

TEILKONZEPT ERNEUERBARE ENERGIEN

IM AUFTRAG DES AMTES GADEBUSCH FÜR DIE
STADT GADEBUSCH



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE



Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich



Europäische Fonds EFRE, ESF und ELER
in Mecklenburg-Vorpommern 2014-2020

Auftraggeber: Amt Gadebusch
Am Markt 1
19205 Gadebusch



Ansprechpartnerin: Rommy Elßner

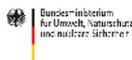
Auftragnehmer: Landgesellschaft M-V mbH
Lindenallee 2a
19067 Leezen



Bearbeitet von: Carolin Klatt

Klimaschutzteilkonzept: „Integrierte Wärmenutzung in Kommunen und Erneuerbare Energien“

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch die Nationale Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Förderkennzeichen: 03K07963



Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich



Europäische Fonds EFRE, ESF und ELER
in Mecklenburg-Vorpommern 2014-2020

Gefördert durch das Land Mecklenburg-Vorpommern und die Europäische Kommission

Förderkennzeichen: REG-M04/2018

Nationale Klimaschutzinitiative:

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert das Bundesministerium seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen und Bildungseinrichtungen.



Inhaltsverzeichnis

I.	Abbildungsverzeichnis.....	4
II.	Tabellenverzeichnis.....	6
1.	Hintergrund.....	7
1.1	Aufgabenstellung.....	7
2.	Gesamtenergieverbrauch der Stadt Gadebusch.....	8
3.	CO ₂ -Emissionen der Stadt Gadebusch.....	16
4.	Potenzialbetrachtung.....	19
4.1.	Biomasse.....	19
4.1.1	Flächennutzungsanalyse.....	21
4.1.2	Landwirtschaftliche Nutzfläche.....	21
4.1.3	Grünland.....	25
4.1.4	Waldflächen.....	28
4.1.5	Landschaftspflegematerial.....	30
4.1.6	Bioabfall.....	31
4.1.7	Tierische Reststoffe.....	32
4.2	Solarenergie.....	34
4.2.1	Photovoltaik.....	34
4.2.2	Solarthermie.....	38
4.2.3	Freiflächenanlagen.....	40
4.3	Windenergie.....	44
4.3.1	Kleinst- und Kleinwindkraftanlagen.....	46
4.4	KWK-Potenzial.....	49
4.5	Geothermie.....	52
4.6	Wasserkraft.....	58
4.7	Abwassernutzung.....	59
4.8	Abwärmernutzung.....	60



5. Zusammenfassung Gesamtenergiepotenzial	62
6. Maßnahmenkatalog Erneuerbare Energien & Energieeffizienz.....	66
7. Finanzierungsinstrumente	69
7.1 BAFA - Bundesamt für Ausfuhrkontrolle	69
7.2 KfW - Kreditanstalt für Wiederaufbau	85
7.3 Förderung auf Landesebene: Mecklenburg-Vorpommern	93
7.4 Nationale Klimaschutzinitiative - Kommunalrichtlinie	99
Literaturverzeichnis	109



I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung des jährlichen Energieverbrauchs der Stadt Gadebusch (in MWh/ Jahr) aufgeteilt in Strom, Wärme und Verkehr (Ecospeed Region, 2019).....	11
Abbildung 2: Strombedarfsdichte der Stadt Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019).....	13
Abbildung 3: Wärmebedarfsdichte der Stadt Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019).....	14
Abbildung 4: CO ₂ -Emissionen der Stadt Gadebusch im Jahr 2018 und Verteilung auf die Sektoren (Ecospeed Region, 2019).....	17
Abbildung 5: Photovoltaik-Potenzial der Dachflächen in Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019).....	35
Abbildung 6: Solarthermie-Potenzial der Dachflächen in Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019).....	39
Abbildung 7: Freiflächen-Solarpark Gadebusch (Foto: Tobias Gäbel, SENS, 2019)	41
Abbildung 8: Mögliche PV-Freiflächen nach EEG 2017 im Stadtgebiet Gadebusch	43
Abbildung 9: Eignungsgebiete für Windenergieanlagen (Regionaler Planungsverband Westmecklenburg, 2018).....	45
Abbildung 10: Horizontal und vertikal drehende Kleinwindkraftanlagen (Jüttemann, 2016)	47
Abbildung 11: Jahresmittel der Windgeschwindigkeit 10 m über Grund in Mecklenburg-Vorpommern (DWD, 2014)	48
Abbildung 12: KWK-Potenzial Gadebusch.....	50
Abbildung 13: Funktionsweise oberflächennaher Geothermie (Agentur für Erneuerbare Energien, 2019)	53
Abbildung 14: Geothermisches Potenzial bis 100 m Tiefe	54
Abbildung 15: Wärmeleitfähigkeit in Gadebusch bis 100 m Tiefe (GeoPortal.MV, 2019)	54
Abbildung 16: Flächenbezogene Eignung von Geothermie für Wohngebäude in Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019)	57



Abbildung 17: Grafische Darstellung Abwasserwärmerückgewinnung (Berliner Wasserbetriebe, 2019).....	59
Abbildung 18: Temperaturniveaus verschiedener Abwärmequellen und deren Nutzungsmöglichkeiten (MVeFFIZIENT, 2019).....	61
Abbildung 19: Förderübersicht: Heizen mit erneuerbaren Energien 2020 (BAFA, 2020).....	69



II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamtendenergieverbrauch (in MWh/ Jahr) der Stadt Gadebusch unterteilt nach Sektoren (Ecospeed Region, 2019)	8
Tabelle 2: Jährlicher Endenergieverbrauch pro Einwohner (in kWh/ Jahr) aufgeteilt in die Bereiche Strom, Wärme und Verkehr (Ecospeed Region, 2019)	15
Tabelle 3: Entwicklung der jährlichen CO ₂ -Emissionen (in t CO ₂ / Jahr) aufgeteilt in die Bereiche Strom, Wärme und Verkehr (Ecospeed Region, 2019).	16
Tabelle 4: Flächennutzung Stadt Gadebusch	21
Tabelle 5: Theoretisches Solarpotenzial der Stadt Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019)	36
Tabelle 6: Photovoltaik-Freiflächenpotenzial nach Rahmenbedingungen des EEG 2017	44
Tabelle 7: Heizenergiebedarf von Gebäuden pro Quadratmeter und Baujahr (Ecospeed Region, 2019)	56
Tabelle 8: Mögliche Grundstücksflächen im Untersuchungsgebiet zur Erzeugung und Nutzung von Erdwärme	57
Tabelle 9: Jährliches Gesamtenergiepotenzial aus erneuerbaren Energieträgern sowie die daraus resultierenden CO ₂ -Einsparungen pro Jahr	63
Tabelle 10: Maßnahmenvorschläge Erneuerbare Energien und Energieeffizienz	66
Tabelle 11: Zuwendungshöhen für Maßnahmen im Rahmen der Klimaschutzförderrichtlinie Kommunen des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Romberg, 2019)	94
Tabelle 12: Zuwendungshöhen für Maßnahmen im Rahmen der Klimaschutzförderrichtlinie Unternehmen des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Romberg, 2019)	97



1. Hintergrund

Die Stadt Gadebusch, vertreten durch ihre Gemeindevertretung und ihren Bürgermeister, möchte aktiv Schritte zur Einsparung von klimaschädlichen Treibhausgasen gehen. Dabei spielen neben der Energieeinsparung und Verbesserung der Energieeffizienz vor allem auch die vermehrte Nutzung erneuerbarer Energien eine zentrale Rolle. Im Rahmen dieses Teilkonzeptes sollen konkrete Potenziale insbesondere für die Verwendung nachhaltiger Energieträger identifiziert werden. Daneben soll eine Betrachtung der Möglichkeit einer integrierten Wärmenutzung erfolgen. Damit kommt die Stadt Ihrer Verantwortung im Kontext nationaler und regionaler Klimaschutzziele nach, die eine Reduzierung der THG-Emissionen von 55 % bis 2030 und 80 - 95 % bis 2050, gegenüber dem Ausgangsjahr 1990, vorsehen. Unterstützt wird die Stadt Gadebusch durch das Amt Gadebusch, dem sie angehört. Das Amt Gadebusch ist bestrebt ein zielgerichtetes Vorgehen zur Verwirklichung von Klimaschutzzielen, gemeinsam mit den benachbarten Ämtern Lützw-Lübstorf und Rehna, durchzuführen.

1.1 Aufgabenstellung

Auf einer objektiven und überprüfbaren Grundlage sollen Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien in der Stadt Gadebusch ermittelt und bewertet werden. Dazu werden in einem ersten Schritt die aktuellen Wärme- und Stromverbräuche des Untersuchungsgebietes dargestellt. Im Anschluss daran erfolgt eine Analyse der aktuellen Flächennutzung sowie daraufhin die Ableitung möglicher Biomassepotenziale. Weiterhin werden die Potenziale zur Nutzung von Windenergie, Sonnenenergie, Geothermie und Wasserkraft ermittelt. Dazu gehören unter anderem die Prüfung von Windeignungsgebieten oder geeigneter Dachflächen und Freiflächen zur Nutzung für Photovoltaik oder Solarthermie. Eine weitere zentrale Aufgabe ist die Ermittlung von potenziellen Standorten zur integrierten Wärmenutzung bspw. in Form von Abwärmenutzung, KWK (Kraft-Wärme-Kopplung) oder Fernwärme.

Im Anschluss an diese umfassende Potenzialanalyse erfolgt die Ermittlung der Energie- und Emissionsreduktionspotenziale, die durch den Einsatz regenerativer Energie erreicht werden könnten. Daraufhin lassen sich konkrete Maßnahmen ableiten, die in den Maßnahmenkatalog eingearbeitet werden.



2. Gesamtenergieverbrauch der Stadt Gadebusch

Im Rahmen des Teilkonzeptes „Integrierte Wärmenutzung in Kommunen und Erneuerbare Energien“ wird in einem ersten Schritt der Strom- und Wärmebedarf des Untersuchungsgebietes aufgezeigt. Anschließend lässt sich daraus ableiten wie viel Prozent des aktuellen Energiebedarfes der Stadt Gadebusch durch den Einsatz erneuerbarer Energien gedeckt werden könnten.

Die in der folgenden Tabelle 1 enthaltenden Gesamtenergieverbräuche der Stadt Gadebusch werden unterteilt in Sektoren und im zeitlichen Rhythmus von fünf Jahren inkl. Berichtsjahr 2018 dargestellt. Die Werte sind witterungskorrigiert. Dies dient der Vergleichbarkeit der Endenergieverbräuche an verschiedenen Orten in Deutschland.

Tabelle 1: Gesamtendenergieverbrauch (in MWh/ Jahr) der Stadt Gadebusch unterteilt nach Sektoren (Ecospeed Region, 2019)

Sektoren [MWh/ a]	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018
Private Haushalte	70.361	52.018	53.934	51.048	48.361	46.552	50.429
Industrie	42.678	18.441	22.074	29.101	31.181	30.498	33.120
GHD	27.450	25.767	23.836	21.810	22.006	21.929	20.650
Kommunale Verwaltung	1.090	1.113	1.198	1.339	1.562	1.454	2.142
Verkehr	49.942	49.461	47.214	45.968	48.662	48.089	48.144
Kommunale Flotte	-	-	-	-	67	67	69
Summe	191.521	146.799	148.255	149.266	151.839	148.589	154.554

GHD: Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, MWh: Megawattstunden, a: Jahr

Im Jahr 2018 ist der höchste Energieverbrauch der Stadt Gadebusch mit umgerechnet 50.429 MWh im Sektor der privaten Haushalte zu verzeichnen. Dies entspricht einem Anteil von 33 % am Gesamtenergieverbrauch. Gadebusch entspricht damit dem Landesdurchschnitt von Mecklenburg-Vorpommern (LEE M-V, 2018). Im deutschen Durchschnitt tragen Privathaushalte jedoch nur gut ein Viertel zum Stromverbrauch bei (ENTEKA Plus GmbH, 2019).



Im Jahr 1990 wurden noch ca. 20.000 MWh mehr Energie verbraucht (70.361 MWh). Dies liegt vor allem daran, dass die hauptsächlichen Energieträger Öl, Kohle oder Stadtgas waren, die eine schlechtere Energiebilanz aufweisen. Nach der Wende veränderte sich der Energiemarkt.

Im Rahmen des Zensus 2011 wurden die letzten offiziellen Erhebungen zum Gebäudebestand in Gadebusch vorgenommen. Zu diesem Zeitpunkt gab es 1.277 Gebäude mit Wohnraum und 2.998 Wohnungen in der Stadt. Etwa 65 % aller bestehenden Wohnräume wurden bis zum Jahr 1978 errichtet. Davon weisen 20,9 % ein Baujahr noch vor 1919 auf. Die teilweise noch immer vorhandene alte Baustruktur und -Substanz lassen folglich auf die erhöhten Strom- aber vor allem auch Wärmeverbräuche in diesem Sektor schließen. Allerdings ist insgesamt eine Abnahme der Energieverbräuche von 1990 bis 2018 zu verzeichnen. Dies liegt zum einen daran, dass die Bevölkerungszahlen in Gadebusch insgesamt abgenommen haben und zum anderen, dass neue Bauvorhaben einen besseren Standard u.a. hinsichtlich der Dämmung aufweisen sowie energieeffiziente Energieversorgungssysteme besitzen. Weiterhin werden stetig alte Heizsysteme durch neue, energieeffiziente Systeme mit emissionsärmeren Brennstoffen ersetzt.

An zweiter Stelle befindet sich der Sektor Verkehr mit 48.144 MWh im Jahr 2018. Dies ist unter anderem auf eine hohe arbeitsbedingte Pendlerquote zurückzuführen. Mit 71,3 % Einpendler und 70,3 % Auspendler ist das Verhältnis nahezu ausgeglichen. Zudem steigt die Anzahl der Pkw (privat & gewerblich) stetig an. Parallel dazu ist die Nutzung des ÖPNV in ländlichen Regionen niedriger als vergleichsweise in Städten.

Der Energieverbrauch im Bereich Verkehr unterlag ausgehend vom Jahr 1990 (49.942 MWh) zunächst bis zum Jahr 2005 einer Abnahme und stieg anschließend bis zum aktuellen Berichtsjahr 2018 wieder an und ist im Vergleich zum Ausgangsjahr 1990 auf einem ähnlichen Niveau. Mit einem Anteil von 31 % am Gesamtenergieverbrauch befindet sich Gadebusch leicht unter dem Landesdurchschnitt von M-V. Hier wurden im Jahr 2016 etwa 35 % der gesamten Endenergie im Sektor Verkehr verbraucht (LEE M-V, 2018).



Der Sektor Industrie weist mit 33.120 MWh im Jahr 2018 ebenfalls einen hohen Energieverbrauch auf. Mit einem Anteil von 21 % am Gesamtenergieverbrauch befindet sich Gadebusch über dem Landesmittelwert in M-V, welcher bei 15 % im Bereich Industrie liegt (LEE M-V, 2018). Im Jahr 1990 wurden hier noch 42.678 MWh Energie verbraucht. Auch in diesem Sektor ist nach der Wende ein deutlicher Abfall des Endenergieverbrauchs zu erkennen.

Ursache hierfür bildet die Währungs-, Wirtschafts- und Sozialunion der beiden deutschen Staaten im Jahr 1990. Die ostdeutsche Wirtschaft war nicht wettbewerbsfähig und brach daher in weiten Teilen zusammen. Im Anschluss daran bildete die Wende jedoch die Basis für einen wirtschaftlichen Aufschwung in Mecklenburg-Vorpommern. Die Strom- und Wärmeverbräuche des Sektors unterliegen dann vor allem konjunkturbedingten oder witterungsbedingten Schwankungen. In Deutschland wird im Sektor Industrie der meiste Strom verbraucht, gefolgt von weiteren gewerblichen Verbrauchern, wie z. Bsp. Supermärkte oder Bürogebäude (ENTEGA Plus GmbH, 2019).

Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) ist ein kontinuierlicher Rückgang der Verbrauchswerte zu verzeichnen. Im Ausgangsjahr 1990 betrug der Energieverbrauch 27.450 MWh. Im aktuellen Berichtsjahr 2018 werden etwa 20.650 MWh Strom und Wärme verbraucht. Dies entspricht einem Anteil von 13 % am Gesamtenergieverbrauch der Stadt. Im Mittel des Landes M-V werden im Kleingewerbe 20 % der Energie verbraucht (LEE M-V, 2018). Die Abnahme ist vor allem auf die Schließung von Unternehmen im Untersuchungsgebiet zurückzuführen.

Der Sektor der kommunalen Verwaltung und der kommunalen Flotte hat nur einen sehr geringen Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Stadt Gadebusch. Im Jahr 2018 lag der Verbrauchswert bei 2.142 MWh. Im Jahr 1990 wurden ca. 1.090 MWh Energie verbraucht. Die Werte steigen im Verlauf des Betrachtungszeitraumes ebenfalls kontinuierlich an. Insgesamt ist der Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Stadt mit ca. 1 % sehr gering. Dem gegenüber steht jedoch die „Vorbildfunktion“ der kommunalen Liegenschaften. Die Umsetzung von klimaschützenden Maßnahmen in öffentlichen Einrichtungen sind von hoher Bedeutung, da der Klimaschutz von der Stadt vorgelebt wird und folglich einen positiven Einfluss auf die Bürger*innen Gadebuschs hat.



Der Gesamtenergieverbrauch eines Untersuchungsgebietes lässt sich grundsätzlich in Strom-, Wärme- und Kraftstoffverbrauch (Verkehr) unterteilen. Daraus kann dann abgeleitet werden, welcher Bereich ein besonders hohes Einsparpotenzial besitzt. Die Darstellung aus der folgenden Abbildung 1 zeigt, dass der Wärmeverbrauch einen großen Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Stadt einnimmt. Der Bereich bietet demzufolge ein hohes Potenzial zum Einsparen von CO₂-Emissionen.

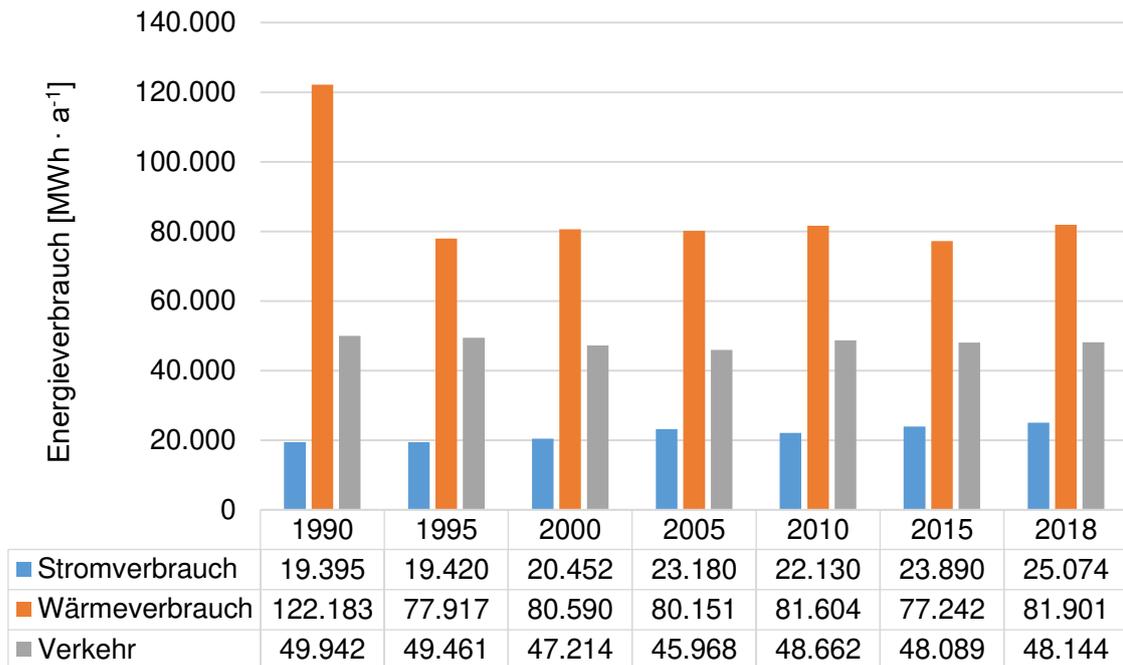


Abbildung 1: Entwicklung des jährlichen Energieverbrauchs der Stadt Gadebusch (in MWh/ Jahr) aufgeteilt in Strom, Wärme und Verkehr (Ecospeed Region, 2019)

Der Wärmeverbrauch im Jahr 2018 beträgt 81.901 MWh. Der starke Abfall von 1990 bis 1995 ist auf die bereits beschriebene Strukturreform nach der Wende zurückzuführen. Seither bewegt sich der Wärmebedarf jedoch auf einem einheitlichen Niveau. Die auftretenden Schwankungen sind konjunkturbedingt oder auf das Auftreten kühler Witterungsverhältnisse zurückzuführen, die eine verlängerte und intensivere Heizperiode hervorrufen.

Der Sektor Verkehr befindet sich ebenfalls auf einem nahezu konstanten Niveau. Im zeitlichen Verlauf unterliegt der Kraftstoffverbrauch, ausgehend von 1990 mit 49.942 MWh, einer Abnahme bis zum Jahr 2005 (45.968 MWh/ a), um anschließend bis zum Jahr 2010 wieder anzusteigen.



Anschließend verläuft der Bedarf annähernd konstant, so dass er im Jahr 2018 etwa 48.144 MWh/ a beträgt und damit leicht unter dem Ausgangswert von 1990 liegt.

Da der Ausstoß von Treibhausgasen (Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas) sowie weiteren klimaschädlichen Gasen, wie Kohlenmonoxid, flüchtige Kohlenwasserstoffe, Stickoxide und Feinstaub beim Verkehr besonders hoch sind, nimmt dieser Bereich eine besondere Rolle beim Klimawandel ein. Das Potenzial zur Reduktion von Emissionen ist folglich sehr groß und von besonderer Bedeutung.

Den geringsten Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Stadt Gadebusch nimmt der Stromverbrauch ein, welcher jedoch insgesamt einen kontinuierlichen Anstieg aufweist. Im Jahr 1990 liegt der Verbrauchswert noch bei etwa 19.395 MWh /a. 2018 beträgt der Gesamtstromverbrauch der Stadt Gadebusch bereits 25.074 MWh.

In der folgenden Abbildung 2 ist die Strombedarfsdichte und in der Abbildung 3 die Wärmebedarfsdichte des Untersuchungsgebietes (grün eingefärbt) grafisch dargestellt. Anhand dieser Karten kann lokalisiert werden, wo sich die höchsten Verbräuche/ Bedarfe im Untersuchungsgebiet befinden.

Weiterhin wird durch die Karten anhand einer Farbskala visuell verdeutlicht, dass der Wärmebedarf in Gadebusch höher ist als der Strombedarf.

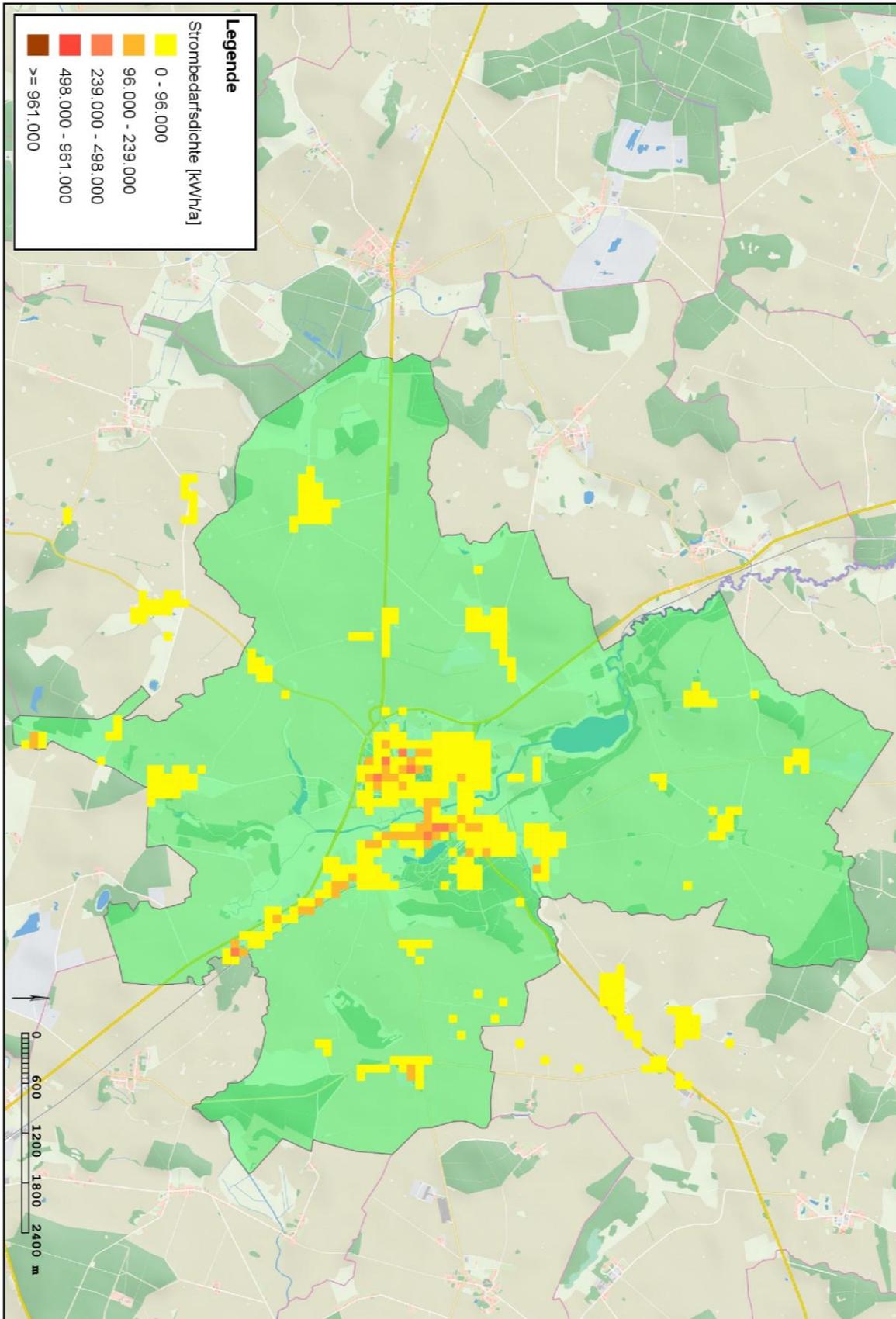


Abbildung 2: Strombedarfsdichte der Stadt Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019)

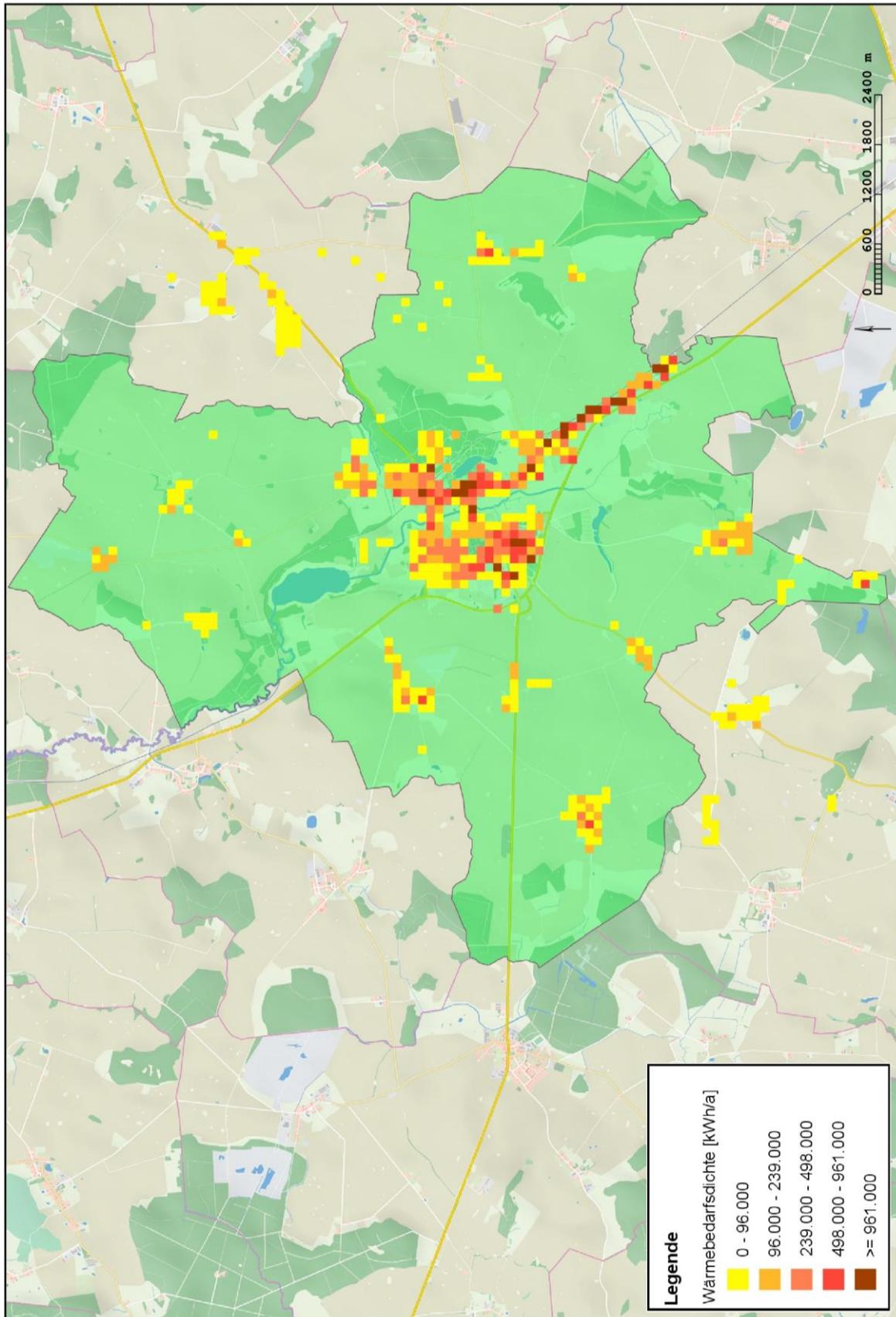


Abbildung 3: Wärmebedarfsdichte der Stadt Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019)



Es wird deutlich, dass vor allem im Stadtkern hohe Strom- und Wärmebedarfe bestehen, da hier zum einen Gewerbebetriebe, Schulen und Kitas angesiedelt sind aber auch weil mehr Einwohner auf einem kleineren Raum leben. Zudem sind die Gebäude im Stadtkern vergleichsweise alt und haben demnach eine schlechtere Energiebilanz. Ein weiterer hoher Wärmebedarf besteht entlang der B 104 Richtung Lützow. Hier sind ebenfalls viele Gewerbebetriebe angesiedelt. Da parallel dazu ein erhöhter Strombedarf besteht ist zu prüfen, ob die Nutzung von KWK-Anlagen in Frage kommen könnte.

