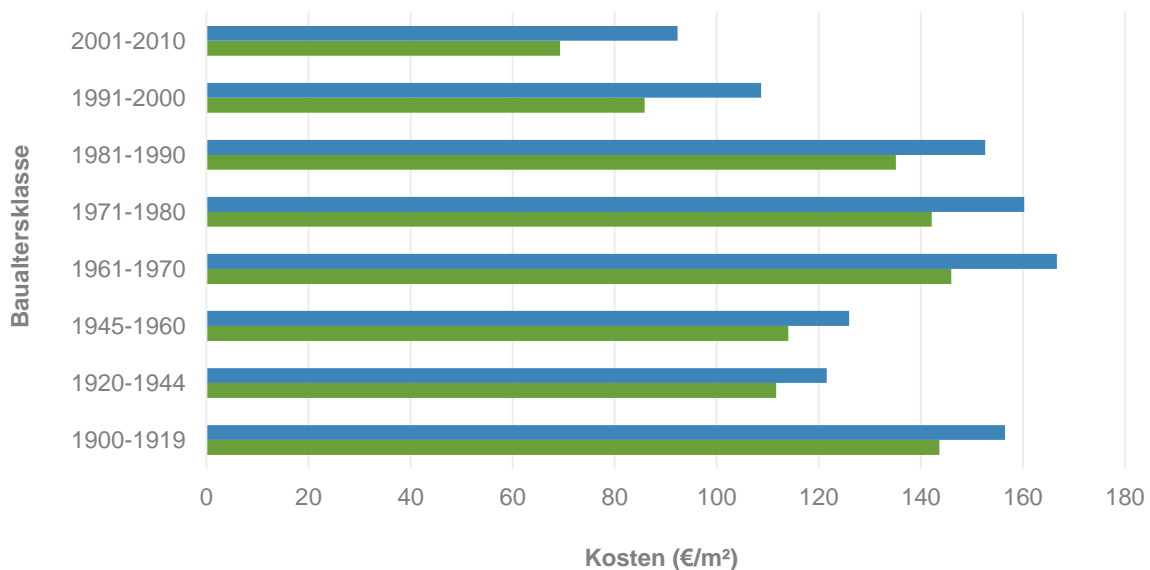


Abbildung 23 Sanierungskosten der großen Mehrfamilienhäuser in Abhängigkeit des Baujahres

8.4 Warmwasserbereitung

Da die Energiebedarfe für die Warmwasserbereitstellung auch bei zunehmender Sanierungsquote konstant bleiben werden, werden diese in der Gesamtbilanz eines Wohngebäudes zukünftig einen deutlich höheren Anteil annehmen. Um diesen Anteil zu quantifizieren und das Potenzial einer Dekarbonisierung durch regenerativen Energien zu ermit-

teln lässt sich der Gesamtbedarf für die UHGW anhand der Angaben aus dem Wärmekataster verwenden.

Die darin enthaltenen Werte zum Wärmebedarf sind für den Ist-Zustand und die daraus abgeleiteten Sanierungsszenarien auf die Raumwärme beschränkt. Zur Ermittlung des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung lässt sich der Pauschalwert⁸⁴ von 12,5 kWh/m²a für die in diesem Abschnitt betrachteten Wohngebäude verwenden.

Durch Bezug auf die Nutzflächen der Gebäude lassen stellen sich die Anteile am Gesamtwärmebedarf nach Abbildung 24 darstellen. Es wird deutlich, dass der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung im Verhältnis zum Gesamtbedarf je nach Gebäudetyp und Baujahr variiert.

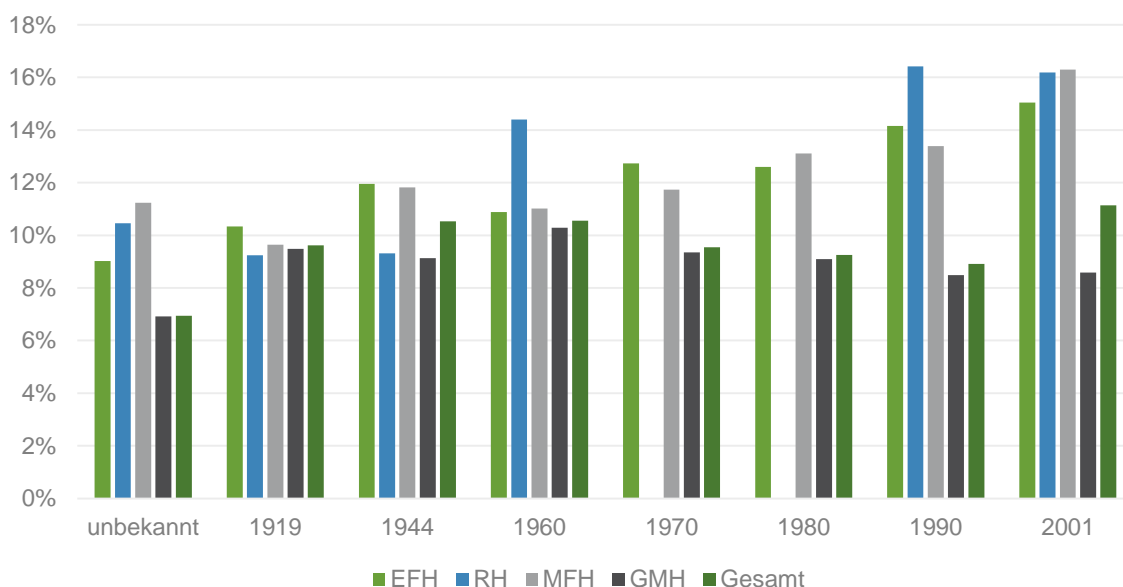


Abbildung 24 Anteile des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung verteilt nach Wohngebäudetypen und Baualtersklasse.

Die geringsten Anteile werden bei den Großmehrfamilienhäusern erreicht. Reihenhäuser weisen hingegen hohe Anteile der Warmwasserbereitung (WWB) am Gesamtwärmebedarf auf. Die Auswertung nach den Baualtersklassen zeigt keine klare Tendenz zum Anteil der WWB.

Der Anteil am Energiebedarf und damit die Relevanz der Art der Warmwasserbereitung an den CO₂-Emissionen nimmt Grad der Sanierung des Gebäudes in Zukunft zu. In Abbildung 25 sind die Anteile des WWB nach Wohngebäudetyp und Sanierungsszenario

⁸⁴ Der Wert entspricht den Vorgaben der EnEV und entstammt der Bilanzierung gemäß DIN V 4101-10:2003-08.

gemäß Kapitel 8.3 dargestellt. Über alle Wohngebäude steigt der Anteil der WWB von 9 % auf 12 % im Szenario mit der höchsten Sanierungstätigkeit.

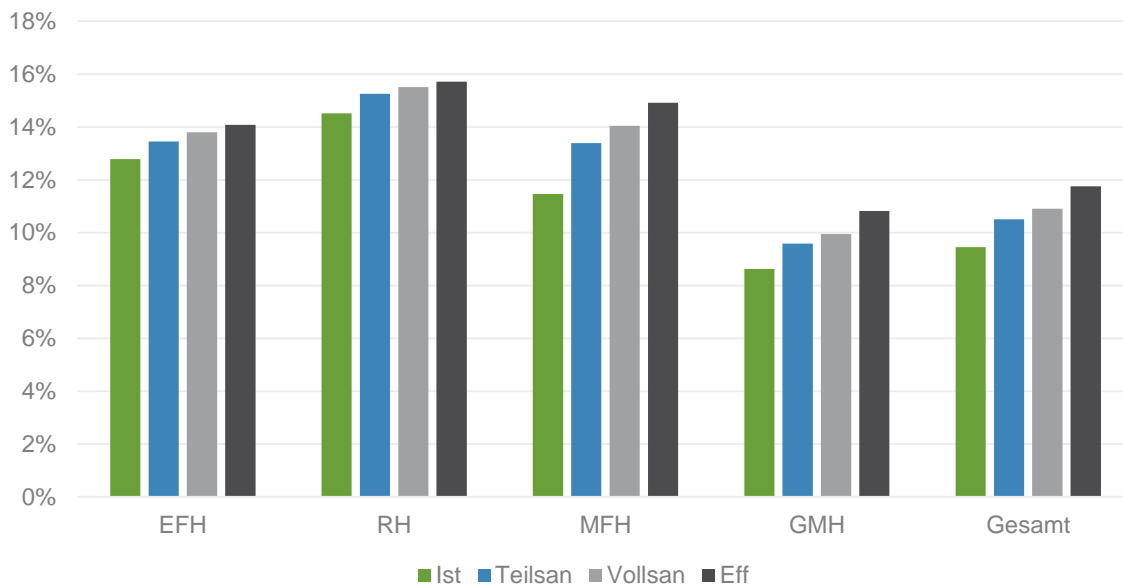


Abbildung 25 Anteile des WWB in Abhängigkeit vom Gebäudetyp und Sanierungsszenarien (Teilsanierung, Vollsanierung und Effizienzhaus)

Die aus der Warmwasserbereitung resultierenden CO₂-Emissionen können aus den ermittelten Energiebedarfen ermittelt werden. Unter Beachtung der bestehenden Wärmeversorgung (vgl. Abschnitt 8.1) und der spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren nach Klimaschutzteilkonzept Wärme UHGW⁸⁵ ergeben sich durch Multiplikation die CO₂-Emissionen nach Tabelle 26. Für diese Berechnung wurde bei den Gebäuden mit unbekanntem Energieträger Erdgas als Energieträger für die Warmwasserbereitung angenommen.

Tabelle 26 CO₂-Emissionen Warmwasserbereitung nach Wohngebäudetyp und Baualterklasse in t/a

	EFH	RH	MFH	GMH	Gesamt
unbekannt	2	4	3	744	753
1919	108	23	552	475	1.158
1944	171	4	295	314	784
1960	61	10	35	227	333
1970	18		26	435	480
1980	42		44	1.287	1.373
1990	41	3	76	743	863
2001	307	164	270	700	1.441
Gesamt	750	209	1.301	4.925	7.185

⁸⁵ UHGW 2015

8.5 Einsparpotenzial Wärmebedarf private Haushalte

Die Wärmeversorgung im Bereich der privaten Haushalte 2015 ist in Tabelle 27 dargestellt:

Tabelle 27 Derzeitige Versorgung des Wärmebedarfs privater Haushalte

Energieträger	MWh
Erdgas	174.070
Fernwärme	168.255
Flüssiggas	4.678
Heizstrom	700
Heizöl	12.302
Biomasse	38.591
Braunkohle	183
Solarthermie	579
Umweltwärme	151
Gesamt	399.509
CO ₂ Emissionen (t)	86.139

Die Einsparpotenziale wurden mit der verwendeten Methodik aus dem Klimaschutzteilkonzept- Wärme⁸⁶ in Kombination mit den Ergebnissen der Treibhausgasbilanz des Jahres 2015 berechnet. Die Aufgabenstellung wurde mit dem open source tool „urbs“ modelliert und mit „gurobi“ auf Hochleistungsrechnern gelöst. Das Modell wurde in drei Gebiete aufgeteilt: Fernwärmegebiet, Gebiete außerhalb der Fernwärme sowie Mecklenburg-Vorpommern.

Folgende Rahmenbedingungen wurden für die Modellierung verwendet:

- Reduktion der CO₂ Emissionen (80 % Reduktion gegenüber 1990 im Jahr 2050)
- Entwicklung des Potentials an Erneuerbaren in M-V 2030/2050 (Zeitreihen Wind und Solar: Karl Albert Janker 2015)
- Sanierungsszenarien, 18 % Einsparung bis 2030 und 28% Einsparung bis 2050⁸⁷

⁸⁶ UHWG 2015

⁸⁷ ebd.

- Leitungskapazität zu den angrenzenden Bundesländern und dem daraus resultierenden Stromdargebot
- Kosten der Energieträger sowie der Heiztechnologien (über die Jahre konstant angenommen)
- Strompreis für das ungenutzte Dargebot an Strom aus Erneuerbaren wurde knapp unter dem Gaspreis angenommen⁸⁸
- Fernwärmenetz sowie die Anlagen werden als Bestand angenommen
- stündliche aufgelöste Wärmebedarfsdeckung anhand von synthetisiertem Wärmelastgang im FW- sowie dezentral versorgten Gebiet.

Der Gesamtwärmebedarf Privater Haushalte beträgt 2015 398.779 MWh. Durch die gewählten Sanierungsmaßnahmen können davon im Jahr 2030 71.780 MWh Heizenergie eingespart werden. Im Jahr 2050 sind dies aufgrund der höheren Sanierungsrate 111.658 MWh.

Für das Jahr 2030 wurden 8.176 MW Leitungskapazität und für das Jahr 2050 10.160 MW Übertragungskapazität angenommen. Das daraus resultierende Dargebot an Strom, welches ungenutzt bleibt, wurde als Power-to-Heat- Potenzial (P2H) ausgewiesen. Für das Jahr 2030 sind dies 33.545 GWh welche aus P2H für den privaten Haushaltssektor zur Verfügung stehen. Für das Jahr 2030 wird durch die Berechnung des Modells eine gesamt Speicherkapazität in der Fernwärmeregion von 950 MWh gefordert sowie im Jahr 2050 von 1.500 MWh. Eine dezentrale Speicherlösung ist aufgrund der höheren spezifischen Kosten (Skaleneffekt) nur in Kombination einer moderaten Nutzung an Solarthermie sinnvoll.

Tabelle 28 Wärmebereitstellung durch die Versorgungsträger 2030 und 2050

	Versorgungsträger	Wärmebereitstellung (MWh) 2030	Wärmebereitstellung (MWh) 2050
Fernwärmeregion	Fernwärme durch KWK (Erdgas)	104.425	0
	P2H_Netzstrom	0	70.306
	P2H_aus EE	33.545	50.837
	Speicherbedarf (MWh)	(950)	(1500)
Dezentrale Wärmeversorgung	Wärmepumpe	33.470	43.283
	Elektroheizung	0	63.889
	Solarthermie	0	10.868

⁸⁸ Philipp Kuhn (2015)

	Versorgungsträger	Wärmebereitstellung (MWh) 2030	Wärmebereitstellung (MWh) 2050
	Erdgas	142.093	0
	Biogas	0	33.589
	Biomasse	13.467	14.348
	Speicherbedarf	0	18
	Gesamt	326.999	287.121

9 Energiebedarfe kommunaler Gebäude und Anlagen

9.1 Kommunale Gebäude

Das Immobilienmanagement der UHGW bewirtschaftet rund 70 Stromabnahmestellen und 60 beheizte Gebäude. Der Heizenergieverbrauch für alle Gebäude betrug in den Jahren 2014 bis 2016 im Durchschnitt 12.500 MWh bei der Heizenergie und 2.129 MWh beim Strom ohne größere Schwankungen beziehungsweise Tendenzen in eine Richtung. Das Energiecontrolling wurde bisher anhand der Rechnungen mit Hilfe von Excel-Tabellen durchgeführt. Innerhalb der vergangenen Jahre fanden der kontinuierliche Ausbau und die Modernisierung der Gebäudeleittechnik (GLT) mit dem Ziel der dauerhaften Betriebsüberwachung der technischen Anlagen statt. Erste Medienzähler (Strom und Fernwärme) wurden auf die GLT geschaltet. Ein IT-basiertes Energiemanagementsystem wird gerade eingeführt.

Tabelle 29 Energieverbrauch kommunaler Gebäude

Jahr	Heizenergie MWh	Strom MWh
2014	12.387	2.142
2015	12.396	2.083
2016	12.796	2.163
Mittelwert 2014 – 2016	12.526	2.129

9.2 Straßenbeleuchtung

9.2.1 Bestandsanalyse

Die öffentliche Straßenbeleuchtung der UHGW umfasst rund 6.000 Lichtpunkte, davon 4.500 Natriumdampflampen, 3 Quecksilberdampflampen, 490 LEDs und 1.007 sonstige Leuchtmittel. Alle sind jeweils mit einer Leuchte und diese wiederum mit einem Leuchtmittel ausgestattet. Da keine genauen Angaben zu den Leuchtmitteln existieren, wurde bei der Betrachtung auf eine Abschätzung abgestellt:

- Natriumdampflampen (HSE): 85 W Systemleistung
- Quecksilberdampflampen (HME): 90 W Systemleistung
- LED: 44 W Systemleistung

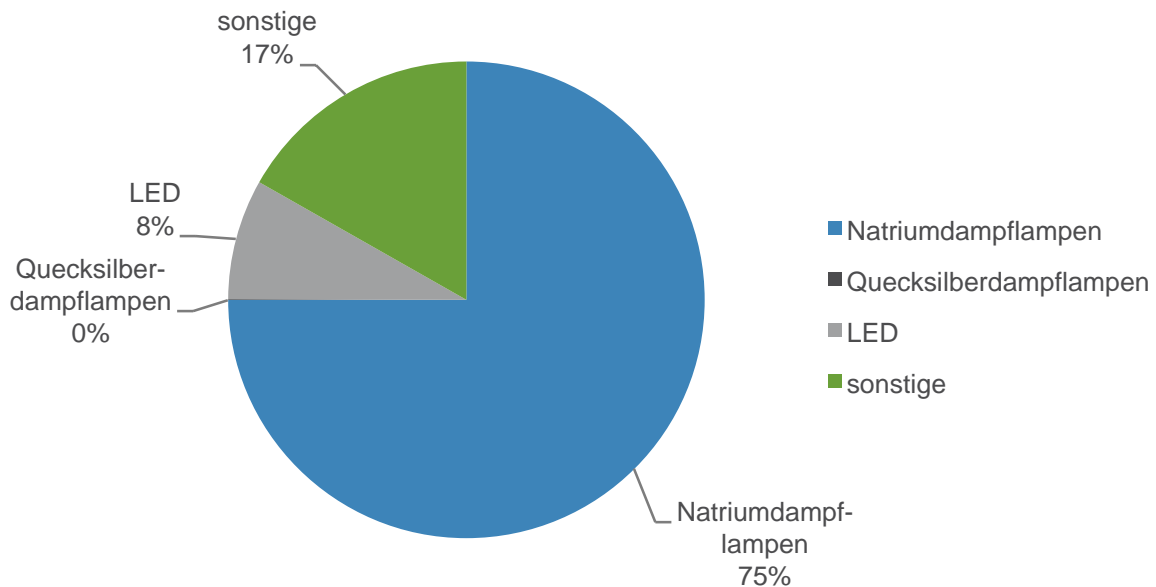


Abbildung 26 Leuchtmittelverteilung nach Leuchtmitteltyp und -leistung

Das An- und Abschalten aller Lichtpunkte wird über Lichtsensoren realisiert, so dass mit 4.000 Vollbetriebsstunden jährlich gerechnet werden kann. Daraus ergeben sich für den Ist-Stand der Straßenbeleuchtung ein Stromverbrauch von 2.300 MWh/a, CO₂-Emissionen von 1.380 t/a sowie – bei einem mittleren spezifischen Strompreis von 0,25 €/kWh (brutto) – Stromkosten in Höhe von 575.000 € pro Jahr.

Tabelle 30 Zusammenfassung IST-Stand

Eingesetzte Leuchtmittel und Systemleistung	HSE 85 W, HME 90 W, LED 44W
Anzahl Lichtpunkte	6.000
Anzahl Leuchtmittel	6.000
Steuerung	Brennstundenkalender (BSK)
Gesamtsystemleistung	575 kW
Stromverbrauch	2.300 MWh
CO ₂ -Emissionen	1.380 t/a
Stromkosten	575.000 €/a

9.2.2 Potenzialbetrachtung

Die für die Berechnung der Einsparvarianten verwendeten Randbedingungen und Annahmen sind in Tabelle 31 zusammengefasst. In der jeweiligen Berechnungsvariante wird davon ausgegangen, dass ein Austausch der Leuchtmittel zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung, also nach Ablauf der Lebensdauer des bisherigen Leuchtmittels, stattfindet. Daher wird angenommen, dass die ausgetauschten Leuchten keinen Zeitwert mehr aufweisen.

Tabelle 31 Annahmen für die Berechnung

Merkmal	Wert	Einheit
jährliche Betriebsstunden	4.000	h/a
Emissionsfaktor	600	g/kWh
Spezifische Stromkosten (brutto)	0,25	€/kWh
Strompreiserhöhung	5	%/a
Obergrenze Strompreis	0,50	€/a
Betrachtungszeitraum	25	Jahre

Wartungskosten wurden in die Variantenvergleiche mit einberechnet, jedoch nicht die Kosten für den Austausch der Leuchtmittel und Masten (herstellerabhängig). Die Betrachtung der Auswirkungen wird über einen Zeitraum von 25 Jahren vorgenommen, da dies der Lebensdauer einer LED-Beleuchtung entspricht; d. h. ein Leuchtmittelwechsel ist im Normalfall in diesem Zeitraum nicht vorgesehen. Folgende Varianten wurden untersucht:

- Variante 1: Umrüstung aller Lichtpunkte auf modernen LED-Leuchten. Dazu ist im Allgemeinen eine Umrüstung des kompletten Leuchtkörpers nötig.
- Variante 2: Ersatz der Leuchtmittel aller Lichtpunkte durch LED-Retrofit. Hierbei werden nur die Leuchtmittel getauscht.

Ergebnis der vorgeschlagenen Umrüstungsmaßnahmen

Die Ergebnisse der Umrüstungsvarianten werden denen, die bei Fortführung der gegenwärtigen Beleuchtungssituation zu erwarten sind (Bestand) gegenübergestellt und können den nachstehenden Tabellen und Diagrammen entnommen werden. Der Einsatz des Leuchtmittels ist von verschiedenen Faktoren vor Ort abhängig (Straßenlänge, Abstände zwischen den Lichtmasten, regionale Gegebenheiten, etc.), was sich wiederum im Preis und in der Lebensdauer des Leuchtmittels widerspiegelt. In diesem Kapitel wurden demzufolge mit üblichen Durchschnittswerten gerechnet.

Seitens der Investitionskosten fällt Variante 2 mit 551.000 € am günstigsten aus. Variante 1 verursacht Investitionskosten von ca. 4.200.000 €. Die Investitionen würden sich nach ca. 13 Jahren (Variante 1) und ca. 5 Jahren (Variante 2) amortisiert. Variante 1 verursacht zwar um ca. 3.650.000 € höhere Investitionskosten, weist aber einen geringeren Stromverbrauch und geringere Gesamtkosten auf.

Tabelle 32 Variantenvergleich

	Einheit	Bestand		V1		V2	
		Gesamt	Einsparung	Gesamt	Einsparung	Gesamt	Einsparung
Investitionskosten	€	0	0	4.193.110	-	551.000	-
Stromverbrauch	MWh	57.500	0	33.645	-23.855	45.572	-11.928
CO ₂ -Emissionen	t	35	0	20	-15	27	-8
Gesamtkosten	€	24.134.000	0	18.339.000	-5.795.000	19.687.000	-4.447.000
Amortisationszeit	a	-	-	12,96		4,44	

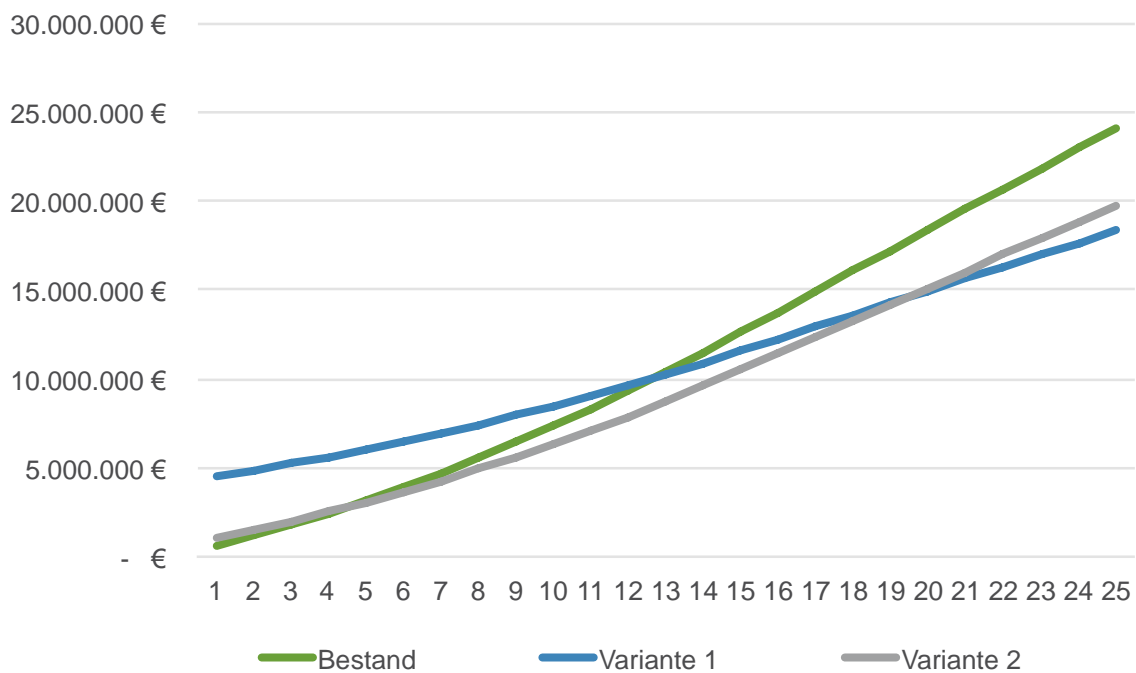


Abbildung 27 Gesamtkostenentwicklung

Bezogen auf den Ist-Zustand könnten Stromverbrauchseinsparungen von 41,5 % (Variante 1) und 20,7 % (Variante 2) erreicht werden. Bei den Stromkosten betragen die Einsparungen 24,0 % (Variante 1) und 18,4 % (Variante 2).

Der Benchmarkvergleich (siehe Abbildung 29) verdeutlicht ebenfalls, dass die spezifischen Leistungen, Energieverbräuche und Energiekosten (pro Lichtpunkt) signifikant zurückgehen würden. Folglich ließen sich die Energieverbräuche von 339 kWh auf bis zu 142 kWh (Variante 1) und die damit verbundenen Kosten von 85 € auf 35 € (Variante 1) je Lichtpunkt verringern.

Es ist empfehlenswert, innerhalb des normalen Wechselzyklus die bestehenden Leuchtmittel in LEDs auszutauschen. Hingegen bei sanierungsbedürftigen oder neu zu bauenden Straßenzügen ist der Einsatz des kompletten Leuchtkörpers empfehlenswert.

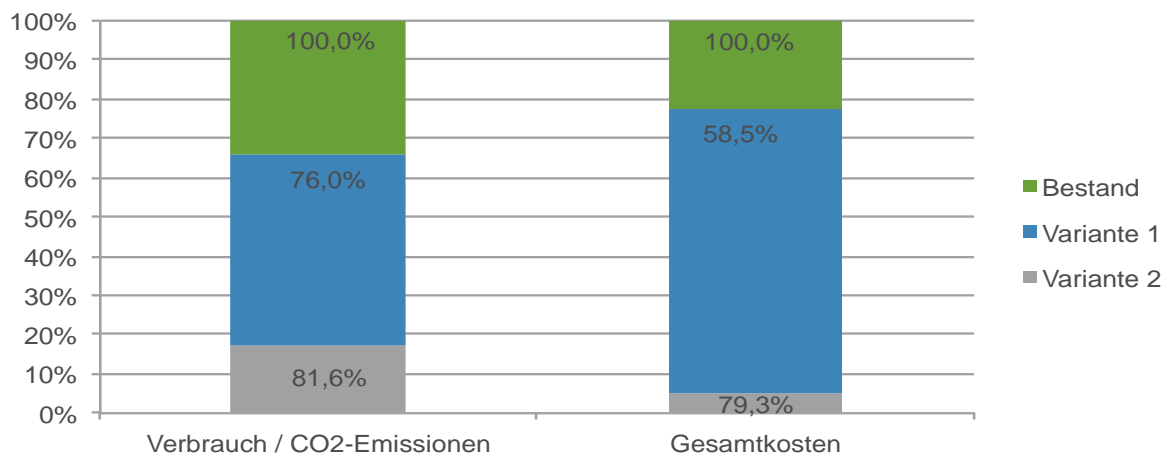


Abbildung 28 relative Einsparpotenziale

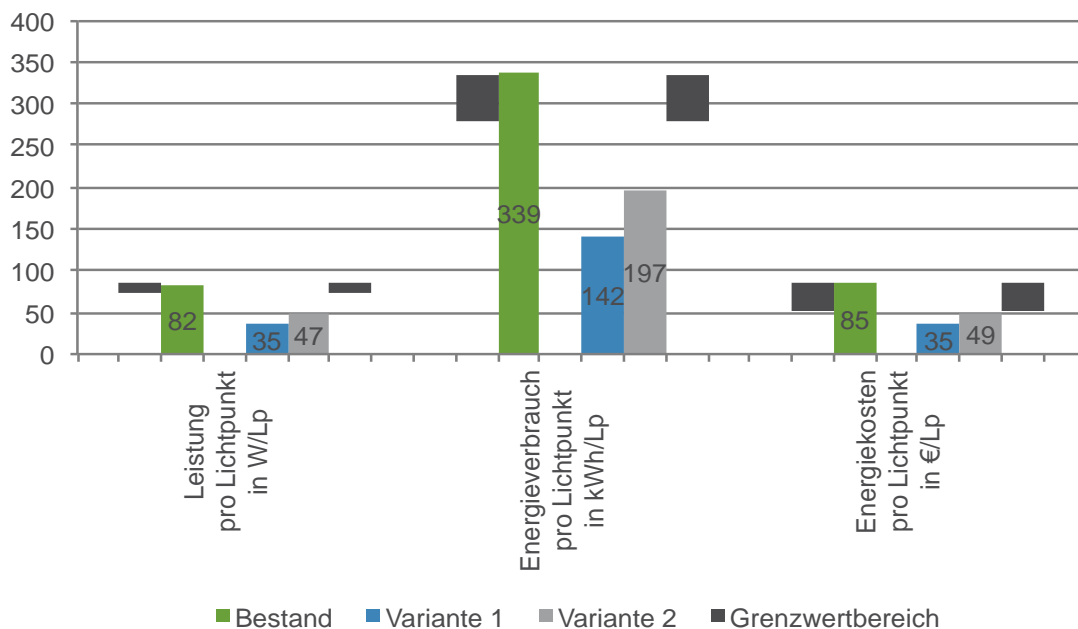


Abbildung 29 Benchmark der Optimierungsvarianten

10 Energiebedarfe in Industrie und GHD

10.1 Energiebedarf des gesamten Sektors

Industrie und GHD werden in diesem Kapitel gemeinsam betrachtet, da die Übergänge zwischen den beiden Sektoren fließend sind und somit in der Praxis eine klare Abgrenzung schwer abbildbar ist. Aufgrund ähnlicher Methoden zur Ermittlung der Energiebedarfe ist eine solche Abgrenzung in diesem Teilkapitel nicht unbedingt notwendig.

Die Bilanz des gesamten stationären Bereichs, der alle energierelevanten Sektoren innerhalb der Stadt (Industrie, GHD, Private Haushalte, Kommunale Infrastruktur) außer Verkehr zusammenfasst, zeigt folgendes Bild.

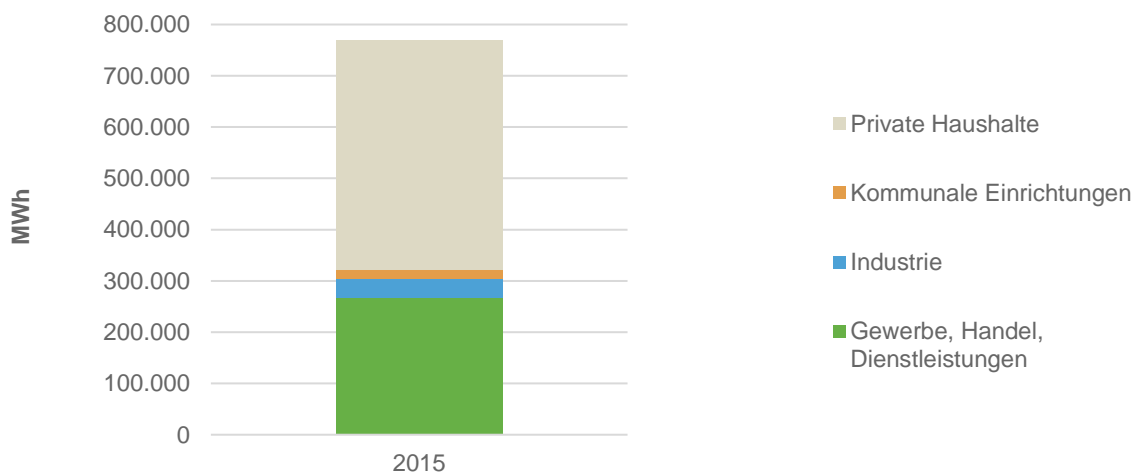


Abbildung 30 Endenergieverbrauch stationärer Bereich

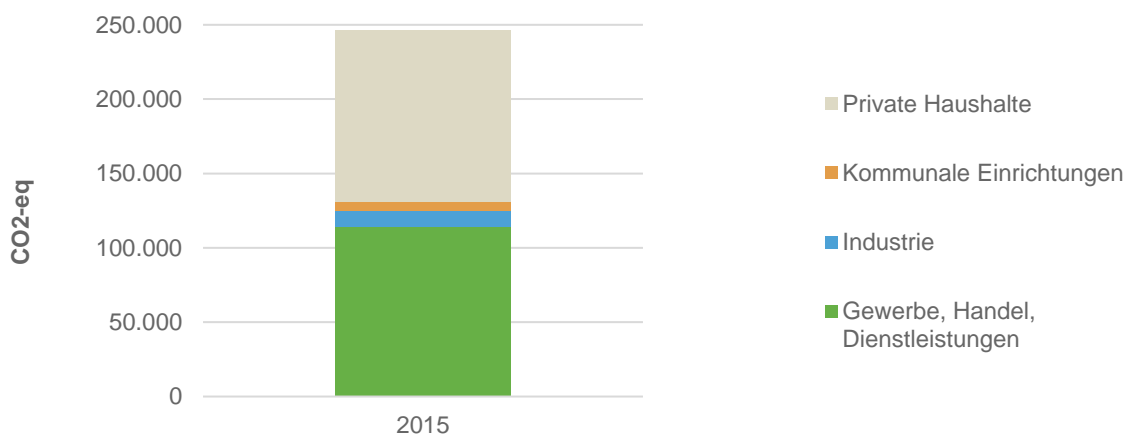


Abbildung 31 CO₂-Emissionen stationärer Bereich

Der Vergleich des Endenergieverbrauchs und auch der CO₂-Emissionen zeigt, dass die Sektoren Private Haushalte und GHD den mit Abstand größten Anteil in der UHGW haben. Industrie und Kommunale Gebäude nehmen mit einem Anteil von ca. 5 bzw. 2 % einen sehr geringen Anteil ein. Auffällig ist, dass die Bilanz im Endenergieverbrauch für Haushalte einen Anteil von 58 % und GHD von 35 % ausweist, sich dieses Verhältnis bei der Betrachtung der CO₂-Emissionen aber umkehrt, hier hat der Sektor GHD einen Anteil von 51 % und die Haushalte nur 47 %. Es ist somit festzustellen, dass beide Sektoren einen etwa gleich großen Einfluss auf die Gesamtbilanz haben.

Die Bilanzierung macht deutlich, dass der Bereich Industrie eine sehr kleine Rolle spielt und der Sektor GHD im Vergleich dominiert. Dies zeigt sich u.a. auch dadurch, dass nur die Anlagen der Stadtwerke Greifswald zur Energieversorgung mit Fernwärme am Emissionshandel teilnehmen müssen. Es gibt keine weiteren als energieintensiv geltenden Unternehmen.

10.2 Energiebedarf Universität und Klinikum

In Anbetracht der Tatsache, dass es keine weiteren Großverbraucher gibt, wird die weitere Betrachtung kumuliert über alle Betriebe erfolgen. Eine Identifikation einzelner Hot Spots ist unter diesen lokalen Gegebenheiten nicht möglich. Einzig die Universitätsmedizin Greifswald und die Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald können aufgrund der vorliegenden Daten im Gesamtverbrauch nach Energieträgern einzeln dargestellt werden. Eine Betrachtung über diese Einordnung hinausgehend ist aufgrund nicht detailliert vorliegender Daten zur Verbrauchsstruktur nicht möglich. Nachfolgend tabellarisch dargestellt ist der Gesamtverbrauch im Bereich GHD und Industrie unterteilt in die beiden Kategorien Strom sowie Brenn-/ Kraftstoffe und Fernwärme. Dabei ist jeweils der Anteil der Universität und der Universitätsklinik dargestellt.

Tabelle 33 Energieverbräuche GHD und Industrie 2015 in MWh

	Strom	Brenn-/Kraftstoffe und Fernwärme
Gesamt	147.767	156.609
Universitätsmedizin	24.500	28.715
Universität	10.398	14.824

Die Universitätsmedizin hat jeweils einen höheren Anteil: 17 % beim Strom und 18 % in der Gruppe Brenn-/Kraftstoffe und Fernwärme. Die Anteile der Universität liegen mit 7 bzw. 9 % ungefähr bei der Hälfte.

Die Unterteilung der Energieverbräuche in einzelne Verbrauchsbereiche kann anhand der detaillierten Werte einer Studie unter Leitung des Fraunhofer ISI erfolgen⁸⁹. Dabei ist eine Unterscheidung in einzelne Gruppen möglich. Aufgrund der Datenlage werden die Universitätsmedizin und die Universität einzeln betrachtet (Gesamtmedienverbräuche bekannt), alle weiteren Unternehmen werden nur als Einheit betrachtet (vgl. Abbildung 32, Abbildung 33 und Abbildung 34).

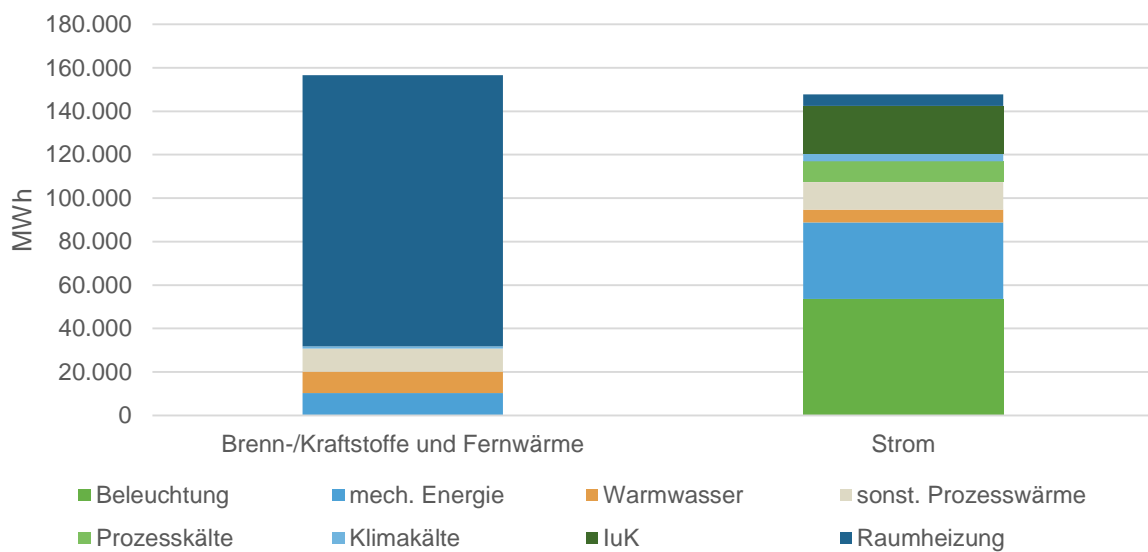


Abbildung 32 Verteilung Energieverbrauch 2015 GHD und Industrie

Die Einteilung in Verbrauchsgruppen zeigt, dass im gesamten Sektor die meiste Energie für Wärme und Beleuchtung benötigt wird.

⁸⁹ ISI 2015

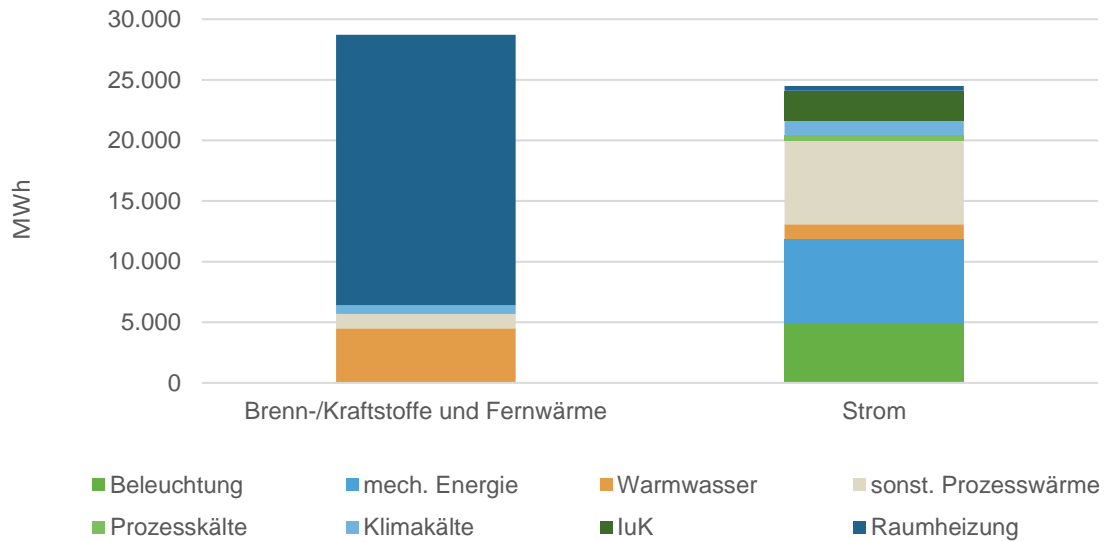


Abbildung 33 Verteilung Energieverbrauch 2015 der Universitätsmedizin Greifswald

Die Einzelbetrachtung der Universitätsmedizin Greifswald zeigt eine etwas andere Verteilung. Vor allem im Bereich Strom sind die Verbräuche gleichmäßiger auf verschiedene Anwendungen verteilt.

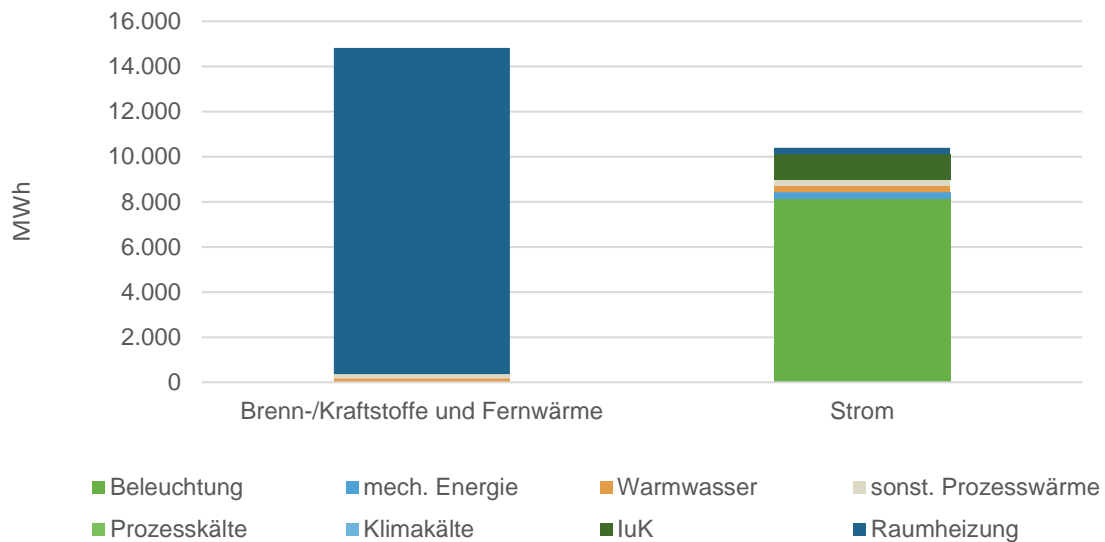


Abbildung 34 Verteilung Energieverbrauch 2015 der Universität Greifswald

Die Verteilung für die Universität zeigt eine noch stärkere Konzentration der Verbräuche auf die Raumwärme (98 %) und Beleuchtung (78 %).

10.3 Prozessenergiebedarfe

Gemäß dem Masterplan-Leitfaden wird unter Prozesswärme "... die Bereitstellung von Wärme für Produktions- und Fertigungsverfahren aus Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistung verstanden."⁹⁰

Der Grundsatz bei der Betrachtung der Prozessenergiebedarfe lautet, dass die derzeit noch größtenteils brennstoffbasierte Wärmebereitstellung in Zukunft durch Biomasse und/oder Strom erfolgen kann. Die Nutzung von Biomasse in diesem Sektor steht in direkter Konkurrenz zu anderen Nutzungen, vor allem der Wärmebereitstellung für private Haushalte und der Erzeugung alternativer Kraftstoffe. Demgegenüber steht ein im kompakten Greifswalder Stadtgebiet stark begrenztes Potenzial zur Stromerzeugung aus regenerativen Quellen, da die Windkraft nur in Form von Kleinwindkraftanlagen umsetzbar ist. Hinzu kommt, dass die Nutzung von Strom zur Bereitstellung von Wärme exergetisch ungünstig ist.

In der UHGW nimmt die Prozesswärme innerhalb des Sektors GHD und Industrie aktuell einen Anteil von nur 7,6 % ein (vgl. Kap. 10.1). Aufgrund des hohen Anteils des Gesamtenergieverbrauchs der Uniklinik, dessen typische Prozesse in der Mehrheit schon strombetrieben laufen, liegt der Anteil am Brennstoffverbrauch sogar bei nur 6,7 % (für Strom bei 8,6 %). Diese minimalen Werte sind deutlich unter den in Gesamtdeutschland zu beobachtenden Werten. Der Anteil der Prozesswärme liegt bei 65 % innerhalb des Sektors Industrie. Auf den Gesamtendenergieverbrauch bundesweit bezogen sind das immerhin 20 %, in der UHGW hingegen weniger als 3 %. Betrachtet man nur den derzeit noch brennstoffbasierten Anteil an der Prozesswärme (45 %), der zukünftig durch Strom oder Biomasse ersetzt werden müsste, so entspricht dies ca. einem Prozent des Endenergieverbrauchs in der UHGW⁹¹.

Eine Unterscheidung in Temperaturniveaus, wie zur Bewertung der Potenziale bei großen Verbrauchern dringend erforderlich, ist in dem kleinen Rahmen wie in der UHGW nicht zielführend und aufgrund nicht verfügbarer Daten der wenigen Unternehmen auch nicht möglich.

Im Fazit bleibt festzuhalten, dass aufgrund der minimalen Bedeutung der Industrie in der UHGW und des daraus resultierenden sehr geringen Prozesswärmebedarfes keine bedeutsamen Einsparungen erzielt und aufgrund der Datenlage für die Gesamtbetrachtung keine nützlichen Erkenntnisse abgeleitet werden können. Zur weiteren Untersuchung dieses Teilbereiches wäre es notwendig, einzelne Betriebe detailliert zu untersuchen, um relevante Prozesswärmebedarfe identifizieren und in einem weiteren Schritt die Potenziale bewerten zu können. Aufgrund der aktuellen Situation, dass weniger als ein Prozent der Endenergie in Form von fossilen Brennstoffen in Prozesswärme umgewandelt wird, ist eine Betrachtung

⁹⁰ FH Aachen et. al. (2016)

⁹¹ bundesweite Bezugskennzahlen: FH Aachen et. al. (2016)

dieses Bereiches im Vergleich zu allen anderen im vorliegenden Masterplankonzept untersuchten Themenfeldern mit der niedrigsten Priorität zu behandeln.

10.4 Abwärme aus Industrie und GHD

Die bereits in den Kapiteln 10.1 und 10.3 beschriebene geringe Bedeutung von Industrie und GHD in der UHGW, vor allem im Bereich Prozesswärme wirkt sich stark auf die Betrachtung der Abwärmepotenziale aus.

Der geringe Prozesswärmebedarf, sowie auch die Einschätzung der Situation vor Ort lassen auf einen sehr geringen Einfluss dieses Wärmebedarfssektors auf die Gesamtbilanz schließen. Eine detaillierte Betrachtung von Potenzialen zur Abwärmenutzung ist damit nach aktuellem Wissensstand nicht zielführend.

Um trotzdem eine weitergehende Betrachtung durchführen zu können, müsste zunächst die Art und Menge der genutzten Prozesswärme, wie in Kapitel 10.3 beschrieben, detailliert untersucht werden. Darauf aufbauend wäre eine Untersuchung möglich, ob es überhaupt technisch nutzbare Abwärmepotenziale gibt. Dies ist von folgenden Parametern abhängig:

- Temperaturniveau
- zeitlicher Verlauf der Verfügbarkeit
- Abwärmemenge
- (maximale) Abwärmeleistung
- Abwärmemedium (z.B. Wasser, Dampf, Öl, etc.)
- Beschaffenheit/Reinheit des Abwärmemediums (z.B. Staub- und schadstoffbelastung)

Sollten technisch nutzbare Abwärmepotenziale identifiziert werden können, ist die zweite Grundvoraussetzung für eine Nutzung, dass es geeignete Wärmesenken in räumlicher Nähe zur Quelle gibt. Ebenfalls entscheidend sind das benötigte Temperaturniveau der Senke und der zeitliche Verlauf einer möglichen Wärmeabnahme.

Sollten diese Grundvoraussetzungen erfüllt sein, gilt es zu untersuchen, ob eine Nutzung in einem wirtschaftlich vertretbaren Rahmen umsetzbar ist (ggf. verbunden mit der Aussage ab welchem Wärmepreis der konventionellen bzw. derzeit vorhandenen Alternativen zur Wärmebereitstellung eine detaillierte Betrachtung lohnenswert wird).

Im Gesamtkontext des Konzeptes und der damit verbundenen Zielstellung sollte dem Thema Abwärmenutzung aus Industrie und GHD eine niedrige Priorität eingeräumt werden, da die gesamtbilanzielle Bedeutung nahezu vernachlässigbar ist.

10.5 Einsparpotenzial Industrie und GHD

Bei der Betrachtung der zukünftigen Energieverbräuche und THG-Emissionen wird davon ausgegangen, dass es keinen wesentlichen Strukturwandel bei Industrie und GHD geben wird. Dies bedeutet unter anderem, dass es keinen Anstieg des bisher bereits sehr geringen Anteils an Prozesswärme geben wird.

Die Prognose der Verbräuche für das Jahr 2050 kann nur für den Gesamtverbrauch erfolgen, da für die Einzelverbraucher keine detaillierten Daten zur tatsächlichen Aufteilung auf die Verbrauchssektoren sowie zum derzeitigen Stand der technologischen Ausstattung vorliegen. Die Prognose orientiert sich für den Gesamtverbrauch einerseits an der Prognose der Anzahl der Erwerbstätigen (vgl. Kapitel 4). Dabei wird die obere Variante der Prognose zur Entwicklung der Anzahl der Erwerbstätigen herangezogen, da dies energetisch gesehen (aufgrund der höheren verfügbaren Arbeitskraft) die Variante mit den höheren zu erwartenden Verbräuchen darstellt.

Andererseits wurden anhand der Angaben aus dem Masterplan-Leitfaden und dem eigenen Expertenwissen Annahmen und Abschätzungen zur Entwicklung des spezifischen Effizienzindex und der Nutzungsintensität in den Verbrauchsbereichen getroffen. So ist z.B. davon auszugehen, dass im Zuge der Fortschreitung der Digitalisierung in allen Lebens- und Arbeitsbereichen die Nutzungsintensität im Bereich Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) weiter zunimmt, wobei hier von einer Verdopplung ausgegangen wird. Dies entspricht einem Nutzungsintensitätsindex von 200 %. Demgegenüber steht eine zunehmende Effizienz der eingesetzten Geräte, die hier mit einer Steigerung von 1 % pro Jahr abgeschätzt wird. Daraus folgend ergibt sich ein spezifischer Effizienzindex von 70 % für das Jahr 2050, wenn 100 % dem Verbrauch von 2015 entsprechen. Im Ergebnis ergibt sich ein resultierender Endenergiebedarfsindex von 141 % für den Bereich IuK. Alle weiteren Werte können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 34 Annahmen zur Entwicklung des Endenergiebedarfs im Sektor GHD (nach Deesy-Modell)

Anwendung	Endenergiebedarfsindex 2015	Annahme Effizienzgewinne pro Jahr	Spezifischer Effizienzindex 2050	Nutzungsintensitätsindex 2050	resultierender Endenergiebedarfsindex 2050
Beleuchtung	100%	1,5%	59%	100%	59%
mechanische Energie	100%	1,0%	70%	90%	63%
Warmwasser	100%	0,1%	97%	90%	87%
sonst. Prozesswärme	100%	0,1%	97%	90%	87%
Prozesskälte	100%	1,0%	70%	100%	70%

Anwendung	Endenergiebedarfsindex 2015	Annahme Effizienzgewinne pro Jahr	Spezi-fischer Effizienz-index 2050	Nutzungs-intensitäts-index 2050	resultierender Endenergiebedarfs-index 2050
Klimakälte	100%	1,0%	70%	100%	70%
Informations- und Kommunikationstechnik (IuK)	100%	1,0%	70%	200%	141%
Raumheizung	100%	1,5%	59%	100%	59%

Im Ergebnis zeigt sich unterteilt nach den Energieträgerarten und den Verbrauchsgruppen im Vergleich 2015 zu 2050 folgendes Bild:

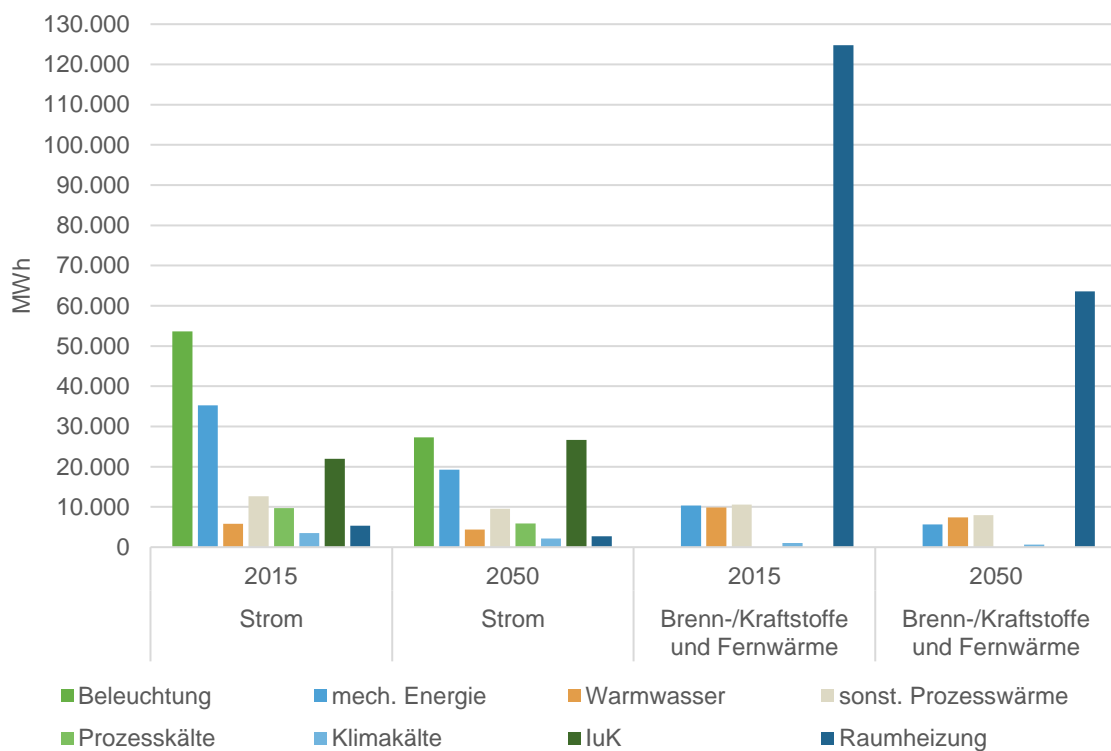


Abbildung 35 Verteilung Energieverbrauch 2015 und Prognose 2050 GHD und Industrie

Tabelle 35 Verteilung Energieverbrauch 2015 und Prognose 2050 GHD und Industrie in MWh

Verbrauchsgruppe	Strom		Brenn-/Kraftstoffe und Fernwärme	
	2015	2050	2015	2050
Beleuchtung	53.614,10	27.326,11	0,00	0,00
mech. Energie	35.228,66	19.293,06	10.309,99	5.646,29
Warmwasser	5.811,79	4.368,93	9.891,57	7.435,85
sonst. Prozesswärme	12.677,47	9.530,11	10.552,45	7.932,65
Prozesskälte	9.691,23	5.897,14	0,00	0,00
Klimakälte	3.487,71	2.122,28	1.052,07	640,19
IuK	21.926,95	26.685,21	0,00	0,00
Raumheizung	5.329,28	2.716,23	124.803,04	63.609,79
Gesamt	147.767,19	97.939,08	156.609,12	85.264,77

Knapp 40 % des Endenergieverbrauchs in den Sektoren GHD und Industrie können perspektivisch bis 2050 eingespart werden. Spezifisch als auch absolut sind die Einsparpotenziale in den Bereichen Raumwärme, Beleuchtung und mechanische Energie am größten. Der einzige Sektor mit wahrscheinlich steigendem Verbrauch ist die Informations- und Kommunikationstechnologie.

11 Mobilitätsbedarf und Energiebedarf Verkehr

11.1 Status Quo des Mobilitätsverhaltens

Im Oktober 2014 wurde eine Haushaltsbefragung zur Verkehrsmittelwahl der Greifswalder Bevölkerung durchgeführt. Diese aktualisiert die Erhebungen aus dem Jahr 2009 und liefert aktuelle Informationen zum Mobilitätsverhalten der Einwohner der UHGW.

Pro Tag werden im Durchschnitt pro Person ca. 3,5 Wege zurückgelegt. Für diese wird durchschnittlich ein Zeitbudget von insgesamt ca. 60 Minuten aufgewendet. Pro Weg ergibt sich damit ein durchschnittlicher Zeitaufwand von ca. 16 Minuten. Dabei wird eine durchschnittliche Entfernung von ca. 2,4 km pro Weg zurückgelegt.

Bei der Verkehrsmittelwahl der Greifswalder Bevölkerung dominiert der nichtmotorisierte Verkehr. Im Rahmen der Haushaltbefragung 2014 wurde für den Fuß- und Radverkehr in Summe ein Anteil von ca. 60 % ermittelt. Der Radverkehrsanteil liegt mit ca. 39 % auf einem ähnlich hohen Niveau, wie beispielsweise in Münster. Auf der European Platform on Mobility Management (EPOMM) sind lediglich für die niederländischen Städte Houten, Eindhoven und Oss höhere Radverkehrsanteile registriert. Insgesamt werden sowohl für den Radverkehr als auch für die Nahmobilität (Fuß und Rad) im nationalen und europäischen Vergleich bereits heute in der UHGW sehr hohe Nutzungsanteile erreicht.

Der Anteil des MIV an den täglichen Wegen in der UHGW liegt damit aktuell bei ca. 34 %. Anhand der EPOMM-Daten ist abzuleiten, dass trotz der bereits geringen Nutzungsanteile weitere Potenziale zur Absenkung der Anteile des motorisierten Verkehrs bestehen. In verschiedenen anderen Städten wird der MIV-Anteil der UHGW unterschritten. So liegt beispielsweise der Anteil des Kfz-Verkehrs in der Stadt Freiburg bei lediglich ca. 21 %.

In den letzten Jahren ist in der UHGW keine signifikante Veränderung der MIV-Anteile erfolgt. Die Unterschiede zwischen den Haushaltsbefragungen 2009 und 2014 sind für den Kfz-Verkehr gering (siehe Abbildung 36). Lediglich beim Radverkehr und ÖPNV waren erkennbare Veränderungen festzustellen, die aus Sicht der Autoren jedoch auf witterungsbedingte Unterschiede während der Erhebungsperioden zurückzuführen sind.

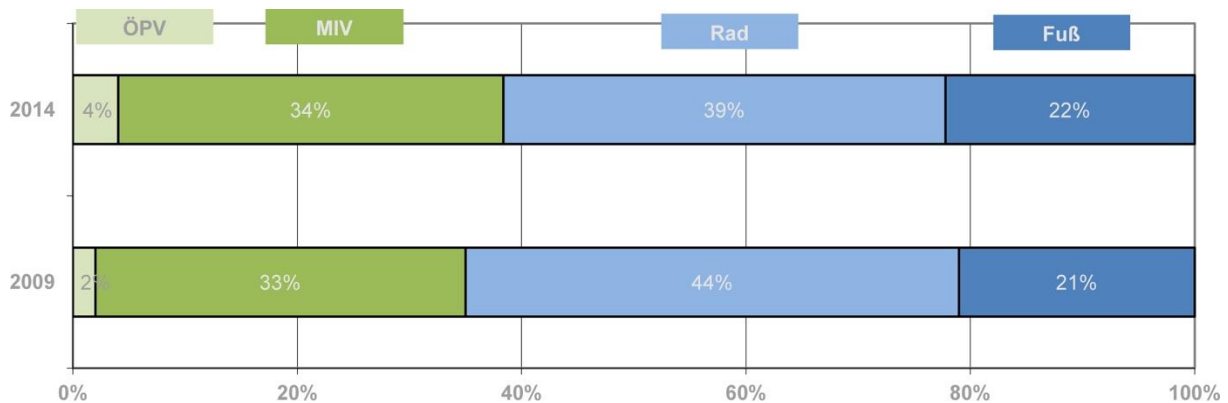


Abbildung 36 Modal-Split (Greifswalder Bevölkerung) für die Jahre 2009 und 2014

Aus den aktuellen Mobilitätsdaten lassen sich noch verschiedene weitere Detailinformationen ableiten, welche wichtige Ansatzpunkte zur Veränderung des Mobilitätsverhaltens liefern können.

Zirka 84 % der Befragten über 17 Jahren besitzen einen Führerschein. Bei der Altersgruppe der über 65 Jährigen ist der Führerscheinbesitz mit einem Anteil von ca. 70 % signifikant niedriger. Durch den Renteneintritt von Generationen, welche deutlich stärker durch den Pkw-Verkehr geprägt wurden (Kohorteneffekt), ist in den kommenden Jahren damit zu rechnen, dass der Anteil des Führerscheinbesitzes und damit auch der Pkw-Nutzung dieser Altersgruppe zunehmen wird. Bereits heute ist deren MIV-Anteil mit ca. 40 % überdurchschnittlich hoch, liegt jedoch noch unter der durchschnittlichen Nutzungsintensivität der 45 bis 65 Jährigen. Für diese wurde im Rahmen der Haushaltbefragung mit ca. 44 % der höchste MIV-Anteil festgestellt. Daher ist zu empfehlen, durch gezielte Angebote für Ältere und Senioren den Kohorteneffekten entgegenzuwirken.

Am geringsten sind die MIV-Anteile (einschließlich Mitfahrer) für die Altersgruppe zwischen 15 und 25 Jahren. Lediglich ca. 13 % der Wege werden mit einem Pkw zurückgelegt. Bei den Kindern zwischen 6 und 15 Jahren und insbesondere für die Altersgruppe der unter 6 Jährigen sind deutlich höhere MIV-Anteile festzustellen. Zirka 28 % bzw. 41 % der Wege werden hier als Mitfahrer in einem Pkw zurückgelegt. Entsprechend bestehen auch hier Handlungspotenziale zur Veränderung des Mobilitätsverhaltens.

Bezogen auf den Fahrtzweck sind vor allem bei den Wegen zur Arbeit (ca. 44 %) sowie den Dienstwegen (ca. 55 %) deutlich erhöhte MIV-Anteile festzustellen. Entsprechend bildet das betriebliche Mobilitätsmanagement einen wichtigen Ansatzpunkt für die Gewährleistung einer klimafreundlichen Mobilität. Neben dem im Rahmen der Haushaltsbefragungen untersuchten Verkehr durch die Greifswalder Bevölkerung betrifft dies vor allem auch den Einpendlerverkehr. Hier ist von nochmals höheren MIV-Verkehrsanteilen auszugehen.

Weitere Fahrtzwecke mit erhöhten MIV-Anteilen bilden Freizeit- und Sportaktivitäten, sonstige Wege, private Besuche sowie der Besuch öffentlicher Einrichtungen und Dienstleistungen.

Beim Einkaufsverkehr ist hingegen eine durchschnittliche Pkw-Nutzung zu verzeichnen. Für die Alltagsversorgung wurde im Rahmen der Haushaltsbefragungen ein Pkw-Anteil von ca. 33 % erfasst. Für sonstige Einkäufe lag der MIV-Anteil sogar lediglich bei 25 %. Wesentliche Unterschiede wurden allerdings für die unterschiedlichen Versorgungsstandorte festgestellt. Beim Elisenpark und für den Einkaufstandort Neuenkirchen dominieren die Pkw-Nutzungen. Während der Elisenpark zumindest von einem Drittel der Befragten Greifswalder ohne Auto erreicht wird, erfolgen die Fahrten zum Einkaufsmarkt Neuenkirchen nahezu komplett mit dem Pkw. Anders ist die Situation für integrierte Einkaufstandorte, wie z. B. das Ostsee-Einkaufs-, Möwen- und Schönewalde-Center. Hier liegt der MIV-Anteil teilweise deutlich unter dem gesamtstädtischen Durchschnitt. Für das Ziel zentrale Innenstadt (ohne universitäre Ziele) wurde im Rahmen der Haushaltbefragungen ein MIV-Anteil von ca. 12 % erhoben. Jedoch ist auch beim Einkaufsverkehr zu beachten, dass für die Einpendler aus dem Umland von deutlich höheren MIV-Anteilswerten auszugehen ist.

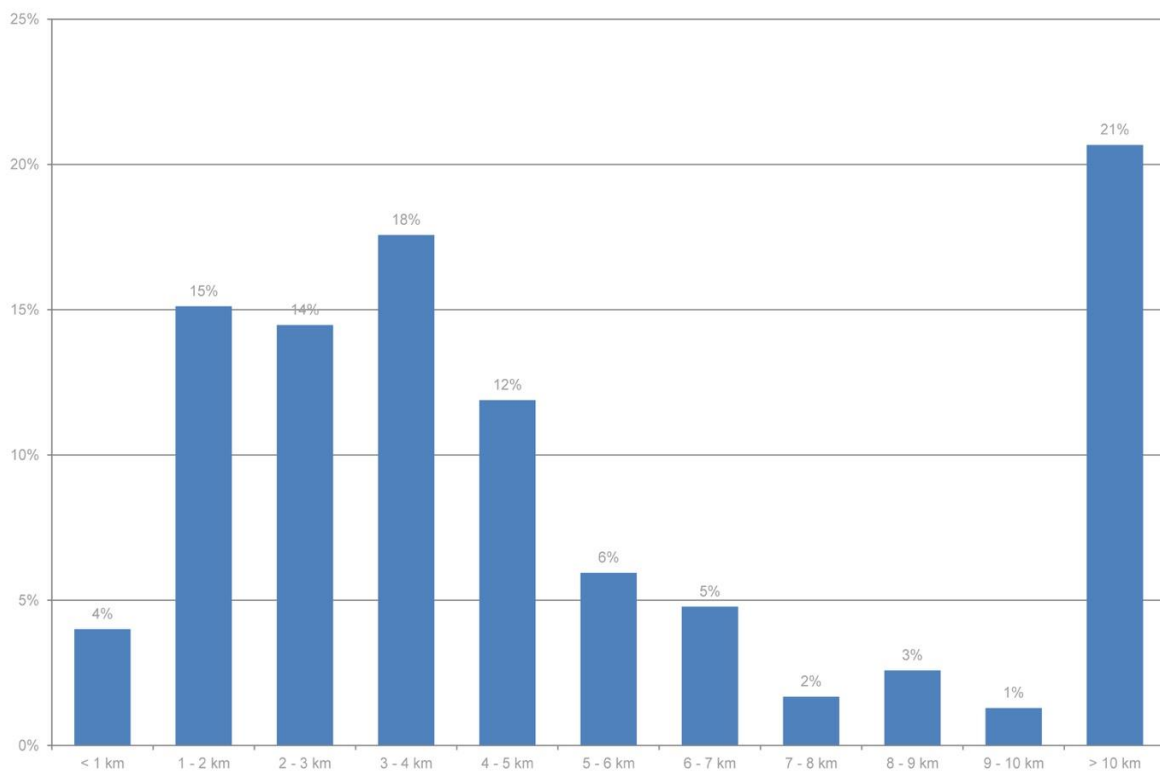


Abbildung 37 MIV-Wege nach Entfernungsklassen (Greifswalder Bevölkerung)

Neben den Fahrzwecken bilden die Wegelängen ein wichtiges Indiz für die bestehenden Verlagerungspotenziale vom MIV zum Umweltverbund. In Abbildung 37 sind die Anteile der Längenklassen für den MIV dargestellt. Es zeigt sich, dass etwa zwei Drittel der MIV-Wege kürzer als 5 km sind. Zirka 20 % der Wege sind sogar kürzer als 2 km. Diese Entfernungen

können bequem mit dem Fahrrad und teilweise sogar zu Fuß zurückgelegt werden. Im Ergebnis ist daher festzustellen, dass noch deutliche Potenziale für eine Veränderung der Verkehrsmittelwahl in der UHGW bestehen.

11.2 Pkw-Bestand

Im Landkreis Vorpommern-Greifswald waren im Jahr 2016 (Stichtag 1. Januar) insgesamt 121.418 Personenkraftwagen gemeldet. Diese entspricht ca. 509 Pkw/1.000 Einwohner. Damit liegt der Pkw-Besitz im Landkreis einschließlich der UHGW unter dem gesamtdeutschen Durchschnitt.

Hinsichtlich der Flottenzusammensetzung ist festzustellen, dass verglichen mit dem gesamtdeutschen Durchschnitt von 66 % der Anteil der Benziner im Landkreis Vorpommern-Greifswald mit ca. 72 % deutlich höher ist. Zirka 1 % der Personenkraftwagen wird mit Gas betrieben. Insgesamt ist die Fahrzeugflotte etwas älter. Der Anteil der Fahrzeuge mit den Schadstoffgruppen Euro 5 und Euro 6 ist in Summe etwa 5 % niedriger als im Bundesdurchschnitt.

Im Jahr 2016 waren im Landkreis Vorpommern-Greifswald insgesamt 25 rein elektrisch betriebene Personenkraftwagen gemeldet. Dies entspricht einem Anteil von ca. 0,02 %. Bundesweit ist der Anteil von Elektro-Pkw etwa dreimal so hoch.

11.3 Energiebedarf / Bilanzierung

11.3.1 Methodik

Die Erfassung des Endenergieverbrauches sowie der Treibhausgasemissionen für den Verkehrssektor erfolgt als endenergiebasierte Territorialbilanz. Die Emissionen aller motorisierten Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr innerhalb der Stadtgrenzen werden dabei berücksichtigt. Dies beinhaltet sowohl die direkten Emissionen während der Fahrzeugnutzung als auch die vorgelagerten Emissionen der Energieträgerbereitstellung.

Die Berechnungen erfolgten unter Verwendung des vom BMUB geförderten „Klimaschutz-Planers“. In diesem werden verschiedene räumlich aufgelöste Grundlagendaten für die Bilanzierung zur Verfügung gestellt. Diese zentralen Daten wurden auch in der UHGW beispielsweise für die Abbildung der Emissionen und Endenergieverbräuche im Bahnverkehr genutzt.

Die Bilanzierung des Stadtbusverkehrs erfolgte auf Grundlage der von den Stadtwerken zur Verfügung gestellten Jahresfahrleistungen im Stadtgebiet. Für den Regionalbusverkehr wurde die Anzahl der Fahrten sowie der jeweilige Fahrweg ausgewertet und auf eine durchschnittliche Jahresfahrleistung hochgerechnet. Eine gesonderte Betrachtung des Fernbusverkehrs ist nicht erfolgt. Hier wurde davon ausgegangen, dass die entsprechenden Fahrten über die Kategorie der Reisebusse abgedeckt sind.

Für den Straßenverkehr liegen aus der Lärmaktionsplanung gesamtstädtische Informationen zu den täglichen Verkehrs- und Schwerverkehrsaufkommen vor. Diese wurden auf Jahresfahrleistungen hochgerechnet. Die Verteilung auf die einzelnen Fahrzeugklassen (Krad, Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Lkw, Bus) erfolgte unter Berücksichtigung der Anteilswerte der Grundlegendaten im Klimaschutz-Planer.

Darüber hinaus wurde eine Differenzierung nach Herkunft und Ursache der Verkehre vorgenommen. Ziel war es dabei, die Anteile des Durchgangs-, Binnen-, Quell- und Zielverkehrs abzuschätzen. Hierzu wurde ein Randsummenabgleich am Außenkordon durchgeführt. Die Größenordnung der einzelnen Durchgangsverkehrsbeziehungen wurde anhand der Verkehrsnetz- und Siedlungsstruktur verkehrsplanerisch eingeschätzt. Durch Differenzbildung am Außenkordon lässt sich die Höhe der gesamtstädtischen Quell- und Zielverkehr ableiten. Anschließend wurden den jeweiligen Fahrbeziehungen mittlere Wegelängen zugewiesen und daraus die resultierenden Gesamtfahrleistungen berechnet.

Zur Berechnung der Endenergieverbräuche und Treibhausgasemissionen wurden die im Klimaschutz-Planer hinterlegten aktuellen fahr- und verkehrsleistungsspezifische Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsfaktoren verwendet. Diese bilden den durchschnittliche technische Stand der Fahrzeugflotte in Deutschland sowie der Einfluss von Geschwindigkeit und Fahrsituation (Differenzierung zwischen Innerorts- und Außerortsstraßen) ab.

Für den Prognosehorizont 2050 wurden in einem ersten Schritt die aus dem Maßnahmenkonzept abzuleitenden Modal-Split-Veränderungen für die einzelnen Entfernungsklassen abgeschätzt. Anschließend wurde die Gesamtfahrleistung für das Prognoseszenario berechnet. Hierbei wurde die prognostizierte Bevölkerungsentwicklung der Stadt sowie des Umlandes für das Jahr 2050 berücksichtigt. Die Berechnung der Endenergieverbräuche und Treibhausgasemissionen erfolgte auf Grundlage der „Kurzinformationen Potenziale / Szenarien für MPK-Kommunen (Emissionsfaktoren und Verkehr)“. In den Kurzinformationen wurden - abgeleitet aus verschiedenen übergeordneten Studien - Faktoren für die Effizienzsteigerung der mittleren Kfz-Flotten, zur zukünftigen Entwicklung des Endenergieverbrauches sowie gewichtete spezifischen Treibhausgas-Emissionsfaktoren etc. für die Zukunftsprognose vorgegeben.

11.3.2 Endenergiebedarf und CO₂-Ausstoß im Bestand

Der motorisierte Verkehr in der UHGW hat im Bestand einen jährlichen Endenergiebedarf in Höhe von ca. 210 GWh. In Summe werden jährlich aktuell etwa 66 Kilotonnen CO₂ verursacht. Den größten Anteil am Energiebedarf und den Emissionen hat dabei der motorisierte Individualverkehr (siehe Abbildung 38 und Abbildung 39). Allein drei Viertel des Bedarfes bzw. der Emissionen im Verkehr werden durch Pkw und Motorräder generiert. Hinzu kommt der Straßengüterverkehr mit einem Anteil von jeweils ca. 22 %. Auf den öffentlichen Verkehr (Stadt-, Regional- und Fernverkehr) entfallen lediglich ca. 4 % des Energiebedarfes sowie der Emissionen.

Der überwiegende Teil des Energiebedarfes wird durch den Verbrauch von Kraftstoffen gedeckt. Der Anteil des elektrischen Stromes ist mit unter 1 % aktuell gering.

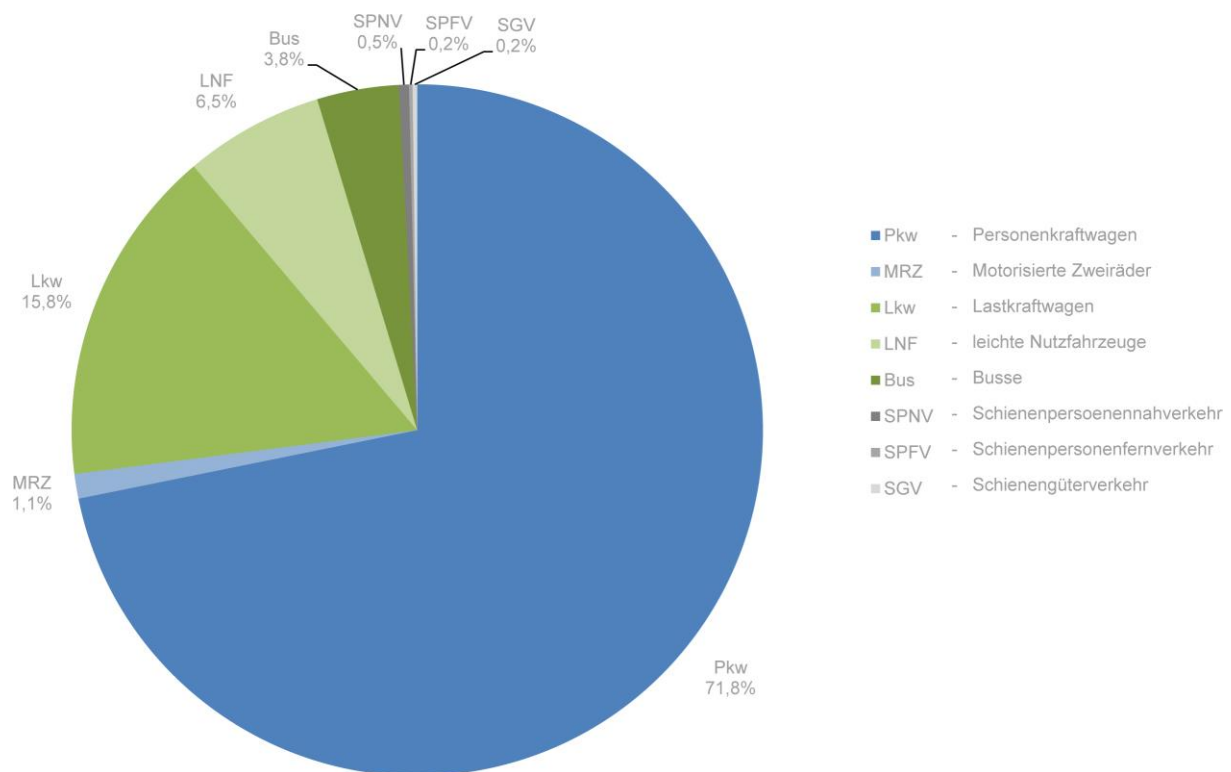


Abbildung 38 Aufteilung der Treibhausgasemissionen im Verkehr der UHGW im Bestand

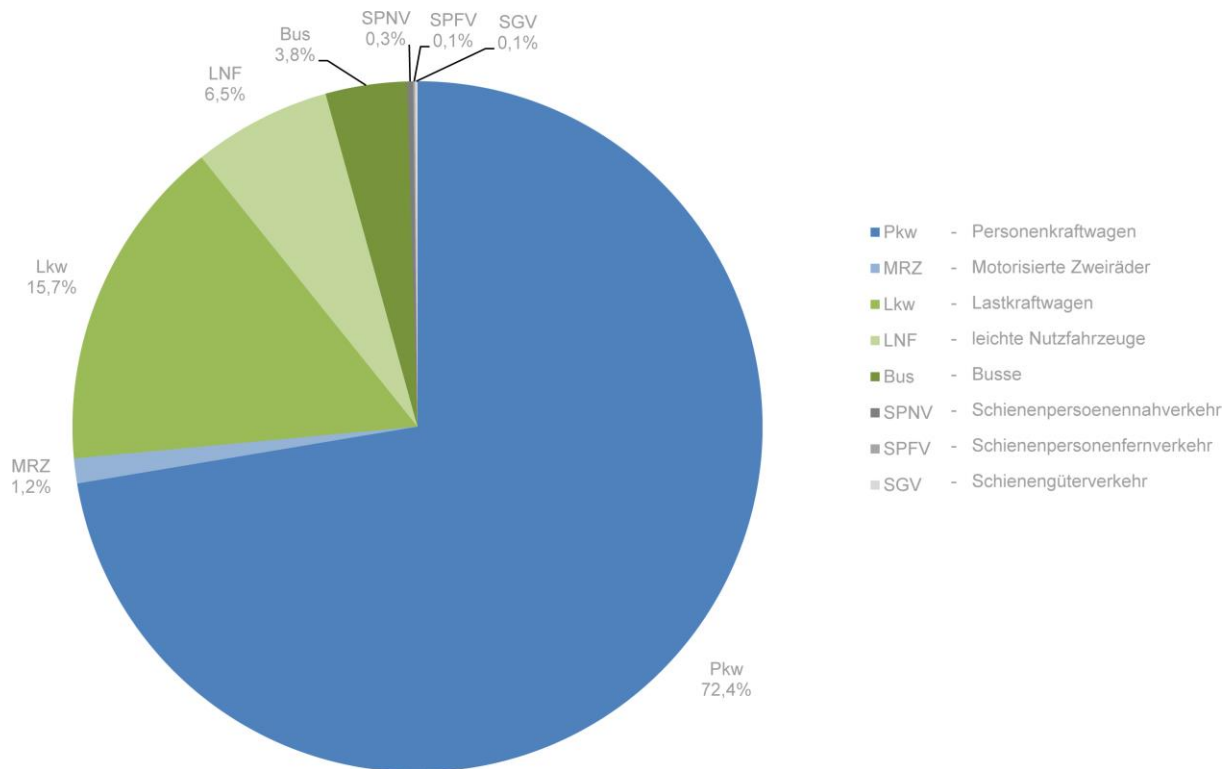


Abbildung 39 Aufteilung des Endenergiebedarfs im Verkehr der UHGW im Bestand

12 Mobilitäts- und Versorgungskonzept

12.1 CO₂-Minderungspotenziale im Verkehr

Mit einer Verlagerung einer Fahrt von einem durchschnittlich besetzten Pkw auf öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Bahn) werden die CO₂-Emissionen pro Fahrt im Mittel um knapp die Hälfte reduziert. Sitzt lediglich eine Person im Fahrzeug, verringerten sich die Emissionen sogar um fast zwei Drittel. Bei einer Verlagerung vom Pkw auf den Rad- und Fußverkehr werden die CO₂-Emissionen der Fahrzeugnutzung fast komplett vermieden. Auch der Umstieg auf ein Pedelec mit elektrischer Fahrunterstützung bedeutete immer noch eine Emissionsreduktion um 95 %.

Durch technische Verbesserungen bei den Fahrzeugen ergeben sich ebenfalls Minderungspotenziale. Einerseits handelt es sich hierbei um Effizienzsteigerungen bei Fahrzeugen mit konventionellem Benzin- oder Dieselantrieb. Andererseits ergeben sich durch höhere Flottenanteile von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben CO₂-Minderungspotenziale.

Im Rahmen der „Weiterentwicklung und vertiefenden Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen“ im Auftrag des Umweltbundesamtes wurde bezüglich der Elektromobilität folgendes festgestellt: Unter Berücksichtigung des aktuellen deutschen Strommixes hat ein rein elektrisch betriebenes Fahrzeug zwar gegenüber einem Otto-Pkw aktuell eine um ca. 20 % günstigere Klimabilanz, gegenüber konventionellen Dieselfahrzeugen ergeben sich jedoch keine Verbesserungen. Wenn Strom aus erneuerbaren Energiequellen eingesetzt wird, liegt der Vorteil des rein elektrisch betriebenen Fahrzeuges hingegen bei ca. 74 %. Die Klimagasbilanz des Elektrofahrzeuges wird dann fast ausschließlich durch die Fahrzeugherstellung bestimmt. Um die hohen Minderungen für alle Fahrzeuge zu realisieren, reicht es jedoch nicht, bestehende Anlagen zur Erzeugung erneuerbaren Stromes bilanziell für Elektrofahrzeuge umzuwidmen. Vielmehr muss ein zusätzlicher, durch Elektromobilität induzierter Ausbau erneuerbarer Erzeugung stattfinden.

Insgesamt ist daher festzustellen, dass technische Verbesserungen bei den Fahrzeugen alleine nicht ausreichen werden, um die Herausforderungen im Verkehrssektor zu lösen.

12.2 Zukünftiges Mobilitäts- und Versorgungskonzept

Einen wichtigen Ausgangspunkt für das zukünftige Mobilitäts- und Versorgungskonzept bildet die Bevölkerungsentwicklung. Entsprechend der aktuellen Prognosen ist für die Zukunft von folgenden Rahmenbedingungen auszugehen:

- leichter Bevölkerungszuwachs innerhalb des Stadtgebietes der UHGW
- weitgehend konstante Bevölkerungsentwicklung im direkten Nahbereich der Stadt
- deutlicher Bevölkerungsrückgang im Umland
- deutlicher Anstieg des Anteils der über 65-jährigen

Für die zukünftige Mobilität leiten sich daraus zwei wesentliche Effekte ab. Durch die Stärkung der Stadt und ihres unmittelbaren Nahbereiches ist von einer Reduzierung des motorisierten Stadt-Umland-Verkehrs auszugehen. Auf der anderen Seite ergibt sich durch die demographische Entwicklung ggf. ein Zuwachs der Mobilitätsbedarfe der älteren Bevölkerungsschichten. Dieser Entwicklung sollte durch attraktive Angebote entsprochen werden.