Verteilt man die Gesamtenergieverbräuche der Stadt Gadebusch auf dessen Einwohner, so ergeben sich die nachfolgenden Pro-Kopf-Verbräuche (Tabelle 2).

Tabelle 2: Jährlicher Endenergieverbrauch pro Einwohner (in kWh/ Jahr) aufgeteilt in die Bereiche Strom, Wärme und Verkehr (Ecospeed Region, 2019)

[kWh/ a · EW]	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018
Strom	2.869	2.972	3.316	3.910	3.891	4.343	4.534
Wärme	18.074	11.925	13.066	13.521	14.347	14.042	14.810
Verkehr	7.388	7.570	7.655	7.749	8.457	8.627	8.604
Summe	28.331	22.467	24.036	25.180	26.695	27.011	27.948

kWh: Kilowattstunden, a: Jahr, EW: Einwohner

Im Bilanzjahr 2018 werden in Gadebusch durchschnittlich 27.948 kWh pro Jahr und Einwohner verbraucht. Im Jahr 2014 betrug der durchschnittliche Endenergieverbrauch pro Einwohner im Land Mecklenburg-Vorpommern etwa 24.222 kWh pro Jahr (Statista, 2019a). Die Stadt befindet sich demnach über dem Landesdurchschnitt Mecklenburg-Vorpommerns.

Erfolgt lediglich die Betrachtung des Strombedarfs, so werden im Bilanzjahr 2018 4.534 kWh pro Einwohner und Jahr verbraucht. Im Vergleich dazu lag der Strombedarf pro Einwohner im Jahr 2017 in Deutschland bei durchschnittlich 6.976 kWh (BMW, 2020). Gadebusch befindet sich in Bezug auf den Strombedarf pro Einwohner unter dem Bundesdurchschnitt.



3. CO₂-Emissionen der Stadt Gadebusch

Aus den Energieverbräuchen des Untersuchungsgebietes lassen sich mit Hilfe von Emissionsfaktoren die spezifischen CO₂-Emissionen Gadebuschs berechnen. Diese werden in Tonnen CO₂-Äquivalent angegeben, da die Emissionen nicht ausschließlich aus Kohlenstoffdioxid (CO₂) bestehen, sondern auch weitere klimarelevante Treibhausgase beinhalten. Um diese zusammengefasst in einer Zahl darstellen zu können, rechnet man sie in CO₂-Äquivalente um.

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die CO₂-Emissionen dargestellt, die in Folge des Strom- und Wärmeverbrauchs sowie des Verkehrs ausgestoßen werden.

Tabelle 3: Entwicklung der jährlichen CO₂-Emissionen (in t CO₂/ Jahr) aufgeteilt in die Bereiche Strom, Wärme und Verkehr (Ecospeed Region, 2019)

[t CO ₂ / a]	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	1990... ...2018
Strom	16.912	15.362	14.500	16.273	13.588	14.334	13.891	- 18 %
Wärme	42.235	22.547	22.211	21.842	21.108	19.555	20.145	- 52 %
Verkehr	16.546	16.251	15.355	14.549	14.928	14.852	14.903	- 10 %
Summe	75.694	54.159	52.067	52.663	49.624	48.741	48.939	- 35 %

t: Tonne, CO₂: Kohlenstoffdioxid, a: Jahr

Es ist zu erkennen, dass ausgehend vom Jahr 1990 bis zum aktuellen Bilanzjahr 2018 in den Bereichen Strom und Verkehr der Ausstoß von Treibhausgasen reduziert werden konnte. Die CO₂-Emissionen aus dem Stromverbrauch der Stadt konnten insgesamt um 18 %, von 16.912 t CO₂ (1990) auf 13.891 t CO₂ (2018) verringert werden. Der zunehmende Anteil Erneuerbarer Energien im deutschen Strommix und der daraus resultierende verbesserte CO₂-Emissionsbeiwert des Stromes sind Ursache für diese positive Entwicklung, trotz steigendem Stromverbrauch. Die fortführende Einsparung von Strom mit Hilfe von energieeffizienten Technologien oder dem vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien, vor allem auch im privaten Bereich, ist vor allem in Bezug auf die Einsparung von Treibhausgasemissionen von zentraler Bedeutung.

Im Sektor Verkehr wurden im Jahr 1990 etwa 16.546 t CO₂ ausgestoßen. Dieser Wert konnte bis zum Jahr 2018 auf 14.903 t CO₂ verringert werden. Dies entspricht einer Reduzierung um 10 %.



Der Fortschritt der Automobilindustrie sowie die im Vergleich verbesserten Verbrennungssysteme und Katalysatoren der Kraftfahrzeuge begünstigen diese Entwicklung.

Im Wärmesektor ist aufgrund der Änderung der Energieversorgungsstruktur nach der Wende eine starke Reduzierung der CO₂-Emissionen eingetreten. Hier sanken die Treibhausgasemissionen von 42.235 t CO₂ im Jahr 1990 auf 20.145 t CO₂ im Jahr 2018. Die Reduzierung beträgt insgesamt 52 %. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass der Großteil der CO₂-Einsparung bereits zwischen den Jahren 1990 und 1995 stattfand. Von 1995 bis 2018 nahmen die Emissionen um lediglich 10 % ab.

Im Bilanzjahr 2018 werden insgesamt **48.939 t CO₂-Äq.** ausgestoßen. Die nachfolgende Abbildung 4 stellt die prozentuale Verteilung der CO₂-Emissionen in den Sektoren der Stadt Gadebusch für das Jahr 2018 dar.

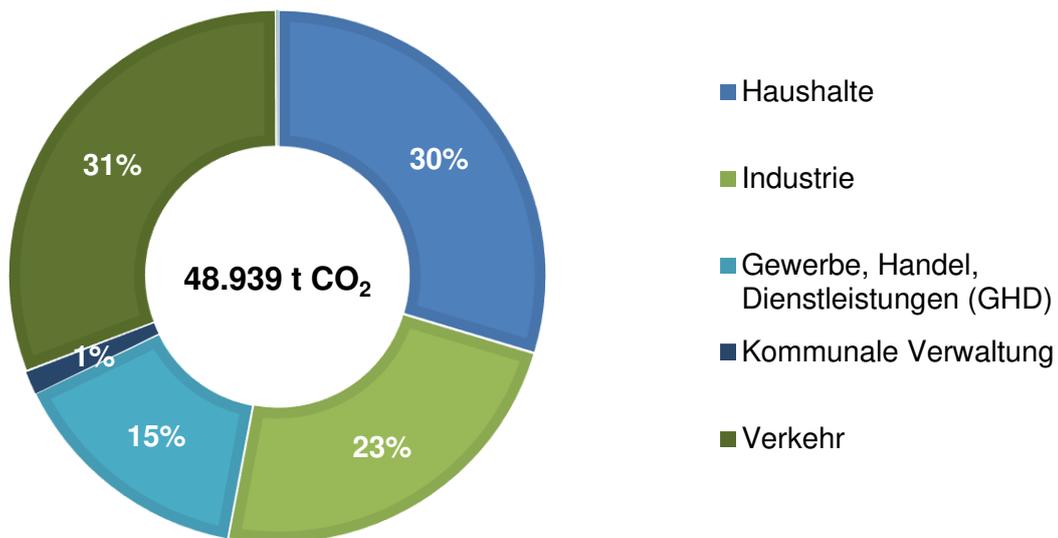


Abbildung 4: CO₂-Emissionen der Stadt Gadebusch im Jahr 2018 und Verteilung auf die Sektoren (Ecospeed Region, 2019)

Aus der Abbildung 4 ist erkennbar, dass mehr als die Hälfte aller CO₂-Emissionen der Stadt Gadebusch auf die Sektoren Private Haushalte (30 %) und Verkehr (31 %) fallen. Der Industriesektor produziert etwa 23 % und der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen etwa 9 % der CO₂-Emissionen. Den kleinsten Anteil trägt der Bereich der kommunalen Verwaltung mit ca. 1 %.



In absoluten Zahlen werden in den jeweiligen Sektoren im Jahr 2018 folgende CO₂-Emissionen ausgestoßen:

Private Haushalte	14.513 t CO₂
Industrie	11.400 t CO₂
GHD	7.269 t CO₂
Kommunale Verwaltung	675 t CO₂
Verkehr	15.061 t CO₂

Setzt man die jährlichen CO₂-Emissionen von **48.939 t CO₂** aus dem Jahr 2018 in Bezug zur Einwohnerzahl, so ergibt sich eine jährliche Pro-Kopf-Emission von **8,85 t CO₂ pro Einwohner**.

Erfolgt die Berechnung der CO₂-Emissionen ohne Vorketten, d.h. lediglich die Emissionen die aus dem Primärenergieverbrauch der Stadt entstehen, dann werden in Gadebusch 2018 pro Einwohner 4,95 t CO₂ verbraucht.

Damit befindet sich die Stadt Gadebusch unter dem deutschen Durchschnitt, welcher 9,6 t CO₂ pro Einwohner beträgt sowie unter dem mittleren Emissionswert von Mecklenburg-Vorpommern, der im Jahr 2016 bei 6,3 t CO₂ pro Einwohner lag.



4. Potenzialbetrachtung

In den nachfolgenden Kapiteln werden die verschiedenen Formen der Erneuerbaren Energieträger betrachtet und hinsichtlich Ihres Nutzungspotenzials im Untersuchungsgebiet bewertet.

4.1. Biomasse

CO₂-Senkenwirkung

Im Rahmen der Potenzialbetrachtung Erneuerbarer Energien zur Energiegewinnung und den damit verbundenen CO₂-Einsparungen durch den Ersatz fossiler Energieträger muss ebenfalls erwähnt werden, dass Biomasse eine natürliche CO₂-Senkenwirkung besitzen kann. Dies gilt jedoch nur, wenn die Biomasse im Ökosystem verbleibt. Der Kohlenstoffzyklus stellt im Klimasystem der Erde ein regulierendes Element dar. Durch die Vegetation wird Kohlenstoffdioxid aus der Luft mittels Photosynthese gebunden und durch natürlichen mikrobiellen Abbau freigesetzt. Neben Meeren und Böden gehören Waldökosysteme zu den globalen Kohlendioxid-Speichern. Aufgrund des hohen Biomassezuwachses gelten vor allem Wälder der nördlichen Sphäre als CO₂-Senken.

In Bezug auf die nachfolgende Flächennutzungsanalyse der Stadt Gadebusch würden insbesondere die Extensivierung von Grünland, die natürliche Waldnutzung und Aufforstung sowie die Anreicherung von Humus im landwirtschaftlichen Boden Potenziale als natürliche CO₂-Speicher bieten. Die Berechnung der CO₂-Senkenwirkung wird im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes jedoch nicht vorgenommen.

Energetisches Potenzial

Der Einsatz von Biomasse zur Erzeugung von Energie wird häufig kontrovers diskutiert, da wertvolle Ackerfläche zum Anbau von nachwachsenden Rohstoffen anstelle für Nahrungs- oder Futtermittel genutzt wird. Insgesamt kann „Bioenergie“ jedoch aus verschiedenen Biomassen, wie zum Beispiel aus:

- landwirtschaftlich angebauten Pflanzen (z. Bsp. Mais, Weizen, Zuckerrübe, Raps, Sonnenblumen, Ölpalmen),
- schnellwachsenden Gehölzen, die auf landwirtschaftlichen Flächen angebaut werden (sogenannte Kurzumtriebsplantagen),



- Holz aus der Forstwirtschaft,
- biogenen Abfall- und Reststoffen aus Land- und Forstwirtschaft, Haushalten, Industrie

gewonnen werden.

Bioenergie kann folglich in gasförmiger (z. Bsp. Biogas, Biomethan), flüssiger (z. Bsp. Pflanzenöl für Heizkraftwerke oder Biokraftstoff) oder fester (z. Bsp. Scheitholz, Holzhackschnitzel) Form vorliegen und entsprechend in allen energierelevanten Sektoren genutzt werden (Umweltbundesamt, 2019).

Das energetische Potenzial von Biomasse ergibt sich aus der verfügbaren Fläche und dem Aufkommen nachwachsender Rohstoffen. Hierbei wird zwischen stetig anfallenden Reststoffen (z. Bsp. Landschaftspflegematerial) und gezielt angebauten Energiepflanzen (z. Bsp. Energieholz, Biogassubstrate) unterschieden. Des Weiteren kann eine Unterteilung nach der Herkunft der jeweiligen Energierohstoffe (z. Bsp. Waldflächen, Grünland, Ackerland) erfolgen (Umweltbundesamt, 2019).

Um das mengenmäßige Aufkommen der verschiedenen Energieträger bewerten zu können, wird daher eine Analyse der vorliegenden Flächennutzungsarten im Untersuchungsgebiet vorgenommen.



4.1.1 Flächennutzungsanalyse

Mit Hilfe der Kommunalen Energiekarten wurde eine Analyse der Flächennutzung durchgeführt. In der folgenden Tabelle 4 ist die Aufteilung der unterschiedlichen Flächennutzungsarten dargestellt. Insgesamt hat die Stadt Gadebusch mit den dazugehörigen Ortsteilen eine Fläche von 47,80 km².

Tabelle 4: Flächennutzung Stadt Gadebusch

Fläche	Größe [ha]	Anteil [%]
Landwirtschaftliche Nutzfläche	3.103	65
Grünland	640	13
Waldfläche/ Gehölz	545	11
Gewässer/ Feuchtfläche	66	1
Versiegelte Fläche	152	3
Restfläche*	269	6
Summe	4.780	100

* Restfläche: u.a. Friedhof, Sportflächen, besondere funktionale Prägung etc., ha: Hektar, %: Prozent

Es wird deutlich, dass die Flächen der Stadt Gadebusch und der dazugehörigen Ortsteile überwiegend durch die landwirtschaftliche Nutzung geprägt sind. Laut den Regionalen Wertansätzen für Mecklenburg-Vorpommern aus dem Jahr 2004 besitzt die Stadt Gadebusch eine Ackerzahl von 53. Die im Wesentlichen für die Biomasseproduktion relevanten Acker-, Wald- und Grünlandflächen nehmen insgesamt knapp 90 % des gesamten Untersuchungsgebietes ein.

Die entsprechenden energetischen Potenziale der unterschiedlichen Flächen werden in den nachfolgenden Kapitel näher betrachtet.