Hinsichtlich der Mobilitätsrate (durchschnittliche Anzahl täglicher Wege pro Einwohner) ist bis 2050 nicht mit wesentlichen Veränderungen zu rechnen.

Wie bereits erläutert, sind bezüglich der Verkehrsmittelwahl weitere Veränderungen zu Gunsten des Umweltverbundes erforderlich. Auf Grundlage der bestehenden Modal-Split-Anteile für die einzelnen Entfernungsklassen (siehe Abbildung 40) wurde analysiert, welche konkreten Potenziale für die Zukunft existieren (siehe Abbildung 41). Für Kurzstrecken bis zu einer Wegelänge von 2 Kilometern bestehen weitere Potenziale für den Fußverkehr. Im Entfernungsbereich bis 5 Kilometer sind trotz der bereits hohen Nutzungsanteile im Bestand

weitere Nutzungspotenziale für den Radverkehr vorhanden. Durch die verstärkte Nutzung von Pedelecs ergeben sich jedoch auch darüber hinaus Möglichkeiten für die Zunahme des Radverkehrs. Grundsätzlich ist im Entfernungsbereich über 5 km jedoch eine deutliche Zunahme des öffentlichen Verkehrs zur Reduzierung der Kfz-Verkehrsaufkommen notwendig.

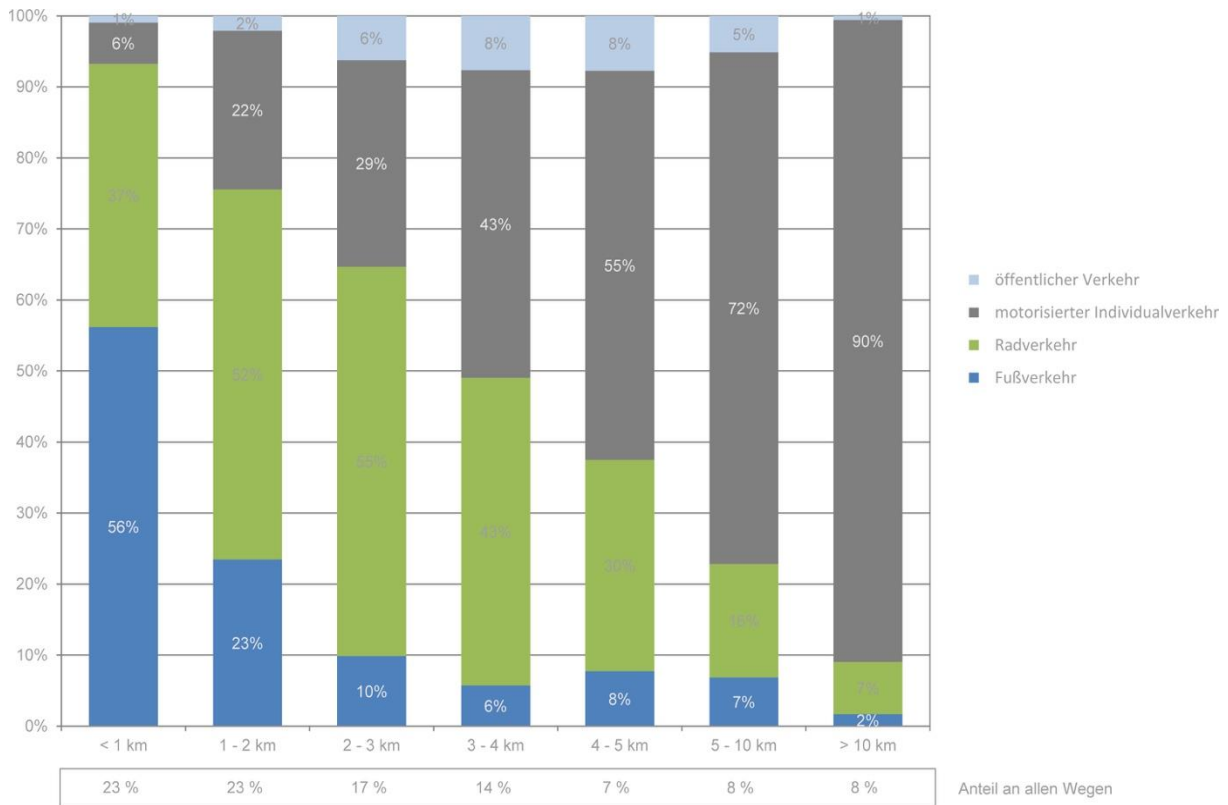


Abbildung 40 Modal-Split nach Entfernungsklassen (Greifswalder Bevölkerung) – Bestand

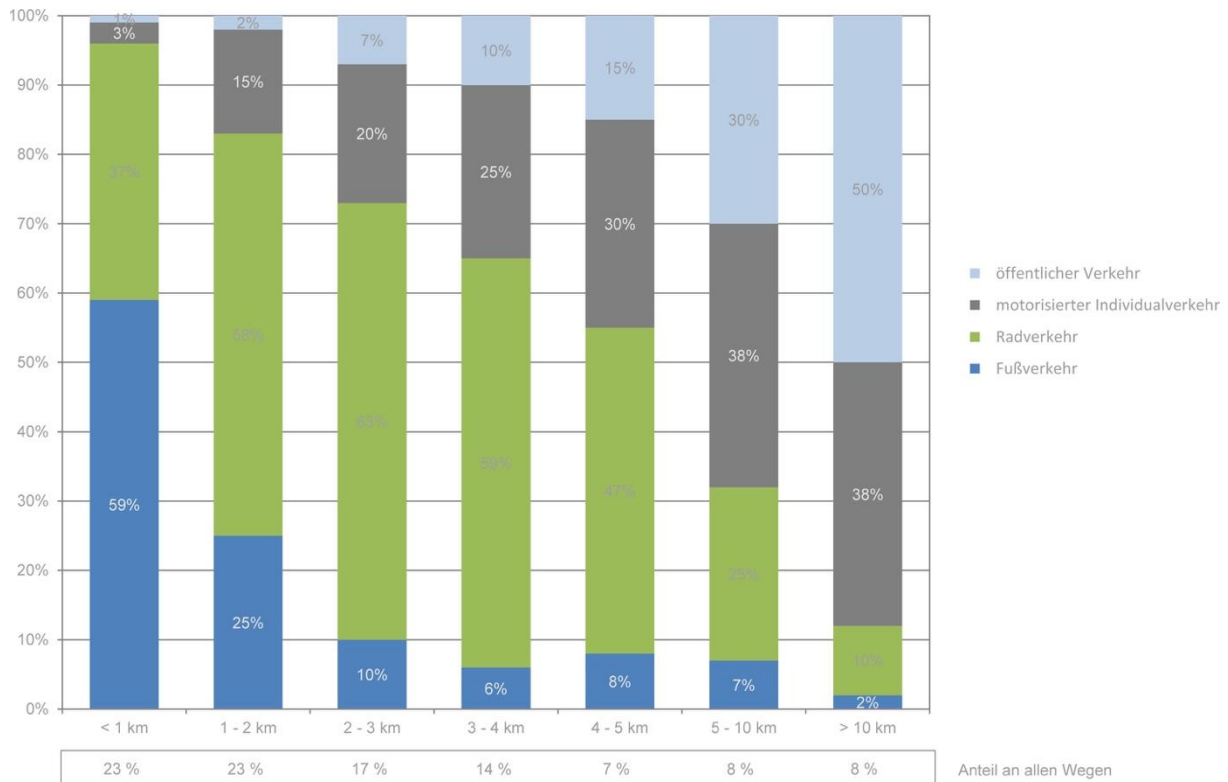


Abbildung 41 Modal-Split nach Entfernungsklassen (Greifswalder Bevölkerung) – Prognose 2050

Bei Ausschöpfung der Potenziale würde sich der MIV-Anteil für die Greifswalder Bevölkerung damit von aktuell ca. 34 % auf ca. 19 % reduzieren. Im Umweltverbund gäbe es eine leichte Steigerung für den Fußverkehr (22 % auf 23 %) und eine deutliche Zunahme für den öffentlichen Verkehr (4 % auf 11 %) und den Radverkehr (40 % auf 47 %).

Im Rahmen der UBA-Studie „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050“ wird für den Verkehrssektor eine Minderung des Endenergieverbrauchs von 60 % angeregt, um die nationalen sektorübergreifenden Treibhausgasminderungsziele erreichen zu können. Weiterhin wird festgestellt, dass die ambitionierten Klimaschutzziele mit Treibhausgasminderungen über 90 % nur mit einem nahezu treibhausgasneutralen Verkehr möglich sind.

Entsprechend leiten sich bezüglich für die Fahrzeugflottenzusammensetzung sowie der Effizienzentwicklung wesentliche Veränderungsnotwendigkeiten ab. Die Rahmenbedingungen für die technische Entwicklung werden allerdings vor allem auf der übergeordneten Ebene durch EU, Bund und Länder vorgegeben. In den kommenden Jahren werden die spezifischen Endenergieverbräuche und CO₂-Emissionen zurückgehen. Zudem wird der Anteil von erneuerbaren Energieträgern weiter ansteigen. In der UBA-Studie „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050“ wird detailliert auf die zukünftige Entwicklung der Antriebstechnologien sowie der Entwicklung der Energieeffizienz im Kfz-Verkehr eingegangen.

12.3 Entwicklung von Endenergiebedarf und CO₂-Ausstoß

Im Verkehrssektor ist die Reduzierung des Endenergiebedarfes und der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 auf folgende drei Wirkungskomplexe zurückzuführen:

- Verringerung der Verkehrsleistungen durch Veränderung der Verkehrsmittelwahl sowie soziodemographische Effekte
- Effizienzsteigerung bei der eingesetzten Fahrzeugflotte
- Nutzung alternativer Antriebstechniken und Treibstoffe bzw. Energieträger

In Summe reduziert sich der jährliche Endenergiebedarf im Verkehrssektor auf ca. 111 GWh im Jahr 2050. Bezogen auf das Jahr 1990 entspricht dies einer Minderung um 28 %. Im Vergleich zu 2015 wird eine Minderung von ca. 47 % erreicht.

Der überwiegende Anteil (ca. 81 %) der deutlichen Reduzierung des Endenergiebedarfes zwischen 2015 und 2050 werden dabei durch die Verringerung der Verkehrsleistungen erreicht. Die restlichen ca. 19 % sind auf Effizienzsteigerungen bei der Fahrzeugflotte zurückzuführen.

Bei den Treibhausgasemissionen ist für das Jahr 2050 eine Reduzierung des Ausstoßes auf ca. 8 Kilotonnen CO₂-Äquivalente prognostiziert. Gegenüber 1990 entspricht dies einer Minderung um ca. 84 %. Bezogen auf 2015 wird damit eine Minderung um ca. 87 % erreicht.

Für die CO₂-Minderungen zwischen 2015 und 2050 sind in etwa ähnlichem Umfang die Veränderung der Verkehrsleistungen (ca. 43 %) sowie die Nutzung alternativer Antriebstechniken und Treibstoffe bzw. Energieträger (ca. 47 %) verantwortlich. Die Effizienzsteigerungen in der Fahrzeugflotte tragen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen mit einem Anteil von ca. 10 % bei.

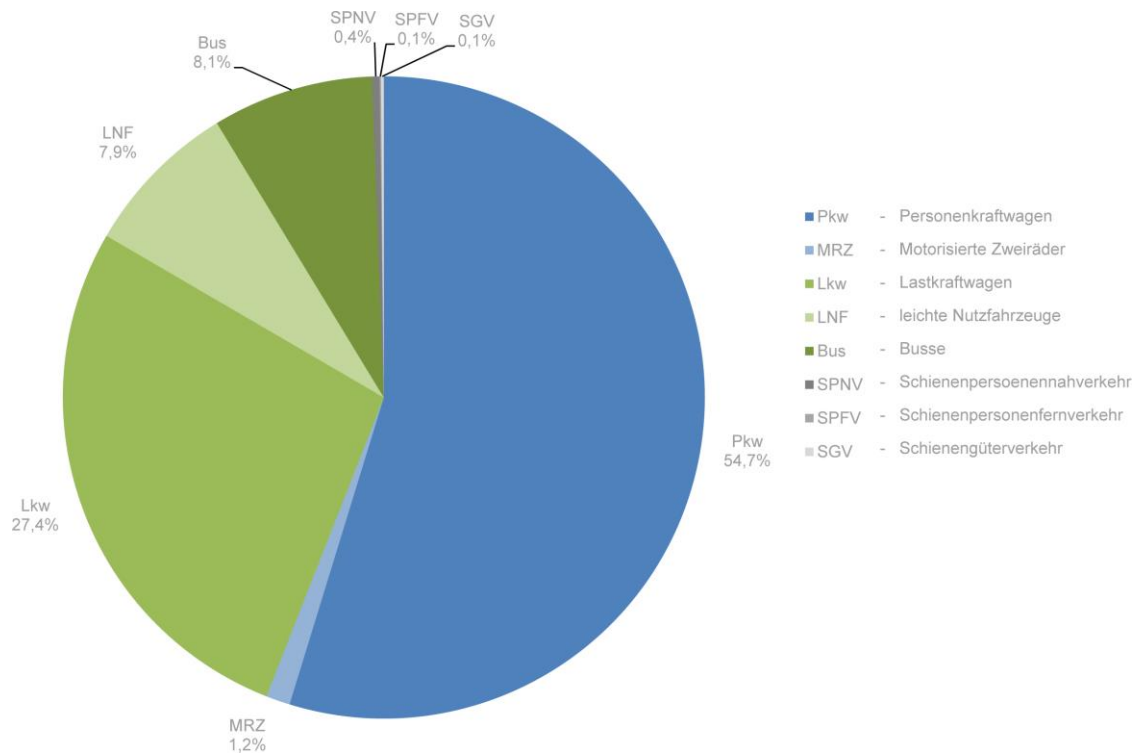


Abbildung 42 Aufteilung der Treibhausgasemissionen im Verkehr der UHGW Prognosehorizont 2050

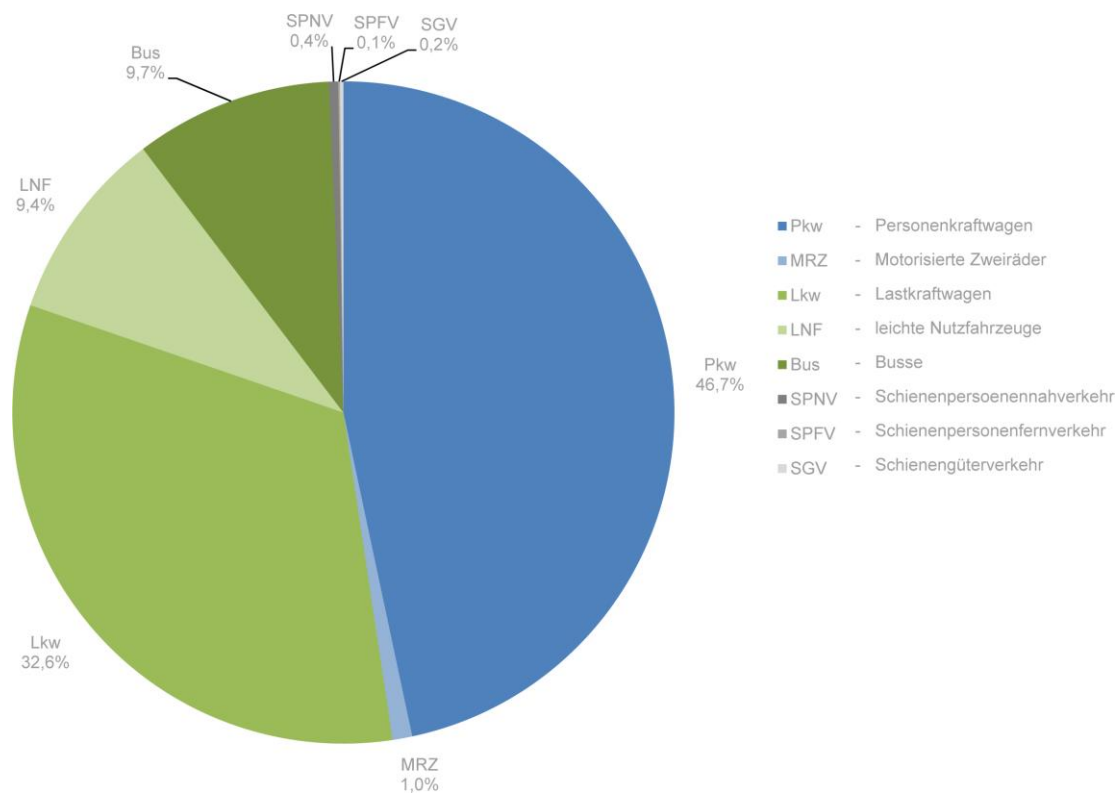


Abbildung 43 Aufteilung des Endenergiebedarfs im Verkehr der UHGW im Bestand Prognosehorizont 2050

Der größte Anteil am Energiebedarf und den CO₂-Emissionen entfällt auch 2050 weiterhin auf den motorisierte Individualverkehr (siehe Abbildung 42 und Abbildung 43). Allerdings werden sich die Anteilswerte im Vergleich zum Bestand deutlich verändern. Ausgehend von einem aktuellen Anteil von ca. 73 % reduziert sich der Anteil des Endenergieverbrauches des motorisierten Individualverkehrs (Pkw und Motorräder) auf knapp unter 50 %. Bei den Treibhausgasemissionen wird der MIV-Anteil im Jahr 2050 mit ca. 56 % ebenfalls deutlich niedriger ausfallen.

Die Anteilswerte der Bus-, Liefer- und Schwerverkehre steigen hingegen an. Hierbei handelt es sich allerdings lediglich um einen relativen Anstieg im Vergleich zum motorisierten Individualverkehr. Absolut sind auch beim Bus-, Liefer- und Schwerverkehr Rückgänge für den Energiebedarf und die Treibhausgasemissionen zu verzeichnen. Ursache für die Verschiebung der Anteilswerte sind die stärkeren absoluten Rückgänge beim motorisierten Individualverkehr im Vergleich zum Lieferverkehr. Diese sind insbesondere auf die Verringerung der Verkehrsleistungen durch den Umstieg auf alternative CO₂-arme Verkehrsmittel zurückzuführen.

12.4 Maßnahmen

Ausgangsbasis für die Entwicklung ortsspezifischer Maßnahmen für den Verkehr bildet eine umfassende Analyse der Bestandssituation (siehe Kapitel 3.4). Aus den Stärken, Schwächen und Entwicklungspotenzialen leiteten sich verschiedene Handlungsfelder und konkrete Maßnahmenansätze für eine klimafreundliche Mobilität Greifswald ab. Diese bilden einen zentralen Baustein für das zukünftige Versorgungs- und Mobilitätskonzept (siehe Kapitel 12.2).

Im Kern der Handlungsempfehlungen stehen Maßnahmen für eine klimafreundliche Stadtentwicklung und zur Förderung des Umweltverbunds im innerstädtischen Binnenverkehr sowie für Stadt-Umland-Verkehre. Ziel ist eine Unterstützung der Vermeidung von Kfz-Verkehren und eine grundlegende Veränderung des individuellen Mobilitätsverhaltens (Verlagerung) zu Gunsten klimafreundlicher Verkehrsmittel. Damit ergeben sich gleichzeitig vielfältige Synergien mit anderen städtischen Zielfeldern und Themen, insbesondere Verbesserungen bei Luftqualität und beim Lärmschutz für die Bevölkerung, Erhöhung der Verkehrssicherheit sowie eine insgesamt verbesserte Wohn- und Aufenthaltsqualität in der UHGW. Weiterhin beinhaltet das Maßnahmenkonzept verschiedene Ansätze zur Förderung alternativer Antriebstechniken.

Tabelle 36 gibt eine Übersicht der entsprechenden Maßnahmenempfehlungen für eine klimafreundliche Mobilität in der UHGW. Die einzelnen Maßnahmen werden im Anhang detailliert beschrieben. Dies erfolgt im Sinne der Übersichtlichkeit mittels standardisierten Maßnahmensteckbriefen.

Tabelle 36 Übersicht der Maßnahmenempfehlungen für Klimafreundliche Mobilität in der UHGW

Nr.	Maßnahme
M1	Förderung betrieblichen Mobilitäts- und Fuhrparkmanagements
M2	Zentrales und umweltfreundliches kommunales Fuhrparkmanagement
M3	Unterstützung von Kampagnen für nachhaltige und gesunde Mobilität
M4	Individualisiertes Marketing / Öffentlichkeitsarbeit zur Förderung des Umweltverbundes
M5	Umsetzung und Weiterentwicklung des Radverkehrskonzeptes
M6	Erarbeitung einer Fußverkehrsstrategie sowie von quartiersbezogenen Fußverkehrskonzepten
M7	Stärkung des ÖPNV insbesondere des Stadt-Umland-Verkehrs
M8	Weiterentwicklung / Schaffung intermodaler Schnittstellen
M9	Straßenraumgestaltung unter Berücksichtigung der Anforderungen des Umweltverbundes sowie der Umweltwirkung
M10	Erstellung eines Teilkonzeptes City-Lieferverkehr
M11	Weiterentwicklung des Parkraummanagements im Sinne klimafreundlicher Mobilität
M12	Autoarme/autofreie Gebiete in Stadtteilen und Quartieren
M13	Weiterentwicklung und Unterstützung des Carsharing-Angebotes
M14	Mobilitätsmanagement bei Neubauvorhaben / Anpassung der Stellplatzsatzung
M15	Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf Erneuerbare Energien als Pilotprojekt
M16	Förderung von Elektromobilität in der Stadt
M17	Förderung der Wasserstofftechnologie in der Stadt
M18	Setzung von Rahmenbedingungen für das autonome Fahren

Für die Umsetzung der konzipierten Maßnahmen sowie darüber hinaus gehende Aktivitäten für eine klimafreundliche Mobilität in der UHGW ergeben sich zusätzliche Aufgaben innerhalb der Stadtverwaltung. Daher sollte geprüft werden, in wieweit diese mit dem bestehenden Personal im Stadtbauamt gewährleistet werden können. Eventuell ist die gezielte Schaffung zusätzlicher Planungskapazitäten im Sinne einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung sowie zur Umsetzung des hier vorliegenden Maßnahmenkonzeptes sinnvoll.

13 Verwendungskonzept für Brenn- und Kraftstoffe

13.1 Methodik

Um die Dekarbonisierung im Bereich der dezentralen Wärmeversorgung und vor allem im Verkehrssektor voranzutreiben, ist eine sektorübergreifende Betrachtung der vorhandenen Potenziale an alternativen Brenn- und Kraftstoffen notwendig. Hierzu sind die im Kapitel 6 ermittelten Potenziale aus erneuerbaren Energiequellen den Bedarfen der Kapitel 7 bis 11 gegenübergestellt worden. Daraus kann eine Priorisierung der energetischen Nutzungsmöglichkeiten abgeleitet werden.

13.2 Ausgangsstoff Biomasse

Die im Abschnitt 6.3 ermittelten Potenziale in der UHGW selbst und der in unmittelbaren Umgebung zur Verfügung stehenden Biomasse lassen sich in verschiedenen Wegen nutzbar machen. Diese lassen sich gemäß des Handbuchs zur Masterplanerstellung⁹² in folgende Einsatzstoffe gliedern:

13.2.1 Brennstoffe

Biomethan

Methan ist der Hauptbestandteil von konventionellem Erdgas und auch direkt aus Biomasse oder unter Einsatz von erneuerbarer Elektroenergie herstellbar. Die etablierte Variante ist hierbei die Herstellung aus Biogas, um Erdgasqualität zu erzeugen. Damit kann der Brennstoff direkt dem Erdgasnetz zugeführt werden und bilanziell als Bio-Erdgas genutzt werden. Die Methanisierung im Rahmen des Power-to-Gas-Verfahrens erfolgt über die elektrolytische Bereitstellung von Wasserstoff und der Umwandlung mit CO₂ zu reinem Methan. Biomethan ist als Brennstoff- und Kraftstoff einsetzbar.

Biogas

⁹² FH Aachen et. al. (2016)

Das bei der Vergärung entstehende Biogas ist zur gekoppelten Erzeugung von Wärme und Strom sehr gut geeignet. Die Herstellung erfolgt aus Energiepflanzen der Landwirtschaft und Reststoffen aus der Viehhaltung. Biogas kann in der UHGW vor allem eine Stütze zur Dekarbonisierung der Fernwärme in Biogas-BHKWs sein.

Pflanzenkohle

Alle Verfahren der Pflanzenkohleherstellung haben zum Ziel, den durch Photosynthese in den Pflanzen gespeicherten Kohlenstoff in einen stabilen Zustand zu überführen. Der entstehende feste Brennstoff lässt sich dann in Anwendungen mit hohen Kohlenstoffbedarfen (bspw. in der Industrie) einsetzen und zur Einbringung in landwirtschaftliche Nutzflächen verwendet werden. Dort dient dieser zur Verbesserung der Böden und kann als natürlicher Kohlenstoffspeicher fungieren.

Der Pflanzenkohle stehen damit die drei potenziellen Nutzungswege Kohlenstoffbereitstellung in der Industrie, Bodenverbesserung und Kohlenstoffspeicherung sowie die energetische Nutzung offen.

Holzgas

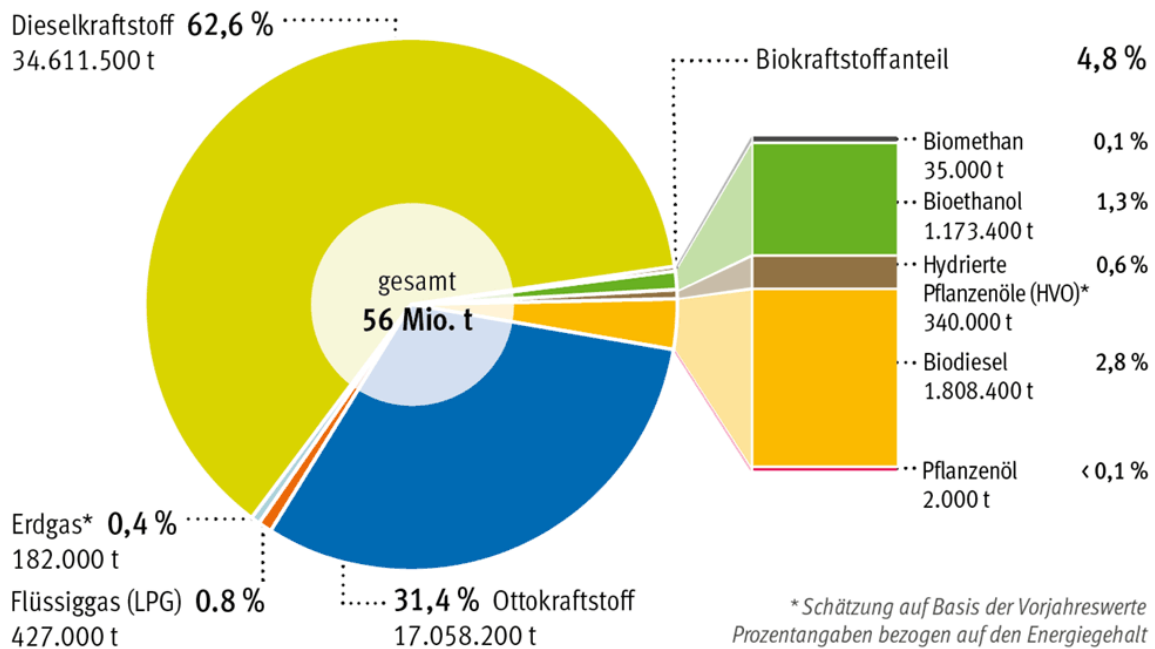
Die Vergasung von Scheitholz oder Holzreststoffen ermöglicht den Einsatz der festen Biomasse in Kesseln mit höheren Wirkungsgraden und BHKW zur gekoppelten Wärme- und Strombereitstellung.

Hackschnitzel/Pellets/Briketts

Holz- und halmgutartige Biomasse lässt sich auch als Schüttware verarbeiten. Dies ermöglicht vor allem in der dezentralen Biomassenutzung eine vereinfachte Distribution. Holzhackschnitzel und –pellets sind hierbei die etablierten Brennstoffe.

13.2.2 Kraftstoffe

Gemäß FNR 2016 und der Abbildung 44 sind im Jahr 2015 4,8 % der im Verkehrssektor eingesetzten Kraftstoffe biogener Herkunft. Den größten Anteil daran haben Biodiesel und Bioethanol. Es ist aber zu erwarten, dass ein Wandel hin zu Elektroantrieben im PKW-Bereich erfolgen wird. Dies wird insbesondere für die UHGW ein Sinken des Bedarfs an Kraftstoffen zur Folge haben.



Quelle: FNR nach BAFA, Destatis, DVFG, BMF (Juli 2016)

© FNR 2016

Abbildung 44 Kraftstoffanteile in Deutschland⁹³

Pflanzenöl

Pflanzenöl findet vielfältige Anwendung in der stofflichen Nutzung. Im Bereich der energetischen Verwertung dient das Pflanzenöl vor allem als Ersatz für konventionellen Dieselmotorkraftstoff in Form von Biodiesel Anwendung. Die direkte Verbrennung innerhalb der Motoren erfordert eine Umrüstung.

Biodiesel

Biodiesel wird bereits konventionellem Dieselmotorkraftstoff beigemischt. Hierdurch wird ein Beitrag zum Erreichen der festgesetzten Quoten zur Reduktion der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor geleistet⁹⁴. Da die Herstellung aus Pflanzenölen erfolgt liegt auch beim Biodiesel eine direkte Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und der stofflichen Nutzung der Rohstoffe vor.

⁹³ FNR (2016)

⁹⁴ Die Regelungen erfolgen kraftstoffabhängig und werden mittlerweile über zu erreichende THG-Einsparungen bewertet: <https://bioenergie.fnr.de/rahmenbedingungen/gesetze-verordnungen-richtlinien/gesetzeslage/biokraftstoff-quotengesetz/>, Letzter Zugriff: Juni 2017.

Aufgrund des zum Teil durch Brandrodungen in Regenwaldregionen freigemachten Ackerlandes für die Biokraftstoffproduktion steht Biodiesel auch in der Kritik. Es muss daher stets die Herkunft der eingesetzten Rohstoffe bewertet werden.

Bioethanol

Der Kraftstoff ist bis zu einem Anteil von 10 % bereits in vielen Benzinfahrzeugen bedenkenlos einsetzbar. Bioethanol steht ebenfalls in direkter Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion der genutzten Anbauflächen (bspw. Mais und Getreide).

BtL-Kraftstoffe

Unter dem Begriff Biomass to Liquid (BtL) wird die synthetische Bereitstellung von Ausgangsstoffen für die Diesel und Benzinherstellung aus biogenen Ausgangsstoffen zusammengefasst. Der Vorteil im Vergleich zu den Verfahren der Biodiesel- und Ethanolherstellung ist die Nutzung etablierter Techniken aus der Petrochemie. Die Produkte sollen höhere Qualitäten aufweisen und die Rohstoffauswahl ist nicht so stark begrenzt. Die Herstellkosten sind noch nicht marktfähig, wobei dem Kraftstoff ein großes Potenzial zugeschrieben wird.⁹⁵

13.2.3 Einsatzmöglichkeiten des vorhandenen Biomassepotenzials

Die in Abschnitt 6.3 für das Stadtgebiet und die Umgebung ermittelten Biomassepotenziale lassen sich je nach Herkunft auf die beschriebenen Brenn- und Kraftstoffe aufteilen. Die nach Tabelle 21 aufgeführten Biomassequellen sind für die holzartige Stoffe vor allem der Brennstoffbereitstellung zuzuführen. Die Biomasse aus der Landwirtschaft dient außerdem auch der Kraftstoffherstellung zu Biodiesel und Bioethanol. Mit 71 % des verfügbaren Energieinhalts der untersuchten Biomassequellen ist der Landwirtschaft das größte Potenzial zuzuschreiben. Die über das Stadtgebiet hinaus beziehbaren biogenen Reststoffe nach

Tabelle 22 können wie folgt zur Herstellung der Brenn- und Kraftstoffe genutzt werden:

⁹⁵ FNR (2017b)

Tabelle 37 Einsatzbereiche biogener Reststoffe aus dem Umland der UHGW

Einsatzstoffe		Friedhöfen	Stroh von Hülsenfrüchten	Straßenbegleitgrün	Parks und öffentliche Anlagen	Schweinegülle	Kartoffelgrün	Zuckerrübengrün	Rindergülle	Waldrestholz	Getreidestroh	Ölsaatenstroh
Biomethan						x	x	x	x			
Brennstoffe	Biogas					x	x	x	x			
	Pflanzkohle	x	x	x	x					x	x	x
	Holzgas	x	x	x	x					x		
	Hackschnitzel/Pellets/Briketts	x	x	x	x					x	x	x
Kraftstoffe	Pflanzenöl											
	Biodiesel											
	Bioethanol											
	BtL-Kraftstoff	x	x	x	x					x	x	x

Es wird deutlich, dass die Hauptpotenziale nicht zur Kraftstoffherstellung auf konventionellem Wege nutzbar sind. Das Hauptpotenzial liegt in der Brennstoffbereitstellung. Für den Verkehrssektor muss zunächst die Marktfähigkeit des BtL-Verfahrens hergestellt werden.

13.3 Energiequelle erneuerbarer Strom

Für die Herstellung von synthetischen Kraft- und Brennstoffen kann elektrische Energie eingesetzt werden. Eine verbreitete Variante ist das Elektrolyseverfahren zur Bereitstellung von Wasserstoff. Dieser kann in kleinen Teilen direkt oder in nennenswerten Mengen durch eine anschließende Methanisierung in das Erdgasnetz eingespeist werden. Das als Power-to-Gas bezeichnete Verfahren bietet verschiedene Vorteile für die Stromerzeugung durch die Umwandlung von Überschussenergie der volatilen erneuerbaren Stromerzeugung. Weiterhin kann der Anteil erneuerbarer Energien im Erdgasnetz signifikant gesteigert werden. Durch die Umwandlung der nur kurzzeitig und in beschränktem Umfang speicherbaren elektrischen Energie aus Wind und Sonne in Methan werden weiterhin neue Speichermöglichkeiten im Netz selbst und in den vorhandenen Erdgasspeichern eröffnet.

Durch den chemischen Umwandlungsprozess und den notwendigen Energieeinsatz zur Herstellung der Gase ist das Verfahren bisher nur eine Ausnahme bei Nutzung erneuerbaren Stroms. Es steht weiterhin in direkter Konkurrenz zur direkten Umwandlung des Stroms in Wärme im Rahmen der Power-to-Heat-Technologien.

13.4 Sektorübergreifender Bedarf

Die zum Teil bereits genutzten und potenziell verfügbaren alternativen Brenn- und Kraftstoffe können den untersuchten Bedarfssektoren zugeordnet werden. Aus der Energie- und CO₂-Bilanz für das Jahr 2015 lassen sich folgende Energiebedarfe ableiten:

Tabelle 38 Endenergiebedarfe nach Verbrauchssektoren 2015 in MWh/a

Sektor	Gesamtbedarf 2015	Anteil fossiler Energieträger 2015
Wärme	567.823	515.589
Strom	202.482	195.401
Kraftstoffe	208.899	199.076
Summe	979.203	917.147

Aus den Kapiteln 8, 9 und 14 resultiert, dass eine weitgehende Deckung durch nachhaltige Technologien im Sektor Wärme möglich ist. Es verbleibt im Bereich der CO₂-Emissionen ein noch zu kompensierender Rest in der Höhe von 17.000 t/a. Im Sektor Strom ist aufgrund des Zubaus an erneuerbaren Energietechnologien mit direkter Stromlieferung (bspw. Photovoltaik und Windkraftanlagen) mit einer weitgehenden Kompensation der bisherigen Emissionen in diesem Bereich zu rechnen. Im Sektor Verkehr ist aber mit hohen Bedarfen an alternativen Kraftstoffen zu rechnen.

13.5 Zusammenfassung

Die Priorisierung kann zunächst auf Grundlage der Ausgangsstoffe bzw. Quellen erfolgen. Die für das in Kapitel 13.3 beschriebene Power-to-Gas-Verfahren benötigte Energie wird für die Bereitstellung von Brenn- und Kraftstoffe nur im geringen Maße zur Verfügung stehen. Es ist davon auszugehen, dass der zur Verfügung stehende Strom vor allem für Power-to-Heat zum Einsatz kommen wird. Durch die direkte Umwandlung von Strom in Wärme sind höhere Wirkungsgrade zu erreichen. Der Fokus der Priorisierung liegt damit auf den biomassebasierten Brenn- und Kraftstoffen.

Diese Einsatzstoffe können je nach typischen Umwandlungswegen (bspw. Verbrennung oder Bioethanolherstellung) Verbrauchssektoren zugeordnet werden. Dies ist mit Tabelle 39 erfolgt.

Tabelle 39 Einsatzmöglichkeiten biogener Brennstoffe- und Kraftstoffe in den Verbrauchssektoren

Sektor	Einsatzstoff	Wärme	Strom	Kraftstoffe
UHGW	Holzartige Stoffe	X		
	Landwirtschaft			X
	Friedhöfen	X		
	Stroh von Hülsenfrüchten	X		
	Straßenbegleitgrün	X		
	Parks und öffentliche Anlagen	X		
Umgebung	Schweinegülle	X	X	
	Kartoffelgrün	X	X	
	Zuckerrübengrün	X	X	
	Rindergülle	X	X	
	Waldrestholz	X		
	Getreidestroh	X		
	Ölsaatenstroh	X		

Das damit theoretisch zur Verfügung stehende Potenzial an Energie ergibt sich gemäß der berechneten Potenziale aus Kapitel 6.6. Das daraus abgeleitete Endenergiepotenzial ergibt sich aus der Verrechnung der Energieinhalte mit den entsprechenden Wirkungsgraden der Umwandlungsprozesse. Die Werte beruhen auf Annahmen und sollen zum Teil verschiedene Verfahren abdecken, die im Detail je nach verfügbaren Feldfrüchten bzw. Technologien im Detail variieren.

Tabelle 40 Umwandlungswirkungsgrade der Einsatzstoffe

Prozess	Wirkungsgrad in %
Verbrennung	90
Biogasherstellung und Wärmelieferung aus KWK	50
Biogasherstellung und Stromlieferung aus KWK	35
Bioethanolherstellung	50
Biodieselherstellung	50

Um die Einsatzstoffe den Verbrauchssektoren zuzuführen, müssen diese in geeigneten Verfahren umgewandelt werden. In Tabelle 41 sind die gewählten Verfahren dargestellt.

Tabelle 41 Umwandlungsverfahren der biogenen Einsatzstoffe

Herkunft	Einsatzstoff	Verfahren
UHGW	Holzartige Stoffe	Verbrennung
	Landwirtschaft	Kraftstoffherstellung
Umgebung	Friedhöfen	Verbrennung
	Stroh von Hülsenfrüchten	Verbrennung
	Straßenbegleitgrün	Verbrennung
	Parks und öffentliche Anlagen	Verbrennung
	Schweinegülle	Biogasherstellung
	Kartoffelgrün	Biogasherstellung
	Zuckerrübengrün	Biogasherstellung
	Rindergülle	Biogasherstellung
	Waldrestholz	Verbrennung
	Getreidestroh	Verbrennung
Ölsaatenstroh	Verbrennung	

Nach Tabelle 42 ergibt sich damit das größte Potenzial für den Sektor Wärme aus dem Angebot der Brenn- und Kraftstoffe.

Tabelle 42 Endenergiepotenzial Brenn- und Kraftstoffe in [MWh/a]

Sektor	UHGW	Umgebung	Summe
Wärme	6.995	126.629	133.624
Strom	0	14.208	14.208
Kraftstoffe	966	0	966
Summe	7.961	140.837	148.798

Das CO₂-Senkungspotenzial resultiert aus der Anwendung der Emissionsfaktoren gemäß Tabelle 43.

Tabelle 43 Emissionsfaktoren gemäß Energie- und CO₂-Bilanz

Sektor	Emissionsfaktor in [t/MWh]
Wärme	0,240
Strom	0,622
Kraftstoffe	0,320

Es wird aus Tabelle 44 deutlich, dass das Senkungspotenzial für den Sektor Wärme die Lücke zum Erreichen des 95 %-Reduktionsziels nach Abschnitt 14.5 um rund 15.000 t/a überschreitet.

Tabelle 44 CO₂-Minderungspotenzial in [t/a]

Sektor	UHGW	Umgebung	Summe
Wärme	1.678	30.375	32.053
Strom	0	8.834	8.834
Kraftstoffe	310	0	310
Summe	1.988	39.209	41.196

Die Differenzmenge kann dem Verbrauchssektor Kraftstoffe zugeführt werden, wodurch hier je nach eingesetztem Verfahren zur Umwandlung der Einsatzstoffe deutlich größere Anteile der CO₂-Emissionen eingespart werden können.

Die Im- und Export-Bilanzierung der Energieflüsse lässt sich aus dem Bedarf nach Tabelle 38 und dem Brenn- und Kraftstoffpotenzial nach Tabelle 42 ableiten. Für die nachfolgende Berechnung wird der Energieimportbedarf für die Sektoren aus der Differenz der aus bisher fossil bereitgestellten Energiemengen und dem Potenzial ermittelt.

Tabelle 45 Energieimportbedarf 2015 in [MWh/a]

Sektor	Gesamtbedarf 2015	Anteil fossiler Energieträger 2015	Potenzial	Importbedarf	Autarkiegrad
Wärme	567.823	515.589	133.624	381.965	25,9 %
Strom	202.482	195.401	14.208	181.193	7,3 %
Kraftstoffe	208.899	199.076	966	198.110	0,5 %
Summe	979.203	917.147	148.798	768.349	16,2 %

Es gilt zu beachten, dass die Sektoren Wärme und Strom im Jahr 2050 gemäß den Kapiteln 7, 8 und 14 durch die Dekarbonisierung der Fernwärme und des weitgehend vollständigen Einsatzes von erneuerbaren Energien kaum noch Bedarf an alternativen Brennstoffen aufweisen werden.

Im Sektor Verkehr ist der erreichbare Autarkiegrad für die UHGW mit 0,5 % durch alternative Kraftstoffe sehr gering. Hier ist vor allem eine weitgehende Deckung des Energiebedarfs mit erneuerbarem Strom anzustreben. Falls der Biomassebedarf im Sektor Wärme das ermittelte Potenzial nicht ausschöpft, sollten die freiwerdenden Mengen der Kraftstoffherstellung zugeordnet werden.

Eine weitere Quelle für nachhaltige erzeugte biogene Ausgangsstoffe könnten wiedervernässte Moore sein. Neben der durch die Wiedervernässung gespeicherten Mengen Kohlenstoffdioxid, würden bei einer energetischen Nutzung der biogenen Stoffe auch Emissionen vermieden werden. Zu den Möglichkeiten und Potenzialen sei auf Kapitel 6.3.5 verwiesen.

14 Versorgungskonzept für die Raumwärme

Die Entwicklung des sektorübergreifenden Versorgungskonzeptes zielt auf eine regenerative Wärmeversorgung ab. Die Fernwärme als zentrale Stellgröße ist hierfür prädestiniert. Daher wird eine mögliche Ausweitung der Infrastruktur untersucht. Dezentral ist weiterhin die Umsetzung von Grundwasser Wärmepumpen effizient. Sozial verträgliche Mietpreise sind ein wichtiger Aspekt, welcher auch durch die Einbindung vergangener Arbeiten betrachtet werden.

14.1 Entscheidung für netzgebundene Wärmeversorgung und räumliche Zuordnung zu Siedlungsgebieten

Etwa 54 % des Wärmebedarfs wird aktuell durch die Fernwärme gedeckt. In Abbildung 46 ist der jährliche Wärmebedarf jedes Hauses auf ein Raster umgelegt. Die Rasterfläche ist 100 m auf 100 m groß. Die Farbgebung der Raster beschreibt hierbei den Wärmebedarf. Grün eingefärbte Raster zeigen einen geringen Wärmebedarf an. Gelbe bis hin zu roten Flächen symbolisieren einen mittleren bis hohen Bedarf. Vergleicht man das momentane Fernwärmeeinzugsgebiet mit dem aktuell bestehenden Wärmebedarf der UHGW so stellt sich heraus, dass die Flächen mit hohem Wärmebedarf bereits an der Fernwärme angeschlossen sind. Eine Erweiterung könnte bei Neubaugebieten mit ausreichender Wärmedichte (z.B: B-Plan 55) und im südlichen Industriegebiet sinnvoll sein.

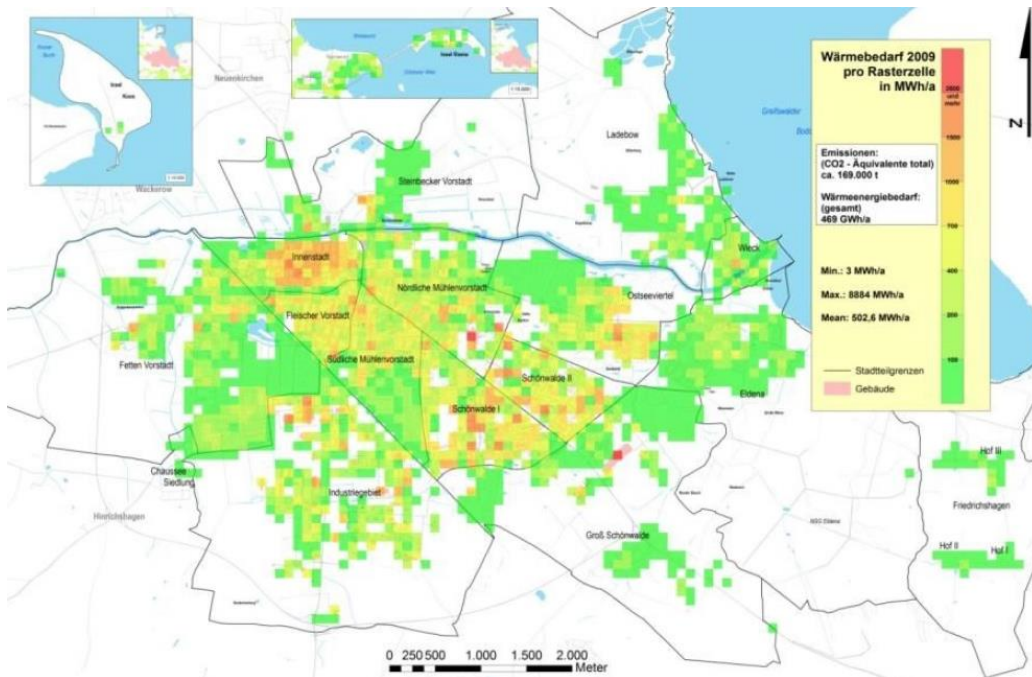


Abbildung 45 Jährlicher Wärmebedarf der UHGW 2009 pro 100m x 100m Zelle⁹⁶

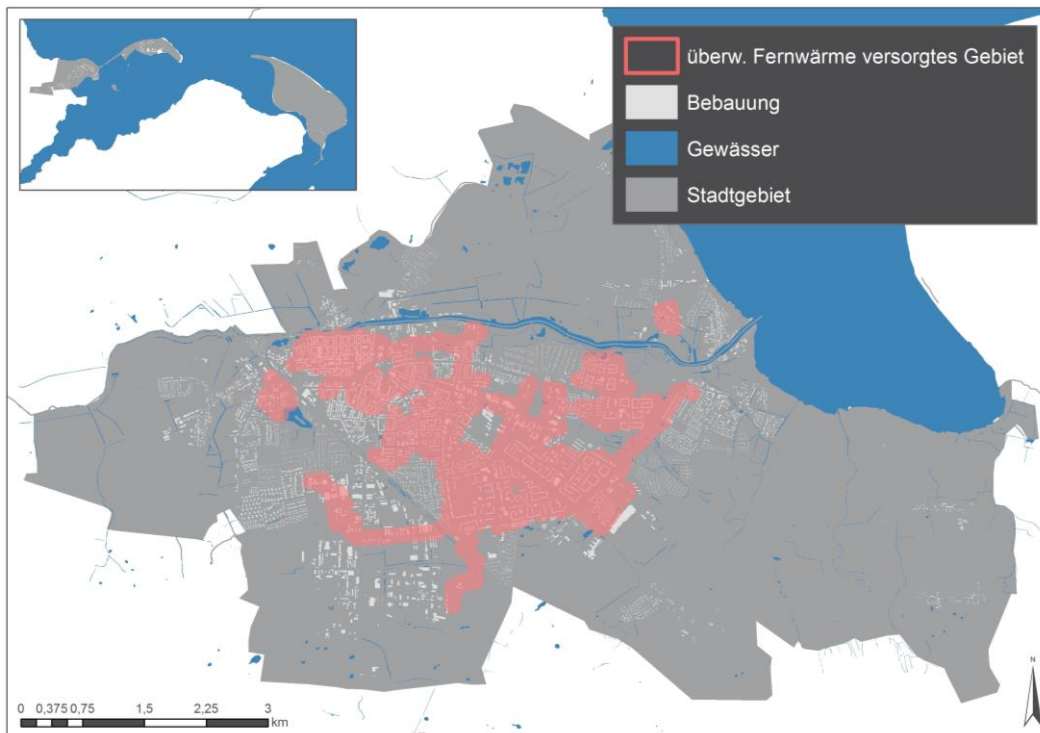


Abbildung 46 Fernwärmeversorgte Gebiete

⁹⁶ M. Busch et al. 2010

14.2 Dezentrale Wärmebereitstellungstechnik

Für Gebäude mit niedrigen Vorlauftemperaturen (Flächenheizung) bietet gerade oberflächennahe Geothermie in Zusammenspiel mit Wärmepumpen eine gute Möglichkeit für die Wärmeunterstützung. Grund hierfür ist der niedrige Temperaturhub und somit auch geringere zusätzlich benötigte Energie. Als in Frage kommende Technologien sind Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden oder auch Grundwasserbrunnen zu nennen. Für die Grundwasserbrunnen ist insbesondere der Flurabstand interessant welcher die benötigte Mindestbohrtiefe vorgibt. Abbildung 47 zeigt klar, dass der Flurabstand oftmals bereits sehr günstig bei unter 5 m liegt. Dadurch können Bohrkosten eingespart werden. Im südlichen Bereich Greifswalds erhöht sich die benötigte Bohrtiefe auf bis zu 10 m. Zudem liegt die UHGW in keinem der angegebenen Schutzgebiete. Die blau gestreifte Fläche zeigt das Wasserschutzgebiet in der UHGW.

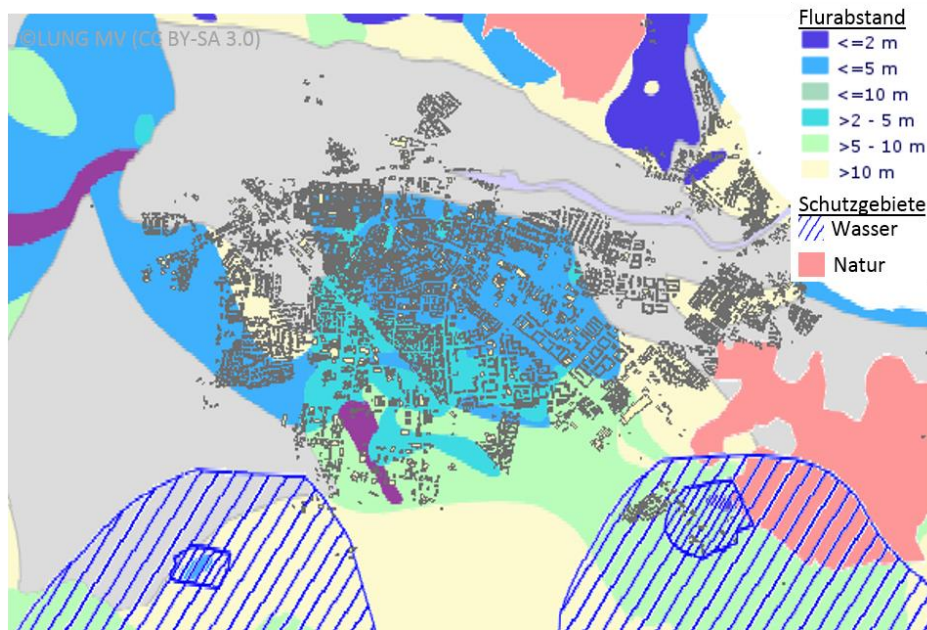


Abbildung 47 Oberflächennahe Geothermie: Flurabstand und Schutzgebiete in der UHGW

Der Vorteil der Erdsonden liegt eindeutig bei dem minimalinvasiven Eingriff ohne erhebliche Eingriffe in die Umwelt wie beispielsweise großen Erdbewegungen. Bis zu 100 m Tiefe ist eine wasserrechtliche Genehmigung beim Wasserwirtschaftsamt einzuholen. Die Kosten einer solchen Bohrung belaufen sich auf 60 bis 80 € pro Meter Tiefe. Für eine Potentialabschätzung sind die genauen Kenntnisse über die Bodenbeschaffenheit, Schichtenfolge sowie Wasserstand und Fließrichtung erforderlich⁹⁷. Aus der LUNG Datenbank (www.lung.mv-

⁹⁷ Viessmann Werke (2011)

regierung.de) lässt sich die maximale Wärmeentzugsleistung von 40 W/m bis 50 W/m Bohrtiefe bestimmen (Abbildung 48). Für eine Potentialabstimmung wird an dieser Stelle auf das Kapitel 6.4 verwiesen.

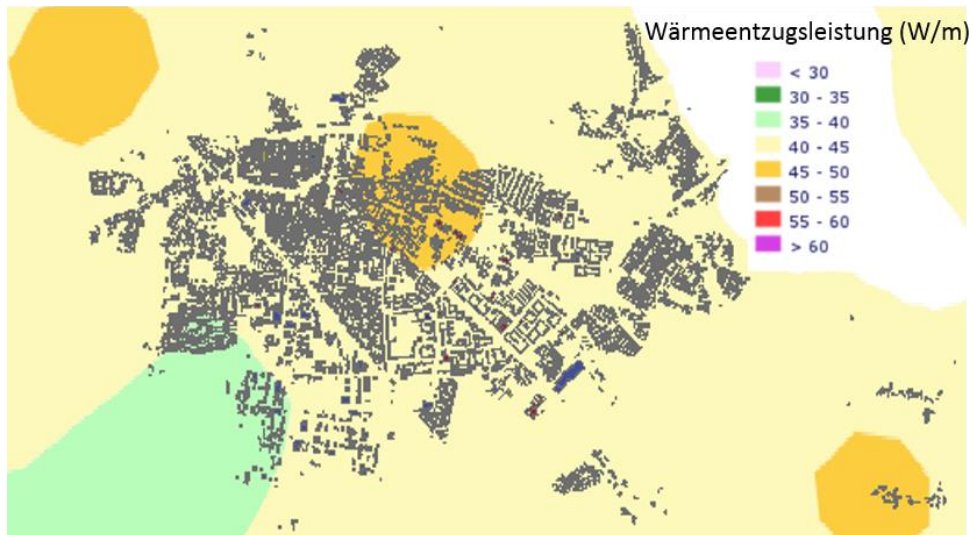


Abbildung 48 Oberflächennahe Geothermie: Wärmeentzugsleistung bis 100 m Bohrtiefe

Die Wärmeleitfähigkeit gibt Auskunft über das Vermögen des Wärmeübertrags von Gestein. Sie ist damit eine Kenngröße wieviel Wärme pro Zeiteinheit nachhaltig entnommen werden kann und ist somit abhängig von den Gesteinseigenschaften. Sie ist abhängig von den Gesteinseinschlüssen und der Porosität und somit wichtig für die Dimensionierung der Erdwärmesondenanlage⁹⁸. Über die UHGW hinweg ergibt sich diesbezüglich ein harmonisches von 2 bis 2,2 W/mK bei 100 m Bohrtiefe (Abbildung 49).

⁹⁸ Be-Berlin (2015)

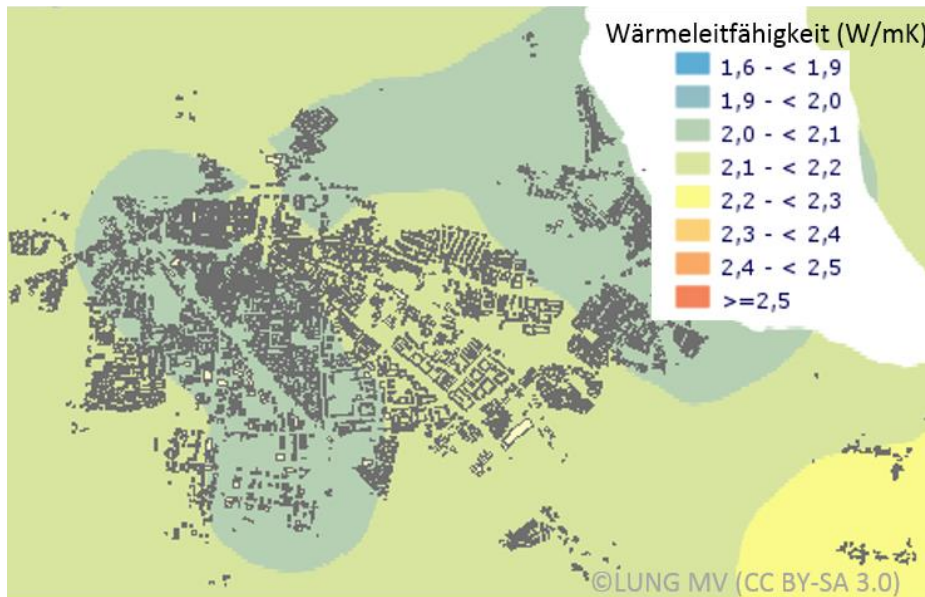


Abbildung 49 Oberflächennahe Geothermie: Wärmeleitfähigkeit bis 100 m Bohrtiefe

14.3 Untersuchung zur Dekarbonisierung der vorhandenen Fernwärme unter Einbeziehung bisheriger Klimaschutz/-teilkonzepte

Im Klimaschutzkonzept sowie im darauffolgenden Klimaschutzteilkonzept wurden Maßnahmen vorgestellt, wie im Wärmesektor CO₂ eingespart werden kann. Bis 2020 ist der Ausstoß um bis zu 25.000 t zu reduzieren. Vor allem durch die Senkung des Raumwärmebedarfs soll der Wärmesektor klimafreundlicher gestaltet werden⁹⁹.

Tabelle 46 Ziele des beschlossenen Klimaschutzkonzeptes bis 2020¹⁰⁰

Ziele	CO ₂ Einsparung (t)
Senkung des Raumwärmebedarfs	10.000
Umweltsatzung	7.500
Dekarbonisierung der Fernwärme	6.000
Modernisierung der Heizanlagen:	2.000
Gesamt	25.500

⁹⁹ UHW 2010

¹⁰⁰ ebd.

Im anknüpfenden Klimaschutzteilkonzept – Wärme¹⁰¹ konnte gezeigt werden, dass die Sektorenkopplung von Strom und Wärme den Ausstoß an Schadstoffen reduziert. Dazu wurde ein Energiemodell entwickelt welches sowohl für einen mittelfristigen als auch für einen langfristigen Horizont die Energieversorgung simuliert. Dabei wurde davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2030 moderate Sanierungsmaßnahmen¹⁰² den Wärmebedarf in Privathaushalten um 18 % senken. Dennoch kann das Ziel einer Reduzierung der CO₂-Emissionen um 40 % kostengünstig, durch den Einsatz von P2H, in Zusammenspiel mit Wärmespeichern erreicht werden. Bis zum Jahr 2050 wurde eine 28 %-ige Wärmeeinsparung durch Sanierung unterstellt. Jedoch eine 80 % Einsparung an CO₂-Emissionen gefordert. Dabei gelten CO₂-Vermeidungskosten in Höhe von 290 €/tCO₂. Stellt man dieser innovativen Lösung, der Reduktion der spezifischen Emissionen pro kWh Wärme, eine ambitionierte Sanierung gegenüber, werden klare Unterschiede sichtbar¹⁰³.

Eine Wärmereduktion von 80 % rein durch Sanierungsmaßnahmen zu bewerkstelligen ist mit hohen Kosten verbunden¹⁰⁴. Für das Klimaschutzteilkonzept – Wärme wurde der dort genannte Wert von 1.500 €/m² exemplarisch gewählt und dient als Orientierung welcher selbstverständlich von der Gebäudetypologie abhängig ist. Das Ergebnis ist jedoch wegweisend. Durch eine starke Sanierung verbleibt die spezifische Wärmebereitstellung bei 0,076 €/kWh (bei angenommenen gleichbleibenden Kosten der Energieträger). Somit ist diese rund 40 % günstiger als in den Szenarien der moderaten Sanierung. Jedoch sind die CO₂-Vermeidungskosten um das 20 fache Höher (5.958 €/t) (siehe Abbildung 50).

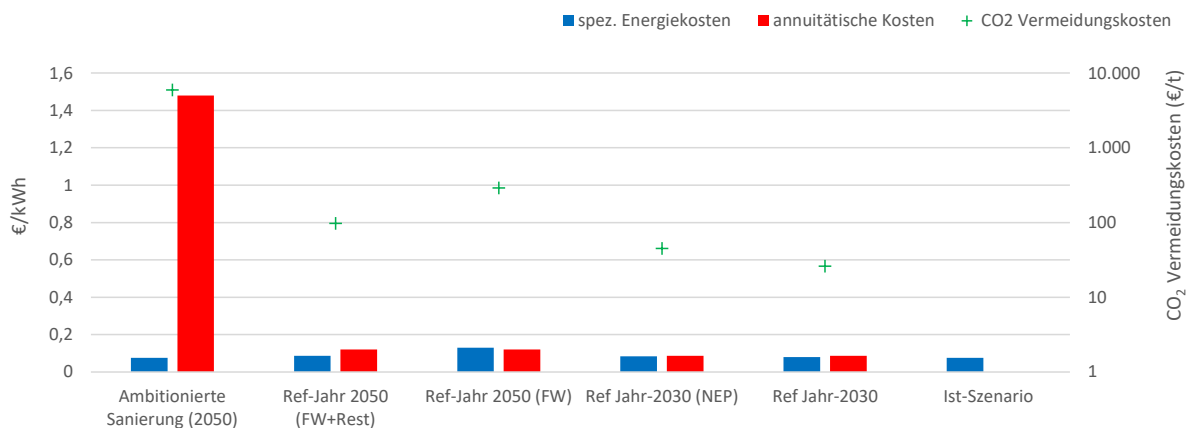


Abbildung 50 Gegenüberstellung der verschiedenen Szenarien aus dem Klimaschutzteilkonzept – Wärme. Gut zu sehen ist, dass der Weg der ambitionierten Sanierung bezüglich der annuitätischen Kosten als auch der CO₂ Vermeidungskosten der unwirtschaftlichste ist¹⁰⁵.

¹⁰¹ UHGW 2015

¹⁰² Annahmen aus (UHGW 2015) nach Informationen aus Gebäudedatenbank (Stadtbauamt Greifswald 2010)

¹⁰³ UHGW 2015

¹⁰⁴ Fuchs, K., & Schmees, L. (2015)

¹⁰⁵ UHGW 2015

Weiterhin besteht auch die Möglichkeit Biomasse zu verwenden. Es ergibt sich ein Biomassopotenzial von 19,3 GWh direkt aus der UHGW sowie 168,4 GWh aus Vorpommern-Greifswald (vgl. Kapitel 6.3). Insgesamt sind das 187,7 GWh, die aus Biomasse für die UHGW zur Verfügung stehen könnten. Damit kann im Szenario moderate Sanierung für das Jahr 2030 bei der Nutzung von Biomasse vor Ort etwa 9 % der Fernwärme gedeckt werden. Wird zusätzlich die Biomasse aus den Regionen bis zu 16 km Entfernung genutzt wird eine Deckung von 86 % erreicht. Abhängig von der Ausweitung des Biomassebezugs kann rechnerisch eine Dekarbonisierung des Fernwärmenetzes von weiteren 3.995 t bis hin zu 38.853 t erfolgen. Unter Einbehaltungen des Szenarios des Klimaschutzteilkonzeptes¹⁰⁶ kann damit eine gesamte Dekarbonisierung des Fernwärmegebietes erfolgen. Jedoch sollte dabei auch der Einfluss auf den Verkehrssektor beachtet werden.

14.4 Sozialverträgliche Mietpreise

Um die Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungsmaßnahmen bewerten zu können, muss die aktuelle und zukünftige Nachfragesituation am Wohnungsmarkt der UHGW berücksichtigt werden¹⁰⁷. Neben Tourismus und maritimer Wirtschaft, spielt die Universität eine wesentliche Rolle in der zukünftigen Entwicklung der Stadt, was sich nicht zuletzt am Wohnungsmarkt widerspiegelt. So ist der Anteil von Studierenden an der Gesamtbevölkerung mit etwa 20% relativ hoch. Laut einer Einschätzung der Universität Greifswald ist in den nächsten Jahren mit rückläufigen Studentenzahlen zu rechnen, sodass sich die Nachfrage nach Studentenwohnungen reduzieren wird. Die führt zu einem Überangebot an Studentenapartments. Der demographische Wandel weist weiterhin auf eine erhöhte Anzahl von Hochbetagten hin. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen sollte ein niedriges und damit sozial verträgliches Mietniveau trotz etwaiger Modernisierungsmaßnahmen gehalten werden. Die Bereitstellung preisgünstigen Wohnraums konkurriert jedoch mit einer flächendeckenden energetischen Modernisierung.

Anhand des Mietspiegel Greifswald 2016¹⁰⁸ lässt sich abschätzen, in welchem Maße sich eine energetische Sanierung bestehender Wohngebäude in den Mietpreisen niederschlägt. Die energetische Beschaffenheit und Ausstattung des Wohnraums bestimmt maßgeblich die Wohnwertklasse, anhand derer sich die ortsübliche Vergleichsmiete orientiert. Somit kann eine energetische Sanierung zu einer deutlichen Mietpreiserhöhung führen, was anhand nachfolgender Rechnung veranschaulicht werden kann. Die ortsübliche Nettokaltmiete einer 65-80 m² großen Wohnung aus dem Baujahr 1969-1990 und der Wohnwertklasse 3 liegt bei durchschnittlich 4,12 € je Quadratmeter. Werden die Sanierungsmaßnahmen auf den Mieter umgelegt, erhöht sich im sanierten Zustand (vgl. UHGW 2015 sowie Abbildung 21 bis Abbil-

¹⁰⁶ UHGW 2015, Seite 50 Tab.19

¹⁰⁷ F+B Beratung (2010)

¹⁰⁸ Universitäts- und Hansestadt Greifswald 2016

dung 23) die monatliche Miete um 1,67 €/m². Dem gegenüber steht jedoch eine Einsparung von 0,26 €/kWh an Heizkosten (0,08 €/kWh bei 140 kWh/m²a). Dies würde einer Mietpreiserhöhung um etwa 34,22 % entsprechen. Da davon auszugehen ist, dass die Energiepreise zukünftig steigen werden, wird die Einsparung zukünftig höher ausfallen. Jedoch wird deutlich, dass weitere intensivere Modernisierungsmaßnahmen zu einem ansteigenden Mietpreis und dadurch zu einer unattraktiveren Wohnsituation führen werden.

14.5 Zusammenfassung

Das Stadtbild bezüglich der Wärmeeinsparung (Sanierung) verändert sich nach dem Klimaschutzteilkonzept - Wärme nur leicht. Dadurch kann weiterhin ein Fernwärmeabsatz garantiert werden, der eine sinnvolle Wärmeerzeugung leistet. Dennoch werden nach dem 28 % Szenario bis zu 80 % der klimaschädlichen Emissionen (graue Linie) eingespart. Dies geschieht vor allem durch die Nutzung von P2H in der Fernwärme sowie teilweise dezentral in Privathaushalten. Für den Masterplan gilt es nun die letzten 15 % (17.000 t) an CO₂-Emissionen durch innovative Lösungen einzusparen. 7.000 t können bereits durch die Substitution der verbleibenden Gas- Spitzenlastkesseln¹⁰⁹ eingespart werden. Die verbleibenden 10.000 t können durch weitere Maßnahmen der Dekarbonisierung auf Seiten der Wärmeerzeugung durchgeführt werden. Eine stärkere Nutzung von Biomasse oder aber eine verstärkte Dekarbonisierung des Stromes (als angenommen) ist hier ein möglicher Weg.

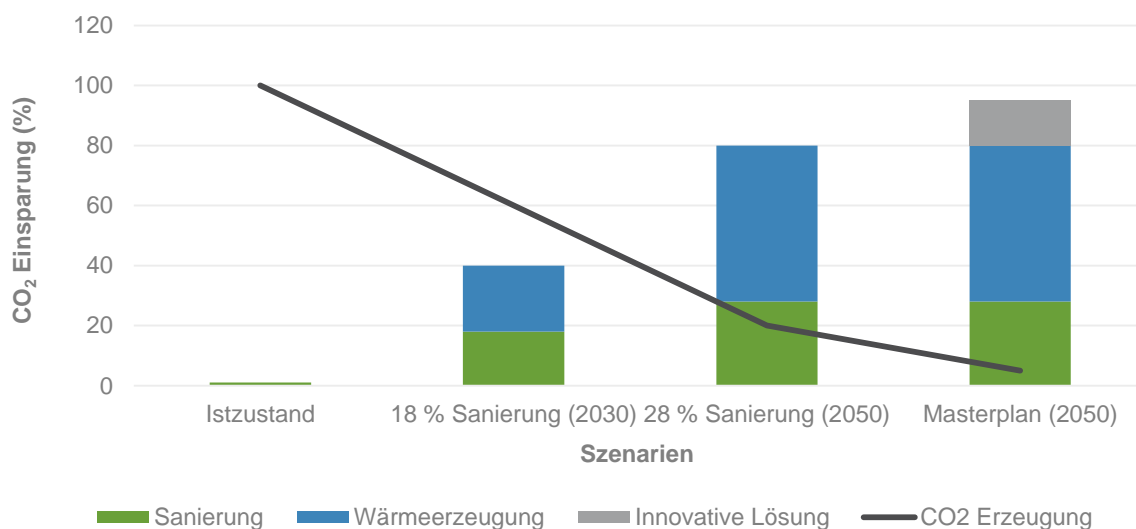


Abbildung 51 Reduktion der CO₂-Emissionen (grau) über verschiedene Einsparungsmaßnahmen

¹⁰⁹ UHGW 2015, S. 64 Tabelle 31

Auf Seiten der Verbraucher können auch in Privathaushalten Stromheizungen eingebaut werden um den dann fast CO₂ freien Strom zur Raumwärme nutzen zu können. Jedoch setzt das neue Tarife voraus um eine starke Kostensteigerung der Wärmebereitstellung zu verhindern. Eine Wärmebedarfsreduktion von 80 % durch das Szenario: „ambitionierte Sanierung“ wurde durch das Modell als kostenintensivste Variante errechnet. Zudem wird durch diese Lösung nur die Raumwärme nicht jedoch die Energie zur Bereitstellung von Warmwasser beeinflusst. Es ist klar, dass der prozentuale Anteil des Energiebedarfs an Warmwasser somit mit zunehmender Sanierungsrate steigt (vgl. Kapitel 8.4). Dadurch nimmt die Energie zur Warmwasserbereitstellung mit zunehmender Sanierung einen höheren Stellenwert ein. Im Bereich des Warmwassers kann vor allem daran appelliert werden den absoluten Bedarf zu senken. Beispielsweise können hier Einsätze in Duschköpfen installiert werden. Durch die Nutzung von effizienteren Haushaltsgeräten (Spülmaschine, Waschmaschine) lässt sich der Strombedarf senken.

15 Versorgungskonzept Strom

15.1 Hintergrund

Die Unterteilung der Stromnetze nach ihrer primären Aufgabe führt zur Differenzierung in das Übertragungsnetz, das Verteilnetz sowie die in den Ortschaften vorhandenen Mittel- und Niederspannungsnetze bei den Abnehmern. Das Übertragungsnetz dient der Ableitung großer Erzeugerkapazitäten von Kraftwerken bzw. Kraftwerksparks (bspw. Offshore-Wind in der Ostsee) und ist an Schnittstellen des internationalen Energietransfers angeschlossen. Die Verteilnetze dienen der Verteilung auf Regionen und Industriezentren, wobei dort je nach Abnehmerstruktur noch die Transformation auf Mittel- und Niederspannungsebene erfolgt.

Der Zubau von erneuerbaren Energieanlagen hat eine Anpassung des historisch gewachsenen Stromverteilnetzes in Deutschland zu Folge. Die ursprünglich vorhandene Nähe von Erzeugerkapazitäten (bspw. Steinkohlekraftwerke im Ruhrgebiet) und großen Industrieverbrauchern wird vor allem durch die hohen Windenergiekapazitäten im Norden Deutschlands aufgebrochen. Die Herausforderung besteht nun in dem Management die in Zeiten starken Windes im Netz vorhandenen großen Mengen erneuerbaren Stroms effizient zu verteilen. Die Kapazität der vorhandenen Verteil- und Übertragungsnetze ist hierbei das Nadelöhr. Denn, wenn die durch ein Windfeld bereitgestellte Elektroenergie aufgrund mangelnder Kapazitäten nicht abgeführt werden kann, werden Teile der Windenergieanlagen aus dem Wind gedreht und somit die potenziell zur Verfügung stehende grüne Energie nicht genutzt. Die bereits auf dem Land vorhandenen Erzeugerkapazitäten im Nordraum, werden bereits jetzt und zukünftig durch weitere Windfelder in Nord- und Ostsee ergänzt. Neben den Windenergieanlagen tragen aber auch Photovoltaikanlagen zu einer vermehrten Fluktuation der Erzeugerkapazitäten im Stromnetz bei.

Im Gegenzug treten auch Veränderungen durch die Zunahme der Dezentralisierung der Strombereitstellung auf der ehemals klassischen Abnehmerseite von Elektroenergie auf. Große und mittlere Stromabnehmer sind daran interessiert ihre bisher auftretenden Bezugsspitzen in der Elektroenergie zu begrenzen, um Kosten zu mindern. Weiterhin können durch zielgerichtete Energiekonzepte auch weite Teile des Grundlastbedarfes über eigene Energieanlagen (bspw. Photovoltaik und BHKW) selbst gedeckt werden.

Die Lücke zwischen der lokal bereitgestellten, zum Teil fluktuierenden, Elektroenergie zum tatsächlichen Bedarf wird als Residuallast bezeichnet. Um diese zu schließen sind flexible Technologien erforderlich, die möglichst zentral in ihrem Einspeiseverhalten gesteuert werden können. Die Regelung zum Abgleich von Bedarf und Verbrauch und deren räumlichen Zusammenhang wird durch Smart-Grids übernommen. Im Unterschied zur etablierten reinen Übertragung von Energie beinhalten diese noch eine Ebene der Informationsübermittlung. In der UHGW werden bereits Schritte unternommen, solche Technologien zu etablieren.

Zur Unterteilung der Optionen zum Ausgleich der Fluktuationen aus der Einspeisung erneuerbarer Energien lässt sich die Wirtktiefe nutzen. Bei einem kleinräumigen Fluktuaionsausgleich werden dezentrale und eher geringkapazitive Speicher eingesetzt. Großräumige Fluktuaionsausgleichsoptionen dienen der zentralen Nutzung von Überkapazitäten in den Übertragungs- und Verteilnetzen.

15.2 Zukünftige Herausforderungen der Stadtwerke Greifswald

Die zunehmende Erzeugung erneuerbarer Energien und die daraus resultierenden Einflüsse auf die Stromnetze werden zuerst beim örtlichen Netzbetreiber, der SWG spürbar. Im Folgenden wird deren Sichtweise auf die verschiedenen Teilaspekte wieder gegeben:

Als Trend und zugleich Herausforderung wird von den Stadtwerken der Umbau vom Netz zum System gesehen. Dies umfasst die Überlagerung des reinen Energietransportes mit der korrekten Bereitstellung der notwendigen Informationen von Bedarf und zur Verfügung stehenden Erzeugerpotenzial zu jedem Zeitpunkt. Um dies zu ermöglichen, sind über die UHGW hinaus standardisierte Kommunikationsmittel und gesetzliche Regularien notwendig. Zur zeitlichen Optimierung von Bedarf und Erzeugerpotenzial sind weiterhin Speicher bzw. die Einspeisung des Überschussstroms in das Wärmenetz notwendig. Es ist aus Sicht der Stadtwerke weiterhin zu erwarten, dass sich der Informationsaustausch mit den weiteren Netzebenen verstärken wird. Dies könnte Mechanismen zum Eingriff von Übertragungsnetzbetreibern bis auf die Endverteilnetzebene beinhalten.

Die Anzahl der außerplanmäßigen Netzeingriffe sind nach Aussagen der Stadtwerke Greifswald gestiegen. Dies erfolgt noch händisch. Es wird in diesem Zusammenhang die Herausforderung in der Überführung einer reinen bilanziellen Betrachtung des Verteilnetzes in eine auf den Zeitpunkt abgestellten Bewertung gesehen.

Die Zunahme der Elektromobilität wird sich auch auf das Abnahmeprofil im Stromnetz auswirken. Aus Sicht der Stadtwerke wurden durch die Ausbauten im Mittelspannungsnetz in den Jahren 2009 bis 2016 die Belange der Energiewende aus heutiger Sicht beachtet. Da sich der zunehmende Bedarf in Menge und zeitlicher Verteilung zunächst im Niederspannungsnetz bemerkbar machen wird, können erst während der weiteren Zunahme von Ladepunkten notwendige Anpassungen am Netz vorgenommen werden. Für einen reibungslosen Start in das Zeitalter der Elektromobilität sehen sich die Stadtwerke aber im Mittelspannungsnetz und bei den Anbindungen an das übergeordnete Verbundnetz gut gerüstet.

Eine Überlagerung des Energietransports mit den notwendigen Informationen für eine bedarfsgerechte Erzeugung bzw. eine erzeugungsgerechte Abnahme erfolgt bereits heute im Netzgebiet der SWG. Hierfür wurde ein eigenes leitungsgebundenes Informationsnetz installiert, welches zur Überwindung größerer Distanzen um ein mobilfunkbasiertes Funknetz er-

gänzt wird. Um das Potenzial eines solchen Informationsnetzes auszugleichen sind für die Zukunft weitere Investitionen geplant.

Power to Heat ist bereits in Kapitel 14 als eine Möglichkeit zur Dekarbonisierung der Fernwärme genannt wurden. Für die durch hohe Windenergieanteile belasteten Übertragungs- und Verteilnetze bietet sich durch diese Technologie die Möglichkeit, flexibel Überschussstrom nahe der Erzeugung abzugeben. Die Stadtwerke Greifswald sehen in der Technologie ebenfalls eine sinnvolle Option, mit vergleichsweise geringem Aufwand lokal erzeugte regenerative Energie in das Fernwärmenetz einzuspeisen. Die Speicherefähigkeit des Fernwärmenetzes bietet die Möglichkeit über eine angeschlossene P2H-Anlage die notwendigen Netzeingriffe zu reduzieren und Fluktuationserscheinungen in der Spitze zu glätten. Aktuell stehen aber einem flächendeckendem Einsatz von P2H die gesetzlich vorgeschriebenen Abgaben und Umlagen (bspw. EEG-Umlage) im Weg. Diese Kosten übersteigen die erzielbaren Erträge aus Wärmeverkauf und vermiedenem Regelaufwand. Es ist daher notwendig, die Regularien für den Einsatz von P2H anzupassen und die Abgaben- und Umlagenlast für diesen Bereich zu senken. Die Stadtwerke Greifswald sehen die bisher verfügbaren Investitionsförderungen für P2H-Anlagen als nicht ausreichend an.

15.3 Großräumiger Fluktuationsausgleich durch Power-to-Heat

15.3.1 Potenzialbetrachtung

Das Potenzial an erneuerbarem elektrischem Überschussstrom aus der Region Mecklenburg-Vorpommern wurde im Rahmen der Erarbeitung des Klimaschutzteilkonzeptes Wärme ermittelt. Zielrichtung des betreffenden Teils der Untersuchung war es, die Mengen an verfügbarem Überschussstrom zu berechnen, um den Dekarbonisierungseffekt für die Fernwärme zu ermitteln. Auf der Seite der Elektroenergieverteilung ergibt sich daraus der Vorteil, dass die Spitzen der erneuerbaren Stromerzeugung lokal abgenommen werden und einen weiteren Netzausbau mindern können.

Durch eine Modellierung der Abnehmer- und Erzeugerstruktur in der UHGW und der Umgebung für das Jahr 2050 konnte gemäß Klimaschutzteilkonzept Wärme der UHGW¹¹⁰ ein nennenswertes Abnahmepotenzial an elektrischer Energie für das Fernwärmenetz ermittelt werden. Der Ansatz besteht in der Nutzung der nicht über das Netz abtransportierbaren Mengen an erneuerbarem Strom.

¹¹⁰ ebd.

Die im Klimaschutzteilkonzept Wärme der Universitäts- und Hansestadt Greifswald¹¹¹ dargestellte Potenzialermittlung beinhaltet auch Aussagen zu dem über die UHGW hinaus zu erwartenden Zubau an Wind- und Photovoltaikanlagen. Dem wurden die Leitungskapazitäten des Übertragungsnetzes in Mecklenburg-Vorpommern gegenübergestellt. Die Werte für das Jahr 2030 beachten bereits die Erhöhung der Durchleitungskapazität gemäß Netzentwicklungsplan 2023¹¹².

Tabelle 47 Entwicklung der Netzkapazitäten und fluktuierender EE¹¹³

Spannungsebene	Leistung 2030 [GW]	Leistung 2050 [GW]
220 kV	7.216	0
380 kV	960	10.160
Summe	8.176	10.160
Leistung fluktuierender EE	14.181	26.855

Obwohl für das Jahr 2050 ein vollständiger Ausbau der Übertragungskapazitäten auf die 380 kV Ebene angenommen wurde, ist ein Teil der erneuerbaren Energiemengen nicht darüber übertragbar.

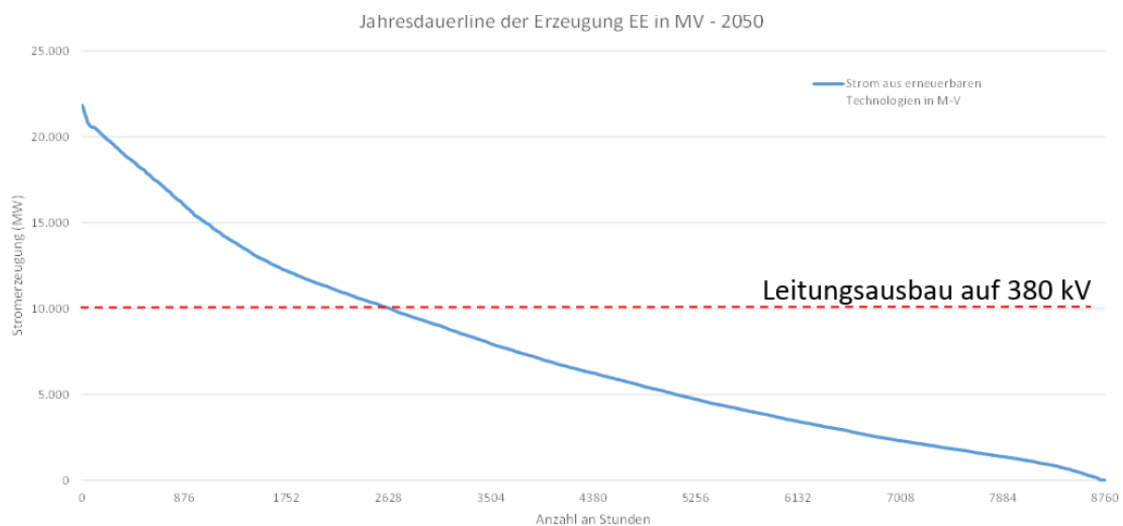


Abbildung 52 Potenzial an Überschussstrom aus erneuerbaren Energien Mecklenburg-Vorpommern 2050¹¹⁴

¹¹¹ ebd.
¹¹² vgl. ebd., S. 54ff
¹¹³ ebd.
¹¹⁴ ebd., S. 59

Die UHGW kann durch die Nutzung des Überschussstroms einen Beitrag zur Entlastung der Netze leisten. Dieser könnte ebenfalls im Klimaschutzteilkonzept Wärme der UHGW¹¹⁵ quantifiziert werden. Das Potenzial zur Kompensation im Netz vorhandener Überschussstrommengen durch P2H für die Fernwärme und die dezentrale Nutzung in Wärmepumpen sind den erzeugten EE-Strommengen für das Jahr 2050 in Tabelle 48 gegenübergestellt.

Tabelle 48 Verfügbare und genutzte Überschussstrommengen 2050¹¹⁶

Parameter	Einheit	Wert
Wind onshore	[GWh/a]	33.792
Wind offshore	[GWh/a]	28.385
Photovoltaik	[GWh/a]	3.200
Summe	[GWh/a]	65.377
Überschussstrom für FW	[GWh/a]	125
Überschussstrom für dezentrale Nutzung	[GWh/a]	150
Summe genutzter Überschussstrom	[GWh/a]	275

In Abbildung 53 ist der Anteil des genutzten Überschussstroms für die UHGW dargestellt. Es wird deutlich, dass das Potenzial in Mecklenburg-Vorpommern noch deutlich größer sein wird und auch weitere Städte mit der Einbindung von P2H-Anlagen in deren Wärmemix einen Beitrag zum Fluktuationsausgleich leisten können.