4.1.2 Landwirtschaftliche Nutzfläche

Anbau von Biomasse zur Strom- und Wärmeproduktion in Biogasanlagen

Auf den landwirtschaftlichen Flächen des Untersuchungsgebietes können verschiedene pflanzliche Substrate zur Erzeugung von Biogas angebaut werden. Dabei wird das organische Material vergoren und das entstehende Biogas



anschließend in einem Blockheizkraftwerk verbrannt. Der dabei produzierte Strom kann ins öffentliche Stromnetz eingespeist und/ oder eigenverbraucht werden. Die Wärme wird in der Regel als Prozesswärme (Beheizung der Fermenter, Stallanlagen etc.) genutzt und kann daneben ebenfalls in Nahwärmenetzen an Verbraucher abgegeben werden. Als Biogassubstrat können verschiedene Pflanzen aber auch tierische Abprodukte (Gülle, Mist) eingesetzt werden. Im Rahmen dieser Betrachtung werden der Anbau, die Silierverluste und der Biogasertrag von Silomais (Maissilage) als Berechnungsgrundlage genutzt. Zur Ermittlung des theoretischen Potenzials werden 100 % der landwirtschaftlichen Fläche zum Anbau der Energiepflanzen angenommen. Zur Berechnung der Potenziale werden folgende Rahmendaten verwendet:

Landwirtschaftliche Nutzfläche:	3.103 ha
Anbaufläche:	100 % (theoretisch) 20 % (umsetzbar)
Spezifischer Ernteertrag (DMK, 2019):	37 t FM/ ha · a
(Silier-) Verluste (Richter et al., 2011):	5 %
Spezifischer Biogasertrag (LfL Bayern, 2019):	185,3 Nm ³ / t FM
Heizwert (FNR, 2018):	5,5 kWh/ m ³ Biogas
Elektrischer Wirkungsgrad BHKW:	40 %
Thermischer Wirkungsgrad BHKW:	50 %
Elektrischer Eigenbedarf:	10 %
Thermischer Eigenbedarf:	15 %

Gl. 1

$$\text{Potenzial}_{\text{Gesamt}} [\text{MWh}] = \text{Anbaufläche} [\text{ha}] \cdot \text{Ertrag} [\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}] \cdot \text{Biogasertrag} [\text{Nm}^3 \cdot \text{tFM}^{-1}] \cdot \text{Heizwert} [\text{MWh} \cdot \text{t}^{-1}]$$

Gl. 2

$$\text{Potenzial}_{\text{Strom}} [\text{MWh}] = (\text{Potenzial}_{\text{Gesamt}} [\text{MWh}] \cdot \text{Wirkungsgrad}_{\text{elektrisch}} [\%]) - \text{Eigenbedarf}_{\text{elektrisch}} [\%]$$

Gl. 3

$$\text{Potenzial}_{\text{Wärme}} [\text{MWh}] = (\text{Potenzial}_{\text{Gesamt}} [\text{MWh}] \cdot \text{Wirkungsgrad}_{\text{thermisch}} [\%]) - \text{Eigenbedarf}_{\text{thermisch}} [\%]$$



Aus den genannten Rahmenbedingungen errechnet sich ein jährliches **theoretisches Potenzial** von **47.250 MWh Wärme** und **40.025 MWh Strom** ab BHKW.

Um die Beeinträchtigung der Lebensmittel- und Futtermittelproduktion zu begrenzen sollte die für die Energiegewinnung genutzte Fläche jedoch 20 % der gesamten Anbaufläche nicht überschreiten.

Unter diesen Voraussetzungen errechnet sich ein **umsetzbares Potenzial** von **jährlich 9.450 MWh Wärme** und **8.005 MWh Strom** ab BHKW.

Thermische Verwertung von Getreidestroh

Für eine energetische Nutzung von Landwirtschaftsflächen kommt unter anderem die Verbrennung von Getreidestroh in Betracht. Hierbei ist unbedingt zu berücksichtigen, dass zur Erhaltung der Bodenqualität ein Teil des anfallenden Strohs auf der Ackerfläche verbleiben sollte. Das im Untersuchungsgebiet anfallende Stroh würde wie üblich geborgen und zwischengelagert werden. Anschließend folgt dann jedoch die Verbrennung in einem geeigneten Heizkessel. Die erzeugte Wärme könnte anschließend über Nahwärmenetze zu den Verbrauchern transportiert werden.

Als theoretisch nutzbares Potenzial wird der Energieinhalt des gesamten im Gemeindegebiet anfallenden Getreidestrohs abzüglich von Verlusten durch Bergung, Aufbereitung, Lagerung, Transport und Feuerungstechnik angesetzt. Daraus ergibt sich folgende Rechengrundlage:

Landwirtschaftliche Nutzfläche:	3.103 ha
Anbaufläche (LAI V M-V, 2018):	100 % (theoretisch) 44,4 % (umsetzbar)
Strohaufkommen (FNR, 2018):	6 t/ ha (theoretisch) 4 t/ ha (umsetzbar)
Heizwert (TFZ Bayern, 2008):	3,96 MWh/ t (bei w = 15 %)
Masseverluste Bereitstellung:	6 %
Jahresnutzungsgrad Kessel:	0,85

**Gl. 4**

$$\text{Potenzial [MWh]} = (\text{Anbaufläche [ha]} \cdot (\text{Strohertrag [dt} \cdot \text{ha}^{-1}] - \text{Verluste [\%]})) \cdot \text{Heizwert [MWh} \cdot \text{t}^{-1}] \cdot \text{Jahresnutzungsgrad Kessel [\%]}$$

Daraus errechnet sich ein **theoretisches Potenzial von 58.917 MWh** Endenergie Wärme ab Heizkessel pro Jahr.

Für das umsetzbare Potenzial werden nur die Anbauflächen von Gerste und Weizen (ca. 44,4 %) angenommen, da sich vor allem dieses Stroh zur energetischen Verwertung eignet. Weiterhin wird ein Strohaufkommen von 4 t angenommen, da zur Humusbildung und dem Erhalt der Bodenstruktur Stroh auf der landwirtschaftlichen Fläche verbleiben sollte.

Unter den gegebenen Voraussetzungen errechnet sich ein **umsetzbares Potenzial von 17.440 MWh** Endenergie Wärme ab Heizkessel pro Jahr.

Anbau von Energieholz zur thermischen Verwertung

Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung erneuerbarer, thermischer Energie ist der Anbau schnellwachsender Energiehölzer wie Pappel oder Weide. Die schnellwachsenden Baumarten können entweder flächig, als Kurzumtriebsplantage, oder in Reihenform, als Agroforst, angebaut werden. Beim Agroforst muss jedoch zwischen den Reihen eine andere landwirtschaftliche Nutzung erfolgen. Das Energieholz wird in einem drei- bis fünfjährigen Rhythmus geerntet und in Form von Hackschnitzeln in speziellen Heizkesseln verbrannt. Die erzeugte Wärme kann anschließend über Nahwärmenetze zu den Verbrauchern transportiert.

Handelt es sich um einen landwirtschaftlichen Anbau von Energieholz können nach der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik Kurzumtriebsplantagen auch als ökologische Vorrangflächen (ÖVF) auf das Greening angerechnet werden (Bärwolff et al., 2012).

Als theoretisches Potenzial werden 100 % der verfügbaren landwirtschaftlichen Anbaufläche angenommen. Da gute Ackerstandorte selten für Kurzumtriebsplantagen genutzt werden, sind hier vor allem Ackerrandgebiete oder Grenzertragsstandorte von Interesse. Daraus ergibt sich eine nutzbare Anbaufläche von 10 % der gesamten Ackerfläche.



In beiden Berechnungen erfolgt die Beachtung von Verlusten durch Bergung, Aufbereitung, Lagerung, Transport und Nutzungsgrad der Feuerungstechnik. Weiterhin ist zu beachten, dass die Erträge mit zunehmender Anbaudauer steigen. Zur Berechnung werden nach Röhle et al. (2010) Durchschnittserträge eines mittleren Standortes (Bodenpunkte 30 - 66, Niederschlag 220 - 300 mm) des 1. Umtriebes für Pappeln angesetzt.

Daraus lassen sich folgende Rahmendaten wurden für die Berechnung der Ertragspotenziale ableiten:

Landwirtschaftliche Nutzfläche:	3.103 ha
Anbaufläche:	100 % (theoretisch) 10 % (umsetzbar)
Spezifischer Ertrag (Röhle et al., 2010):	4 t/ a · ha
Heizwert (Pappel):	2,52 MWh/ t (w = 15%)
Masseverluste Bereitstellung:	5 %
Jahresnutzungsgrad Kessel:	85 %

Gl. 5

Potenzial [MWh] =

(Anbaufläche [ha] · (Ertrag [t · ha⁻¹] - Verluste [%]) · Heizwert [MWh · t⁻¹]) · Jahresnutzungsgrad Kessel [%]

Daraus ergibt sich ein jährliches, **theoretisches Potenzial** von **34.083 MWh** bzw. ein **umsetzbares Potenzial** von **3.408 MWh** Wärme ab Heizkessel.

4.1.3 Grünland

Für eine energetische Nutzung der Grünland- und Brachflächen kommt eine Nutzung des Grünlandschnittes als Brennstoff in einem Feststoffkessel oder als Rohstoff zur Biogasgewinnung in Frage. Der bestmögliche Nutzungspfad ist unter anderem vom Erntezeitpunkt und der Aufbereitung des Substrates abhängig.

Die Grünlandfläche der Stadt Gadebusch beträgt aktuell 640 ha und entspricht damit etwa 13 % des gesamten Untersuchungsgebietes.



Dauergrünland zur Strom- und Wärmeproduktion in Biogasanlagen

Die Verwertung von Grasaufwuchs als Co-Substrat in Biogasanlagen ermöglicht eine gute Biogasproduktion. Als Rohstoff eignet sich hierbei vorrangig Grassilage. Diese bildet die Grundlage für die nachfolgende Potenzialberechnung. Für das theoretische Potenzial werden 100 % der Ernteerträge aller Grünlandflächen angenommen. Da jedoch ein großer Teil der Grünlanderträge als Futtersubstrat für Nutztiere eingesetzt werden, erfolgt zur Ermittlung des umsetzbaren Potenzials eine Flächennutzung von 20 % der Grünlandflächen zur Biogaserzeugung (LfL Sachsen, 2006). Bei beiden Berechnungen werden insgesamt 10 % Verluste (Silierverluste, Feldverluste) angenommen.

Grünlandfläche:	640 ha
Nutzfläche:	100 % (theoretisch) 30 % (umsetzbar)
(Silier-) Verluste (Köhler, 2015):	10 %
Spezifischer Ernteertrag (Klostermann et al., 2004):	26 t FM/ ha · a
Spezifischer Biogasertrag (LfL Bayern, 2019):	125 Nm ³ / t FM
Heizwert (FNR, 2018):	5,5 kWh/ m ³ Biogas
Elektrischer Wirkungsgrad BHKW:	40 %
Thermischer Wirkungsgrad BHKW:	50 %
Elektrischer Eigenbedarf:	10 %
Thermischer Eigenbedarf:	15 %

Gl. 6

$$\text{Potenzial}_{\text{Gesamt}} [\text{MWh}] =$$

$$\text{Anbaufläche} [\text{ha}] \cdot \text{Ertrag} [\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}] \cdot \text{Biogasertrag} [\text{Nm}^3 \cdot \text{tFM}^{-1}] \cdot \text{Heizwert} [\text{MWh} \cdot \text{t}^{-1}]$$

Gl. 7

$$\text{Potenzial}_{\text{Strom}} [\text{MWh}] =$$

$$(\text{Potenzial}_{\text{Gesamt}} [\text{MWh}] \cdot \text{Wirkungsgrad}_{\text{elektrisch}} [\%]) - \text{Eigenbedarf}_{\text{elektrisch}} [\%]$$

Gl. 8

$$\text{Potenzial}_{\text{Wärme}} [\text{MWh}] =$$

$$(\text{Potenzial}_{\text{Gesamt}} [\text{MWh}] \cdot \text{Wirkungsgrad}_{\text{thermisch}} [\%]) - \text{Eigenbedarf}_{\text{thermisch}} [\%]$$



Aus den oben genannten Rahmenbedingungen errechnet sich ein **theoretisches Wärmepotenzial** (abzgl. Eigennutzung) von **4.376 MWh** sowie ein **theoretisches Strompotenzial** (abzgl. Eigennutzung) von **3.707 MWh pro Jahr** ab BHKW.

Werden nur 20 % der Grünlanderträge in Form von Grassilage zur Biogasproduktion verwendet so ergibt sich ein **umsetzbares Potenzial** von jährlich **875 MWh** thermisch und **741 MWh** elektrisch ab BHKW.

Thermische Verwertung von Grünland (Heu)

Zur energetischen Verwertung von Landschaftspflegeheu erfolgt die konventionelle Ernte und Herstellung von Heu aus Grünland. Im Laufe eines Jahres werden die Grünlandflächen in der Regel 3 - 4 Mal geschnitten. Gute Brennstoffe aus Grünland sind möglichst spät gemähte, rohfaserreiche Aufwüchse, die in Feldtrocknung geerntet werden und eine schlechte Futterqualität haben (BLE, 2019). Dieses wird zu Ballen verarbeitet und in speziellen Halmgutkesseln verbrannt. Die dabei entstehende Wärme kann in Nahwärmenetze eingespeist und zu den Verbrauchern transportiert werden.

Zur Berechnung des theoretischen Potenzials wird der Energieinhalt der auf den gesamten Grünland- und Brachflächen wachsenden halmgutartigen Biomasse angenommen. Zur Berechnung werden 3 Schnitte pro Jahr mit mittleren Erträgen von 3,5 t/ ha angenommen. Abzüglich von Verlusten durch Bergung, Aufbereitung, Lagerung, Transport und Feuerungstechnik.

Für das umsetzbare Potenzial wird davon ausgegangen, dass lediglich ein Anteil von 10 % des Grünlandes zur thermischen Verwertung eingesetzt wird.

Grünlandfläche:	640 ha
Nutzfläche:	100 % (theoretisch) 10 % (umsetzbar)
Spezifisches Heuaufkommen:	3 t FM/ ha · Schnitt
Heizwert (FNR, 2014):	3,8 MWh/ t (w = 15 %)
Masseverluste Bereitstellung:	10 %
Jahresnutzungsgrad Kessel:	85 %

**Gl. 9**

$$\text{Potenzial}_{\text{W\u00e4rme}} [\text{MWh}] = (\text{Anbaufl\u00e4che} [\text{ha}] \cdot (\text{Ertrag} [\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}] - \text{Verluste} [\%]) \cdot \text{Heizwert} [\text{MWh} \cdot \text{t}^{-1}]) \cdot \text{Jahresnutzungsgrad Kessel} [\%]$$

Aus den Rahmendaten errechnet sich ein **theoretisches Potenzial** von **16.477 MWh pro Jahr** in Form von Endenergie W\u00e4rme ab Kessel. Das **umsetzbare Potenzial** bel\u00e4uft sich dagegen auf ca. **1.674 MWh pro Jahr** W\u00e4rme ab Heizkessel.

4.1.4 Waldfl\u00e4chen

F\u00fcr eine energetische Verwertung der vorhandenen Wald- und Geh\u00f6lzfl\u00e4chen kommt die Nutzung der holzartigen Biomasse als Brennstoff in Frage. Hierbei soll der Anfall von Waldrestholz betrachtet werden. Voraussetzung daf\u00fcr ist jedoch, dass die Waldfl\u00e4chen beerntet werden. Als Waldrestholz werden erntetechnisch bedingte R\u00fcckst\u00e4nde beim Einschlag von Stammholz bzw. Industrieholz bezeichnet, die derzeit gr\u00f6\u00dftenteils im Wald verbleiben. Dieses oft auch als Schlagabraum oder Schlagr\u00fccklass bezeichnete Holzaufkommen besteht aus einer Reihe unterschiedlicher Baumbestandteile inkl. Rinde (Kappler, 2008).

In der Forstwirtschaft anfallende Holzsortimente, die keiner anderen vorrangigen Verwendung unterliegen, werden bis zur begrenzten Lagerbest\u00e4ndigkeit getrocknet, gehackt und in Holzhackschnitzelkessel verfeuert. Die erzeugte W\u00e4rme wird \u00fcber Nahw\u00e4rmenetze zu den Verbrauchern transportiert.

Laut Aussage von Herrn Tews (2020) sind in den letzten Jahren keine gro\u00dffl\u00e4chigen Einschl\u00e4ge im Stadtwald durchgef\u00fchrt worden, weshalb folglich kein Restholz angefallen ist.

Das aus dem Stadtwald gewonnene Holz wird aktuell als Industrie- bzw. Brennholz vermarktet. Im Jahr 2018 waren dies ca. 1.500 fm Holz. Im Rahmen des Klimabeirates der Stadt Gadebusch wird ein Konzept erarbeitet, dass durch eine Reduktion der Holznutzung eine Erh\u00f6hung der Kohlenstoff-Speicherf\u00e4higkeit des Stadtwalds zum Ziel hat. Neben der Erh\u00f6hung der Senkenwirkung zielen die vorgeschlagenen Ma\u00dfnahmen auch auf eine St\u00e4rkung der Biodiversit\u00e4t und der Erholungsnutzung ab.



Als theoretisches Potenzial wird der Energieinhalt des auf der gesamten Forstfläche im Gemeindegebiet anfallenden Waldrestholzes abzüglich von Verlusten durch Bergung, Aufbereitung, Lagerung, Transport und Feuerungstechnik angesetzt. Insgesamt fallen in Deutschland ca. 38 % der ungenutzten Biomasse-Reststoffpotenziale auf Waldrestholz und weitere 4 % auf Landschaftspflegeholz zurück (Brosowski et al., 2015). Im Untersuchungsgebiet der Stadt Gadebusch gibt es insgesamt 485 ha Wald. Dies entspricht einem Anteil von 10 % an der Gesamtfläche der Stadt.

Für die Berechnung eines theoretischen und real umsetzbaren Ertragspotenzials aus Waldrestholz lassen sich folgende Rahmenbedingungen festlegen:

Waldfläche:	485 ha
Nutzfläche:	100 % (theoretisch) 70 % (umsetzbar)
Waldrestholzaufkommen (Kappler, 2008):	0,3 t FM/ ha (65 % TM)
Heizwert (Kappler, 2008):	2,9 MWh/ t FM
Masseverluste Bereitstellung:	20 %
Jahresnutzungsgrad Kessel:	0,85

Gl. 10

$$\text{Potenzial}_{\text{Wärme}} [\text{MWh}] = (\text{Forstfläche} [\text{ha}] \cdot (\text{Restholz-Aufkommen} [\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}] - \text{Verluste} [\%]) \cdot \text{Heizwert} [\text{MWh} \cdot \text{t}^{-1}]) \cdot \text{Jahresnutzungsgrad Kessel} [\%]$$

Auf Grundlage der angenommenen Rahmenbedingungen errechnet sich ein **theoretisches Potenzial** von jährlich **277 MWh** in Form von Endenergie Wärme ab Kessel. Das **umsetzbare Potenzial** beinhaltet eine Nutzfläche von 70 % der gesamten Waldfläche und beläuft sich auf ca. **194 MWh pro Jahr** Wärme ab Heizkessel.

Weiterhin ist zu beachten, dass es gegenwärtig umstritten ist, ob die energetische Nutzung von Waldrestholz tatsächlich einen positiven Beitrag zum Klimaschutz darstellt. Der kurzfristigen Klimawirkung durch den Ersatz fossiler Brennstoffe ist stets der Entzug von mittel- und langfristig im Totholz und Humus gebundenen Kohlenstoffs gegenüber zu stellen.



4.1.5 Landschaftspflegematerial

Analog zur Nutzung von Waldrestholz aus der Forstwirtschaft ist ebenfalls die Nutzung von Material aus dem Rückschnitt von Bäumen und Sträuchern möglich. Die in der Landschaftspflege anfallenden Schnittsortimente werden am Bauhof zentral gesammelt, gelagert und von einem Dienstleister zerkleinert. Anschließend werden die Hackschnitzel an einen Abnehmer verkauft. In Gadebusch fallen jährlich ca. 900 Raummeter (= 1.350 Schüttraummeter Srm) Baum- und Strauchschnitt an (Tews, 2020). Minderwertiges Material, wie bspw. von Borkenkäfern befallenes Material könnte ebenfalls zu Hackschnitzeln verarbeitet und anschließend thermisch verwertet werden.

- Im Rahmen einer spezifischen Betrachtung durch einen Fachplaner sollte zunächst eine Beprobung und Analyse der Hackschnitzel erfolgen, um einen genauen Heizwert ermitteln und folglich die Eignung als Brennstoff ableiten zu können. In jedem Fall muss vor der Verbrennung eine Trocknung des Materials erfolgen, was einen zusätzlichen Energieaufwand bedeutet.

Bei der Berechnung des theoretischen Potenzials wird der Energieinhalt des im gesamten Stadtgebiet anfallenden Landschaftspflegematerials abzüglich von Verlusten durch Bergung, Aufbereitung, Lagerung und Transport angesetzt. Es werden theoretische Heizwerte für Pappeln angenommen und kein zusätzlicher Energieaufwand für die Trocknung des Materials berechnet.

Jährliche Menge (Tews, 2020):	1.350 Srm (≈ 900 rm)
Wassergehalt (Annahme)	30 %
1 Srm Hackschnitzel (Hanusch und Hofbauer GmbH, 2020)	≈ 210 - 250 kg/ m ³
Heizwert (Biotherm, 2019):	2,2 kWh/ kg
Masseverluste Bereitstellung:	10 %
Jahresnutzungsgrad Kessel:	0,8

Gl. 11

$$\begin{aligned}
 & \text{Potenzial}_{\text{wärme}} [\text{kWh}] = \\
 & (\text{Menge Material} [\text{Srm}] - \text{Verluste} [\%]) \cdot 220 [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \cdot \text{Heizwert} [\text{kWh} \cdot \text{Srm}^{-1}] \cdot \\
 & \text{Jahresnutzungsgrad Kessel} [\%]
 \end{aligned}$$



Für die thermische Verwertung von Landschaftspflegeholz errechnet sich ein umsetzbares Potenzial von **470 MWh pro Jahr in Form von Wärme**.

Daneben werden jährlich noch ca. 300 t Landschaftspflegematerial in Form von Grasschnitt und Laub beim Bauhof in Gadebusch gesammelt. Das Material wird kompostiert und kann als organischer Dünger auf Flächen ausgebracht werden.

4.1.6 Bioabfall

Bio- und Speiseabfälle besitzen ein hohes energetisches Potenzial. In Mecklenburg-Vorpommern fielen im Jahr 2017 etwa 81 kg Bio- und Grünabfälle pro Einwohner an (Statista, 2019b). Für Gadebusch ergeben sich daraus bei einer Einwohnerzahl von 5.507 Menschen ca. **446 t Bioabfall pro Jahr**.

Die Nutzungspfade sehen in der Regel eine Kompostierung oder die Vergärung in einer Biogasanlage vor. Da sich in den Abfällen pathogene Erreger befinden können, müssen bei der Verwertung strenge rechtliche Rahmenbedingungen eingehalten werden. Eine eigenständige Verwertung in der Stadt würde einen unverhältnismäßig hohen Kosten-, Personal- sowie Verwaltungsaufwand mit sich bringen. Aus diesem Grund wird von einer Potenzialbetrachtung für die Stadt Gadebusch abgesehen. Zudem werden die Bioabfälle der Stadt bereits verwertet und leisten damit einen Beitrag für einen nachhaltigen Stoffkreislauf.

Im Landkreis Nordwestmecklenburg wird flächendeckend die Biotonne angeboten und von der Firma GER Umweltschutz GmbH aus Grevesmühlen betrieben. Die organischen Abfälle wie Klärschlämme, Grünschnitt, Holz sowie der Inhalt der Biotonnen bilden das Ausgangsmaterial für den durchgeführten Rotteprozess. Nach Abschluss des Kompostierungsverfahrens wird der Kompost für verschiedene Anwendungen durch Sieben aufbereitet. Die GER Umweltschutz GmbH verwertet ausschließlich organische Abfälle aus dem norddeutschen Raum und liefert ebenfalls an Abnehmer aus der Region, wodurch ein verkehrsarmer Recyclingkreislauf entsteht.



4.1.7 Tierische Reststoffe

Anfallende Abprodukte aus der Tierhaltung, wie Gülle und Mist können ebenfalls zur Energiegewinnung genutzt werden. Dies erfolgt bei der Vergärung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Diese Form der Verwertung hat viele Vorteile, denn es werden Substrate eingesetzt, die ohnehin in der Tierhaltung anfallen. Dadurch müssen keine zusätzlichen Ressourcen genutzt werden, die ggf. in Konkurrenz mit anderen Nutzungspfaden stehen (z. Bsp.: Maisanbau anstelle von Getreideanbau). Weiterhin entstehen bei der Lagerung von Exkrementen klimaschädliche Treibhausgasemissionen, welche die Umwelt belasten. Während der Vergärung im abgeschlossenen Behälter werden diese Emissionen minimiert und parallel dazu wertvolles Biogas gewonnen. Dieses kann anschließend in Strom und Wärme umgewandelt und zur dezentralen Energieversorgung eingesetzt werden. Der entstehende Gärrest ist nach einem vollständig abgeschlossenen Vergärungsprozess emissionsärmer als das Ausgangsprodukt und wird als organischer Dünger auf den landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht.

Im Rahmen der Ermittlung des Biogaspotenzials aus tierischen Reststoffen sind vor allem die tierhaltenden Landwirtschaftsbetriebe im Untersuchungsgebiet von Bedeutung. Südlich von Gadebusch, zwischen den Orten Wakenstädt und Neuendorf, hat die Tanten-Dobbehaus GbR ihren Betriebssitz und betreibt eine Milchkuhhaltung mit Jungviehaufzucht. Auf dem Betriebsstandort befindet sich eine 500 kW_{el.} Biogasanlage in der die anfallende Gülle bereits vergoren wird. Die erzeugte Wärme wird zur Beheizung von zwei Wohnhäusern, der Melkanlage und der Behälterheizung verwendet. Die restliche Abwärme bleibt aktuell ungenutzt.

Weitere Landwirtschaftsbetriebe mit Tierhaltung haben lediglich Außenstandorte im Untersuchungsgebiet (z. Bsp.: Agrar GmbH Köchelstorf: Güllelagune in Buchholz, Agrar GmbH Roggendorf: Stallanlage in Ganzow), weshalb diese lediglich genannt, jedoch nicht in die Potenzialberechnung einbezogen werden. Die Agrar GmbH Köchelstorf besitzt eine Biogasanlage mit 320 kW_{el.} und vergärt darin die anfallende Gülle sowie den Festmist. Weiterhin betreibt der Landwirtschaftsbetrieb eine Windenergieanlage, dessen Strom (ca. 1.000 MWh Strom pro Jahr) an die Stadt Rehna verkauft wird sowie eine Photovoltaik-Aufdachanlage. Auf den betriebseigenen Dachflächen besteht zusätzlich ein freies Potenzial von 3 ha. Die Agrar GmbH Köchelstorf wäre laut Aussage des gegenwärtigen Geschäftsführers



Herrn Drews aufgrund der räumlichen Nähe auch einer Zusammenarbeit mit Gadebusch aufgeschlossen, wenn seitens des Amtes Rehna bzw. der Stadt Rehna kein Interesse besteht.

Agrar GmbH Köchelstorf:

Milchkühe:	741
Mastrinder:	384
Gülleaufkommen (Drews, 2019):	11.000 t FM/ a
Festmistaufkommen (Drews, 2019):	35.000 t FM/ a

Agrar GmbH Roggendorf:

Milchkühe:	741
Mastrinder:	384
Stallanlage Ganzow:	1.481 t FM/ a

Tantzen-Dobbehaus GbR:

Milchvieh:	470
Jungvieh:	100
Gülleaufkommen (Tantzen-Dobbehaus, 2019):	11.970 t/ a
Spezifischer Biogasertrag (KTBL, 2013):	30,4 m ³ / t FM
Elektrischer Wirkungsgrad BHKW:	40 %
Thermischer Wirkungsgrad BHKW:	50 %
Elektrischer Eigenbedarf:	10 %
Thermischer Eigenbedarf:	50 %

Aus der Rindergülle der Tantzen-Dobbehaus GbR ergibt sich ein energetisch nutzbares Potenzial von jährlich **500 MWh Wärme** und **720 MWh Strom**.

Die erzeugte Wärme wird durch die Tantzen-Dobbehaus GbR aktuell nur anteilig genutzt, wodurch ein offenes Potenzial zur dezentralen Versorgung der Ortslage Wakenstädt mittels Nahwärmenetz möglich wäre. Aufgrund der weiten Entfernung zum Ort muss die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens geprüft werden. Bei einer Distanz ab ca. 500 m kann es aufgrund von Wärmeverlusten vorteilhaft sein, anstelle einer Wärmeleitung eine Biogasleitung zu verlegen und ein Satelliten-BHKW zu errichten.



4.2 Solarenergie

Als Sonnenenergie oder Solarenergie bezeichnet man diejenige Energie der Sonnenstrahlung, die in Form von elektrischem Strom, Wärme oder chemischer Energie technisch genutzt werden kann. Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes werden ausschließlich die Potenziale von Solarthermie (Wärmeenergie) und Photovoltaik (elektrische Energie) näher betrachtet.

Grundsätzlich muss dabei beachtet werden, dass hinsichtlich des Solarpotenzials ein Nutzungskonflikt besteht, da auf den Dachflächen sowohl Wärmeerzeugung (Solarthermie) als auch Stromerzeugung (Photovoltaik) möglich ist. Daher können die im Folgenden errechneten Potenziale für Strom und Wärme aus Solarenergie nicht zeitgleich zu 100 % ausgeschöpft werden.

4.2.1 Photovoltaik

Mit Photovoltaikanlagen wird Sonnenenergie in Gleichstrom umgewandelt. Der Gleichstrom wird durch einen Wechselrichter wiederum in Wechselstrom umgewandelt. Dieser Strom kann dann für den Eigenbedarf, wie etwa zum Betrieb von Elektro- bzw. Haushaltsgeräten, eingesetzt werden oder aber in das öffentliche Stromnetz eingespeist und vergütet werden. Die Einspeisevergütung ist nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz geregelt.

Zur Ermittlung des Solarpotenzials in Form von Photovoltaik wurden allen Dachflächen des Untersuchungsgebietes hinsichtlich ihrer Ausrichtung und Neigung entsprechende Strahlungserträge zugeordnet. Entsprechend dieser Einteilung erfolgte mit Hilfe der Kommunalen Energiekarten die Berechnung des Potenzials. In der nachfolgenden Abbildung 5 ist das theoretische Aufdachpotenzial für Photovoltaik des Stadtgebietes Gadebusch GIS-basiert dargestellt.