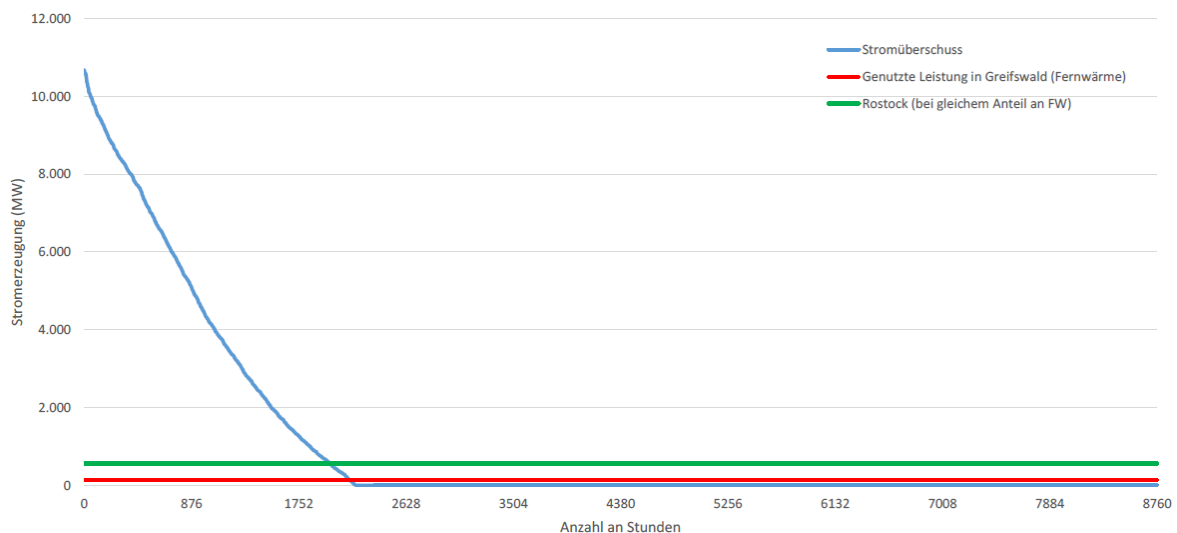


Abbildung 53 weiteres Potenzial für P2H in Mecklenburg-Vorpommern¹¹⁷

¹¹⁵ vgl. ebd.

¹¹⁶ ebd.

¹¹⁷ ebd., S. 75

15.3.2 P2H als Teilnehmer am Regelenergiemarkt

Power-To-Heat-Anlagen finden ihr Anwendungsgebiet u.a. im Bereich der „negativen Regelenergie“. Regelenergie wird benötigt um Schwankungen im Stromnetz auszugleichen. Um die Stromversorgung durchgehend aufrechterhalten, greift die Regelenergie genau dann ein, wenn ein Ungleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch besteht. Diese Reserve gleicht Schwankungen innerhalb von Sekunden "Primärreserve", fünf Minuten "Sekundärreserve" oder Viertelstunden "Minutenreserve" aus. Die Regelenergie wird hierbei in "positive Regelenergie" und "negative Regelenergie" eingeteilt. Bei der "positiven Regelenergie" herrscht eine erhöhte Nachfrage an Strom als es Erzeugungskapazitäten gibt, weshalb schnell Strom in das Netz eingespeist werden muss. Bei der "negativen Regelenergie" wird ein Ausgleich des Netzes bei einer zu geringen Nachfrage bewirkt. In diesem Fall muss Strom aus dem Netz entnommen werden. Der Betreiber eines Kraftwerkes, das am Regelenergiemarkt aktiv ist, erhält eine Gebühr für die Bereitstellung von Zusatzkapazitäten ("positive Regelenergie") oder für die Drosselung der Einspeisung ("negative Regelenergie").

Für die Bereitstellung von Sekundärregelenergie am Regelenergiemarkt wird von der Bundesnetzagentur eine Mindestanlagengröße von 5 MW gefordert. Liegt die Anlagengröße unter dem geforderten Mindestwert ist die Bildung einer Anbietergemeinschaft auch zur Erreichung der Mindestangebote zulässig. Der Zusammenschluss der Anlagen ist innerhalb der gleichen Regelzone möglich, kann aber auch Regelzonenübergreifend erfolgen. Dieses Prinzip der Entlastung der Netze erfolgt über eine speziell geregelte Netzsicherheitsmaßnahme das sogenannte Einspeisemanagement.

Wenn die Netzkapazitäten nicht ausreichen, um den insgesamt erzeugten Strom abzutransportieren, kann der verantwortliche Netzbetreiber nach den besonderen Voraussetzungen und Rechtsfolgen des Einspeisemanagements auch die Einspeisung aus EE- und KWK-Anlagen vorübergehend abregeln. Wird EE- oder KWK-Strom per Einspeisemanagement abgeregelt, hat der Anlagenbetreiber gegenüber seinem Anschlussnetzbetreiber einen Anspruch auf Entschädigung¹¹⁸.

Wenn die P2H-Anlage mit Stromfremdbezug (Nutzung von Strommengen die nicht im Netz der SWG erzeugt werden) betrieben wird, müssen die vollen Stromkosten inklusive aller Umlagen in die Kalkulation mitaufgenommen werden. Die anfallenden Entgelte, Abgaben, Umlagen und Steuern sind jedoch aktuell so hoch, dass der Einsatz erst ab negativen Preisen betriebswirtschaftlich sinnvoll wird. Diese treten an der Strombörse auf, wenn sehr große erneuerbare Strommengen verfügbar sind und das Angebot den Bedarf stark überschreitet. Bei Abnahme von diesen Energiemengen würde der Marktteilnehmer damit noch Gewinn machen. Wenn der negative Strompreis absolut den jeweiligen Abgaben und Umlagen entspricht, würde diese Energie kostenneutral für P2H zur Verfügung stehen.

¹¹⁸ BNA2017

15.4 Kleinräumige Fluktuationsausgleichsoptionen

Elektrofahrzeuge können einen Beitrag zum Ausgleich der volatilen Energiebereitstellung dezentraler erneuerbaren Energieanlagen leisten. Die entsprechenden Potenzial nach Kapitel 11 und eine Zunahme von EE-Anlagen im Niederspannungsnetz nach Kapitel 6 könnten einander begünstigen. Die Aufnahme großer Überschussstrommengen aus dem Übertragungsnetz ist aber aufgrund der erst dafür herzustellenden Umspannkapazitäten nicht realistisch umsetzbar.

Das Potenzial zur Speicherung von Elektroenergie in Fahrzeugen und die gesteuerte Abgabe in Hochlastzeiten erfordert eine zentrale Regelung, wie sie in Teilen bereits im Netz der Stromversorgung umgesetzt wurde. Die Herausforderung besteht in der UHGW aber noch in der Erweiterung der Zugriffsrechte des Netzbetreibers auf die Geräte beim Endabnehmer (in diesem Falle das Steuern des Ladens und Entladens der Fahrzeuge). Weiterhin ist das Mobilitätsverhalten bei den Eingriffen zu beachten und gegebenenfalls ein Umdenken bei der Nutzung der eigenen Fahrzeuge notwendig. Eine Möglichkeit bestünde darin, die geplante Fahrstrecke des nächsten Tages zu übermitteln, woraus sich für den Netzbetreiber die ihm zur Verfügung stehende Akkukapazität für Netzeingriffe ergibt.

Das Verfahren kann nur vollautomatisch und im Einklang mit bundesweit- bzw. europaweit überarbeiteten Regularien der Energiewirtschaft erfolgen. Die entsprechenden Voraussetzungen müssen daher zuvor auf diesen Ebenen geschaffen werden. Durch den Ausbau der Informationsinfrastruktur und der Förderung der Elektromobilität kann sich die UHGW aber auf dieses Szenario vorbereiten.

Eine bereits genutzte Form des dezentralen Fluktuationsausgleichs ist der verstärkte Einsatz von Solarenergiespeichern zur Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils von Photovoltaikanlagen. In erster Linie werden dadurch die selbsterzeugten Energiemengen der Betreiber erhöht und damit die Anlagen wirtschaftlicher und in zweiter Instanz die Belastung durch erneuerbare reduziert. Es ist deshalb im Interesse aller Akteure Speicher zum Standard beim Anschluss neuer Anlagen werden zu lassen und Bestandsanlagen nachzurüsten. Das größte Hindernis sind aber bisher die vergleichsweise hohen Investitionskosten.

Das Verfahren der strombasierten Wärmeerzeugung ist auch im kleinmaßstäblichen Bereich möglich. Die Technik der Nachtspeicheröfen ist in Kombination mit kleinräumig vorhandenen Solaranlagen beispielsweise sehr gut dazu geeignet, Spitzen im Netz abzufangen und regenerative Wärme bereitzustellen.

15.5 Zusammenfassung

Um den zukünftigen Herausforderungen einer schwankenden und nicht bedarfsgerechten Elektroenergieerzeugung gerecht zu werden, wird es notwendig sein, verschiedene Speicher und Umwandlungsprozesse miteinander zu verbinden. Dezentrale elektrochemische Speicher werden ebenfalls einen Teil dieser Aufgaben übernehmen. Im großen Maßstab kann die UHGW an dem Überangebot von Windstrom aus der Region profitieren, um die Fernwärme zu dekarbonisieren und einen Beitrag zum weiteren Ausbau der grünen Technologie zu leisten.

Die Elektromobilität wird bei nennenswerten Anteilen die Speicherkapazitäten im Stadtgebiet erhöhen. Zentrale Regelungstechnik, Änderungen der aktuellen Energiewirtschaftsregularien und eine Anpassung des Mobilitätsverhaltens werden hier aber die Voraussetzung für einen Durchbruch in diesem Bereich sein.

Die Zunahme dezentraler Solarbatterien und die Kopplung von dezentralen regenerativen Stromerzeugungsanlagen mit Elektrospeicherheizungen wird einen Beitrag zur Reduktion der Fluktuationen im kleinräumigen Bereich leisten. Die großen regenerativen Kraftwerkskapazitäten werden aber deutlich größere Kapazitäten benötigen, welche auf höheren Netzebenen angesiedelt sind.

Die in der UHGW bereits begonnene Überlagerung des Elektroverteilnetzes um ein Informationsnetz ist die Grundlage zum Ausbau der Smart-Grids. Hierdurch kann in Zukunft gezielter und mit sehr kurzer Eingriffszeit auf Schwankungen im Bedarf und Angebot reagiert werden. Diese Vernetzung wird sich aber nicht auf einzelne Netzebenen beschränken, sondern eine Verschränkung und einen durchgehenden Informationsfluss von der Erzeugung in der Ostsee bis zur Waschmaschine beim Kunden zur Folge haben.

16 Suffizienz

16.1 Definition

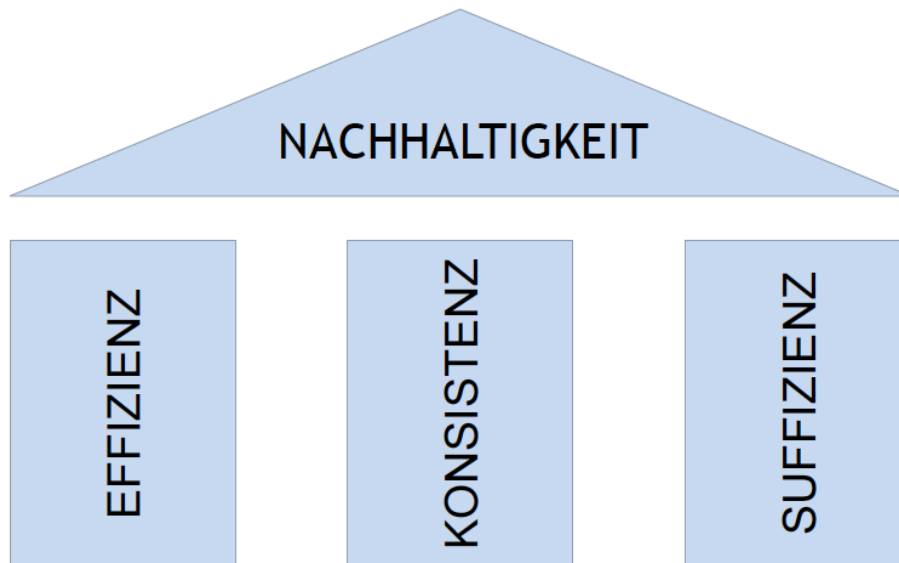


Abbildung 54 Drei Wege zur Nachhaltigkeit

Der Begriff Suffizienz (von lat. *sufficere*, dt. ausreichen) steht in der Ökologie für das Bemühen um einen möglichst geringen Rohstoff- und Energieverbrauch. In der praktischen Nachhaltigkeitsdiskussion wird Suffizienz komplementär (ergänzend) zu Ökoeffizienz und Konsistenz gesehen. Er wird im Sinne der Frage nach dem rechten Maß sowohl in Bezug auf Selbstbegrenzung, Konsumverzicht oder sogar Askese, aber auch Entschleunigung und dem Abwerfen von Ballast gebraucht. In jedem Fall geht es um Verhaltensänderungen (insbesondere) als Mittel des Umweltschutzes – im Gegensatz zu technischen Umweltschutzstrategien wie einer gesteigerten Energie- und Ressourceneffizienz oder dem vermehrten Einsatz regenerativer Ressourcen (Wikipedia).

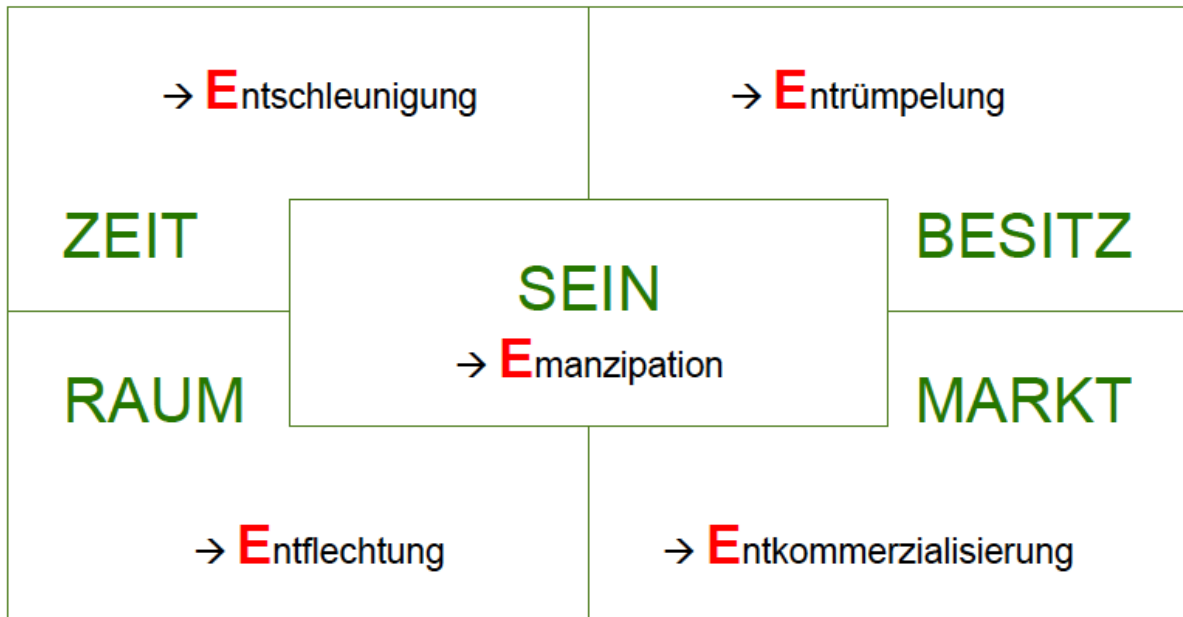


Abbildung 55 Suffizienzstrategien

Unter Suffizienz werden verschiedene Strategien verstanden.

- Entrümpelung bedeutet z.B. die Reduktion der Anzahl konsumierter Produkte, statt Güter und Waren auf Gesundheit und Selbstbestimmung achten, statt "besitzen" "benutzen".
- Entschleunigung bedeutet die Reduktion der Konsumfrequenz und eine Temporeduktion im Alltag mit mehr Pausen und Bewegung.
- Entkommerzialisierung bedeutet selber produzieren, Nachbarschaftshilfen, Dinge länger und häufiger nutzen.
- Entflechtung bedeutet die Vereinfachung und Regionalisierung von Wertschöpfungsketten.

16.2 Bezug zu den Maßnahmen

Kommune als Vorbild

Bezogen auf den Bereich Kommunale Gebäude/Anlagen und interne Organisation sind unter Berücksichtigung von Suffizienzkriterien die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- Bürofläche pro Mitarbeiter nach Minimum Arbeitsstättenverordnung auslegen
- Förderung von Teilzeitarbeit

- Reparatur von defekten Geräten statt Neukauf
- Geräte, Möbel, Inventar möglichst lange nutzen
- Gemeinsame Aufenthaltsräume mit Kühlschrank und Kaffeemaschine
- Beschaffung von Büromaterial nur in größeren Intervallen

Mobilität

Bezogen auf den Bereich Mobilität sind unter Berücksichtigung von Suffizienzkriterien die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- in der Verwaltung Anzahl der Dienstfahrzeuge an den Bedarf anpassen, Fuhrparkmanagement, Carsharing
- öffentliches Carsharing
- Gemeinschaftsautos in Wohnblöcken, Wohneigentümergeinschaften
- Bildung von Fahrgemeinschaften
- Die Verbesserung der umweltfreundlichen Angebote (ÖPNV, zu Fuß gehen, Radfahren, Car- und Bikesaring) und die vermehrte Nutzung des Umweltverbundes in der UHGW führt eine Reduzierung des MIVs herbei und fördert dadurch auch den Verzicht auf das eigene Auto.

Private Haushalte

Bezogen auf den Bereich Private Haushalte sind unter Berücksichtigung von Suffizienzkriterien die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- Reduktion der Wohnfläche pro Person z.B. durch Förderung von Formen des gemeinschaftlichen Wohnens oder durch passende Angebote an Haushalte, bei denen der Flächenbedarf sich nach Auszug der Kinder verringert hat
- gemeinsame Nutzung von Produkten wie Waschmaschinen, Trocknern, Werkzeugen, Autos – zur Konsumreduzierung
- fleischarme Ernährung
- Vermeidung des Wegwerfens von Lebensmitteln
- verpackungsarmer Einkauf
- Reparatur von defekten Geräten statt Neukauf
- Weitergabe von Möbeln, Kleidung und weiteren nicht genutzten Gebrauchsgegenständen

- Nutzung von gebrauchten Gegenständen, Flohmärkte
- Kauf von regionalen Produkten
- selber produzieren statt kaufen

Gewerbe, Handel, Dienstleistung:

Bezogen auf den Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistung sind unter Berücksichtigung von Suffizienzkriterien die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- Produktion und Verkauf langlebiger Produkte
- Angebot von regionalen Produkten
- Initiierung von Flohmärkten

16.3 Einsparung durch Suffizienz am Beispiel der Pro-Kopf-Wohnfläche

Als konkretes Beispiel für Einsparpotenziale durch Suffizienzmaßnahmen sind in Tabelle 49 die Einsparpotenziale für eine Reduktion der Pro-Kopf-Wohnflächen 2030 berechnet worden.

Tabelle 49 Berechnung der Energieeinsparung über eine Verringerung der individuellen Wohnfläche bis 2030

	2015	Prognose 2030	Suffizienz 2030
Wohnflächenbedarf /EW (m ²)	44 ¹¹⁹	44,9 ¹²⁰	40 (angenommen)
Wärmebedarf kWh/m ² *a	97,3 ¹²¹	80 ¹²²	80
Wärmebedarf/Jahr für eine Person (kWh/a)	4.281	3.592	3.200
Einwohner	56.000 ¹²³	58.008	58.008
Wärmebedarf für alle Einwohner GWh/a	239,75	208,36	185,63
Wärmebedarfsentwicklung %	100	87	77

¹¹⁹ Quelle: Statist. Jahrbuch M-V 2015

¹²⁰ Quelle: BBSR-Wohnungsmarktprognose 2030

¹²¹ durchschnittliche Wärmebedarfszahlen in kWh/m²a aus der Gebäudedatenbank über alle Gebäude mit Wärmebedarf

¹²² Prognose mit Teilsanierung 18 % (UHGW 2015)

¹²³ Quelle: Statistik Greifswald

Durch Sanierungsmaßnahmen wird von 2015 bis 2030 eine Energieeinsparung um 13 % erreicht. Durch eine angenommene Wohnflächenreduktion von 44,9 auf 40 m² pro Einwohner errechnet sich eine Reduktion des absoluten Wärmebedarfs der UHGW um weitere 10 % zum Stand von 2015 obwohl von einem Bevölkerungszuwachs von rund 2.000 Personen bis 2030 ausgegangen wird.

16.4 Fazit

Effizienz und Suffizienz müssen strategisch gemeinsam betrachtet werden und sich dabei sinnvoll ergänzen. Für eine nachhaltige Entwicklung in der UHGW müssen daher effiziente wie suffiziente Maßnahmen gleichermaßen erfüllt werden. Die oben aufgeführten Punkte sind soweit wie möglich in den Maßnahmenkatalog und in das Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit mit einbezogen worden. Sie sollten grundsätzlich bei Entscheidungen der Verwaltung und der Politik berücksichtigt werden.

17 Konzept für zivilgesellschaftliche Prozesse und Öffentlichkeitsarbeit

17.1 Beteiligung der Zivilgesellschaft

Die Realisierung des Masterplankonzeptes und der ausgewiesenen Maßnahmen erfordert die Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure wie z. B. der Stadtverwaltung, der Eigenbetriebe und Eigengesellschaften insbesondere der Stadtwerke, Vereine, Unternehmen sowie Bürgerinnen und Bürger. Dieses Kapitel beinhaltet neben der im Rahmen der Konzeptphase durchgeführten Öffentlichkeitsarbeit ein weiterführendes Öffentlichkeitsarbeitskonzept mit Zielen, Zielgruppen, Aufgaben und Durchführungszeiträumen zur Umsetzung des Masterplans Klimaschutz in der UHGW.

Das wesentliche Ziel der Öffentlichkeitsarbeit ist letztlich, über die Sensibilisierung verschiedener ausgewählter Zielgruppen eine Veränderung des Nutzerverhaltens zu erwirken und einen umweltfreundlicheren Umgang mit Ressourcen herbeizuführen.

Die Stadtverwaltung nimmt dabei eine Vorbildrolle für die Bevölkerung ein. Energieeinsparung, Energieeffizienz; Suffizienz und der Einsatz erneuerbare Energien müssen in der Verwaltung angewendet und gelebt werden. Um eine klimafreundliche Haltung der Verwaltung umzusetzen und auszustrahlen ist es unabdingbar, die Aktivitäten sowohl „nach innen“ (verwaltungsintern) als auch „nach außen“ (in Form von Öffentlichkeitsarbeit) zu kommunizieren.

Grundlegende Aufgaben der Öffentlichkeitsarbeit sind daher, zunächst Bekanntheit zu schaffen und Vertrauen aufzubauen. Öffentlichkeitsarbeit umfasst deutlich mehr als nur Information, sie ist vielmehr der übergeordnete Begriff für die unterschiedliche Einbeziehung und Beteiligung von Akteuren.

Die konkreten Aufgaben der Öffentlichkeitsarbeit umfassen, je nach Bedarf, alle Aspekte einer Kommunikationsstrategie. Die allgemeinen Handlungsfelder können wie folgt zusammengefasst werden:

- allgemeine Öffentlichkeitsarbeit = Kommunikation für die gesamte Gemeinde
- Öffentlichkeitsarbeit für definierte Zielgruppen innerhalb der Gemeinde
- spezifische Kommunikationsstrategie für Angehörige der Stadtverwaltung
- Öffentlichkeitsarbeit zur überregionalen Wahrnehmung

Um den Masterplanprozess erfolgreich zu gestalten, ist darüber hinaus eine Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger sowie der lokalen Akteure zwingend erforderlich.

Die Reichweite der Mitwirkung von Bürgern an den Entscheidungsprozessen kann in verschiedene Grade unterteilt und in Form einer Beteiligungspyramide dargestellt werden. Politische Partizipation ist ein wechselseitiger Prozess zwischen der Kommune und den Bürgern. Während die Kommune im Partizipationsprozess Teilhabe gewährt, müssen die Bürger die Bereitschaft zur Teilnahme offenbaren. Die Einbeziehung der Bürger reicht dabei von der reinen Bereitstellung von Informationen bis zum eigenverantwortlichen Handeln. Der Einfluss der Beteiligten nimmt dabei stetig zu. Mithilfe der Beteiligungspyramide lässt sich dies in vier Stufen darstellen:

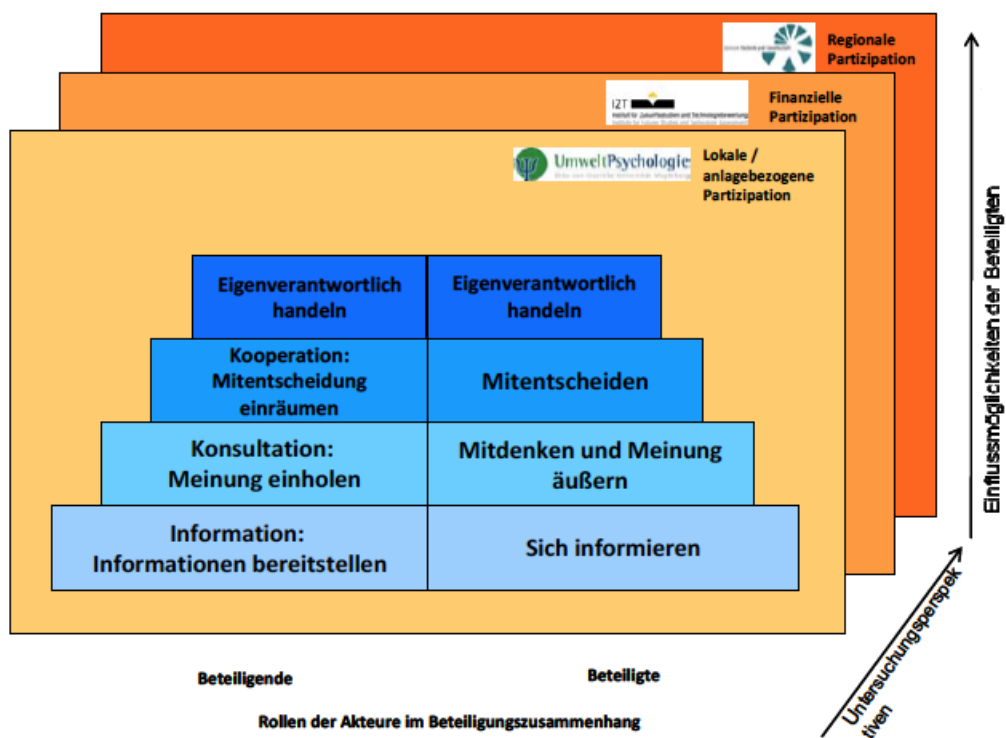


Abbildung 56 Beteiligungspyramide FKZ (2010)

1. Stufe Information: Die Akteure können nur Informationen erlangen und auswerten. Probleme, Vorhaben und Ziele aus Verwaltungssicht sind verständlich und transparent darzustellen.
2. Stufe Konsultation: Artikulierung von eigenen Meinungen und Bedenken hinsichtlich eines Planungsverfahrens. Dementsprechend muss die Seite der öffentlichen Hand bereit sein, sich verschiedene Meinungen und Anregungen einzuholen.
3. Stufe Mitentscheidung: Die Beteiligten können aktiv, in angemessener und legitimer Weise bei der Entscheidungsfindung im Planungsverfahren mitwirken. Dies setzt eine sehr intensive Kommunikation zwischen allen Akteuren voraus.

4. Stufe eigenverantwortliches Handeln der Beteiligten: kritisches Begleiten und/oder aktive Mitwirkung bei der Umsetzung von Maßnahmen oder bei der Durchführung von Projekten; Mitfinanzierung von Projekten

Stufe 4 der Beteiligung sollte in der Regel mit den Stadtwerken und den Wohnungsunternehmen angestrebt werden. Ein derart großes Maß an Partizipation wird den Bürgern in der Praxis fast nie eingeräumt bzw. von denen auch nicht unbedingt gewünscht. Bei den meisten Verfahren endet der Grad der Beteiligung von Bürgern auf der Stufe der Konsultation.

Jedoch je stärker der Grad der Einbindung ist, desto stärker ist auch die Identifikation mit dem Thema Klimaschutz.

17.2 Zielgruppenanalyse

Messbare Erfolge von Verhaltensänderungen können nur erzielt werden, wenn es sich um längerfristige Kommunikationskonzepte mit einem Umsetzungszeitraum von mehreren Jahren handelt und wenn konkrete Zielgruppen angesprochen werden. Die Zielgruppe sollte kontinuierlich direkt angesprochen werden und regelmäßig Rückmeldung über die bisherige Zielerreichung erhalten, um die individuelle Motivation zu erhöhen.

Um Energiesparverhalten zu befördern, bedarf es nicht nur der Vermittlung von Informationen, sondern darüber hinaus auch konkreter Handlungsanreize und passender Angebote. Eine Verhaltensänderung wird aktiv beibehalten, wenn der Betroffene die direkten Konsequenzen aus der jeweiligen Veränderung wahrnimmt. Diese Rückmeldungen können durch ein Belohnungssystem aufgezeigt werden, es kann aber auch zu Restriktionen führen (z. B. in Form von Bußgeldern oder erhöhten Preisen). Im Rahmen der Konzepterstellung konnten fünf wichtige Zielgruppen identifiziert werden:

Tabelle 50 Zielgruppen der Öffentlichkeitsarbeit

Zielgruppe	Ziele der Stadt	Maßnahme	Einbindung nach Beteiligungspyramide
Verwaltung	Vorbildfunktion der Verwaltung wahrnehmen, Informationen zu energiebewusstem Handeln bereitstellen und implementieren, Klimaschutzbelange einbinden		Mitentscheidung, eigenverantwortlich handeln, Konsultation, Information
Bürgerinnen und Bürger	Sensibilisierung und Interesse schaffen für das Thema Energie- und Klimaschutz, Initiierung von Energiesparmaßnahmen		Information, Konsultation
MIV-Nutzer	Reduzierung der jährlichen Fahrten bzw. gefahrenen km mit dem MIV, Umstieg auf den Umweltverbund (ÖPNV, Rad, zu Fuß), Umstieg auf umweltfreundliche Antriebe		Konsultation, Information

Zielgruppe	Ziele der Stadt	Maßnahme	Einbindung nach Beteiligungspyramide
Touristen	Vermeidung von Verkehr, Umweltfreundliche Anreise und Fortbewegung in der UHGW, Angebot ökologischer Übernachtungsbetriebe		Information
Maritime Akteure	Umweltbewusstes Verhalten		Information
Kinder und Jugendliche	Motivation zum „klimagerechten“ Verhalten		Information
Studierende	Umweltfreundliche Fortbewegung, Ressourcenschonung		Information
Gewerbe	Initiierung von Energiesparmaßnahmen		Mitarbeit, Konsultation, Vernetzung, Information

Die Zielgruppen werden durch die entwickelten Maßnahmen gezielt angesprochen.

17.2.1 Genderspezifische Aspekte

Der steigende Handlungsdruck in der Klimapolitik erfordert ambitionierte Zielsetzungen und tiefgreifende Transformationsprozesse, die alle Aspekte einbeziehen müssen: technische und ökonomische, und auch gesellschaftliche. Die Menschen, ihre Motive und Möglichkeiten zum Handeln, und damit auch soziale und geschlechtsbedingte Ungleichheiten, müssen stärker in den Fokus geraten.

Dass Klimapolitik geschlechtergerecht gestaltet werden soll, wurde von mehreren internationalen Vereinbarungen anerkannt, so auch im Pariser Klimaabkommen¹²⁴.

Für die kommunale Ebene erkennt die „Europäische Charta für die Gleichstellung von Frauen und Männern auf lokaler Ebene“¹²⁵ an, dass Frauen und Männer öffentliche Räume und Dienstleistungen häufig unterschiedlich nutzen, sich unterschiedlichen Umweltproblemen gegenübersehen und das gleiche Recht haben, Nutzen aus umweltrelevanten Dienstleistungen und Politiken zu ziehen. Sie enthält deshalb eine Verpflichtung bei der Entwicklung umweltpolitischer Maßnahmen, die spezifischen Bedürfnisse und Lebensweisen von Frauen und Männern zu berücksichtigen.

¹²⁴ In der Präambel zum Pariser Abkommen heißt es: „Acknowledging that climate change is a common concern of humankind Parties should, when taking action to address climate change, respect, promote and consider their respective obligations on human rights, the right to health, the rights of indigenous peoples, local communities, migrants, children, persons with disabilities and people in vulnerable situations and the right to development, as well as gender equality, empowerment of women and intergenerational equity.“

¹²⁵ Die Charta wurde von über 1600 Kommunen in Europa unterzeichnet, siehe http://www.rgre.de/hg_charta_gleichstellung.html

In der „New Urban Agenda“ für nachhaltige Stadtentwicklung, beschlossen im letzten Jahr als Ergebnis des Habitat-III-Prozesses zur Umsetzung der Ziele für nachhaltige Entwicklung, wird die Rolle von Geschlechtergerechtigkeit bei Planungen und Maßnahmen in allen Bereichen städtischer Nachhaltigkeit ebenfalls betont. Von den Städten wird z. B. gefordert „nachhaltige, den Menschen in den Mittelpunkt stellende, alters- und geschlechtergerechte und integrierte Konzepte der Stadt- und Raumentwicklung zu beschließen“¹²⁶.

Hintergründe des Genderansatzes sind Erkenntnisse über die Geschlechterdimensionen aller Aspekte des Klimawandels, also der Ursachen und Folgen sowie der Strategien und Programme zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen. Geschlecht ist dabei eine relevante Determinante, sei es beim persönlichen Beitrag zu den Treibhausgasemissionen und den Handlungsmöglichkeiten zur Verringerung dieser Emissionen, beim Zugang zu klimarelevanten Ressourcen und Dienstleistungen im Bereich Energie und Mobilität, bei den Auswirkungen des Klimawandels, zum Beispiel Hitzewellen oder andere Extremwetterlagen, und schließlich auch bei den sozialen Auswirkungen klimapolitischer Maßnahmen. Dabei geht es weniger um körperliche Unterschiede von Männern und Frauen, sondern vorrangig um die gesellschaftlichen Rollen, die ihnen jeweils zugeschrieben werden und ihre Auswirkungen, z. B. auf Einkommen oder Beteiligung an Entscheidungen.

Bei klimarelevanten Entscheidungen sind Männer meist überrepräsentiert, denn der Frauenanteil in der Klimapolitik wächst nur verhalten und Schlüsselbereiche wie Energie und Verkehr sind stark männerdominiert. Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer Energien werden generell als technologische Fragen und damit im traditionellen Verständnis als männlich wahrgenommen. Umso mehr muss darauf geachtet werden, dass in der Kommunikation über klimapolitische Programme und in den Beteiligungsverfahren Frauen und Männer gleichermaßen angesprochen werden, zu Wort kommen und tatsächlich gehört werden.

In Deutschland wenden Frauen heute im Mittel immer noch deutlich mehr Zeit für Haus- und Versorgungsarbeit auf als Männer. Damit einher geht auch das geringere Einkommen von Frauen, da sie aufgrund der Familienarbeit in geringerem Umfang erwerbstätig sind, und zudem „typische Frauenjobs“ schlechter bezahlt werden als „typische Männerjobs“.

Klimapolitisch bedingte Mehrkosten treffen vor allem Geringverdienende, während Fördermittel häufig Eigenheimbesitzern zugutekommen. Statt in Energieeffizienz und Erneuerbare Energien investieren zu können, sind Frauen eher von Energiearmut betroffen als Männer. Wer für die Versorgungsarbeit zuständig ist, hat spezifische Mobilitätsbedarfe, legt etwa kompliziertere Wegstrecken zurück oder braucht Raum und Barrierefreiheit. Wer einkauft und die Hausarbeit macht, trifft Tag für Tag eine Menge klimarelevanter Entscheidungen.

Zudem unterscheiden sich die Einstellungen und Präferenzen von Frauen und Männer im Mittel: Umfragen zeigen, dass Frauen meist umweltfreundlicher eingestellt sind als Männer,

¹²⁶ New Urban Agenda, Prinzipien und Verpflichtungen 15c, Text, auch auf Deutsch, zu finden unter <http://habitat3.org/the-new-urban-agenda>

auch häufiger bereit, ganz konkret zum Schutz der Umwelt beizutragen¹²⁷. Dabei können aber auch geschlechterspezifische Einkommensunterschiede eine Rolle spielen, z. B. sind Frauen weniger automobil und dafür mehr klimafreundlich unterwegs. Sie erwarten auch häufig mehr Erfolge von Verhaltensänderungen als von technischen Lösungen und lehnen tendenziell stärker Technologien ab, die als risikoreich oder potenziell gesundheitsschädlich erachtet werden. Solche Unterschiede gelten selbstverständlich nicht für alle Frauen bzw. Männer gleichermaßen, denn die meisten Menschen entsprechen den Erwartungen an ihre Geschlechterrolle nur zum Teil. Dennoch gibt es diese Rollen, sie sind in unsere Gesellschaft tief eingeschrieben und manifestieren sich als Strukturen auf der materiellen Ebene – auch in der städtischen Struktur und Infrastruktur.

Klimapolitik muss deshalb die Geschlechterdimension berücksichtigen, um effektiv zu wirken und akzeptiert zu werden. Dass dies ganz besonders für die kommunale Ebene gilt, wo Klimapolitik konkret wird und dem Alltag und den Interessen und Bedürfnissen der Menschen gerecht werden muss, wurde z. B. in einer Studie für die UN-Habitat nachgewiesen¹²⁸.

Dabei geht es zum einen um die ausgewogene Beteiligung der Geschlechter und auch der verschiedenen sozialen Gruppen auf allen Ebenen der Debatte und Entscheidungsfindung. Zudem müssen klimapolitische Maßnahmen müssen so priorisiert und ausgestaltet werden, dass sie soziale oder geschlechtsbedingte Benachteiligungen nicht verstärken. Stattdessen sollten die positiven Nebeneffekte der Klimaschutzmaßnahmen – z. B. geringere Energiekosten, Schaffen von Jobs, weniger Luftverschmutzung und Lärm – maximiert und gerechter verteilt werden. In der Folge greifen die geplanten Maßnahmen besser und finden höhere Zustimmung. Weitere Argumente sowie Fallbeispiele finden sich in¹²⁹.

Aus der Geschlechterperspektive sollte bei der Erarbeitung und Umsetzung kommunaler Klimaschutzprogramme z. B. nach geschlechtsspezifischen Bedarfen in den Bereichen Wohnen, Energie und Mobilität, nach Konsummustern und Handlungsmöglichkeiten, sowie nach den sozialen Auswirkungen von Maßnahmen gefragt werden. Eine Reihe klimapolitischer Ziele wie etwa die „Stadt der kurzen Wege“ sowie die Funktionsmischung von Wohnen mit Versorgungs- und Dienstleistungseinrichtungen bieten auch ein hohes Potenzial für Beiträge zur Geschlechtergerechtigkeit. Entsprechende Maßnahmen können z. B. durch kürzere Wege die Versorgungsarbeit und die Verbindung von Erwerbs- mit Familienarbeit für Frauen und Männer erleichtern – wenn sie im Detail, also etwa auf Quartiersebene, gender-sensibel geplant und umgesetzt werden. Dabei wird systematisch nach den geschlechts-, alters- und gruppenspezifischen Bedarfen, Interessen und Auswirkungen gefragt.

Haushalte sollten nicht als Blackbox betrachtet und angesprochen werden, denn die Frage ist, wer in welchem Maß für die Versorgungsarbeit zuständig ist, wer im Haushalt für welchen Zwecke Energie verbraucht, wer Entscheidungen über die täglichen Routinen einerseits, und andererseits über Investitionen trifft, und wer letztlich auch von Klimaschutzmaßnahmen be-

¹²⁷ BMUB & UBA 2017

¹²⁸ Alber 2010

¹²⁹ Weller u. a. 2016

troffen ist, etwa wenn zusätzliche Arbeit entsteht. Bei der Planung des ÖPNV stellen sich z. B. die Fragen, wer den ÖPNV für welche Zwecke und Wege nutzt und welche Anforderungen sich daraus an die Infrastruktur, an den Service und die Tarifgestaltung ergeben. Wie kann der städtische Raum aufgeteilt werden, um für klimaschonende Mobilität (Fuß, Rad und ÖPNV) und klimafreundliche Freizeitaktivitäten mehr Raum zu schaffen? Wer profitiert und wer verliert von den Klimaschutzmaßnahmen, z. B. von Förderprogrammen oder geschaffenen Jobs, welche flankierenden Maßnahmen führen zu mehr Gerechtigkeit?

Soziale Kategorien wie Geschlecht, Alter, Ethnizität, Einkommen oder Bildung sind nicht unabhängig voneinander, sondern überlagern sich. Damit können sich Ungleichheit und Diskriminierung verstärken, besonders wenn politische Eingriffe dies nicht berücksichtigen. Dies gilt auch für die Klimapolitik, die deshalb solche Verschränkungen erkennen, Benachteiligung und Privilegien analysieren und sozialer Ungleichheit und Mehrfachdiskriminierung begegnen muss. Damit werden nicht nur klimapolitische Ziele erreicht, sondern die Stadt wird gleichzeitig alltagstauglicher und lebenswerter.

17.2.2 Verwaltung

Die Stadt beschäftigt derzeit ca. 580 Mitarbeiter. Um der Vorbildfunktion der Stadt gerecht zu werden, ist eine hohe Identifikation des Personals mit Klimaschutzthemen erforderlich. Je mehr Mitarbeiter durch interne Kommunikationsprozesse erreicht und für das Thema Energie und Klimaschutz sensibilisiert werden, desto stärker wirkt sich diese verinnerlichte Grundeinstellung im gesamten Handeln der Stadtverwaltung aus. Letztendlich können mit motivierten und fachlich versierten Mitarbeitern wiederum externe Akteure besser erreicht werden.

Der Umgang mit den eigenen Mitarbeitern ist deshalb von entscheidender Bedeutung. Fühlt sich der Klimaschutzprozess für den Mitarbeiter eher wie eine lästige Zusatzaufgabe an, wird sich die Erfüllung der Aufgaben auf ein notwendiges Minimum reduzieren und es sind wenig bis gar keine Ideen des Mitarbeiters zu dem Thema zu erwarten. Daher gilt es bei der Verteilung neuer Aufgaben nicht nur, die Mitarbeiter zum Klimaschutz regelmäßig durch Fortbildungen entsprechend zu befähigen, sondern auch für die Bearbeitung des neuen Aufgabenbereichs zu motivieren. Letzteres kann durch das regelmäßige Durchführen von Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung geschehen, so dass das Wollen und das Können im Bereich Energie und Klimaschutz im Gleichschritt zunehmen.