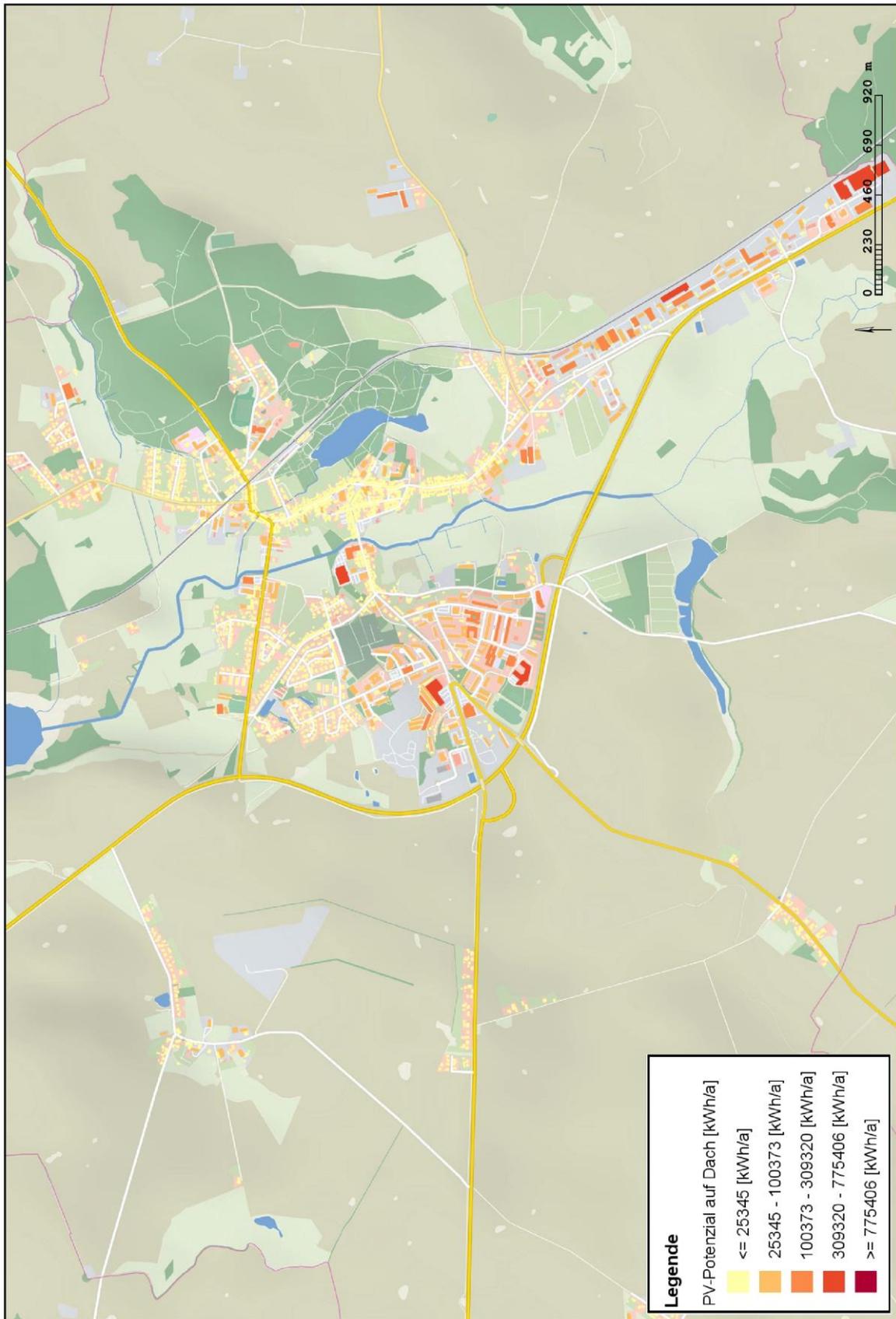


Abbildung 5: Photovoltaik-Potenzial der Dachflächen in Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019)



Mit Hilfe der Farbskala kann zugeordnet werden, wo das Potenzial besonders hoch und wo eher niedrig ist. Es ist zu erkennen, dass vor allem große Dachflächen, wie bspw. das Dach der Freiwilligen Feuerwehr oder des Bauhofs ein entsprechend hohes Potenzial aufweisen.

- Wichtig ist jedoch vor allem, dass eine Deckung des Eigenstrombedarfs der jeweiligen Gebäude durch die PV-Anlage erreicht werden kann. Dazu genügen, vor allem im Ein- und Mehrfamilienhaus, häufig auch kleinere Dachflächen.

Im Rahmen dieser GIS-basierten Potenzialerhebung kann keine Bewertung des Dachzustandes vorgenommen werden. Da die bauliche Beschaffenheit des Daches jedoch eine zentrale Voraussetzung für die Installation einer Photovoltaikanlage ist, muss jedes Gebäude separat durch Fachpersonal geprüft und eine entsprechende Bewertung eingeholt werden.

Mit Hilfe der *kommunalen Energiekarten* können die Größe der Dachflächen bestimmt und eine Ableitung vorgenommen werden, wie hoch das theoretische Solarpotenzial in der Stadt Gadebusch ist. Bei der Berechnung fand die Ausrichtung der einzelnen Dächer (Ost, Süd, West) und die damit verbundene unterschiedlich hohe Globalstrahlung Beachtung. Die Dachflächen mit Nord-Ausrichtung wurden nicht in die Berechnung einbezogen, da auf diesen Flächen aufgrund der geringen Energieerträge in der Regel keine Anlagen installiert werden.

In der nachfolgenden Tabelle 5 ist das Solarpotenzial der Dachflächen zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 5: Theoretisches Solarpotenzial der Stadt Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019)

Globalstrahlung [kWh/ m² · a]	Dachfläche [m²]	Solarpotenzial [MWh]
< 563	30.726	14.538
563 bis < 718	48.219	31.134
718 bis < 853	62.230	49.157
853 bis < 963	101.052	92.528
> 963	193.233	196.060

kWh: Kilowattstunde, m²: Quadratmeter, a: Jahr, MWh: Megawattstunde



Zur Berechnung des theoretischen PV-Potenzials der Stadt Gadebusch werden alle in der Tabelle 5 dargestellten Dachflächen zur Produktion von Strom aus Solarenergie beachtet. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass im Durchschnitt lediglich 80 % eines Daches, aufgrund der Einhaltung des Abstandes zum Dachrand oder der Aussparung für Schornsteine, mit Solarpanelen belegt werden können. Daher wird ein Dachflächenkorrekturfaktor von 0,8 in die Berechnung einbezogen. Weiterhin wird ein eher konservativer Wirkungsgrad von 15 % angenommen.

Gl. 12

$$PV\text{-Potenzial}_{\text{theoretisch}} [MWh] = \text{Dachfläche} [m^2] \cdot \text{Globalstrahlung} [kWh \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}] \cdot \text{Dachflächen-Korrekturfaktor} \cdot \text{Wirkungsgrad Anlage} [\%]$$

Daraus errechnet sich für die Stadt Gadebusch ein **theoretisches Solarpotenzial von 46.010 MWh Strom** pro Jahr.

Für das real umsetzbare Potenzial werden lediglich diejenigen Dachflächen betrachtet, die aufgrund Ihrer Ausrichtung (Süden inkl. südöstlich und südwestlich) eine Globalstrahlung von $> 853 \text{ kWh} / \text{m}^2 \cdot \text{a}$ verzeichnen. Ausgehend von einem jährlichen Solarpotenzial von 288.589 MWh auf einer Dachfläche von insgesamt 294.735 m^2 werden für die Berechnung erneut der Wirkungsgrad der Anlage sowie der Dachflächenkorrekturfaktor abgezogen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass eine gewisse Anzahl der Gadebuscher Dachflächen aufgrund von Denkmalschutz oder baulicher Gegebenheiten nicht für die Nutzung von Solarenergie geeignet sind. Für eine konservative Berechnung nehmen wir an, dass nur etwa 25 % des gesamttheoretischen Potenzials genutzt werden können.

Gl. 13

$$PV\text{-Potenzial}_{\text{real}} [MWh] = 25\% \text{ der Dachflächen} [m^2] \cdot \text{Globalstrahlung} (> 853) [kWh \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}] \cdot \text{Dachflächen-Korrekturfaktor} \cdot \text{Wirkungsgrad Anlage} [\%]$$

Demzufolge ergibt sich ein **real umsetzbares Solarpotenzial von 8.685 MWh Strom** pro Jahr.



4.2.2 Solarthermie

Bei der Solarthermie wird die Sonneneinstrahlung in Wärme umgewandelt und so nutzbar gemacht. Im Vergleich zur Gewinnung von Strom aus Sonnenenergie ist dieses Verfahren weniger aufwendig.

Grundsätzlich sind dabei zwei Nutzungsformen möglich:

- die solare Trinkwassererwärmung
- die solare Heizungsunterstützung

Diese können zur optimalen Ausnutzung auch kombiniert werden. Je nach Verfahren unterscheidet sich die Größe der Anlage und das Speicherkonzept.

- Bei Solarthermie muss beachtet werden, dass eine vollständige und alleinige Wärmeversorgung über eine Solarthermieanlage vor allem im Winter in der Regel nicht gewährleistet werden kann, da die benötigte Wärmemenge zu hoch ist.

In der nachfolgenden Abbildung 6 ist das theoretische Solarthermiepotenzial für Aufdachanlagen der Stadt Gadebusch dargestellt. Auch hier lassen sich anhand der Legende und der farblichen Markierung die größten Potenziale örtlich lokalisieren. Ebenso wie bei der geplanten Installation einer Photovoltaikanlage muss im Vorhinein geprüft werden, ob sich das jeweilige Gebäude für die Errichtung einer Solarthermischen Anlage eignet und effizient betrieben werden kann. Dazu gehören die Ermittlung der Dachfläche und die Prüfung der Statik sowie des vorhandenen Platzes für die Unterbringung einer Speichermöglichkeit.

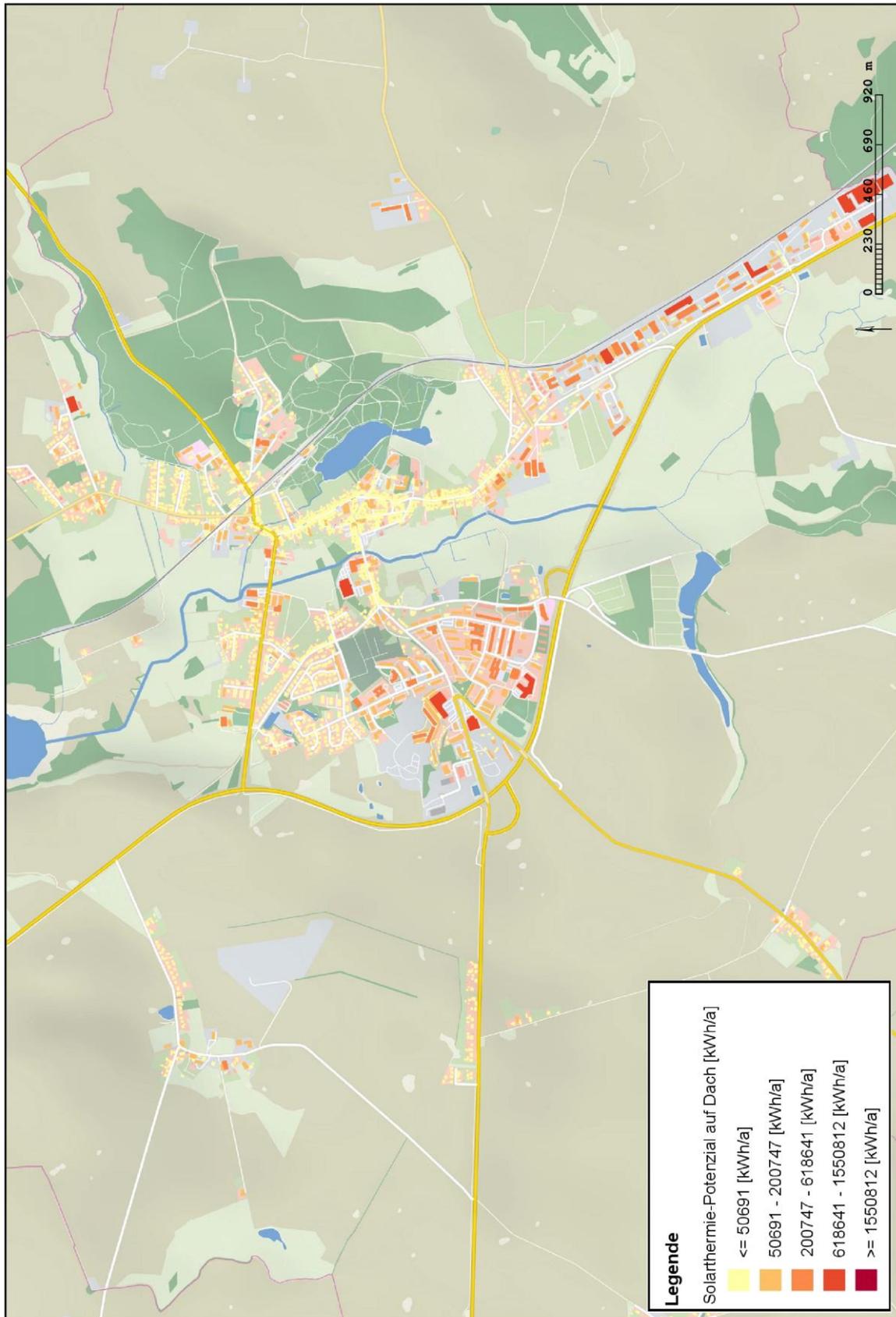


Abbildung 6: Solarthermie-Potenzial der Dachflächen in Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019)



Wie bereits bei der Berechnung des PV-Potenzials werden als Datengrundlage zur Berechnung der Solarthermie-Potenzials die Werte aus der Tabelle 5 verwendet. Ebenso wird der Dachflächen-Korrekturfaktor von 0,8 beachtet und für das real umsetzbare Potenzial lediglich 25 % der Gadebuscher Dachflächen mit einer Globalstrahlungsintensität von $> 853 \text{ kWh} / \text{m}^2 \cdot \text{a}$ zur Solarnutzung angenommen. Für die Solarthermieanlage wird ein Wirkungsgrad von 50 % angenommen. Daraus ergibt sich folgende Gleichung:

Gl. 14

$$ST\text{-Potenzial}_{real} [MWh] = 25 \% \text{ der Dachflächen } [m^2] \cdot \text{Globalstrahlung } (> 853) [kWh \cdot m^2 \cdot a^{-1}] \cdot \text{Dachflächen-Korrekturfaktor} \cdot \text{Wirkungsgrad Anlage } [\%]$$

Das **theoretische Solarthermiepotenzial beträgt 153.368 MWh** und das **real umsetzbare Potenzial 28.859 MWh Wärme** pro Jahr.

4.2.3 Freiflächenanlagen

Diese Bauform wird in Deutschland hauptsächlich zur Solarstromproduktion genutzt. Großflächige Solarthermieanlagen zur dezentralen Wärmeversorgung nehmen aktuell einen sehr geringen Marktanteil ein. Dies könnte sich möglicher Weise ändern, denn durch die geringen Wärmegestehungskosten ist diese Art der Wärmeerzeugung wirtschaftlich attraktiv gegenüber fossilen Brennstoffen. Hier liegen große Potenziale für die notwendige Wärmewende zu erneuerbaren Energien und zu einer wirtschaftlichen und sozial verträglichen Energieversorgung (Maaß und Sandrock, 2016).

Die Errichtung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen ist maßgeblich an das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und die darin beschriebenen zugelassenen Flächenkulissen gebunden. Außerhalb dieser Rahmenrichtlinien sind die Verteilnetzbetreiber nicht verpflichtet den eingespeisten Strom gemäß EEG zu vergüten. Im Untersuchungsgebiet der Stadt Gadebusch befindet sich bereits eine Freiflächen-Photovoltaikanlage. Diese wurde auf einer ehemaligen Mülldeponie errichtet (siehe Abbildung 7). Bislang sind bereits 1,5 MW ans Netz gegangen.



Weitere 1,5 MW befinden sich aktuell im Ausbau (planmäßige Fertigstellung 2019/ 2020).



Abbildung 7: Freiflächen-Solarpark Gadebusch (Foto: Tobias Gäbel, SENS, 2019)

Die Stadt Gadebusch hat die bebaute Fläche an einen Investor verkauft. Folglich bestehen keine weiteren Beteiligungskonzepte, wie bspw. die anteilmäßige Beteiligung an den Erträgen der Einspeisevergütung oder die Nutzung vergünstigten Stroms.

Mit dem 01.01.2017 trat das EEG 2017 in Kraft, in dem folgende Flächen zugelassen sind:

- Seitenrandstreifen in einer Entfernung von bis zu 110 Meter entlang von Autobahnen und Schienenwegen
 - Sicherheitskorridor 50 m bei Bundesautobahnen
 - Sicherheitskorridor 20 m bei Schienenwegen
- Konversionsflächen (brachliegende Militär-, Industrie- oder Gewerbeflächen, die zum Zweck der baulichen Wiedernutzung eine Umwandlung erfahren)
- Versiegelte Flächen
- Flächen im Eigentum des Bundes oder der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben



- Flächen, für die ein Planfeststellungsverfahren nach § 38 BauGB durchgeführt wurde, insbesondere Deponieflächen

Darüber hinaus kommen Acker- oder Grünlandflächen in sogenannten „benachteiligten Gebieten“ in Betracht. Der Begriff der „benachteiligten Gebiete“ stammt aus dem EU-Landwirtschaftsrecht (§ 3 Nr. 7) und bezeichnet unter anderem Berggebiete sowie Bereiche, in denen die Aufgabe der Landnutzung droht und in denen der ländliche Lebensraum erhalten werden muss.

Fördermöglichkeit

Für den Strom von PV-Anlagen mit einer installierten Leistung von weniger als 750 Kilowatt peak (kWp) erhält der Betreiber nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) eine feste Vergütung in Höhe von derzeit 8,58 ct/ kWh. Es ist zu beachten, dass bei Anlagen mit einer installierten Leistung von mehr als 750 kWp (= 0,8 ha) an einem aufwendigen Ausschreibungsverfahren nach derzeitigem EEG teilgenommen werden muss und der Strom somit nicht für den Eigenbedarf genutzt werden darf. Die Förderhöhe wird im Rahmen des Ausschreibungsverfahrens in einem Wettbewerb ermittelt.

Weiterhin ist zu beachten, dass PV-Freiflächenanlagen im Außenbereich keine privilegierten Vorhaben nach § 35 Abs. 1 BauGB sind. Daher herrscht zunächst ein Bauverbot im Außenbereich. Um als Betreiber eine Anlage errichten zu können und um eine feste Vergütung zu erhalten, sind die oben genannten Kriterien nach dem derzeitigen EEG zu erfüllen (§ 48 EEG).

Zudem muss ein Bebauungsplan vorliegen, in dem ein „Sondergebiet Photovoltaik“ nach § 11 Abs. 2 BauNVO ausgewiesen wurde und somit das entsprechende Baurecht schafft. Eine weitere Möglichkeit ist, dass für die Flächen ein Plangenehmigungs- oder Planfeststellungsverfahren durchgeführt wurde (z. B. bei Deponieflächen).

Verfügt die Gemeinde über einen Flächennutzungsplan, ist zusätzlich zu prüfen, ob daraus ein Bebauungsplan mit einem „Sondergebiet Solar/Photovoltaik“ entwickelt werden kann. Ist dies nicht der Fall, so muss auch der Flächennutzungsplan geändert werden. Die parallele Aufstellung von Bebauungs- und Flächennutzungsplan durch die Gemeinde ist daher die Regel.



In jedem Fall muss eine umfassende baurechtliche Prüfung erfolgen und entsprechende Voraussetzungen erfüllt werden, um eine Freiflächenanlage zu errichten.

In der folgenden Übersichtskarte (Abbildung 8) sind die gemäß EEG 2017 zugelassenen Flächenpotenziale für Photovoltaikanlagen dargestellt.

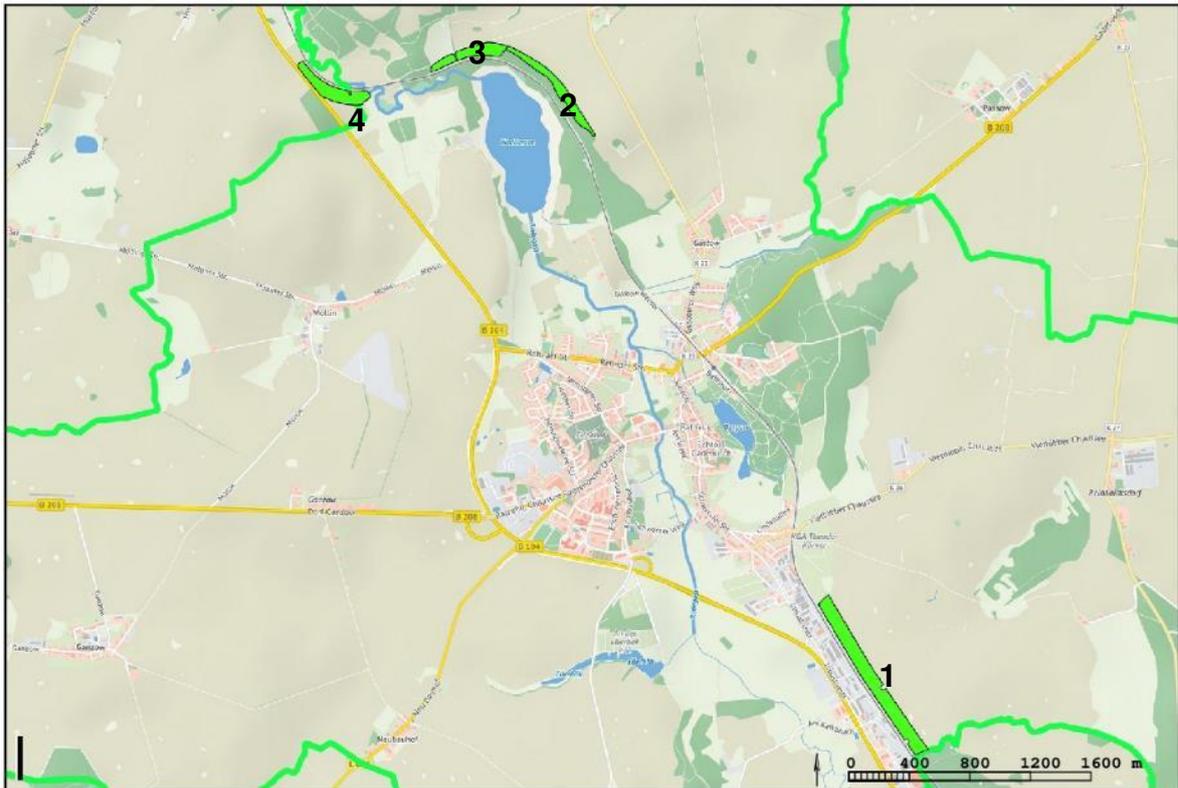


Abbildung 8: Mögliche PV-Freiflächen nach EEG 2017 im Stadtgebiet Gadebusch

Die gesamten zur Errichtung von PV-Freiflächenanlagen in Betracht kommenden Areale im Untersuchungsgebiet verteilen sich auf drei Flächen sowie eine grenzüberschreitende Fläche nördlich von Gadebusch. Diese wird nur anteilig, für den in Gadebusch befindlichen Teil eingerechnet.

Die Größe der Flächen sowie die theoretischen und umsetzbaren Potenziale sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Das theoretische Potenzial entspricht einer Belegung der kompletten Flächen. In der Realität kann davon ausgegangen werden, dass maximal 50 % der Flächen mit PV-Anlagen ausgestattet werden können. Dementsprechend leitet sich daraus das umsetzbare Potenzial ab.



Insgesamt hängen die Erträge unter anderem von der installierten Leistung, der Bauart der Module, dem Neigungswinkel und der Globalstrahlung ab, weshalb die errechneten Werte lediglich als erste Schätzung gelten.

Tabelle 6: Photovoltaik-Freiflächenpotenzial nach Rahmenbedingungen des EEG 2017

Fläche	Größe [ha]	Theoretisches Potenzial [MWh/ a]	Umsetzbares Potenzial [MWh/ a]
1	10,72	19.777	9.889
2	3,89	7.183	3.592
3	3,29	6.073	3.036
4	0,84	1.550	775
Summe	18,74	34.583	17.292

ha: Hektar, MWh: Megawattstunde, a: Jahr

Das mit Hilfe des GIS-basierten Kartensystems errechnete theoretische PV-Potenzial der Freiflächen beträgt **34.583 MWh pro Jahr**. Hierbei handelt es sich um ein technisches Potential. Im Ergebnis bleiben als umsetzbares Potenzial ca. **17.292 MWh pro Jahr**.

4.3 Windenergie

Windkraftanlagen gehören zu den sogenannten „privilegierten Vorhaben“ gemäß § 35 Baugesetzbuch (BauGB). In Mecklenburg-Vorpommern werden jedoch die Gebiete, in denen die Anlagen gebaut werden dürfen, von den Regionalen Planungsverbänden festgelegt und im jeweils gültigen Regionalen Raumentwicklungsplan (RREP) dargestellt.

Das Regionale Raumentwicklungsprogramm Westmecklenburg (RREP 2011) trat am 31.08.2011 in Kraft. Im März 2013 hat der Regionale Planungsverband Westmecklenburg beschlossen, das Kapitel 6.5 Energie fortzuschreiben. Die Teilfortschreibung bezieht sich räumlich auf die gesamte Planungsregion Westmecklenburg, welche die Landkreise Nordwestmecklenburg, Ludwigslust-Parchim und die Landeshauptstadt Schwerin umfasst.



Im Untersuchungsgebiet der Stadt Gadebusch befindet sich im aktuell gültigen Regionalen Raumentwicklungsplan (RREP) das Windeignungsgebiet 09/18 Gadebusch-Süd (siehe Abbildung 9).

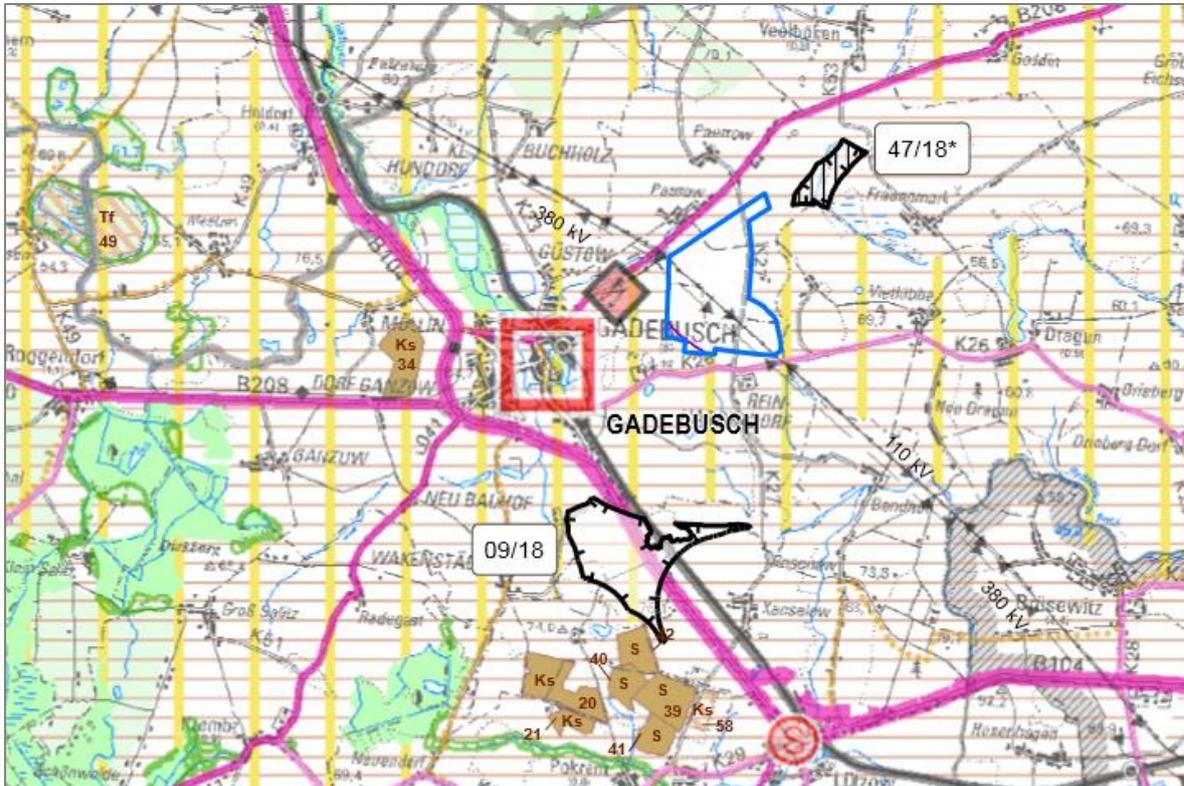


Abbildung 9: Eignungsgebiete für Windenergieanlagen (Regionaler Planungsverband Westmecklenburg, 2018)

Das blau markierte Gebiet beschreibt eine Standortfläche der planerischen Öffnungsklausel und ist ein Altgebiet gemäß RREP WM 2011. Auf den Flächen der Stadt Gadebusch befinden sich seit dem Jahr 2004 5 Windkraftanlagen mit jeweils 1.050 kW installierter Leistung und einer Turmhöhe von 60 m. Es befinden sich 3 weitere Windkraftanlagen in dem Windpark, welche jedoch nicht mehr zum Untersuchungsgebiet gehören. Für den Windpark bestehen keine Beteiligungskonzepte mit der Stadt oder den Bürgern. Zudem ist ein Repowering nach Auslauf des Vergütungsanspruches aus dem EEG für das Gebiet ausgeschlossen, da die Abstände zu den nächsten Wohnbebauungen zu gering sind. Ein weiterführender Betrieb der bestehenden Windkraftanlagen ist dann zu klären. Sollte dies nicht erfolgen, so würden die Windkraftanlagen im Jahr 2024 vom Netz gehen.



Für das Windeignungsgebiet 09/18 südlich von Gadebusch gibt es bereits einen Bauantrag für 4 Windkraftanlagen. Da sich auf den Flächen ein Schlachtfeld von 1712 befindet, greift hier teilweise eine Veränderungssperre aufgrund des roten Bodendenkmalbereiches. Der Entwurf des B-Planes verzögert sich, weil die Landesdenkmalpflege aktuell Feldbegehungen durchgeführt und historische Funde dokumentiert hat. Das rote Bodendenkmal wurde in Folge dessen erheblich ausgeweitet. Die Stadt Gadebusch besitzt in dem geplanten Eignungsraum zwei Flächen, welche durch den Investor jedoch nicht überplant wurden. Da die Windenergie in Gadebusch ein umstrittenes Thema ist, hat die Stadt den Beschluss gefasst keine neuen Eignungsräume auszuweisen (Eißner, 2019).

Ein Windpark und die punktuell hohe Erzeugung von Strom könnte ebenfalls zum Anschluss weiterer Technologien genutzt werden. Hier können bspw. Power-to-X-Anlagen entstehen. Aktuell werden durch die rechtlichen Rahmenbedingungen der Ausbau dieser Anlagen erschwert. Zudem ist die Umsetzung von Projekten meist ausschließlich mit Hilfe von Großinvestoren und Fördergeldern (Modellvorhaben) möglich. Wenn sich diese Rahmenbedingungen künftig jedoch ändern, kann hier ein großes Potenzial für den ländlichen Raum entstehen. Die

4.3.1 Kleinst- und Kleinwindkraftanlagen

Windenergie kann auch in einem kleinen Maßstab gewonnen werden. Bei Kleinst- und Kleinwindkraftanlagen kann zwischen Anlagen mit horizontaler und vertikaler Drehachse unterschieden werden (siehe Abbildung 10). Die horizontale Form wird häufig genutzt, da die Anlagen mit gleicher Rotorfläche mehr Energie wandeln können als vertikal drehende Anlagen. Sie reagieren jedoch häufig empfindlicher auf wechselnde Windrichtungen. Vertikal drehende Anlagen sind dagegen vor allem in Bodennähe mit schnell wechselndem Wind vorteilhaft, da das Windrad nicht in die jeweilige Windrichtung ausgerichtet werden muss. Da sie weniger Schall emittieren eignen sie sich ebenfalls gut für dicht besiedelte Gebiete (PRO energy consult GmbH, 2013).