Folgende Links bieten allgemeine Informationen zum Thema (kommunalen) Klimaschutz, die für Bürgerinnen und Bürger interessant sind, aber auch eine gute Informationsquelle für die Verwaltung darstellen:

- <http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie>
- <http://www.klima-sucht-schutz.de>
- <http://www.dena.de>

- <http://www.klimabuendnis.org>
- <http://www.kommunal-erneuerbar.de>
- <http://www.regionaler-klimaatlas.de>
- <http://www.klimaschutzaktionen-mv.de>
- <http://www.bioenergie-regionen.de>
- <http://www.enob.info>

Schlussfolgerungen für die Bildung von Kommunikationsmaßnahmen:

- Motivation durch Mitarbeitersensibilisierung schaffen, Energiesparkampagne in der Verwaltung
- Fachwissen durch Fortbildungsmöglichkeiten schaffen

17.2.3 Bürgerinnen und Bürger

Eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit seitens der Stadt gegenüber den Bürgern motiviert diese, sinnvolle Maßnahmen im Bereich Energie und Klimaschutz durchzuführen.

Eine Chance, um sich gezielt an Bürger zu wenden ist die Pflege eines attraktiven und aktuellen Internet-Angebotes. Die bestehende Rubrik „Klimaschutz“ auf der Internetseite der Stadt kann genutzt werden, um Informationen rund um das Thema „Klimaschutz und Energieeffizienz“ für interessierte Bürgerinnen und Bürger und Gewerbetreibende bereitzustellen. Die wichtigsten Ergebnisse des Masterplanprozesses sollten hier ebenfalls aufgeführt werden. Die Seite sollte kontinuierlich gepflegt und weiter ausgebaut werden. Es ist nicht notwendig Energiespartipps oder Fördermöglichkeiten selbst inhaltlich aufzubereiten. Eine Verlinkung zu bestehenden Internetseiten mit kurzen Erläuterungstexten ist sinnvoll und ausreichend. Dasselbe gilt auch für das Portal <http://klimaschutz-greifswald.de>, wo diese Verlinkungen zum Teil bereits umgesetzt wurden, die Aktualität der Seite jedoch nicht unbedingt gegeben ist.

Wichtige Informationsportale für Bürgerinnen und Bürger mit Energiespartipps, CO₂-Rechner und Fördermöglichkeiten sind unter den folgenden Links zu finden:

- <http://www.co2online.de>
- <http://www.stadtklimalotse.net>
- <http://www.energiesparclub.de>
- www.foederdatenbank.de
- <https://www.lfi-mv.de>

Es sollte jedoch bedacht werden, dass die Homepage einer Stadt per se nicht eine Klimaschutz-Anlaufstelle ist. Daher ist es wichtig, die Internetpräsenz über möglichst zahlreiche Verlinkungen bei den Bürgern bekannt zu machen. Des Weiteren kann verfügbares Informationsmaterial im Eingangsbereich des Rathauses bereitgestellt werden. Mit der Abteilung für Umwelt- und Naturschutz ist eine zentrale Anlaufstelle für die Bürgerinnen und Bürger geschaffen. Dies sollte intern und extern breit kommuniziert werden.

Zusätzlich könnte auf der Internetseite ein moderierter Blog angeboten werden, in dem die Bürgerinnen und Bürger Hinweise, Anregungen und Good-Practice-Beispiele einstellen können.

Für weitergehende Informationen wird z.B. an die Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern GmbH (LEKA), die Verbraucherzentrale bzw. entsprechende Fachexperten verwiesen.

Folgende Projekte sollten kontinuierlich in den nächsten fünf Jahren durchgeführt werden:

- Stromsparcheck für Bedarfshaushalte mit der Caritas
- Durchführung der Energiekarawane

Zusätzlich sollten jährlich eine der folgende Kampagnen/Aktionen durchgeführt werden:

- Durchführung einer Filmreihe zum Thema Klimaschutz als niederschwelliges Einstiegsangebot, Beispiele sind Sechs Grad bis zur Klimakatastrophe, National Geographic, Eine unbequeme Wahrheit, Die Erde von oben, GEO, Die 4. Revolution, Die Rechnung, germanwatch, Home - Yann Arthus-Bertrand, Taste the Waste, Age of Stupid - Warum tun wir nichts?, The Oil Crash, More Than Honey, Bulb Fiction, Plastic Planet, End of Suburbia - Gregory Greene, Leben mit der Energiewende - Frank Farenski, Do the Math, The Day After Tomorrow, Szenario 2100: Klima in der Krise - Ist unsere Erde noch zu retten?, We Feed the World - Essen global, Die unbequeme Wahrheit über unsere Ozeane, Wut allein reicht nicht
- Aktion Heizungspumpentausch
- Aktion "Austausch des ältesten Kühlschranks/des ältesten Staubsaugern gegen ein modernes, energieeffizientes Gerät"
- "Klimagourmet": Ausstellung zur Klimagerechten Ernährung (<http://www.klimagourmet.de/veranstaltungen/wanderausstellung/>)
- Teilnahme am Stadtfesten mit einem eigenen Stand der Klimaschützer, Vorstellung von eigenen Klimaschutzprojekten, Hinweise auf Good-Practice-Beispiele

17.2.4 MIV-Nutzer

Wesentlicher Bestandteil einer Klimaschutzpolitik ist die Minimierung des motorisierten Individualverkehrs. Dies kann z.B. durch die Stärkung des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) oder durch die Förderung des Radverkehrs erfolgen. Gerade beim Thema Mobilität ist die Information und Sensibilisierung in hohem Maße erforderlich, da der Umstieg auf andere Verkehrsmittel auch eine Veränderung des Verhaltens und der eigenen Einstellung erfordert. Die Analyse der Mobilitätsbedarfe hat ergeben, dass noch ein erhebliches Verlagerungspotenzial vom MIV auf den Umweltverbund bei Strecken bis 5 km besteht.

Diverse Aktionen/Projekte/Maßnahmen finden bereits regelmäßig statt und sollten fortgeführt werden:

- kostenlose Kodieraktionen für Fahrräder
- verkehrspolitische Radtouren des ADFC zur Überprüfung der Radwegequalität
- Fahrradfest der Stadtwerke
- Stadtradeln
- Fahrrad-Selbsthilfe-Reparaturwerkstatt

Weitere Maßnahmen zur Öffentlichkeitsarbeit sind:

- Erstellung von Wander- und Radfahrkarten
- Abgabe eines Neubürgerpaketes mit Hinweisen zu allen Mobilitätsangeboten (ÖPNV, Carsharing, Ladestationen, Fahrradreparaturservice), Beispiel: <https://www.domagkpark.de/files/domagk/dokumente/bereich-mobilitaet/2016-05-20-Broschuere-Mobilitaet-Domagkpark.pdf>
- Mit dem Rad zur Arbeit
- Teilnahme an der Woche der Mobilität (ÖPNV für einen Tag kostenlos, autofreie Stadt)
- verkehrspolitische Fußwegetouren zur Überprüfung der Fußwegequalität
- Mobilitätsberatung zur Hause (ähnlich Energiekarawane, Beispiel Lund)

17.2.5 Touristen

Rund 85.000 Touristen kommen jährlich in die UHGW und die überwiegende Zahl davon mit dem Auto. Hinzu kommen noch Bekannten- und Verwandtenbesuche, die ca. 70 % der

Übernachtungen in der UHGW ausmachen¹³⁰. Grund genug ein klimafreundliches Angebot für die Gäste zu schaffen und dies offensiv zu vermarkten. Dazu sind folgende Aktionen/Kampagnen möglich:

- Bewerbung einer umweltfreundlichen Anreise mit der Bahn auf den einschlägigen Internetseiten und Tourismusbroschüren
- Abgabe von kostenlosen Bustickets und kostenloser Fahrradverleih für Übernachtungsgäste

Weitere Aktionen können erst nach Schaffung entsprechender Angebote wie z.B. „Klima-Hotels“ oder „Ecocampingplätze“ durchgeführt werden.

17.2.6 Maritime Akteure

Der Hafen, die Werften, die Segler, die Segelvereine, der Yachtclub sowie die Bootseigentümer spielen für die UHGW eine wichtige Rolle. Detailliertere Untersuchungen über deren spezifischen Energieverbrauch gibt es bisher noch nicht. Dies soll im Rahmen eines innovativen Klimaschutzteilkonzeptes „Handlungsfelder im maritimen Bereich“ (Maßnahme E3) genauer untersucht werden. Hier soll auch untersucht werden, wie diese Zielgruppen speziell angesprochen werden können.

17.2.7 Kinder und Jugendliche

Die langfristigen Klimaschutzziele von Bund und Ländern enden 2050. Damit ist die Energiewende ein Mehrgenerationen-Projekt. Wenn Kinder bereits frühzeitig mit dem Thema Energie und Klimaschutz vertraut gemacht werden, wird sich dies auch langfristig im Verhalten widerspiegeln. Auch die Stadt kann einen Teil dazu beitragen, damit Schul- und Kindergartenkinder von Anfang an den hohen Stellenwert einer nachhaltigen, suffizienten und energieeffizienten Lebensweise verinnerlichen und den Klimaschutz in ihr Handeln mit einbeziehen.

Neben der Einrichtung eines dauerhaft angelegten Energiesparprojektes in den Greifswalder Schulen und Kitas sollten speziell auf Kinder und Jugendliche zielende weitere Kampagnen / Aktionen durchgeführt werden:

- Erweiterung der Kommunikationskanäle auf Angebote für Kinder und Jugendliche (Infos über Twitter und facebook, kindgerechte Broschüre zum Thema Klimaschutz)

¹³⁰ Fortschreibung der Tourismuskonzeption für die Universitäts- und Hansestadt Greifswald und Region 2016

- Aktionen mit Schulen und Kitas zur Verhinderung der Elterntaxis (z.B. „Zur Fuß zur Schule und zum Kindergarten“ <http://www.zu-fuss-zur-schule.de>)
- nachhaltiges Klima - Frühstück in der Schule und in der Kita (regionale Produkte, Bioprodukte, keine Massentierhaltung, Gemüse statt Wurst <http://www.kate-berlin.de/klimafruehstueck-de.html>)
- konsumkritische Stadtspaziergänge für Jugendliche,
- Klimaexperimente (beispielsweise für eine bestimmte Zeit keine neuen Produkte zu kaufen, Einkaufen ohne Verpackungen) für Jugendliche

17.2.8 Studierende

Gut 10.000 Studierende sind im Wintersemester 2016/2017 an der Universität Greifswald eingeschrieben. Studierende sind eine wichtige Zielgruppe, da sie in der Regel zum ersten Mal einen eigenen Hausstand gründen und wichtige Entscheidungen für ihren weiteren Lebensweg fällen. An dieser Stelle ist es wichtig, die richtigen Impulse zu setzen und einen nachhaltigen Lebensstil zu unterstützen. Die Universität selbst ist bereits im Bereich Energie und Klimaschutz aktiv. Es gibt ein Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität, die Universität hat einen Nachhaltigkeitsbeauftragten sowie interne Energieberater und regelmäßig findet eine Veranstaltungsreihe auch für externe Interessenten zum Thema Nachhaltigkeit statt. Darüber hinaus können folgende Aktionen zur Erhöhung des Klimabewusstseins der Studierenden beitragen:

- Klimaschutzbuch mit nützlichen Tipps zum Energiesparen und zu einer ressourcenschonenden Lebensweise (<https://ahoiklimasparbuch.tumblr.com>)
- Wettbewerb zum energiesparendsten Studentenwohnheim in der UHGW
- Wiederverwendung von nützlichen Dingen bei Aus-, Ein- und Umzug
- Mit dem Rad zur Universität (angelehnt an „Mit dem Rad zur Arbeit“)

17.2.9 Gewerbe

Rund 3.000 Gewerbe sind in der UHGW gemeldet. Die zehn größten Arbeitgeber in der Stadt mit jeweils über 250 Mitarbeitern sind die Universität, Braun Beteiligungen, Sparkasse Vorpommern, Hanse Yachts, Medigreif Unternehmensgruppe, ml&s Teleperformance, Friedrich-Loeffler-Institut, BDH-Klinik Stadtwerke Greifswald mit insgesamt 10.672 (Stand 30.06.2015). Es dominiert das Dienstleistungsgewerbe und der Sektor Gesundheit- und Sozialwesen. Dies bedeutet, die meisten Unternehmen haben keine produktions- oder verfahren-

rensbedingten Energieeinsparpotenziale, sondern es gelten im Wesentlichen die Energie-sparpotenziale für Büro- und Verwaltungsgebäude. Das Gastgewerbe hat einen Anteil von rund 5 % an der Gesamtzahl der Betriebe. Diese Branche ist aufgrund des Imagegewinns für die Stadt und der Multiplikatorfunktion ein interessanter Adressat für das Thema Klimaschutz. Folgende Aktionen / Kampagnen können dementsprechend empfohlen werden:

- Informations- und Beratungskampagne bei den Unternehmen zur Stärkung einer umweltfreundlichen Mobilität bei den Mitarbeitern: Installation von Ladestationen, Shuttleservice zum ÖPNV wenn keine Busstation in der Nähe liegt, ausreichend und sichere Fahrradabstellanlagen, Duschkmöglichkeiten, Anerkennung von Dienstgängen mit dem Fahrrad als Dienstzeit wie es zum Beispiel die Stadtverwaltung praktiziert, Bereitstellung von Materialien, Kurzpräsentation bei den Unternehmen
- Informations- und Beratungskampagne zum Energiesparen im Büro, Bereitstellung von Materialien, Kurzpräsentation bei den Unternehmen
- Durchführung von Energiesparchecks beim Gastgewerbe <http://energiekampagne-gastgewerbe.de>
- Fahrradleasing durch Arbeitgeber mit steuerlichem Vorteil für die Arbeitnehmer

Auch der Greifswalder Hafen mit seinen Unternehmen und Besuchern ist eine interessante Zielgruppe. Hier sollen durch ein innovatives Klimaschutzteilkonzept „Maritimer Aspekt“ die Möglichkeiten aufgezeigt werden.

17.3 Marke Klimaschutz

Zur Erhöhung der Wiedererkennung und zur besseren Identifikation mit dem Thema Klimaschutz ist es sinnvoll eine einheitliche Wortbildmarke zu schaffen, die auf allen Veröffentlichungen (Briefe, Emails, Internetseite, Werbematerialien) der Stadt zum Thema zu finden ist. Das Klimaschutzbündnis hat ein Logo, jedoch ist die Anwendung auf das Bündnis und das Jahr 2020 begrenzt. Hier sollte bereits zeitnah über eine neue, griffige Dachmarke nachgedacht werden, die einen Bezug zum Masterplan und zur Klimaneutralität im Jahr 2050 aufweist.

Beispiele sind: Aalen schafft Klima (<http://aalen.de/sixcms/detail.php/214>), Münster (<http://www.stadt-muenster.de/klima/service/klimatipps/klimaschutz-im-alltag.html>), Leipzig (<http://www.leipzig.de/umwelt-und-verkehr/energie-und-klima/>).



Das neu entwickelte Logo sollte außerdem werbewirksam auf den Dienstfahrrädern und Elektrofahrzeugen der Stadt, den Bussen der Stadtwerke, den Carsharing-Fahrzeugen und auf Werbetafeln eingesetzt werden.

17.4 Zeitplan und Kostenschätzung Öffentlichkeitsarbeit

Tabelle 51 Zeitplan und Kostenschätzung Öffentlichkeitsarbeit

Zielgruppe	Ziele der Stadt	Maßnahme	Durchführung	Partner	Kosten
Alle	Identifikation mit Klimaschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Schaffung einer neuen Wortbildmarke mit Zielhorizont 2050 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 	Werbeagentur	5.000 €
Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Verwaltung	Bewusstseinsbildung	<ul style="list-style-type: none"> • Aktionstag/Energiesparkampagne in der Verwaltung, • Vorträge auf Personalversammlungen, • Artikel in Mitarbeiter-Rundmails, • kreative Streuung von Infos, bspw. in der Umlaufmappe 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 • 2018ff. • 2018f. • 2018ff. 		
	Einbindung von Klimaschutzthemen in die tägliche Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Fortbildungsmöglichkeiten an Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen (z. B. die Weiterbildungen des Difu) • Leitlinien für Mitarbeiter zu Energieeinsparungen 	<ul style="list-style-type: none"> • 2019ff. • 2019 		
Bürgerinnen und Bürger	Bewusstseinsbildung	<ul style="list-style-type: none"> • Aktuelle, gut gestaltete und wahrgenommene Homepage, • Verbreitung von Informationsmaterialien z.B. von der LEKA oder DENA an prominenter Stelle, Benennung von Ansprechpartnern für weitere Informationen • Filmreihe Klimaschutz • Präsenz auf Veranstaltungen für Bürgerinnen und Bürger, • regelmäßige Informationen zu Energie- und Klimaschutzthemen im Amtsblatt 	<ul style="list-style-type: none"> • Daueraufgabe • Daueraufgabe • 2018 • Daueraufgabe • Daueraufgabe 	<ul style="list-style-type: none"> • LEKA • DENA • Kinos • Veranstalter 	<ul style="list-style-type: none"> • 2.000 €

Zielgruppe	Ziele der Stadt	Maßnahme	Durchführung	Partner	Kosten
	Umsetzung von Projekten	Durchführung einer Veranstaltung mit unterschiedlichen Themenschwerpunkten einmal im Jahr <ul style="list-style-type: none"> • Heizpumpentausch • kostenlose Thermografieaktionen • Aktion "der älteste Kühlschrank/der älteste Staubsauger" • "Klimagourmet": Ausstellung zur Klimagerechten Ernährung 	<ul style="list-style-type: none"> • 2019 • 2020 • 2021 • 2022 	Stadtwerke	<ul style="list-style-type: none"> • 10.000 € • 2.000 € • 1.000 €
MIV-Nutzer	Reduzierung Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Radfahrkampagnen Mit dem Rad zur Arbeit • Teilnahme an der Woche der Mobilität (ÖPNV für einen Tag kostenlos, autofreie Stadt) • Fußwegetouren zur Überprüfung der Fußwegequalität • Mobilitätsberatung zur Hause 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018ff. • 2018ff. • 2020 • 2020ff. 	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmen • Verkehrsbetriebe • 2020 	??
		<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung von Wander- und Radfahrkarten • Abgabe eines Neubürgerpaketes mit Hinweisen zu allen Mobilitätsangeboten 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 • 2019 	<ul style="list-style-type: none"> • Tourismusverband • Verkehrsbetriebe 	<ul style="list-style-type: none"> • 5.000 € • 5.000 €
Touristen	Vermeidung von Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Bewerbung einer umweltfreundlichen Anreise mit der Bahn auf den einschlägigen Internetseiten und Tourismusbroschüren • Abgabe von kostenlosen Bustickets und kostenlosen Fahrradverleih für Übernachtungsgäste 	<ul style="list-style-type: none"> • 2020 • 2020 		<ul style="list-style-type: none"> • 200.000 €
Maritime Akteure	Bewusstseinsbildung	Genauere Festlegung erfolgt im Rahmen eines Klimaschutzteilkonzeptes	<ul style="list-style-type: none"> • 2020 		<ul style="list-style-type: none"> •
Kinder und Jugendliche	Motivation zu klimagerechtem Handeln	<ul style="list-style-type: none"> • Infobroschüren für Kinder • Verteilung eines Nachhaltigen Hausaufgabenheftes • Klimaquiz mit Preisen • Kunstwerke aus Recyclingmaterial herstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 • 2019ff. • 2020 	Schulen, Kitas, Jugendclubs	<ul style="list-style-type: none"> • 10.000 € • 25.000 € • 1.000 €

Zielgruppe	Ziele der Stadt	Maßnahme	Durchführung	Partner	Kosten
Studierende	Vermeidung von Verkehr, Ressourcenschonung	<ul style="list-style-type: none"> • Aktion: Zur Fuß zur Schule und zum Kindergarten“ • Nachhaltiges Klima-Frühstück in der Schule und in der Kita • konsumkritische Stadtspaziergänge für Jugendliche, • Klimaexperimente 	<ul style="list-style-type: none"> • 2021 • 2018 • 2019ff. • 2019 • 2020 		<ul style="list-style-type: none"> • • • <p>1.000 €</p>
		<ul style="list-style-type: none"> • Wiederverwendung von nützlichen Dingen bei Aus-, Ein- und Umzug • Mit dem Rad zur Universität • Klimaspargbuch mit nützlichen Tipps zum Energiesparen und zu einer ressourcenschonenden Lebensweise • Wettbewerb zum energiesparendsten Studentenwohnheim in der UHGW 	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 • 2019 • 2020 • 2021 	<ul style="list-style-type: none"> • Studentenwerk • Universität • Universität 	<ul style="list-style-type: none"> • 10.000 €
Gewerbe	Sensibilisierung für das Thema Klimaschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Informations- und Beratungskampagne zur Stärkung einer umweltfreundlichen Mobilität bei den Mitarbeitern • Informations- und Beratungskampagne zum Energiesparen im Büro • Energiesparchecks beim Gastgewerbe • E-Fahrradleasing durch Arbeitgeber 	<ul style="list-style-type: none"> • 2019 ff. • 2020ff. • 2021 • 2018 	<ul style="list-style-type: none"> • IHK, HWK • IHK, HWK • DEHOGA 	<ul style="list-style-type: none"> • 10.000 €

Die durchgeführten Aktionen/Kampagnen sollten sorgfältig auf ihre Wirksamkeit analysiert werden. Bei nur geringen Teilnehmerzahlen bzw. geringen Effekten sollten die Maßnahmen angepasst und neu ausgerichtet werden.

17.5 Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungsprozesse während der Erstellung des Masterplankonzeptes

Während der Erstellung des Masterplankonzeptes haben die folgenden Aktivitäten zur Öffentlichkeitsarbeit stattgefunden:

- Erstellung einer Pressemitteilung zum Start des Masterplankonzeptes
- Informationen auf der Webseite der Stadt zum Masterplan
- eigener Internetauftritt des Klima-Bündnisses
- mehrere Newsletter für die Bürgerschaft
- Information zum Stand des Masterplankonzeptes im Bauausschuss, 07.03.2017, Protokolle der Zwischenveranstaltung an Fraktionen
- Bürgerveranstaltung, 05.07.2017

18 Lokale Akteurseinbindung, Masterplanbeirat

In der UHGW gibt es bereits seit 2008 mit dem Klimaschutzbündnis 2020 etablierte Arbeitsstrukturen zum Thema Klimaschutz. Das Klimaschutzbündnis hat ein eigenes Logo und betreibt eine eigene Webseite. Mitglieder des offenen Bündnisses sind derzeit alle wesentlichen Energieerzeuger und -verbraucher der Stadt. Viele Veranstaltungen in der UHGW werden durch das Klimaschutzbündnis initiiert bzw. unterstützt. Das Klimaschutzbündnis 2020 berät sich in verschiedenen Arbeitsgruppen (Kommunikation, Verkehr, Energie), in denen die relevanten Akteure der Stadt vertreten sind. Der Prozess wird durch eine regelmäßig tagende Projektgruppe und einen Beirat begleitet. Die Projektgruppe hat sich 2015 fünfmal und im Jahr 2016 dreimal getroffen. Ein jährliches Treffen des Beirates wird angestrebt, zuletzt tagte dieses Gremium im April 2015.

Im Rahmen der Erstellung des Masterplans hat es einige Veränderungen der Arbeitsgruppen und deren personeller Zusammensetzung gegeben. Um keine neuen Strukturen einführen zu müssen, wurde festgelegt, dass die Projektgruppe gleichzeitig der Masterplanbeirat sein soll.

Für die Startveranstaltung am 30.09.2016 wurde entschieden einen breiten Kreis von Akteuren einzuladen. Dieser umfasst sowohl die Mitglieder der Projektgruppe/des Masterplanbeirates als auch die Teilnehmer der Arbeitsgruppen sowie weitere politische und fachliche Greifswalder Akteure. Dieser Kreis wurde zu einer zweiten Sitzung am 08. Mai 2017 eingeladen, um die bisherigen Ergebnisse vorzustellen und zukünftige Maßnahmen zu diskutieren. Eine Übersicht über die durchgeführten Arbeitstreffen und Veranstaltungen zeigt Tabelle 52.

Tabelle 52 Übersicht über Arbeitstreffen und Veranstaltungen

	Termin	Inhalt
Projektgruppe/Masterplanbeirat/Arbeitsgruppen	30.09.2016	Auftaktveranstaltung, Inhalte und Ablauf des Masterplankonzeptes
AG Kommunikation	30.11.2016	
AG Energie	21.12.2016	
AG Kommunikation	28.02.2017	
Projektgruppe	04.04.2017	
AG Energie	19.04.2017	
AG Kommunikation	25.04.2017	
Projektgruppe/Masterplanbeirat/Arbeitsgruppen	08.05.2017	Ergebnisse des Masterplankonzeptes, Diskussion zu Maßnahmen
AG Mobilität		bisher kein Treffen

19 Controllingkonzept, Transparenz, Verstetigung

Mit dem Masterplankonzept 100 % Klimaschutz hat die UHGW auf der Grundlage der konkreten Gegebenheiten und im Hinblick auf die gesetzten Klimaschutzziele eine Strategie erarbeitet. Nach dem Beschluss als Selbstbindungskonzept durch die Bürgerschaft folgt die Umsetzung von Maßnahmen aus dem Maßnahmenkatalog (siehe Anlage 1). Eine regelmäßige Überprüfung des Umsetzungsprozesses und der Zielerreichung sind für den Erfolg des Masterplankonzeptes unabdingbar. Controlling bedeutet dabei nicht nur den reinen Soll-Ist-Vergleich, sondern auch eine Steuerung des Prozesses.

Die Ziele für die UHGW sind auf das Jahr 2050 ausgerichtet. Es ist zu erwarten, dass sich die Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren in diesem Zeitraum maßgeblich ändern werden: Neue Technologien kommen auf den Markt, neue Gesetze und Regulierungen werden erlassen, Prioritäten verschieben sich. Daher sind regelmäßig Anpassungen erforderlich, die durch das Controlling unterstützt werden sollen.

Beim Controlling für den kommunalen Klimaschutz ist es sinnvoll, zwei Instrumente zu vereinigen: das Top-down-Controlling und das Bottom-up-Controlling. Das Top-down-Controlling prüft, ob die übergeordneten Ziele erreicht wurden, beispielsweise, ob die Pro-Kopf-Emissionen an CO₂ in der Kommune zurückgegangen sind. Das Bottom-up-Controlling kontrolliert die Umsetzung der einzelnen Maßnahmen. Es empfiehlt sich, für beide Ansätze adäquate EDV-Werkzeuge (Excel etc.) einzusetzen. Die Maßnahmenübersichtstabelle (Anlage 1) ist ebenfalls ein geeignetes Instrument.

19.1 Top-Down-Controlling

19.1.1 Energie- und Treibhausgasbilanz

Das Top-down-Controlling überprüft die aggregierten Entwicklungen in der Kommune sowohl nach Energieträgern als auch nach Sektoren. Dies erfolgt mittels einer jährlichen Fortschreibung der Energie- und Treibhausgasbilanz mit dem Klimaschutzplaner. Anzustreben ist eine jährliche Fortschreibung der Bilanz, spätestens alle zwei Jahre.

19.1.2 Teilziele und Indikatoren

Zusätzlich ist es sinnvoll, konkrete Teilziele festzulegen. Teilziele sind quantifizierbar und ermöglichen eine einfache und direkte Überprüfung durch Indikatoren. Tabelle 53 zeigt beispielhaft, wie die Definition solcher Teilziele aussehen kann.

Tabelle 53 Beispielhafte Definition von Teilzielen

Nr.	Teilziel	Zielgröße
1	Senkung der Treibhausgasemissionen bei den öffentlichen Einrichtungen	5 % bis 2020; 60 % bis 2030, 80 % bis 2040, 100 % bis 2050 zur Basis 2015
2	Senkung des Energieverbrauchs bei der kommunalen Flotte	5 % bis 2020; 60 % bis 2030, 80 % bis 2040, 100 % bis 2050 zur Basis 2015
3	Erhöhung des Anteils erneuerbaren Energien an der Stromversorgung	Anteil von 50 % in 2030, Anteil 100% in 2050
4	Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung	Anteil von 50 % in 2030, Anteil 100 % in 2050
5	Änderung des Modal Splits zu Gunsten des Umweltverbundes	MIV Anteil am Modal Split 2020 32 %, 2030 28 %, 2040 25 %, 2050 20 %

Zur Überprüfung des Erreichens der Teilziele wird die Erhebung der folgenden Indikatoren empfohlen. Die Daten sind in der Regel leicht zu erheben und geben einen guten Gesamtüberblick über die Situation in der Kommune.

Tabelle 54 Indikatoren zur Verfolgung der energiepolitischen Ziele

Indikator	Einheit	Datenquelle
installierte Leistung Photovoltaik	kW _{peak}	Stadtwerke Greifswald
installierte Leistung KWK	kW _{el}	Stadtwerke Greifswald
Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften	MWh	Gebäudemanagement der Stadt
Heizenergieverbrauch der kommunalen Liegenschaften Witterungsbereinigt	MWh	Gebäudemanagement der Stadt
Stromverbrauch im Stadtgebiet	MWh	Stadtwerke Greifswald
Gasverbrauch im Stadtgebiet witterungsbereinigt	MWh	Stadtwerke Greifswald

Indikator	Einheit	Datenquelle
Fernwärmeabsatz in der Gemeinde witterungsbereinigt	MWh	Stadtwerke Greifswald
ÖPNV Nutzer	Anzahl/Jahr	Stadtwerke Greifswald
Anzahl zugelassenen Fahrzeuge	Pkw/1000 Einwohner	Kraftfahrtbundesamt, Klimaschutzplaner

Sollten die Teilziele jeweils zum Jahrzehntwechsel nicht erreicht werden, müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden.

19.2 Bottom-up-Controlling

Das Bottom-up-Controlling kann auch als Maßnahmencontrolling bezeichnet werden. Hier wird überprüft, inwieweit Maßnahmen umgesetzt wurden bzw. in welchem Stadium der Umsetzung sie sich befinden, ob die festgesetzten Ressourcen ausreichend waren und die gewünschten Effekte erzielt wurden. Die Überwachung der einzelnen Maßnahmen kann anhand der Datenblätter (Maßnahmenkatalog) erfolgen. Für das Controlling sind insbesondere die Kategorien CO₂-Minderungspotenziale/Einsparpotenziale, Aufwand und Zeitraum der Durchführung relevant. Bei der Fortschreibung der Datenblätter während der Umsetzung empfiehlt es sich auch, eine qualitative Beschreibung von Umsetzungshemmnissen und deren Überwindung zu erfassen.

19.3 Instrumente des Controllings

Eine gute Möglichkeit für ein umfassendes Bottom-Up-Controlling ist der European Energy Award (eea). Der European Energy Award ist ein internationales Qualitätsmanagementsystem und Zertifizierungsverfahren, das bereits seit mehr als zehn Jahren Kommunen in Deutschland und Europa auf dem Weg zu mehr Energieeffizienz begleitet. Durch den Managementprozess werden jährlich die Fortschritte überprüft und der Maßnahmenplan angepasst (siehe auch Anlage 1).

Eine weitere Möglichkeit bietet das Benchmark Kommunalen Klimaschutz (Climate Cities Benchmark). Das Tool steht online unter www.benchmark-kommunalen-klimaschutz.de zur Verfügung. Das Benchmark Kommunalen Klimaschutz ermöglicht eine qualitative und quantitative Positionsbestimmung im Vergleich mit anderen Kommunen in Deutschland. Hierzu dienen ein Aktivitätsprofil, CO₂-Bilanzdaten und Indikatoren. Im Aktivitätsprofil werden die Umsetzung von Klimaschutzaktivitäten in den Bereichen Klimapolitik, Energie, Verkehr und Abfallwirtschaft dargestellt und gezielte Vorschläge zur Verbesserung aus einer Datenbank

mit Best-Practice-Beispielen angeboten. Die CO₂-Bilanzdaten bilden die Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen der Kommune seit 1990 ab. Die Ergebnisse werden anhand von Bevölkerungs-, Kfz-Bestands- und Wirtschaftsentwicklung interpretiert. Eine direkte Übernahme der Daten aus dem Klimaschutzplaner ist möglich. Die Indikatoren ermöglichen die Erfassung von Fortschritten, die nicht direkt durch die CO₂-Bilanz abgebildet werden können. Sie sind unterteilt in die Bereiche gesamte Kommune und kommunale Einrichtungen. Ein Vergleich der Indikatoren erfolgt anhand von deutschen Durchschnittswerten, Durchschnittswerten aller Kommunen und dem Wert der besten Kommune ihrer Größenkategorie.

19.4 Berichtswesen

Zur Dokumentation der Ergebnisse des Top-down- und des Bottom-up-Controllings wird jährlich ein Kurzbericht mit folgendem Inhalt erstellt werden:

- allgemeine Klimaschutzaktivitäten im Berichtsjahr
- Veränderung von Rahmenbedingungen (Gesetze, Technologiefortschritte, neue Trends)
- Soll-Ist-Stand der Maßnahmenumsetzung im Berichtsjahr, Einhaltung des Zeitplans, Erfolge, Hemmnisse
- Zusammenfassung der Öffentlichkeitsarbeit im Berichtsjahr
- alle zwei Jahre entsprechend der Berichtspflicht des Konventes der Bürgermeister: Darstellung der Zielerreichung mittels Energie- und CO₂-Bilanz, Indikatoren

Der Bericht sollte nicht nur verwaltungsintern genutzt werden, sondern auch den Bürgerinnen und Bürgern z. B. auf der Webseite zur Verfügung gestellt werden.

Alle acht Jahre ist eine Fortschreibung des Masterplankonzeptes anzustreben.

19.5 Verstetigungsstrategie

Eine große Herausforderung nach der Erstellung des Masterplankonzeptes ist die Verstetigung des Prozesses. Dazu notwendig sind unter anderem die richtigen Strukturen und ausreichende Personalkapazitäten.

Aus der Erfahrung von anderen Kommunen sind dabei drei Wege zielführend: die Begleitung durch einen Beirat (Projektgruppe/Masterplanbeirat), der Masterplanmanager und die Programmteilnahme beim European Energy Award.

Mit der Besetzung von 1,3 Vollzeitstellen im Stadtbauamt für das Thema Klimaschutz und zusätzlich der geförderten Stelle des Masterplanmanagers sind klare Verantwortlichkeiten festgelegt. Eine Fortführung der Stelle des Masterplanmanagers über die Förderperiode hinaus, ähnlich wie es die Masterplankommune Rostock vorgemacht hat, ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung des Masterplanes.

19.5.1 Projektgruppe/Masterplanbeirat

Die Strukturen des Klimabündnisses mit Projektgruppe, Arbeitsgruppe und Beirat sollte unbedingt weitergeführt werden, um den Prozess zu begleiten und zu steuern. Die Mitglieder sind Multiplikatoren und können eventuell auch eigene Projekte umsetzen. Der Masterplanbeirat und die Arbeitsgruppen sollten etwa viermal jährlich tagen. Die Sitzungen können zur Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger öffentlich sein. Die Leitung des Masterplanbeirats obliegt dem Masterplanmanager, der auch die Organisation einschließlich Vor- und Nachbereitung übernimmt.

19.5.2 European Energy Award

Der European Energy Award (eea)¹³¹ bietet ein umfassendes Managementsystem, das alle für eine Verstetigung und ein Controlling notwendigen Elemente vereint und koordiniert. Er ist ein umsetzungsorientiertes Steuerungs- und Controllinginstrument für die Klimaschutz- und Energieeffizienzpolitik einer Gemeinde, einer Stadt oder eines Kreises.

¹³¹ www.european-energy-award.de



Abbildung 57 Der European Energy Award Prozess

Der eea wird von einem Zertifizierungsprozess begleitet und hilft, einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu initiieren. Durch das Benchmark der Kommunen ist ein Vergleich der Klimaschutzaktivitäten untereinander möglich; erfolgreiche Kommunen erhalten eine Auszeichnung. Der Prozess wird von einem kompetenten, akkreditierten, externen Fachexperten begleitet (eea-Berater).

Im eea werden alle energierelevanten Bereiche betrachtet:

- kommunale Entwicklungsplanung und Raumordnung
- kommunale Gebäude und Anlagen
- Versorgung und Entsorgung
- Mobilität
- interne Organisation
- Kommunikation und Kooperation

Zu Beginn des eea steht eine Ist-Analyse, auf Grundlage derer eine Stärken-Schwächen-Analyse erarbeitet und ein energiepolitisches Arbeitsprogramm aufgestellt wird. Für die Ist-Analyse kann die breite Datenbasis, die im Klimaschutzkonzept ermittelt und aufgearbeitet wurde, genutzt werden. Außerdem können die Maßnahmen in das Arbeitsprogramm integriert werden. Jährlich wird ein Audit durchgeführt, das der Erfolgskontrolle dient.

Der eea wird in der Kommune durch das Energieteam verankert; hier ist es sinnvoll, den Klimabeirat als Energieteam fortzuführen und ggf. zu erweitern. Generell setzt sich das Energieteam, wie auch der Klimabeirat, aus Vertretern der verschiedenen Fachbereiche aus Verwaltung und Eigenbetrieben zusammen, aber auch externe Fachleute und engagierte Bürger können in das Energieteam aufgenommen werden.

In den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Sachsen existieren schon zum Teil seit mehreren Jahren Förderungen für den eea. Dies ist in Mecklenburg-Vorpommern (noch) nicht der Fall. Die Kosten für den Prozess sind nach der Größe der Kommune gestaffelt und würden für die UHGW für den Zeitraum von vier Jahren rund 40.000 € betragen. Dies umfasst die Programmkosten, die Kosten für Moderations- und Beratungsleistungen durch den externen eea-Berater sowie die Kosten für die externe Zertifizierung.

19.5.3 Kooperationspartner

Wichtigster Kooperationspartner für die Umsetzung der Masterplanziele sind die Stadtwerke Greifswald. Ohne deren Unterstützung und Mitarbeit können die gesetzten Ziele nicht erreicht werden. Zum einen müssen die Stadtwerke die Dekarbonisierung der Fernwärme vorantreiben, zum anderen muss die Energieversorgung der Zukunft gemeinsam mit der Stadtplanung gestaltet werden. Die Stadtwerke sind außerdem ein wichtiger Lieferant von Grundlagendaten, die für das Controlling des Prozesses unabdingbar sind (Tabelle 54). Der begonnene Dialogprozess muss entsprechend fortgeführt werden. Institutionalisierte Arbeitstreffen alle zwei Monate werden dazu empfohlen.

Weitere wichtige Akteure in der Stadt sind die Wohnungsbaugesellschaft WVG mit über 9.000 Wohnungen und die WGG mit über 7.000 Wohnungen. Auch mit diesen Gesellschaften sollten regelmäßig bilaterale Gespräche über Umsetzung der Masterplanziele geführt werden. Eine Vereinbarung über Sanierungsstandards ist anzustreben (siehe Maßnahme G3).

20 Maßnahmenkatalog

Der Maßnahmenkatalog befindet sich aufgrund seines Umfangs in einer separaten Datei.

Zur Erreichung der Ziele sind 55 Maßnahmen in den Handlungsfeldern

E Stadtentwicklung,

K Kommunale Gebäude und Anlagen,

V Ver- und Entsorgung,

M Mobilität

I Interne Organisation, ,

P Private Haushalte,

G Gewerbe

entwickelt worden. Eine Übersicht aller Maßnahmen ist Tabelle 55 zu finden.

Tabelle 55 Maßnahmenübersicht

Nr.	Bezeichnung
E	Stadtentwicklung
1	Weiterentwicklung der energie- und klimabewussten Bauleitplanung
2	Berücksichtigung Klimaschutz, Klimawandel in der Stadtentwicklung
3	Innovatives Klimaschutzteilkonzept für den maritimen Aspekt
4	Etablierung eines Energetischen Sanierungsmanagements für die Altstadt innerhalb des Walls
5	Wiedervernässung der Moorflächen im Stadtgebiet
K	Kommunale Gebäude/Anlagen
1	Ausbau Energie-Controlling
2	Energieeffiziente Stadtbeleuchtung
3	Energiesparen in Schulen und Kitas (50/50-Projekt) mit Förderung
4	Weiterentwicklung der „Leitlinien zum nachhaltigen und wirtschaftlichen Bauen Stadt Greifswald“
5	Bezug von Ökostrom für die städtischen Liegenschaften

Nr.	Bezeichnung
V	Versorgung, Entsorgung
1	Reduzierung des Emissionsfaktors für Fernwärme durch Dekarbonisierung
2	Nachverdichtung des Fernwärmenetzes
3	Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien
4	Erstellung einer Potenzialanalyse zur Abwärmenutzung
5	Erstellung einer Potenzialanalyse zur Tiefengeothermie
6	Erschließung alternativer Brenn- und Kraftstoffe im Stadtgebiet und Umgebung
7	Energetische Nutzung „Paludikultur“ von wiedervernässten Moorflächen
M	Mobilität
1	Förderung betrieblichen Mobilitäts- und Fuhrparkmanagements
2	Zentrales und umweltfreundliches kommunales Fuhrparkmanagement
3	Unterstützung von Kampagnen für nachhaltige und gesunde Mobilität
4	Individualisiertes Marketing / Öffentlichkeitsarbeit zur Förderung des Umweltverbundes
5	Umsetzung und Weiterentwicklung des Radverkehrskonzeptes
6	Erarbeitung einer Fußverkehrsstrategie sowie von quartiersbezogenen Fußverkehrskonzepten
7	Stärkung des ÖPNV insbesondere des Stadt-Umland-Verkehrs
8	Weiterentwicklung / Schaffung intermodaler Schnittstellen
9	Straßenraumgestaltung unter Berücksichtigung der Anforderungen des Umweltverbundes sowie der Umweltwirkungen
10	Erstellung eines Teilkonzeptes City-Lieferverkehr
11	Weiterentwicklung des Parkraummanagements im Sinne klimafreundlicher Mobilität
12	Autoarme/autofreie Gebiete in Stadtteilen und Quartieren
13	Weiterentwicklung und Unterstützung des Carsharing-Angebotes
14	Mobilitätsmanagement bei Neubauvorhaben / Anpassung der Stellplatzsatzung
15	Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf Erneuerbare Energien als Pilotprojekt
16	Förderung von Elektromobilität in der Stadt
17	Förderung der Wasserstofftechnologie in der Stadt
18	Setzung von Rahmenbedingungen für das autonome Fahren
I	Interne Organisation
1	Regelmäßige Erstellung Energie- und CO ₂ -Bilanz und Maßnahmencontrolling
2	Gründung eines Vereins "Klimaschutzbündnis"
3	Einführung European Energy Award (eea)

Nr.	Bezeichnung
4	Nachhaltige Beschaffung in der Verwaltung
5	Überprüfung von Bürgerschaftsbeschlüssen auf Nachhaltigkeit
6	Energiesparkampagnen in der Verwaltung
7	Digitalisierung der Verwaltung
P	Private Haushalte
1	Förderung und Intensivierung von Beratungsangeboten im Bereich Energieeffizienz durch die Verbraucherzentrale
2	Energiekarawane - Durchführung von Haus zu Haus Beratungen
3	Einführung einer "grünen" Hausnummer
4	Stromsparcheck für Bedarfshaushalte (Caritas)
5	Urban Gardening - Förderung von Gemeinschaftsgärten
6	Förderung gemeinschaftlicher, innovativer Wohnformen
7	Teilen statt kaufen - Gemeinsame Nutzung von Geräten
8	Einrichtung eines Repair-Cafés
9	Unterstützung von aktiven Gruppen und Stärkung von Netzwerken in den Bereichen Klimaschutz, Energieeffizienz und Suffizienz
10	Entwicklung von lokalen Kreisläufen
G	Gewerbe
1	Durchführen eines Mari:e-Energieeffizienz-Netzwerks für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)
2	Informations- und Beratungskampagne im Gewerbe
3	Zielvereinbarung mit der Wohnungswirtschaft zur Sanierung von Gebäuden

Die Maßnahmen mit dem höchsten THG-Reduktionspotenzial sind die Maßnahmen V1 Reduzierung des Emissionsfaktors für Fernwärme durch Dekarbonisierung (44.000 t/a) und V3 Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (55.000 t/a) sowie die Maßnahmen im Verkehrsbereich, die im Bündel eine THG-Reduktion von gut 50.000 t/a THG-Reduktion bewirken.

Die Umsetzung aller Maßnahmen ergibt in Summe eine THG-Reduktion von rund 173.000 t/a bzw. rund 55 % der THG-Emissionen 2015. Wichtig ist der Aspekt der Suffizienz für die Erreichung der Masterplanziele. Zu den Suffizienzmaßnahmen zählen insbesondere die Maßnahmen P5 bis P10. Ein CO₂-Minderungspotenzial kann hierfür nicht angegeben werden, da sich überwiegend um sogenannte „weiche“ Maßnahmen handelt, die nicht quantifizierbar sind.

21 Bedarfsminderungs- und Versorgungsoptionen

Die Masterplankommunen haben das Ziel bis 2050 den Endenergieverbrauch zu halbieren und die CO₂-Emissionen um 95 % zu reduzieren. Zu diesem Ziel müssen die einzelnen Sektoren ihren Beitrag leisten. Die Energie- und Klimapolitik der UHGW ist somit auf die strategischen Ziele

- Energieeinsparung
- Energieeffizienz
- Einsatz erneuerbarer Energien.

ausgerichtet.

21.1 Bedarfsminderung

In den Kapiteln 7 bis 13 sind Energiebedarfe für die einzelnen Bereiche und deren Minderungsoptionen detailliert beschrieben worden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 56 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 56 Bedarfsminderungsoptionen bis 2050

Bereiche	Einsparpotenziale	Bedarfsminderungsoptionen
Heizung und Warmwasser (Private Haushalte)	18 % EEV-Einsparung bis 2030, 28 % bis 2050 gegenüber 2015	gesamter Gebäudebestand energetisch saniert, verminderte Warmwasser-Energiebedarfe
Strombedarf (Private Haushalte)	50 % EEV gegenüber 2015	Einsparung unter Verwendung der jeweils besten Effizienztechnologie bei Fortschreibung des Bestandes, Änderung des Nutzerverhaltens durch Senkung der Ausstattungsraten energieintensiver Anwendungen berücksichtigt
Heizung und Warmwasser (Industrie, GHD)	46 % EEV Einsparung gegenüber 2015	hohe Effizienz bei Energienutzung und energetischer Umwandlung
Strombedarf (Industrie, GHD)	34 % EEV Einsparung gegenüber 2015	hohe Effizienz bei Energienutzung und energetischer Umwandlung

Bereiche	Einsparpotenziale	Bedarfsminderungsoptionen
Mobilität	47 % EEV gegenüber 2015	Verringerung der Verkehrsleistung, Einsparung durch Verkehrsvermeidung insbesondere durch Verkürzung der durchschnittlichen Wegelängen (verkehrssparende Siedlungsentwicklung, Verbesserung der Nahversorgung u. ä.), Verkehrsverlagerung vom MIV zum Umweltverbund, differenziert nach Wegelängen, Verbesserungen der technischen Effizienz von Fahrzeugen

Mit diesen Bedarfsminderungsoptionen durch steigende Energieeffizienz lässt sich bis 2050 eine Endenergieeinsparung von 43 % gegenüber 1990 erzielen. Damit wird aus heutiger Sicht das Ziel einer Halbierung des Endenergieverbrauches knapp verfehlt (Tabelle 57, Abbildung 58). Diese Lücke kann jedoch durch Suffizienzmaßnahmen, wie im Maßnahmenkatalog beschrieben, geschlossen werden.

Tabelle 57 EEV 1990, 2015 und 2050 in MWh

Sektor	1990	2015	2050	Saldo EEV 2015 zu 1990		Saldo EEV 2050 zu 1990	
	EEV	EEV	EEV	Absolut	[%]	Absolut	[%]
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	287.631	266.863	162.539	-20.768	-7 %	-125.092	-43 %
Industrie	92.003	37.513	20.976	-54.490	-59 %	-71.027	-77 %
Kommunale Einrichtungen	62.226	16.846	8.392	-45.380	-73 %	-53.834	-87 %
Private Haushalte	473.370	448.202	312.144	-25.168	-5 %	-161.226	-34 %
Verkehr	154.853	209.779	111.183	54.926	35 %	-43.670	-28 %
Gesamt	1.070.083	979.203	615.234	-90.880	-8 %	-454.849	-43 %

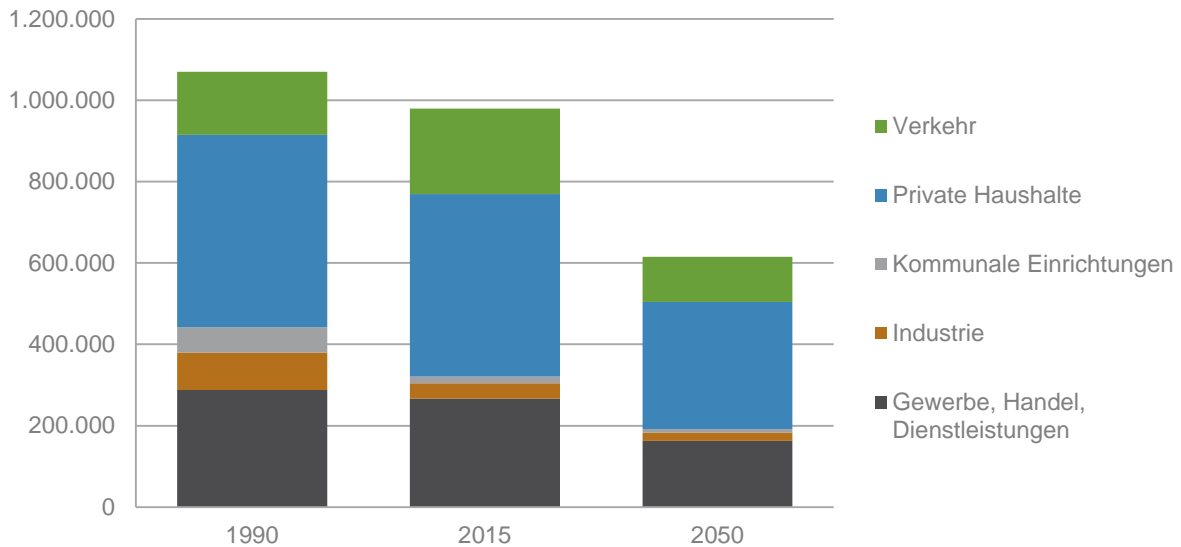


Abbildung 58 EEV 1990, 2015 und 2050 in MWh

Deutlich wird, dass die Masterplanziele in den Sektoren Industrie und Kommunale Einrichtungen erreicht werden können. In den Sektoren GHD und Private Haushalte bleibt die Zielerreichung unter 50 % und im Verkehrsbereich wird gegenüber 1990 eine Reduktion um 28 % bis 2050 erwartet, was eine Reduktion um 47 % gegenüber 2015 bedeutet. Die Ziele im Mobilitätsbereich sind aus heutiger Sicht nur mit größten Anstrengungen zu erreichen, da dies der einzige Bereich ist, der von 1990 bis 2015 sowohl eine deutliche Zunahme des Endenergieverbrauches aufweist als auch der THG-Emissionen (siehe Tabelle 16).

21.2 Prämissen für die zukünftige Versorgung

Zur Erreichung der Masterplanziele in Bezug auf die Treibhausgasemissionen ist eine fossilfreie Energieversorgung unabdingbar. Wie die zukünftig zur Verfügung stehenden Energieträger erzeugt und verwendet werden wurde bereits in den Kapiteln 6 und 12 bis 15 detailliert untersucht ist zusammenfassend in Tabelle 58 und Tabelle 59 dargestellt.

Tabelle 58 Zukünftige Bereitstellung und Nutzung der Energieträger

Energieträger	Versorgungsoptionen
Fern- und Nahwärme	Erzeugung 2050 in etwa der gleichen Größenordnung wie 2015, Dekarbonisierung mit Power-To-Heat, Biomasse und Solarenergie, möglichst hohe Anschlusszahlen
Solarenergienutzung	Priorität vor Biomassennutzung, starker Ausbau der Nutzung vor allem bei den privaten Haushalten, Ausschöpfung der technischen Potenziale zu rund 10 %

Energieträger	Versorgungsoptionen
Biomassenutzung	Priorität Fernwärme und Kraftstofferzeugung, Nutzung ausschließlich des Potenzials in der Stadt
Photovoltaik, Geothermie, Windenergie	Ausschöpfung aller Potenziale um den Import von Strom möglichst gering zu halten
Energieaustausch mit dem übergeordneten System	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgelagertes Stromnetz: Strombezug und -einspeisung möglich • Vorgelagertes Gasnetz: Bezug von synthetischem Methan (Power-to-Gas) möglich • Kraftstoffe: Bezug synthetischer Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen • Fluktuationsausgleich durch zentrale P2H-Anlage in der UHGW möglich

Tabelle 59 Zukünftige Versorgung nach Nutzungen

Sektoren	Versorgungsoptionen
Mobilität	50 % Strom, 50% nicht fossile Kraftstoffe
Kommunale Mobilität	ausschließlich basierend auf Erneuerbare Energien
Heizung und Warmwasser	Priorität: Fernwärme, Solarenergie, Geothermie
Strom	möglichst hoher Deckungsbeitrag erneuerbarer Energien im Stadtgebiet

Daraus ergibt sich die Tabelle 60 in der Verteilung auf die Energieträger.

Tabelle 60 Verteilung der Energieträger 2050

Energieträger	Absolut in MWh	Prozentuale Verteilung
Biobenzin	22.237	3,61 %
Diesel biogen	33.355	5,42 %
Biogas	33.589	5,46 %
Biomasse	14.348	2,33 %
Fernwärme	200.808	32,64 %
Heizstrom	63.889	10,38 %
Nahwärme	880	0,14 %
Solarthermie	20.868	3,39 %
Strom	180.777	29,38 %
Umweltwärme	44.483	7,23 %
Summe	615.234	100 %

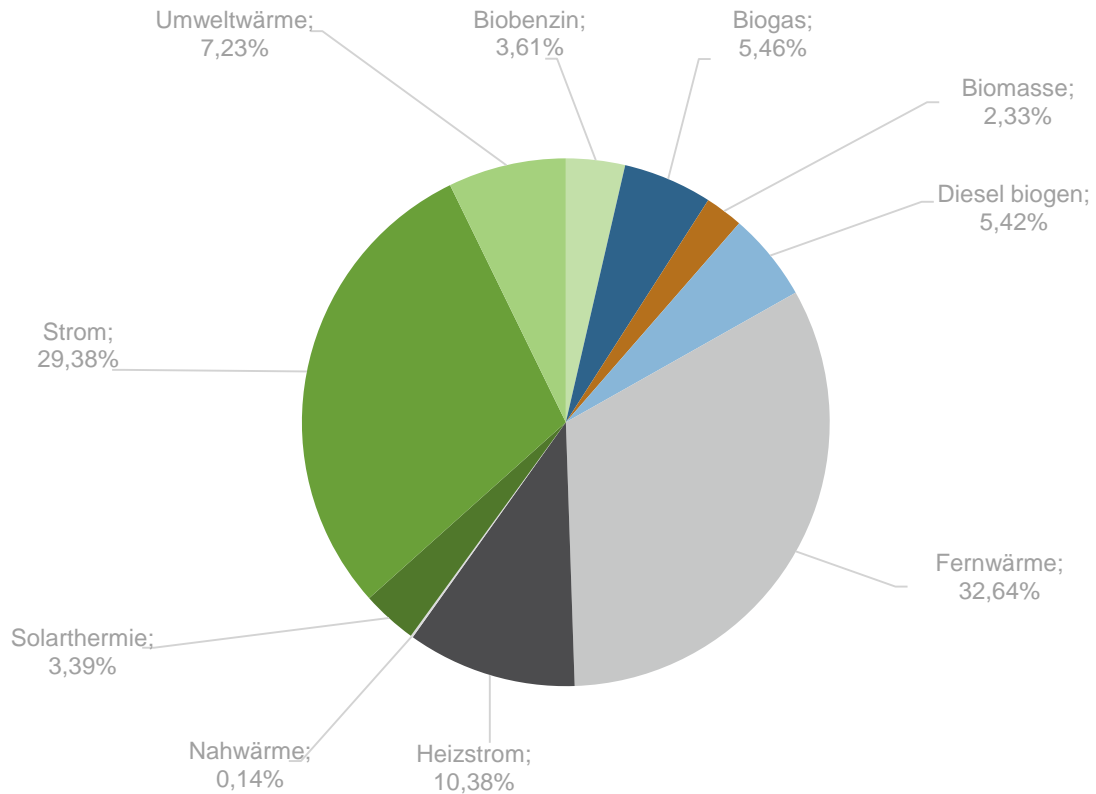


Abbildung 59 Verteilung der Energieträger 2050

Unter diesen Prämissen in Verbindung mit den zukünftigen Energieverbräuchen werden sich die THG-Emissionen wie in Tabelle 61 und Abbildung 60 entwickeln.

Tabelle 61 THG-Emissionen 1990, 2015 und 2050 in t/a

Sektor	1990	2015	2050	Saldo THG 2015 zu 1990		Saldo THG 2050 zu 1990	
	THG	THG	THG	Absolut	[%]	Absolut	[%]
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	152.520	114.241	4.063	-38.279	-25%	-148.457	-97 %
Industrie	44.185	11.051	524	-33.134	-75%	-43.661	-99 %
Kommunale Einrichtungen	34.602	5.427	402	-29.175	-84%	-34.200	-99 %
Private Haushalte	234.897	115.355	12.321	-119.542	-51%	-222.576	-95 %
Verkehr	51.840	65.789	8.061	13.949	27%	-43.779	-84 %
Gesamt	518.044	311.863	25.371	-206.181	-40%	-492.673	-95 %

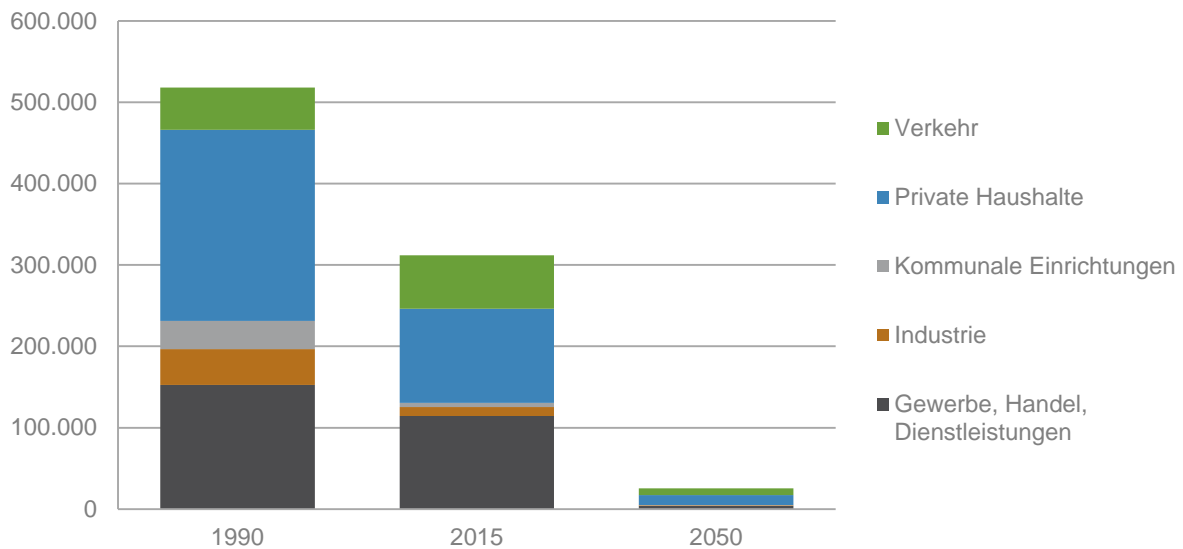


Abbildung 60 THG-Emissionen 1990, 2015 und 2050 in t/a

Deutlich wird, dass die Masterplanziele in den Sektoren GHD, Industrie, Kommunale Einrichtungen und Private Haushalte erreicht werden können. Lediglich der Verkehrsbereich schafft die erwartete 95 %-ige THG-Reduktion nicht.

21.3 Sektorale Zielsetzung

Die sektoralen Ziele der Energieeinsparung und der Reduktion der THG-Emissionen sind bereits in den Tabelle 58 bis Tabelle 61 dargestellt. Den prozentalen höchsten Beitrag zur Energiesparung gegenüber 1990 müssen bis 2050 entsprechend ihrer Vorbildwirkung die kommunalen Liegenschaften leisten (87 %), gefolgt von der Industrie (77 %). In größerem Abstand folgen GHD (43 %) und die Privaten Haushalte (34 %). Schlußlicht bildet der Verkehrsbereich mit einer Zunahme von 90 % gegenüber 1990.

Bezogen auf die THG-Emissionen bleibt die Reihenfolge gleich. Jedoch sind die Unterschiede nur sehr gering. Bis auf den Verkehrsbereich mit 84 % liegen alle anderen Sektoren zum Teil deutlich über 90 % THG-Einsparung.

Daraus läßt sich als Fazit ableiten, dass der Verkehrssektor kritisch zu betrachten ist und hier auf technologische Fortwicklung in den nächsten 30 Jahren zu hoffen bleibt bzw. ein deutlich stärkerer Bewußtseinswandel bei den Menschen stattfinden muss.

Gemäß Merkblatt zur Förderung von Masterplankommunen soll die Masterplankommune einen Sektor auszuwählen, in dem ein selbstgestecktes Ziel für 2020 definiert werden soll.

Die UHGW wählt dafür den Verkehrssektor aus. Bis 2020 sollen insbesondere die Maßnahmen

- M1 Förderung eines betrieblichen Mobilitäts- und Fuhrparksmanagements,
- M2 Zentrales und umweltfreundliches kommunales Fuhrparkmanagement und
- M15 Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf Erneuerbare Energien als Pilotprojekt

umgesetzt werden und ihre Wirkung entfalten.

Mit diesen Maßnahmen sollen rund 5 % des Energieverbrauchs bzw. der THG-Emissionen im Verkehrsbereich bis 2020 im Vergleich zu 2015 reduziert werden. Dazu müssen die Maßnahmen M2 und M15 bis 2020 komplett umgesetzt werden und in 20 Unternehmen der UHGW ein betriebliches Mobilitäts- und Fuhrparkmanagement (M1) eingeführt worden sein.

Zum langfristigen Monitoring des Absenkpades sollen folgende Indikatoren regelmäßig erhoben werden und eine steigende Tendenz aufweisen:

- Anzahl der Betriebe mit betrieblichem Mobilitäts- und Fuhrparkmanagement
- Anzahl der Carsharingnutzer in der UHGW
- Anteil der Fahrzeuge mit alternativen Antrieben am gesamten PKW-Bestand
- Erhöhung des Anteils Umweltverbund am Modal Split

Die PKW-Dichte in der UHGW sollte eine sinkende Tendenz aufweisen. Darüber hinaus wird ein Rahmen geschaffen, der den Umstieg auf den Umweltverbund vorantreibt.

21.4 Einflussmöglichkeiten der Masterplankommune

Die Einflussmöglichkeiten auf den Energieverbrauch und die THG-Emissionen sind im Maßnahmenkatalog (siehe Kapitel 20) beschrieben. Die damit verbundenen Einsparungen reichen jedoch nicht aus, um die Masterplanziele zu erreichen. Dazu sind Maßnahmen auf EU-, Bundes- und Landesebene ebenso erforderlich. Dies können Verschärfungen von Gesetzen und Richtlinien sein, Förderanreize, steuerliche Anreize, Streichung von klimaschädlichen Investitionen u.s.w. sein.

In Tabelle 62 sind die Möglichkeiten zusammengestellt. Ungeachtet dessen werden bis 2050 noch viele, neue Technologien entwickelt werden, an die bis heute noch gar nicht gedacht wurde. Auch mit einem Wertewandel der Menschen kann gerechnet werden, der sich möglicherweise positiv auf den Energieverbrauch und die THG-Emissionen auswirken kann. Viele Unbekannte gibt es auf dem Weg bis 2050. Nur der Teil, der bisher „denkbar“ ist, kann hier skizziert werden.

Tabelle 62 Einflüsse der EU, von Bund und Land

Kompetenzebene	Einflussgröße	Wirkung
EU	Optimierung und Ausweitung des Emissionshandels, Reduzierung der Zertifikate	Erhöhung des Preises für CO ₂ und höherer Anreiz zur CO ₂ -Vermeidung
EU	Verschärfung der Ökodesignrichtlinie	Reduktion des Energieverbrauchs von Elektrogeräten
Bund	Verschärfung der EnEV	Erhöhung der Sanierungsquote, Reduzierung des Raumwärmebedarfs
Bund	Verschärfung des EEWärmeG	Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien
Bund	Einführung von Grenzwerten für THG-Emissionen bei Kraftfahrzeugen	Reduktion der THG-Emissionen
Bund	gezielte Weiterführung des EEG	Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien Strom
Bund	Übertragung des EEG auf den Wärmemarkt	Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien Wärme im Gebäudebereich
Bund	Forschungsmittel für die Entwicklung von neuen Technologien bzw. für Pilotanlagen	verbesserte Speichertechniken, Förderung P2H und P2G, schnellere Marktfähigkeit von neuen Technologien
Bund	Förderung von Heimarbeitsplätzen	Verringerung der Verkehrswege und damit der Emissionen
Bund	steuerliche Anreize zur Energieeinsparung und keine steuerlichen Anreizsysteme für fossile Brenn- bzw. Kraftstoffe, keine Subventionen für fossile Brenn- bzw. Kraftstoffe	Energieeinsparung und damit verbunden Reduktion der THG-Emissionen
Land	Förderrichtlinie mit Investitionsanreizen	bessere Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeinsparung

22 Zusammenfassung

Rahmenbedingungen

Seit den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts weisen Klimaforscher auf einen sich abzeichnenden Klimawandel durch die beständige Zunahme von Treibhausgasen in der Atmosphäre hin. Dieser Effekt wird überwiegend auf menschliche Aktivitäten zurückgeführt, insbesondere auf das Verbrennen fossiler Brennstoffe, Viehhaltung und Rodung von Wäldern.

Um dem Klimawandel Einhalt zu gebieten, muss der globale Ausstoß an Treibhausgasen verringert werden. Das Übereinkommen von Paris als Nachfolge für das Kyoto-Protokoll wurde am 12. Dezember 2015 auf der UN-Klimakonferenz in Paris verabschiedet und sieht die Begrenzung der menschengemachten globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 °C gegenüber vorindustriellen Werten vor.

Den Rahmen bilden zwei Strategien auf europäischer Ebene: einerseits das Richtlinien- und Zielpaket für Klimaschutz und Energie, auch als 20/20/20-Ziele bekannt, und der EU-Klima- und Energierahmen 2030 andererseits (EU-KIEn 2030). 20/20/20 bezieht sich dabei auf drei Ziele bis zum Jahr 2020¹³²:

- Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 20 % gegenüber 1990
- Erhöhung der Energieeffizienz um 20 %
- Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch von 20 %

Der EU-Klima- und Energierahmen 2030 baut auf diesen Zielen auf. Er soll bereits heute Sicherheit für Investoren hinsichtlich der weiteren Zielvorgaben liefern. Die Ziele werden bis 2030 auf eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 40 %, 27 % Energieeinsparungen und ein Anteil der erneuerbaren Energien von 27 % ausgeweitet.¹³³

In Deutschland ist der Begriff „Energiewende“ in aller Munde. Grund dafür sind nicht nur Überlegungen zum Klimaschutz, sondern auch folgende entscheidende Faktoren:

- knapper werdende fossile Energieträger,
- die hohe Importabhängigkeit Deutschlands, vor allem bei Öl und Erdgas, und
- die steigenden Energiekosten auf dem Weltmarkt.

Zentrale Elemente der Gestaltung und Umsetzung der Energiewende sind die Einsparung von Energie, der effizientere Umgang mit Energie und der Einsatz regenerativer Energieträger. Das Potenzial zur Energieeinsparung liegt größtenteils in der Senkung des Verbrauchs

¹³² vgl. European Commission (2016)

¹³³ vgl. ebd.

und der Vermeidung von Verkehr. Die Steigerung der Effizienz beschreibt die rationelle Energienutzung und -umwandlung, die z. B. durch die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung verbessert werden kann. Der Einsatz regenerativer Energieträger zielt auf eine CO₂-arme Energieversorgung. Voraussetzung ist dabei im Allgemeinen, dass Einspar- und Effizienzmaßnahmen zuerst ausgeschöpft werden. Darauf aufbauend kann ein somit verringerter Energiebedarf durch die Nutzung emissionsarmer Energieträger gedeckt werden.

Die Beschlüsse innerhalb der Europäischen Union bilden die Grundlage des Handelns in Deutschland. Die Ziele der deutschen Bundesregierung sind im Rahmen des Energiekonzepts aus dem Jahr 2010 daher folgende:¹³⁴

Tabelle 63 Ziele der Energiewende in Deutschland

Ziel	bis 2010	bis 2020	bis 2030	bis 2040	bis 2050
Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch	35 %		50 %	65 %	80 %
Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch			30 %	45 %	60 %
Senkung der Treibhausgasemissionen	40 %				mind. 80 %
Einsparung Primärenergie		20 %			50 %

Ein weiteres Kernelement der Energiewende ist der Strukturwandel, weg von den wenigen konventionellen fossilen Kraftwerken, hin zu einer Dezentralisierung und Demokratisierung der Energieerzeugung durch Wind- und Solarparks sowie Biomasse- und Geothermieanlagen an vielen verschiedenen Standorten. Hier kommen besonders regionale Akteure ins Spiel. Zur Umsetzung der Klimaschutzziele hat das Bundesumweltministerium eine breit angelegte Klimaschutzinitiative initiiert. Dieses Programm sieht unter anderem die Förderung kommunaler Klimaschutzkonzepte und Maßnahmen zur Emissionsreduktion vor.

Die UHGW hat bereits seit einigen Jahren strategische Überlegungen im Bereich Klimaschutz unternommen. So wurde 2010 ein Klimaschutzkonzept erstellt, 2015 Klimaschutzteilkonzepte zu den Themen Wärme, Mobilität und Deponie und 2008 haben sich die wichtigsten Akteure der UHGW zum Klimaschutzbündnis Greifswald 2020 (Stadt, Uni, Stadtwerke, Wohnungsunternehmen, Klinikum, Fa. ADTRAN, Sparkasse Vorpommern, WITENO GmbH) zusammengeschlossen.

Als neue Herausforderung hat sich die UHGW das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 95 % zu reduzieren sowie gleichzeitig den Energieverbrauch zu halbieren. Damit ist die UHGW, neben den anderen Masterplan-Kommunen, die seit dem

¹³⁴ vgl. Die Bundesregistrierung (2015)

1. Juli 2016 durch die Nationale Klimaschutzrichtlinie gefördert werden, Vorreiter in Sachen Klimaschutz.

Was haben wir erreicht und wo stehen wir jetzt?

Die UHGW emittierte im Jahre 1990 mit 66.251 Einwohnern ca. 518.000 t CO₂ bei einem Endenergieverbrauch von etwas über einer Million MWh. Im Jahre 2015 mit 57.286 Einwohnern waren es etwa 312.000 t CO₂ bei ca. 979.000 MWh Endenergieverbrauch (siehe Abbildung 1 und 2).

Das entspricht einem Rückgang von 39,8 % bei den Treibhausgasemissionen und 8,5 % beim Energieverbrauch. Pro Kopf sind die Emissionen von 7,8 t auf 5,44 t (-30,4 %) gesunken. Der spezifische Endenergieverbrauch hingegen ist von 16,2 MWh/EW auf 17,1 MWh/EW (+5,8 %) gestiegen.

Die größten Einsparungen sind in den Sektoren „Industrie“ und „Kommunale Einrichtungen“ zu verzeichnen und hauptsächlich auf den Rückgang industrieller Produktion im Stadtgebiet und Umstrukturierungen in der kommunalen Verwaltung zurückzuführen. Insbesondere die seit 2010 verstärkt getätigten Optimierungen im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung tragen entscheidend zur stetigen Reduzierung des kommunalen Energiebedarfs bei.

Der Motorisierungsgrad der Bevölkerung ist seit 1990 stark gestiegen. Das spiegelt sich in den steigenden Zahlen des Verkehrssektors wieder. Den größten Anteil am Energiebedarf und den Emissionen hat dabei der motorisierte Individualverkehr. Auf den öffentlichen Verkehr (Stadt-, Regional- und Fernverkehr) entfallen lediglich ca. 3 % des Energiebedarfes sowie der Emissionen.

Der überwiegende Teil des Energiebedarfes wird durch den Verbrauch von Kraftstoffen gedeckt. Der Anteil des elektrischen Stromes ist mit unter 1 % aktuell gering.

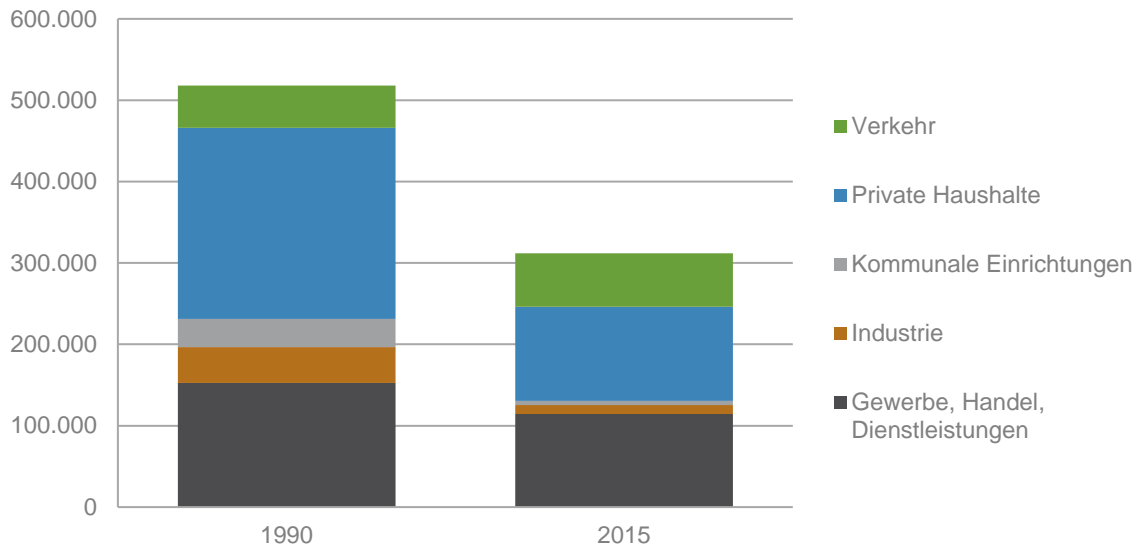


Abbildung 61 THG-Emissionen Vergleich 1990 und 2015 nach Sektoren in t CO₂-äq.

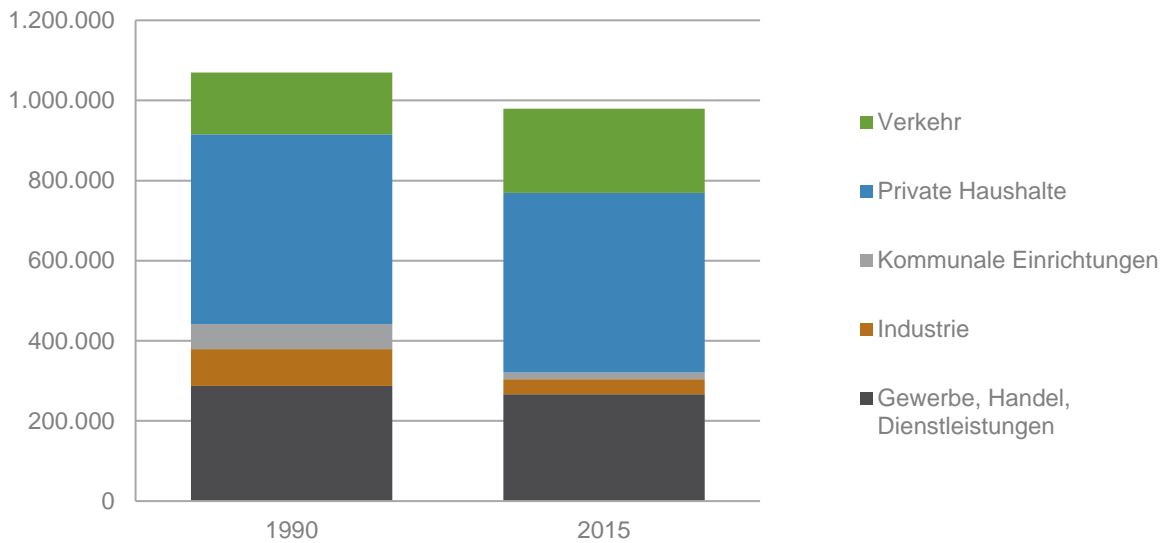


Abbildung 62 Endenergieverbrauch Vergleich 1990 und 2015 nach Sektoren in MWh/a

Beim Blick auf die verwendeten Energieträger fällt auf, dass sich vor allem die Struktur verändert hat. Aktuell kommen weit mehr Energieträger als 1990 zum Einsatz. Insbesondere im Wärmebereich sind erneuerbare Energieträger hinzugekommen. Zudem gab es eine Substituierung von Braunkohle hauptsächlich durch Erdgas. Im Verkehrssektor hat sich die Verteilung der Kraftstoffe zugunsten von Dieselmotoren verschoben. Alternative, vor allem fossile Gaskraftstoffe sind in geringen Mengen präsent.

Der Endenergieverbrauch bei der Fernwärme hat stark abgenommen. Das ist vor allem auf die bereits erwähnten Reduktionen in den einzelnen Sektoren (außer Verkehr) zurückzuführen in Verbindung mit einer stetigen energetischen Sanierung des Gebäudebestandes.

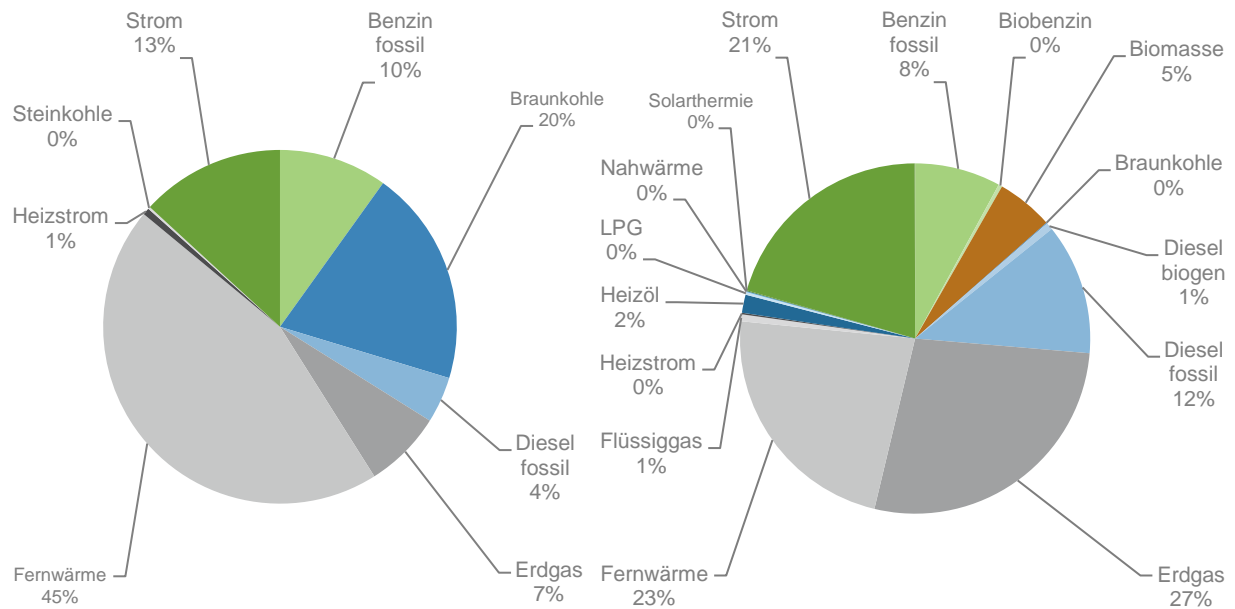


Abbildung 63 Endenergieverbrauch 1990 (links) und 2015 (rechts) nach Energieträgern

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Energieversorgung der UHGW in hohem Maße von Erdgas bestimmt wird. Es wird vor Ort entweder direkt zur Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser genutzt oder indirekt in Verbindung mit der gleichzeitigen Erzeugung von elektrischer Energie im Fernwärmenetz verwendet. Dank sehr hoher Effizienzsteigerungen in diesem Bereich, sind die damit verbundenen Emissionen stark gesunken.

Im Verkehrsbereich sind die Emissionen durch eine Zunahme des Motorisierten Individualverkehrs und des Güterverkehrs mit seinem hohen Dieselanteil stark gestiegen. Der Stromverbrauch ist sowohl gesamt als auch pro Kopf gestiegen. Die spezifischen Emissionen des bundesdeutschen Strommixes sinken jedoch.

Wo wollen wir hin?

Im vorliegenden Masterplankonzept sind die Energiebedarfe 2050, die Potenziale der erneuerbaren Energien und die Minderungsoptionen für die verschiedenen Sektoren detailliert beschrieben worden. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 64 Substitutionspotential erneuerbare Energien

Ressource/ Technologie	Mittelwert [GWh/a]	Endenergie	Davon erschließbares Potenzial
PV	93	Strom	40 %
Solarthermie	283	Wärme	10 %
Kleinwindanlagen	6	Strom	5 0%
Biomasse ¹³⁵	188 ¹³⁶	103 ($\eta_{\text{Wärme}}$: 0,55)	30 %
		66 (η_{Strom} : 0,35)	30 %
Tiefengeothermie	k.A.		zu untersuchen
Erdwärmesonde (COP4)	569 ¹³⁷		25 %

Tabelle 65 Bedarfsminderungsoptionen bis 2050

Bereiche	Einsparpotenziale	Bedarfsminderungsoptionen
Heizung und Warmwasser (Private Haushalte)	18 % EEV-Einsparung bis 2030, 28 % bis 2050 gegenüber 2015	gesamter Gebäudebestand energetisch saniert, verminderte Warmwasser-Energiebedarfe
Strombedarf (Private Haushalte)	50 % EEV gegenüber 2015	Einsparung unter Verwendung der jeweils besten Effizienztechnologie bei Fortschreibung des Bestandes, Änderung des Nutzerverhaltens durch Senkung der Ausstattungsraten energieintensiver Anwendungen berücksichtigt
Heizung und Warmwasser (Industrie, GHD)	46 % EEV Einsparung gegenüber 2015	hohe Effizienz bei Energienutzung und energetischer Umwandlung
Strombedarf (Industrie, GHD)	34 % EEV Einsparung gegenüber 2015	hohe Effizienz bei Energienutzung und energetischer Umwandlung
Mobilität	47 % EEV gegenüber 2015	Verringerung der Verkehrsleistung, Einsparung durch Verkehrsvermeidung insbesondere durch Verkürzung der durchschnittlichen Wegelängen (verkehrssparende Siedlungsentwicklung, Verbesserung der Nahversorgung u. ä.), Verkehrsverlagerung vom MIV zum Umweltverbund, differenziert nach Wegelängen, Verbesserungen der technischen Effizienz von Fahrzeugen

¹³⁵ Die Nutzung der Biomasse kann in einem KWK Prozess in Wärme und Strom ausgekoppelt werden

¹³⁶ Potential ohne Wirkungsgrad der Technologie ausgewiesen

¹³⁷ Arithmetischer Mittelwert der Wärmeentzugsleistung inkl. COP = 4

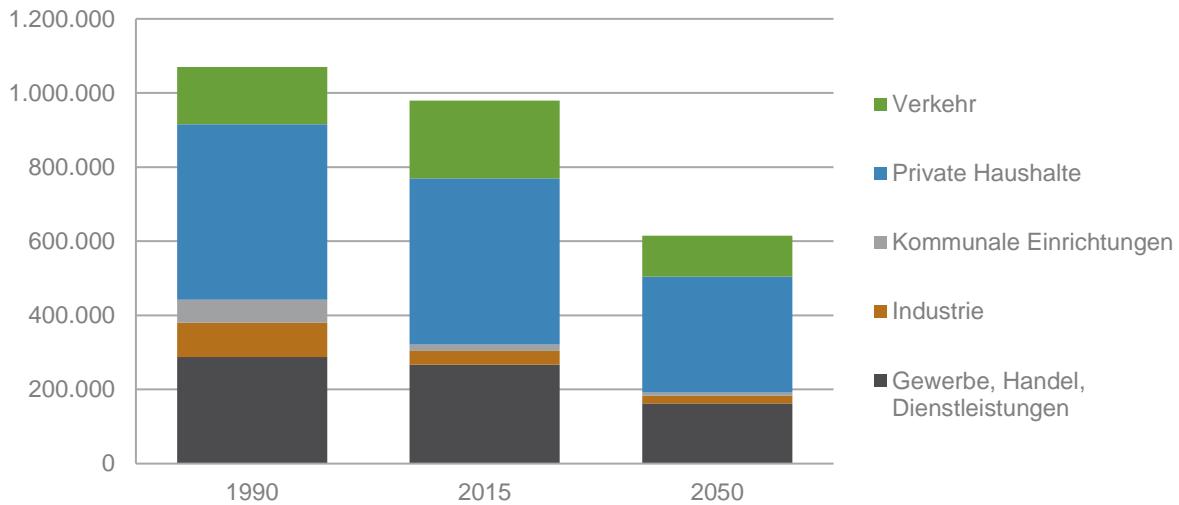


Abbildung 64 EEV 1990, 2015 und 2050 in MWh/a

Mit diesen Bedarfsminderungsoptionen durch steigende Energieeffizienz lässt sich bis 2050 eine Endenergieeinsparung von 43 % gegenüber 1990 erzielen. Werden diese durch Suffizienzmaßnahmen ergänzt, sollte das Ziel einer Halbierung des Endenergieverbrauches aus heutiger Sicht erreicht werden können.

Zur Erreichung der Masterplanziele in Bezug auf die Treibhausgasemissionen ist eine fossilfreie Energieversorgung unabdingbar. Wie die zukünftig zur Verfügung stehenden Energieträger erzeugt und verwendet werden, wurde detailliert untersucht ist zusammenfassend in Tabelle 66 und Tabelle 67 dargestellt.

Tabelle 66 zukünftige Bereitstellung und Nutzung der Energieträger

Energieträger	Versorgungsoptionen
Fern- und Nahwärme	Erzeugung 2050 in etwa der gleichen Größenordnung wie 2015, Dekarbonisierung mit Power-To-Heat, Biomasse und Solarenergie, möglichst hohe Anschlusszahlen
Solarenergienutzung	Priorität vor Biomassenutzung, starker Ausbau der Nutzung vor allem bei den privaten Haushalten, Ausschöpfung der technischen Potenziale zu rund 10 %
Biomassenutzung	Priorität Fernwärme und Kraftstofferzeugung, Nutzung ausschließlich des Potenzials in der Stadt
Photovoltaik, Geothermie, Windenergie	Ausschöpfung aller Potenziale um den Import von Strom möglichst gering zu halten
Energieaustausch mit dem übergeordneten System	Vorgelagertes Stromnetz: Strombezug und -einspeisung möglich Vorgelagertes Gasnetz: Bezug von synthetischem Methan (Power-to-Gas) möglich Kraftstoffe: Bezug synthetischer Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen; Fluktuationsausgleich durch zentrale P2H-Anlage in der UHGW möglich

Tabelle 67 zukünftige Versorgung nach Nutzungen

Sektoren	Versorgungsoptionen
Mobilität	50 % Strom, 50 % nicht fossile Kraftstoffe
Kommunale Mobilität	ausschließlich basierend auf Erneuerbaren Energien
Heizung und Warmwasser	Priorität: Fernwärme, Solarenergie, Geothermie
Strom	möglichst hoher Deckungsbeitrag erneuerbarer Energien im Stadtgebiet

Unter diesen Prämissen in Verbindung mit den zukünftigen Energieverbräuchen werden sich die THG-Emissionen wie in Tabelle 68 entwickeln.

Tabelle 68 THG-Emissionen 1990, 2015 und 2050 in t/a

Sektor	1990	2015	2050	Saldo THG 2015 zu 1990		Saldo THG 2050 zu 1990	
	THG	THG	THG	Absolut	[%]	Absolut	[%]
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	152.520	114.241	4.063	-38.279	-25 %	-148.457	-97 %
Industrie	44.185	11.051	524	-33.134	-75 %	-43.661	-99 %
Kommunale Einrichtungen	34.602	5.427	402	-29.175	-84 %	-34.200	-99 %
Private Haushalte	234.897	115.355	12.321	-119.542	-51 %	-222.576	-95 %
Verkehr	51.840	65.789	8.061	13.949	27 %	-43.779	-84 %
Gesamt	518.044	311.863	25.371	-206.181	-40 %	-492.673	-95 %

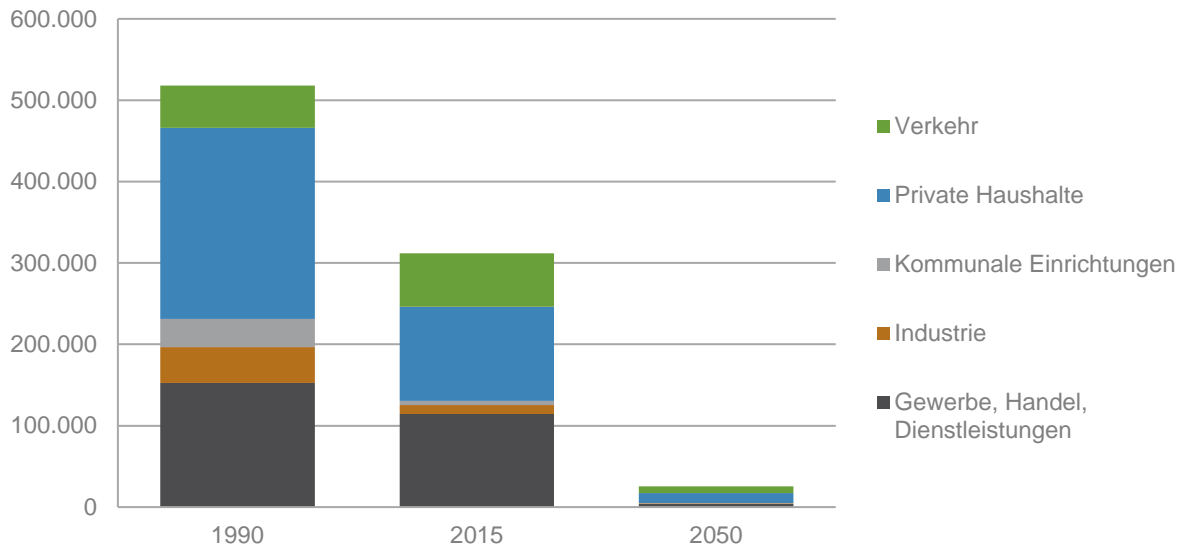


Abbildung 65 THG-Emissionen 1990, 2015 und 2050 in t/a

Deutlich wird, dass die Masterplanziele in den Sektoren GHD, Industrie, Kommunale Einrichtungen und Private Haushalte erreicht werden können. Lediglich der Verkehrsbereich schafft mit 84% die erwartete 95 %-ige THG-Reduktion nicht.

Wie wollen wir diese Ziele erreichen?

Zur Erreichung der Ziele sind 55 Maßnahmen in den Handlungsfeldern Stadtentwicklung, Kommunale Gebäude und Anlagen, Ver- und Entsorgung, Interne Organisation, Mobilität, Private Haushalte, Gewerbe entwickelt worden. Eine Übersicht aller Maßnahmen ist in Tabelle 69 zu finden.

Tabelle 69 Maßnahmenübersicht

Nr.	Bezeichnung
E	Stadtentwicklung
1	Weiterentwicklung der energie- und klimabewussten Bauleitplanung
2	Berücksichtigung Klimaschutz, Klimawandel in der Stadtentwicklung
3	Innovatives Klimaschutzteilkonzept für den maritimen Aspekt
4	Etablierung eines Energetischen Sanierungsmanagements für die Altstadt innerhalb des Walls
5	Wiedervernässung der Moorflächen im Stadtgebiet

Nr.	Bezeichnung
K	Kommunale Gebäude/Anlagen
1	Ausbau Energie-Controlling
2	Energieeffiziente Stadtbeleuchtung
3	Energiesparen in Schulen und Kitas (50/50-Projekt) mit Förderung
4	Weiterentwicklung der „Leitlinien zum nachhaltigen und wirtschaftlichen Bauen Stadt Greifswald“
5	Bezug von Ökostrom für die städtischen Liegenschaften
V	Versorgung, Entsorgung
1	Reduzierung des Emissionsfaktors für Fernwärme durch Dekarbonisierung
2	Nachverdichtung des Fernwärmenetzes
3	Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien
4	Erstellung einer Potenzialanalyse zur Abwärmenutzung
5	Erstellung einer Potenzialanalyse zur Tiefengeothermie
6	Erschließung alternativer Brenn- und Kraftstoffe im Stadtgebiet und Umgebung
7	Energetische Nutzung „Paludikultur“ von wiedervernässten Moorflächen
M	Mobilität
1	Förderung betrieblichen Mobilitäts- und Fuhrparkmanagements
2	Zentrales und umweltfreundliches kommunales Fuhrparkmanagement
3	Unterstützung von Kampagnen für nachhaltige und gesunde Mobilität
4	Individualisiertes Marketing / Öffentlichkeitsarbeit zur Förderung des Umweltverbundes insbes. des ÖPNV
5	Umsetzung und Weiterentwicklung des Radverkehrskonzeptes
6	Erarbeitung einer Fußverkehrsstrategie sowie von quartiersbezogenen Fußverkehrskonzepten
7	Stärkung des öffentlichen Stadt-Umland-Verkehrs unter besonderer Berücksichtigung des ÖPNV
8	Weiterentwicklung / Schaffung intermodaler Schnittstellen insbes. zwischen Fuß-, Rad- und öffentl. Personennahverkehr (ÖPNV)
9	Straßenraumgestaltung unter Berücksichtigung der Anforderungen des Umweltverbundes sowie der Umweltwirkungen
10	Erstellung eines Teilkonzeptes City-Lieferverkehr
11	Weiterentwicklung des Parkraummanagements im Sinne klimafreundlicher Mobilität
12	Autoarme/autofreie Gebiete in Stadtteilen und Quartieren
13	Weiterentwicklung und Unterstützung des Carsharing-Angebotes

Nr.	Bezeichnung
14	Mobilitätsmanagement bei Neubauvorhaben / Anpassung der Stellplatzsatzung
15	Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf Erneuerbare Energien
16	Förderung von Elektromobilität in der Stadt
17	Förderung der Wasserstofftechnologie in der Stadt
18	Setzung von Rahmenbedingungen für das autonome Fahren
I	Interne Organisation
1	Regelmäßige Erstellung Energie- und CO ₂ -Bilanz und Maßnahmencontrolling
2	Gründung eines Vereins "Klimaschutzbündnis"
3	Einführung European Energy Award (eea)
4	Nachhaltige Beschaffung in der Verwaltung
5	Überprüfung von Bürgerschaftsbeschlüssen auf Nachhaltigkeit
6	Energiesparkampagnen in der Verwaltung
7	Digitalisierung der Verwaltung
P	Private Haushalte
1	Förderung und Intensivierung von Beratungsangeboten im Bereich Energieeffizienz durch die Verbraucherzentrale
2	Energiekarawane - Durchführung von Haus zu Haus Beratungen
3	Einführung einer "grünen" Hausnummer
4	Stromsparmcheck für Bedarfshaushalte (Caritas)
5	Urban Gardening - Förderung von Gemeinschaftsgärten
6	Förderung gemeinschaftlicher, innovativer Wohnformen
7	Teilen statt kaufen - Gemeinsame Nutzung von Geräten
8	Einrichtung eines Repair-Cafés
9	Unterstützung von aktiven Gruppen und Stärkung von Netzwerken in den Bereichen Klimaschutz, Energieeffizienz und Suffizienz
10	Entwicklung von lokalen Kreisläufen
G	Gewerbe
1	Durchführen eines Marie-Energieeffizienz-Netzwerks für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)
2	Informations- und Beratungskampagne im Gewerbe
3	Zielvereinbarung mit der Wohnungswirtschaft zur Sanierung von Gebäuden

Die Maßnahmen mit dem höchsten THG-Reduktionspotenzial sind die Maßnahmen V1 Reduzierung des Emissionsfaktors für Fernwärme durch Dekarbonisierung (44.000 t/a) und V3 Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (55.000 t/a) sowie die Maßnahmen im Verkehrsbereich, die im Bündel eine THG-Reduktion von gut 50.000 t/a THG-Reduktion bewirken.

Die Umsetzung aller Maßnahmen ergibt in Summe eine THG-Reduktion von rund 173.000 t/a bzw. rund 55 % der THG-Emissionen 2015. Für die weiteren 40 %, die bis 2050 erreicht werden sollen sind auch Maßnahmen auf EU-, Bundes- und Landesebene erforderlich. Dies können Verschärfung von Gesetzen und Richtlinien sein, Förderanreize, steuerliche Anreize, Streichung von klimaschädlichen Investitionen etc. sein.

Wichtig ist auch der Aspekt der Suffizienz für die Erreichung der Masterplanziele. Zu den Suffizienzmaßnahmen zählen insbesondere die Maßnahmen P 5 bis P10. Ein CO₂-Minderungspotenzial kann hierfür nicht angegeben werden, da sich überwiegend um sogenannte „weiche“ Maßnahmen handelt, die nicht quantifizierbar sind.

Als sektorales Ziel hat die UHGW den Verkehrsbereich ausgewählt. Mit den Maßnahmen M1 (Förderung betrieblichen Mobilitäts- und Fuhrparkmanagements), M2 (Zentrales und umweltfreundliches kommunales Fuhrparkmanagement) und M15 (Umstellung des kommunalen Fuhrparks auf Erneuerbare Energien als Pilotprojekt) sollen bis 2020 5 % des Energieverbrauchs bzw. der THG-Emissionen im Vergleich zu 2015 eingespart werden.

Zur Umsetzung der Maßnahmen Vor-Ort sind die Bürgerinnen und Bürger sowie alle Akteure in der UHGW gefordert. Nur gemeinsam können die anspruchsvollen Ziele erreicht werden.

Quellenverzeichnis

A. Niemann (2014). Gewässerverträgliche Wasserkraft – Entwicklung von Potenzialstandorten und Vorstellung von Potenzialstandort-Steckbriefen, Duisburg- Essen.

Alber, Gotelind (2010). Gender, cities and climate change. Nairobi: UN-HABITAT. <https://unhabitat.org/wp-content/uploads/2012/06/GRHS2011ThematicStudyGender.pdf> [Stand 2017-04-25].

BDEW (2016). Energie-Info, Stromverbrauch im Haushalt. 37 Seiten. Berlin. 04.07.2016. Online: www.bdew.de

Be-Berlin (2015). Geothermisches Potenzial - spezifische Wärmeleitfähigkeit und spezifische Entzugsleistung (Ausgabe 2015)

Biogas Forum Bayern (2010). Verfahren zum Transport von Biomasse.

BMU (2004). Erneuerbare Energien – Innovationen für die Zukunft. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.). Mai 2004. Online: www.dlr.de

BMU (2009). Nutzungsmöglichkeiten der tiefen Geothermie in Deutschland, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.).

BMUB & UBA 2017. Umweltbewusstsein in Deutschland 2016. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und Umweltbundesamt.

BNA2017:

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Einspeisemanagement/einspeisemanagement-node.html, letzter Zugriff Juli 2017.

Bundesverband Geothermie (2016). Artikel Petrothermale Geothermie. Abgerufen am 31.08.2016. Online: www.geothermie.de

Büro für urbane Projekte i.A. Universitäts- und Hansestadt Greifswald: ISEK Greifswald 2030plus, Greifswald 2017.

BWE (2013). Statistische Daten zur Windenergie in Mecklenburg-Vorpommern, Stand 2013; Bundesverband WindEnergie. Abgerufen am 23.09.2016. Online: www.wind-energie.de

C. Schünemann (2012). Online: www.regenerative-zukunft.de

C.A.R.M.E.N. e.V. (2013). Kleinwindkraftanlagen. Hintergrundinformationen und Handlungsempfehlungen für die Landwirtschaft. 44 Seiten. Online: www.carmen-ev.de

D. C. Jordan, S. R. Kurtz (2012). Photovoltaic Degradation Rates – An Analytical Review, NREL.

Dena (2016): TopGeräte-Datenbank. Initiative EnergieEffizienz Private Haushalte. Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.); Online: www.stromeffizienz.de

Deutsche WindGuard (2015). Kostensituation der Windenergie an Land in Deutschland – Update. Bundesverband WindEnergie e.V. (Hrsg.). Varel. Online: www.wind-energie.de

DINV4108-10: DIN V 4701-10:2003-08 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung.

Energieerzeugungsgesellschaft Greifswald GmbH: Mitteilungen zur zukünftigen Entwicklung des Stromnetzes in Greifswald, Februar 2017.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2013). Basisdaten Bioenergie Deutschland. August 2013. Online: mediathek.fnr.de

Fachverband SHK (2016). Energiesparen mit Hocheffizienzpumpen. Abgerufen 02.11.2016. Online: www.pumpe-tauschen.de

F+B Beratung (2010). Haushalts- und Wohnraumnachfrageprognose bis 2020 für die Universitäts- und Hansestadt Greifswald; Endbericht März, 2010

FH Aachen et al. (2016): Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung 2016.

FNR2016: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): Basisdaten Bioenergie Deutschland 2016: <https://www.fnr.de/basisdaten/bioenergie/biokraftstoffe.html>, Letzter Zugriff Juni 2017.

FNR (2017a): Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): Biokraftstoff-Quotengesetz, <https://bioenergie.fnr.de/rahmenbedingungen/gesetze-verordnungen-richtlinien/gesetzeslage/biokraftstoff-quotengesetz/>, Letzter Zugriff Juni 2017.

FNR (2017b): Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR): Biokraftstoff-Quotengesetz, <https://biokraftstoffe.fnr.de/kraftstoffe/btl-biomass-to-liquid/>. Letzter Zugriff Juni 2017.

Fördergemeinschaft Gutes Licht (2016). LED: Das Licht der Zukunft. licht.wissen, Ausgabe 17. 60 Seiten. Abgerufen 19.10.2016. Online: www.licht.de

Fraunhofer ISE (2016a). Photovoltaics Report. Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Freiburg. 20.10.2016. Online: www.ise.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE (2016b). Dr. H. Wirth, K. Schneider. Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Freiburg. 22.4.2016.

Fuchs, K., & Schmees, L. (2015). Neubau und Sanierung. Die Wohnungswirtschaft, 30.

Gemeinsame Bekanntmachung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015): Energieverbrauchswerte, Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand

H. Feldrappe, K. Obst, M. Wolgramm (2008). Die mesozoische Sandsteinaquifere des Norddeutschen Beckens und ihr Potenzial für die geothermische Nutzung, Z. geol. Wiss., 36, S. 199-222. Berlin.

Helmholtz (2014). Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH 2014: Mecklenburg-Vorpommern: Mittlere Windgeschwindigkeit (1981-2010), Online: www.norddeutscher-klimamonitor.de

Hirschfeld, Jesko et al.: Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland; IÖW Schriftenreihe 186/09, Berlin, 2008.

ISI 2015: http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/x/de/projekte/Schlussbericht-GHD_2006-2013_Kurzfassung_Februar2015.pdf

J. Scheiner (2014). Gendered key events in the life course: Effects on changes in travel mode choice over time. Journal of Transport Geography, 37, 47–60.

K. Mertens (2015). Photovoltaik - Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis, 3. Auflage, München, Carl-Hanser-Verlag.

Karl Albert Janker (2015) Zeitreihen für Wind und Solar in Dissertation „Aufbau und Bewertung einer für die Energiemodellierung verwendbaren Datenbasis an Zeitreihen erneuerbarer Erzeugung und sonstiger Daten“, TUM 2015.

Kulmbach (2015). Pilotprojekt geothermischer Energienutzungsplan Landkreis Kulmbach, Landratsamt Kulmbach. Online: www.landkreis-kulmbach.de

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (Hrsg.: u.a.). (2012). Eine Vision für Moore in Deutschland. Potenziale und Ziele zum Moor- und Klimaschutz. Gemeinsame Erklärung der Naturschutzbehörden. <https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/moore/moorresolution.pdf>

Landeshauptstadt Potsdam (Hrsg.) (2013). Klimaschutz durch Moorschutz Ein Handlungsleitfaden für Kommunen. https://www.potsdam.de/sites/default/files/documents/handlungsleitfaden_final_16_12_2013.pdf

M. Bauer, W. Freeden, H. Jacobi, T. Neu (2014). Handbuch Tiefe Geothermie, Prospektion, Exploration, Realisierung, Nutzung. Springer.

M. Busch, F. Botzenhart, T. Hamacher, R. Zölitz (2010). GIS-gestützte Abbildung der Wärmenachfrage auf kommunaler Ebene am Beispiel der Stadt Greifswald mit besonderem Blick auf die Fernwärme, GIS.SCIENCE 3 (2010) 117-125.

M. Huber et al. (2013). Das „Post EEG“-Potenzial von Photovoltaik im privaten Strom- und Wärmesektor, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 9, 2013

M. Kaltschmitt (2016). Energie aus Biomasse, Grundlagen Techniken und Verfahren, Springer.

- M-V LUV (2009). Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern 2009; Küstenschutz Mecklenburg-Vorpommern; Online: service.mvnet.de
- Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung (2016) Landesraumentwicklungsprogramm des Landes Mecklenburg-Vorpommern
- Öko-Institut (2010). Lampen in Privathaushalten; Online: www.prosa.org
- Philipp Kuhn (2015) Zeitreihen für den Strompreis aus dem tool Imakus in Dissertation „Iteratives Modell zur Optimierung von Speicherausbau und -betrieb in einem Stromsystem mit zunehmend fluktuierender Erzeugung“, TUM 2012.
- R. Schmelmer et al. (2014); Vertikale Kleinwindanlagen in Bayern; Springer
- R. Schröder (2014). Erdwärme-Bohrung bis 800 m Tiefe, Brunnenbauertage 2014
- R. Schulz (2006). Beurteilung des Fündigkeitsrisikos bei geothermischen Bohrungen.
- Regionaler Planungsverband Vorpommern, Entwurf 2015 der Zweiten Änderung des Regionalen Raumentwicklungsprogramms Vorpommern zum zweiten Beteiligungsverfahren
- Regionaler Planungsverband Vorpommern (2015a). Zweite Änderung des Regionalen Raumentwicklungsprogramms Vorpommern, Greifswald.
- Regionaler Planungsverband Vorpommern (2015b). Zweite Änderung des Regionalen Raumentwicklungsprogramms Vorpommern – Ausweisung neuer Eignungsgebiete für Windenergieanlagen, Kartenblätter 1 bis 13, 2015
- RWI (2013). Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung. Erstellung der Anwendungsbilanzen 2011 und 2012 für den Sektor Private Haushalte; Online: www.ag-energiebilanzen.de
- S. Blauhut (2016). Solarpotenzialanalyse und Entwicklung eines Stromkatasters auf Basis raumbezogener Gebäudedaten, Masterarbeit am Lehrstuhl für Erneuerbare und Nachhaltige Energiesysteme, Technische Universität München (unveröffentlicht).
- Schulz, R. & GeotIS-Team (2013). Aufbau eines Internet basierten Informationszentrums für geothermische Energienutzung. Endbericht zum Projekt, 2013. Online: www.geotis.de
- Stadtbauamt Greifswald (2015), Treibhausgasbilanz 2011, Stand 01-2015. Greifswald
- Stadtbauamt Greifswald (2016) Gebäudedatenbank der Stadt Greifswald
- Stadtwerke Greifswald (2015). Stadtwerke Greifswald. Von <http://www.sw-greifswald.de/siteflow/scripts/core/file.php?id=1604>, 18. 08 2015 abgerufen
- Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2014). Online: sisonline.statistik.m-v.de
- Sonnenwindanlagen (2016). Was Sie über BIOTEC-BVT wissen sollten, Online: www.sonnenwindanlagen.de

- T. Agemar, J. Alten, B. Ganz, J. Kuder, K. Kühne, S. Schumacher, R. Schulz (2014a). The Geothermal Information System for Germany - GeotIS – ZDGG Band 165 Heft 2, S. 129–144.
- T. Agemar, J. Weber, R. Schulz (2014b). Deep Geothermal Energy Production in Germany – Energies, Band 7 Heft 7, 4397–4416.
- T. Gobmaier et al. (2007): Strukturoptimierung in Ballungsgebieten. Energiebedarfsprognose für die Stadt München. Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE). Abgerufen am 08.06.2016. Online: www.ffe.de
- UHGW 2010: Universitäts- und Hansestadt Greifswald (2010). Integriertes Klimaschutzkonzept der Universitäts- und Hansestadt Greifswald
- UHGW 2015: Universitäts- und Hansestadt Greifswald (2015). Klimaschutzteilkonzept Wärme der Universitäts- und Hansestadt Greifswald
- UHGW 1991: Universitäts- und Hansestadt Greifswald (1991), Hansestadt Greifswald Energieversorgungskonzept
- Umweltbundesamt (2012). Wasserkraftnutzung in Deutschland Wasserrechtliche Aspekte, ökologisches Modernisierungspotenzial und Fördermöglichkeiten, Aachen.
- Umweltbundesamt (2013). Energiesparen im Haushalt. Online: www.umweltbundesamt.de
- Umweltbundesamt (2016). Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050. Online: www.umweltbundesamt.de
- Universitäts- und Hansestadt Greifswald 2016. Mietspiegel Greifswald 2016, Arbeitsgruppe Mietspiegel, Arbeitsgruppe Mietspiegel
- Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen und Öko-Institut 2009, S. 5
- W. Rockel, P. Hoth & P. Seibt (1997). Charakteristik und Aufschluss hydrogeothermaler Speicher, Geowissenschaften 15: 244–252; Berlin (Verlag Ernst & Sohn).
- W. Wirth et al. (2007). Aufbau eines geothermischen Informationssystems für Deutschland.
- Wärmekataster Stadt Greifswald, Februar 2017
- Weller, Ines u. a. 2016. Chancengerechtigkeit im Klimawandel. Bremen, Berlin: artec Forschungszentrum Nachhaltigkeit, Universität Bremen.
http://gendercc.net/fileadmin/inhalte/dokumente/4_Our_Work/GenNETCLIM/Handreichung_Chancengerechtigkeit_Klimawandel.pdf.
- Wilson (2016): Wilson, D. Blain, D., Couwenberg, J., Evans, C.D., Murdiyarso, D., Page, S.E., Renou-Wilson, F., Rieley, J.O., Sirin, Strack, A. M. & Tuittila, E.-S. Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils. Mires and Peat 17, Article 04, 1–28, 2016.

Zahlenspiegel 2014/15: <http://www.sw-greifswald.de/siteflow/scripts/core/file.php?id=2309>,
Letzter Zugriff: 09.02.2017

Zahlenspiegel 2015/16: <http://www.sw-greifswald.de/Unternehmen/Portrait/Geschaeftsbericht>, Letzter Zugriff: 13.07.2017

[http://www.paludiculture.uni-greifswald.de/doc/projekte/landaufschwung/Endbericht_Land\(auf\)Schwung.pdf](http://www.paludiculture.uni-greifswald.de/doc/projekte/landaufschwung/Endbericht_Land(auf)Schwung.pdf)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	geographische Lage der UHGW	11
Abbildung 2	Fernwärmenetz der UHGW	15
Abbildung 3	Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung	25
Abbildung 4	Entwicklung der Bevölkerung in der UHGW gemäß der untersuchten Varianten.....	26
Abbildung 5	Bilanzierungssystematik im Verkehr	29
Abbildung 6	THG-Emissionen Vergleich 1990 und 2015 nach Sektoren in t CO ₂	35
Abbildung 7	Endenergieverbrauch Vergleich 1990 und 2015 nach Sektoren in MWh/a	35
Abbildung 8	Endenergieverbrauch 1990 (links) und 2015 (rechts) nach Energieträgern	36
Abbildung 9	Anteil der Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft Deutschlands ohne Import-futtermittel in CO ₂ nach Hirschfeld, J. et al., 2008.....	37
Abbildung 10	Auszug aus dem Solarkataster der UHGW	40
Abbildung 11	Jährliche Solareinstrahlung auf die Hausdächer der UHGW – absteigend sortiert.....	42
Abbildung 12	Turbulenzen hinter Gebäuden und geeignete Dachflächen für Kleinwindanlagen	45
Abbildung 13	Verfügbares theoretisches Potential aus verschiedenartigen Reststoffen in Vorpommern-Greifswald.....	50
Abbildung 14	Abschätzung geeigneter Flächen je Flurstück für Kollektoren (links) sowie Sonden (rechts) zur Nutzung oberflächennaher Geothermie.....	51
Abbildung 15	Vertikale Mächtigkeit im Schnitt A – A' (Greifswald) erstellt mit GeotIS	53
Abbildung 16	Hydraulische Eigenschaften der mesozoischen Aquifergesteine des Norddeutschen Tieflandes Beckens	55
Abbildung 17	Temperaturverteilung an der Basis des Mittleren Buntsandsteins um die UHGW (GeotIS)	57
Abbildung 18	Betrachtungen des Umlandes zum Biomassepotential in einem Bereich von 16-20 km Umkreis.....	60
Abbildung 19	Anzahl von Gebäuden mit Wärmebedarf nach Baualtersklasse	65
Abbildung 20	Gebäude mit Fernwärmeversorgung durch Georeferenzierung ermittelt	66
Abbildung 21	Sanierungskosten der Einfamilien- und Reihenhäuser in Abhängigkeit des Baujahres	67
Abbildung 22	Sanierungskosten der Mehrfamilienhäuser in Abhängigkeit des Baujahres.....	68
Abbildung 23	Sanierungskosten der großen Mehrfamilienhäuser in Abhängigkeit des Baujahres.....	68
Abbildung 24	Anteile des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung verteilt nach Wohngebäudetypen und Baualtersklasse.	69

Abbildung 25	Anteile des WWB in Abhängigkeit vom Gebäudetyp und Sanierungsszenarien (Teilsanierung, Vollsanierung und Effizienzhaus)	70
Abbildung 26	Leuchtmittelverteilung nach Leuchtmitteltyp und -leistung	75
Abbildung 27	Gesamtkostenentwicklung.....	77
Abbildung 28	relative Einsparpotenziale	78
Abbildung 29	Benchmark der Optimierungsvarianten	78
Abbildung 30	Endenergieverbrauch stationärer Bereich	79
Abbildung 31	CO ₂ -Emissionen stationärer Bereich	79
Abbildung 32	Verteilung Energieverbrauch 2015 GHD und Industrie	81
Abbildung 33	Verteilung Energieverbrauch 2015 der Universitätsmedizin Greifswald	82
Abbildung 34	Verteilung Energieverbrauch 2015 der Universität Greifswald	82
Abbildung 35	Verteilung Energieverbrauch 2015 und Prognose 2050 GHD und Industrie	86
Abbildung 36	Modal-Split (Greifswalder Bevölkerung) für die Jahre 2009 und 2014	89
Abbildung 37	MIV-Wege nach Entfernungsklassen (Greifswalder Bevölkerung).....	90
Abbildung 38	Aufteilung der Treibhausgasemissionen im Verkehr der UHGW im Bestand.....	93
Abbildung 39	Aufteilung des Endenergiebedarfs im Verkehr der UHGW im Bestand.....	94
Abbildung 40	Modal-Split nach Entfernungsklassen (Greifswalder Bevölkerung) – Bestand.....	96
Abbildung 41	Modal-Split nach Entfernungsklassen (Greifswalder Bevölkerung) – Prognose 2050.....	97
Abbildung 42	Aufteilung der Treibhausgasemissionen im Verkehr der UHGW Prognosehorizont 2050	99
Abbildung 43	Aufteilung des Endenergiebedarfs im Verkehr der UHGW im Bestand Prognosehorizont 2050	99
Abbildung 44	Kraftstoffanteile in Deutschland	104
Abbildung 45	Jährlicher Wärmebedarf der UHGW 2009 pro 100m x 100m Zelle.....	113
Abbildung 46	Fernwärmeversorgte Gebiete	113
Abbildung 47	Oberflächennahe Geothermie: Flurabstand und Schutzgebiete in der UHGW.....	114
Abbildung 48	Oberflächennahe Geothermie: Wärmeentzugsleistung bis 100 m Bohrtiefe.....	115
Abbildung 49	Oberflächennahe Geothermie: Wärmeleitfähigkeit bis 100 m Bohrtiefe	116
Abbildung 50	Gegenüberstellung der verschiedenen Szenarien aus dem Klimaschutzteilkonzept – Wärme. Gut zu sehen ist, dass der Weg der ambitionierten Sanierung bezüglich der annuitätischen Kosten als auch der CO ₂ Vermeidungskosten der unwirtschaftlichste ist.....	117
Abbildung 51	Reduktion der CO ₂ -Emissionen (grau) über verschiedene Einsparungsmaßnahmen	119
Abbildung 52	Potenzial an Überschussstrom aus erneuerbaren Energien Mecklenburg-Vorpommern 2050	124

Abbildung 53	weiteres Potenzial für P2H in Mecklenburg-Vorpommern.....	125
Abbildung 54	Drei Wege zur Nachhaltigkeit.....	129
Abbildung 55	Suffizienzstrategien.....	130
Abbildung 56	Beteiligungspyramide FKZ (2010).....	135
Abbildung 57	Der European Energy Award Prozess.....	158
Abbildung 58	EEV 1990, 2015 und 2050 in MWh.....	165
Abbildung 59	Verteilung der Energieträger 2050.....	167
Abbildung 60	THG-Emissionen 1990, 2015 und 2050 in t/a.....	168
Abbildung 61	THG-Emissionen Vergleich 1990 und 2015 nach Sektoren in t CO ₂ -äqu.	174
Abbildung 62	Endenergieverbrauch Vergleich 1990 und 2015 nach Sektoren in MWh/a.....	174
Abbildung 63	Endenergieverbrauch 1990 (links) und 2015 (rechts) nach Energieträgern	175
Abbildung 64	EEV 1990, 2015 und 2050 in MWh/a.....	177
Abbildung 65	THG-Emissionen 1990, 2015 und 2050 in t/a.....	179

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Ziele der Energiewende in Deutschland	9
Tabelle 2	Entwicklung der Bevölkerung mit Hauptsitz in der UHGW von 2010 bis 2015.....	12
Tabelle 3	Kennzahlen zum Netzgebiet Strom der SWG.....	13
Tabelle 4	Kennzahlen zum Netzgebiet der Gasversorgung Greifswald GmbH.....	14
Tabelle 5	Kennzahlen zum Netzgebiet Fernwärme der SWG	15
Tabelle 6	Bevölkerung der Jahr 2014, 2030, 2040 und 2050 in der UHGW	26
Tabelle 7	Entwicklung des Altersaufbaus unteres Szenario	27
Tabelle 8	Entwicklung des Altersaufbaus oberes Szenario	27
Tabelle 9	Entwicklung der Anzahl der Erwerbsfähigen bis zum Jahr 2050.....	27
Tabelle 10	Entwicklung der Anzahl der Haushalte bis zum Jahr 2050	28
Tabelle 11	Erläuterung der Verbrauchssektoren.....	30
Tabelle 12	Emissionsfaktoren Endenergie Wärme (t/MWh) in CO ₂ -äqu.....	30
Tabelle 13	Emissionsfaktoren ohne Brennstoffinputinformationen in t/MWh in CO ₂ -Äquivalenten für KWK-Wärme.....	31
Tabelle 14	Zeitreihe Strom Bundesmix (Quelle: ifeu-Strommaster) in t/MWh in CO ₂ -Äquivalenten	31
Tabelle 15	Quellen und Inhalt der Bilanzierungsdaten.....	32
Tabelle 16	Endenergieverbrauch (EEV) in MWh und THG-Emissionen in t im Vergleich 1990 und 2015 nach Sektoren, witterungsbereinigt.....	34
Tabelle 17	Feldfrüchte und deren Energiegehalt im Landkreis Vorpommern-Greifswald	47
Tabelle 18	Energiegehalt der Gülle durch Vergärung in der Biogasanlage	48
Tabelle 19	Energiegehalt holzartiger Biomasse	49
Tabelle 20	Substitutionspotential erneuerbarer Energien.....	57
Tabelle 21	Biomassepotenzial in der UHGW	58
Tabelle 22	Erschließbares Teilpotenzial der Reststoffe auf Basis der Biomasse Potentialanalyse.....	59
Tabelle 23	Interpolierter Stromverbrauch nach Haushaltstypen in kWh/a	62
Tabelle 24	Einsparpotenziale Stromverbrauch Haushalt (ohne elektrische Warmwasserbereitung). Datengrundlage	63
Tabelle 25	Einsparpotential 2-Personen Haushalt der UHGW in kWh/a	64
Tabelle 26	CO ₂ -Emissionen Warmwasserbereitung nach Wohngebäudetyp und Baualtersklasse in t/a	70
Tabelle 27	Derzeitige Versorgung des Wärmebedarfs privater Haushalte	71
Tabelle 28	Wärmebereitstellung durch die Versorgungsträger 2030 und 2050	72
Tabelle 29	Energieverbrauch kommunaler Gebäude.....	74
Tabelle 30	Zusammenfassung IST-Stand.....	75
Tabelle 31	Annahmen für die Berechnung.....	76

Tabelle 32	Variantenvergleich	77
Tabelle 33	Energieverbräuche GHD und Industrie 2015 in MWh.....	80
Tabelle 34	Annahmen zur Entwicklung des Endenergiebedarfs im Sektor GHD (nach Deesy-Modell)	85
Tabelle 35	Verteilung Energieverbrauch 2015 und Prognose 2050 GHD und Industrie in MWh.....	87
Tabelle 36	Übersicht der Maßnahmenempfehlungen für Klimafreundliche Mobilität in der UHGW	101
Tabelle 37	Einsatzbereiche biogener Reststoffe aus dem Umland der UHGW	106
Tabelle 38	Endenergiebedarfe nach Verbrauchssektoren 2015 in MWh/a.....	107
Tabelle 39	Einsatzmöglichkeiten biogener Brennstoffe- und Kraftstoffe in den Verbrauchssektoren	108
Tabelle 40	Umwandlungswirkungsgrade der Einsatzstoffe	108
Tabelle 41	Umwandlungsverfahren der biogenen Einsatzstoffe.....	109
Tabelle 42	Endenergiepotenzial Brenn- und Kraftstoffe in [MWh/a]	109
Tabelle 43	Emissionsfaktoren gemäß Energie- und CO ₂ -Bilanz	110
Tabelle 44	CO ₂ -Minderungspotenzial in [t/a].....	110
Tabelle 45	Energieimportbedarf 2015 in [MWh/a]	110
Tabelle 46	Ziele des beschlossenen Klimaschutzkonzeptes bis 2020	116
Tabelle 47	Entwicklung der Netzkapazitäten und fluktuierender EE.....	124
Tabelle 48	Verfügbare und genutzte Überschussstrommengen 2050.....	125
Tabelle 49	Berechnung der Energieeinsparung über eine Verringerung der individuellen Wohnfläche bis 2030	132
Tabelle 50	Zielgruppen der Öffentlichkeitsarbeit	136
Tabelle 51	Zeitplan und Kostenschätzung Öffentlichkeitsarbeit	148
Tabelle 52	Übersicht über Arbeitstreffen und Veranstaltungen	152
Tabelle 53	Beispielhafte Definition von Teilzielen	154
Tabelle 54	Indikatoren zur Verfolgung der energiepolitischen Ziele	154
Tabelle 55	Maßnahmenübersicht.....	160
Tabelle 56	Bedarfsminderungsoptionen bis 2050	163
Tabelle 57	EEV 1990, 2015 und 2050 in MWh	164
Tabelle 58	Zukünftige Bereitstellung und Nutzung der Energieträger	165
Tabelle 59	Zukünftige Versorgung nach Nutzungen	166
Tabelle 60	Verteilung der Energieträger 2050.....	166
Tabelle 61	THG-Emissionen 1990, 2015 und 2050 in t/a.....	167
Tabelle 62	Einflüsse der EU, von Bund und Land.....	170
Tabelle 63	Ziele der Energiewende in Deutschland	172
Tabelle 64	Substitutionspotential erneuerbare Energien.....	176
Tabelle 65	Bedarfsminderungsoptionen bis 2050	176
Tabelle 66	zukünftige Bereitstellung und Nutzung der Energieträger.....	177
Tabelle 67	zukünftige Versorgung nach Nutzungen.....	178
Tabelle 68	THG-Emissionen 1990, 2015 und 2050 in t/a.....	178

Tabelle 69 Maßnahmenübersicht..... 179

Abkürzungsverzeichnis

ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrradclub
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BGF	Brutto-Grundfläche
BHKW	Blockheizkraftwerk
BSK	Brennstundenkalender
BtL	Biomass to Liquid
CNG	Compressed Natural Gas
d	Dachfläche
DENA	Deutsche Energie-Agentur
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
DMO	Destinationsmarketingorganisation
E	Ertrag
ebd.	Ebenda
EE	Erneuerbare Energien
eea	European Energy Award
EEG	Gesetz zum Ausbau erneuerbarer Energien
EEV	Endenergieverbrauch
EF	Entfernungsfaktor
EFH	Einfamilienhaus
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
ELER-VO	Verordnung des Europäischen Parlament und des Europäischen Rates über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER)
EMFF	Europäischer Meeres- und Fischereifonds
EPLR	Entwicklungskonzept für den ländlichen Raum des Freistaates Sachsen
EPOMM	European Platform on Mobility Management
ESF	Europäischer Sozialfonds
ESIF	Europäische Struktur- und Investitionsfonds
ESIF-VO	Verordnung des Europäischen Parlament und des Europäischen Rates mit gemeinsamen Bestimmungen über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung, den Europäischen Sozialfonds, den Kohäsionsfonds, den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums und den Europäischen Meeres- und Fischereifonds sowie mit allgemeinen Bestimmungen über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung, den Europäischen Sozialfonds, den Kohäsionsfonds und den Europäischen Meeres- und Fischereifonds
FFH	Flora-Fauna-Habitat-Gebiete
FNP	Flächennutzungsplan

G	Gewinn
GeotIS	Geothermischen Informationssystems
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GLT	Gebäudeleittechnik
GMH	Großmehrfamilienhäuser
HH	Haushalte
HKW	Heizkraftwerk
HME	Quecksilberdampflampe
HSE	Natriumdampflampe
HWK	Handwerkskammer
IHK	Industrie- und Handelskammer
IND	Industrie
ISEK	Integriertes Stadtentwicklungskonzept
IuK	Informations- und Kommunikationstechnik
k	Instandhaltungskosten
K	Kosten
KE	kommunale Einrichtungen
KSP	Klimaschutzplaner
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LED	Light-emitting diode
LEKA	Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern GmbH
LEP	Landesentwicklungsplan
LPG	Liquefied Petroleum Gas
LSG	Landschaftsschutzgebiete
KWK	Kraftwärmekopplung
mD	Millydarcy (Maßeinheit für Permeabilität)
MFH	Mehrfamilienhaus
MIV	Motorisierter Individualverkehr
n	Lebensdauer
NABU	Naturschutzbund
NF	Nutzfläche
NGOs	Nichtregierungsorganisationen
NSG	Naturschutzgebiete
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
P	Leistung
PV	Photovoltaik
P+R	Park-and-Ride
P2G	Power-to-Gas
P2H	Power to Heat
RH	Reihenhaus
RREP	Regionalen Raumentwicklungsprogramm

S	Systemkosten
SAENA	Sächsische Energieagentur
SWG	Stadtwerke Greifswald GmbH
t	Zeit
TGA	technischen Gebäudeausrüstung
THG	Treibhausgase
TUM	TU München
u	Dächer
U.f.U.	Unabhängiges Institut für Umweltfragen
UHGW	Univesitäts- und Hansestadt Greifswald
VBG	Verkehrsbetrieb Greifswald GmbH
VCD	Verkehrsclub Deutschland
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WWB	Warmwasserbereitung
ZDS	Zentralverband der deutschen Seehafenbetriebe e.V.
ZOB	Zentraler Omnibusbahnhof
η	Wirkungsgrad