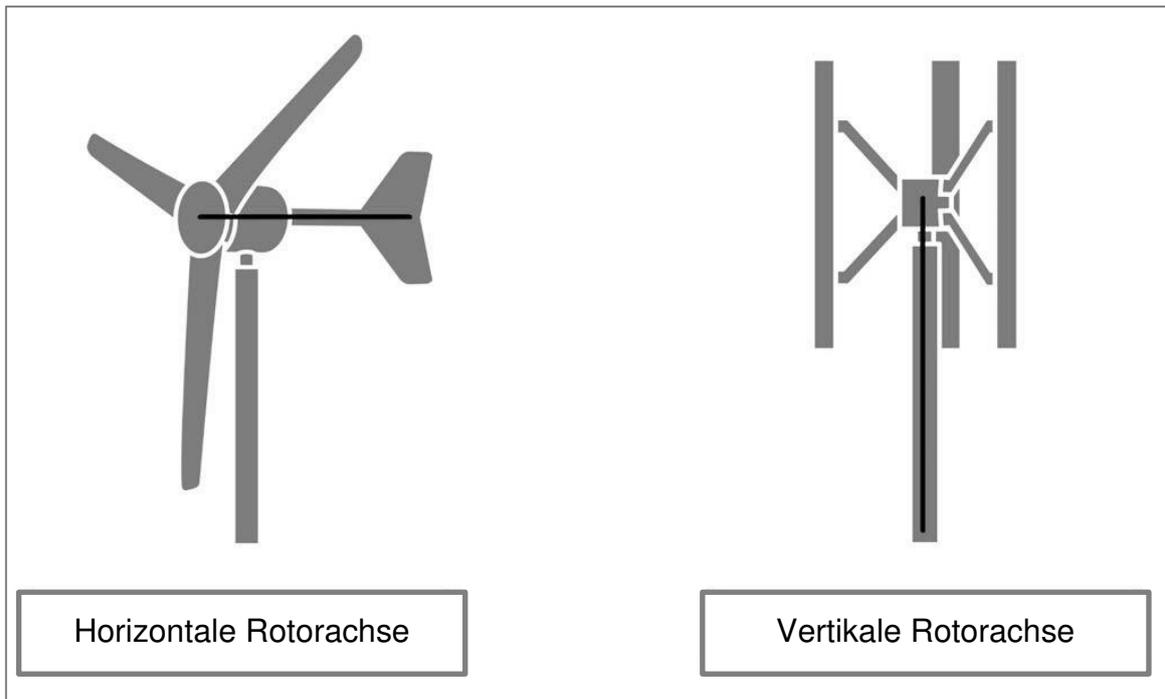


Abbildung 10: Horizontal und vertikal drehende Kleinwindkraftanlagen (Jüttemann, 2016)

In der aktuellen Landesbauordnung (§ 61 Verfahrensfreie Bauvorhaben) des Landes Mecklenburg-Vorpommern ist die Installation einer Kleinwindkraftanlage mit einer Gesamthöhe von max. 10 m ohne Baugenehmigung möglich. Die Installation muss jedoch außerhalb von Wohn- und Mischgebieten erfolgen.

Grundvoraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb sind ausreichend hohe Windgeschwindigkeiten am geplanten Standort. Mecklenburg-Vorpommern hat aufgrund von Klima und Geografie gute Voraussetzungen. Wichtig ist außerdem, dass der Wind, vor allem aus der Hauptwindrichtung, ungehindert auf die Windkraftanlage strömen kann. Barrieren wie Bäume oder Häuser können einen erheblichen negativen Einfluss haben.

Bei den meisten Kleinstwindanlagen mit einer Nennleistung von ca. 12 m/ s ist eine mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund zwischen 3,5 m/ s und 4 m/ s erforderlich, um die Anlage in Drehung und folglich zur Erzeugung von Strom zu versetzen (PRO energy consult GmbH, 2013).

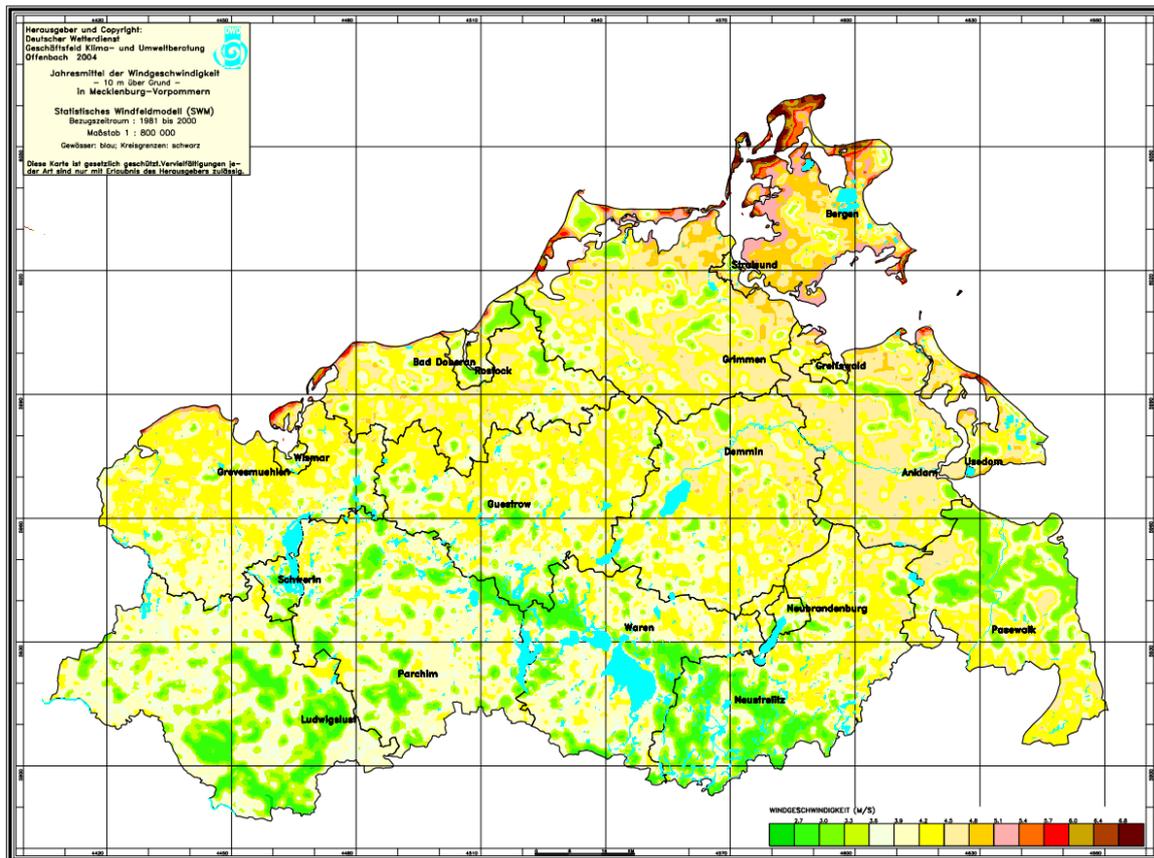


Abbildung 11: Jahresmittel der Windgeschwindigkeit 10 m über Grund in Mecklenburg-Vorpommern (DWD, 2014)

Die Karte aus Abbildung 11 zeigt die mittleren Windgeschwindigkeiten in Mecklenburg-Vorpommern in einer Höhe von 10 m über Grund. Daraus ist zu erkennen, dass neben den besonders windreichen Küstenregionen auch das Binnenland über eine ausreichend hohe Windgeschwindigkeit verfügt. Im Untersuchungsgebiet werden im Jahresmittel Windgeschwindigkeiten zwischen 3,8 und 4,2 m/s erreicht, so dass die Region grundsätzlich für Kleinwindkraftanlagen geeignet wäre. In jedem Fall muss am geplanten Standort jedoch eine Windmessung durch entsprechendes Fachpersonal erfolgen (Jüttemann, 2016).

Eine konkrete Berechnung von Potenzialen ist aufgrund der Einhaltung verschiedener Rahmenbedingungen nur schwer möglich und wird daher vernachlässigt. Vielmehr gilt es erste Erfahrungen mit Pilotanlagen, bspw. in öffentlichen Einrichtungen, zu sammeln und die Ergebnisse interessierten Bürgerinnen und Bürgern zugänglich zu machen.



4.4 KWK-Potenzial

Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) sind im Vergleich zu Anlagen der ungekoppelten Erzeugung effizienter, weil sie neben Strom auch Wärme produzieren. Die bei der Herstellung von Strom entstehende Wärme kann als Wärmeenergie für öffentliche und private Verbraucher genutzt werden. Der eingesetzte Brennstoff wird damit effizienter und sparsamer verwendet.

Mit dem 01.01.2020 trat das novellierte KWK-Gesetz (KWKG) 2020 in Kraft. Darin stehen vor allem Anlagen > 1 MW im Fokus. Der Förderrahmen für KWK wurde bis 2022 verlängert, das Ausbauziel präzisiert und längerfristig gefasst (110 TWh KWK-Strom in 2020 und 120 TWh KWK-Strom in 2025). Die Förderung mittelgroßer KWK-Anlagen zwischen 1 und 50 MW elektrischer Leistung wird seit Ende 2017 - wie im EEG - durch Ausschreibungen ermittelt.

Gerade für große Anwender, wie zum Beispiel Industriebetriebe, bietet ein BHKW Vorteile: Als „wärmegeführter Betrieb“ ist ein BHKW so ausgelegt, dass es eine gewisse benötigte Wärmelast abdeckt. Dabei sind konservative Konzepte lediglich auf die Grundlast ausgelegt. Darüber hinaus gibt es Konzepte mit Pufferspeicher und modularen Anlagen, die einen höheren Wärmebedarf abdecken. Zudem nutzt die innovative Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) neben den bekannten Wärmequellen ebenfalls die Niedertemperaturwärme und macht die Gesamtanlage damit noch effizienter. Konzepte eines BHKW gekoppelt mit Wärmepumpen stellen sich somit vor allem im Bereich der Nahwärmeversorgung als Alternative zu herkömmlichen BHKW-Projekten heraus. Der Strom wird dabei als eine Art „Nebenprodukt“ angesehen. Aufgrund des Zuschlags durch das KWK-Gesetz ist die Stromeinspeisung aber eine wichtige kalkulierbare Größe bei der wirtschaftlichen Betrachtung der Anlage. Neue Anlagen sollen daneben stärker in den Strommarkt integriert werden und eine flexible Fahrweise aufweisen. Das neue KWKG beinhaltet die Vorgabe, dass Betreiber von Anlagen mit mehr als 100 kW dazu verpflichtet sind, den erzeugten Strom selbst zu verbrauchen oder aber direkt zu vermarkten.

In der folgenden Abbildung 12 sind diejenigen Quartiere markiert, die theoretisch für eine KWK-Anlage in Frage kommen. Als Kriterien wurden ein Wärmebedarf von > 450 MWh pro Jahr und ein Verhältnis von Wärmebedarf zu Strombedarf von 3:1 angenommen.

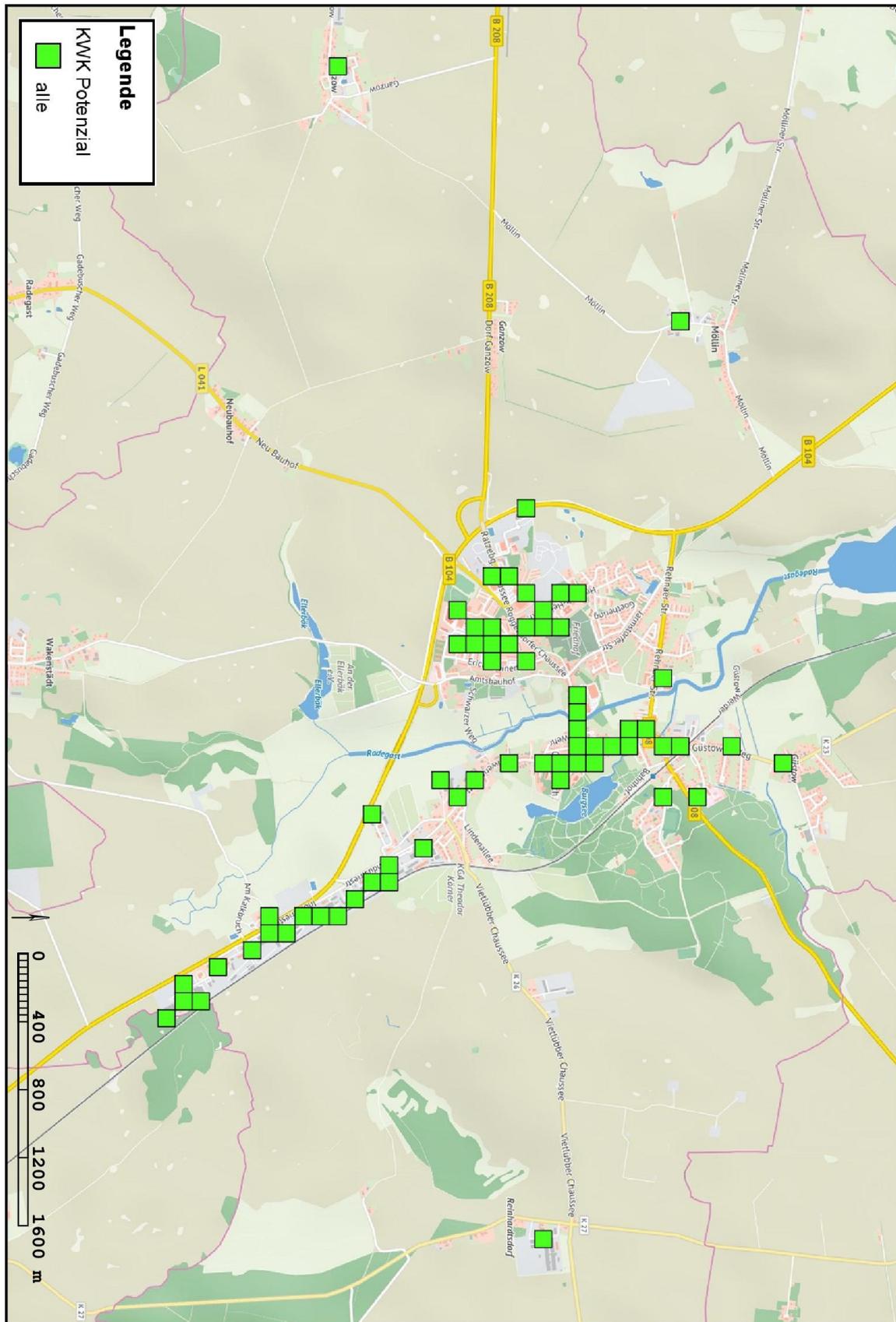


Abbildung 12: KWK-Potenzial Gadebusch



Der Einsatz eines BHKW's lohnt sich vor allem dann, wenn ein Objekt zeitgleich Wärme und Strom benötigt. Parallel dazu sollte ein ganzjährig konstanter Bedarf bestehen, woraus sich lange Laufzeiten (4.500 - 5.000 h) ergeben. Denn je höher die jährliche Laufleistung, desto mehr verteilen sich die Investitionskosten auf größere Strom- und Wärmemengen und die Erzeugungskosten sinken.

Auch der Bedarf von Kälte kann mit einem BHKW gedeckt werden, wenn Adsorptionskältemaschinen integriert werden.

Einsatzbereiche Mini-BHKW (15 - 50 kW):

- kleinere Betriebe, Wohnblocks/ Wohngebiete, Hotels, Schwimmbäder, (bedingt in Schulen, Kindergärten, Verwaltungsgebäuden)
- Handwerksbetriebe aus dem Lebensmittelbereich wie Bäckereien, Molkereien, Metzgereien, Brauereien
- landwirtschaftliche Kleinbetriebe
- Krankenhäuser, Altenwohnanlagen oder Pflegeheime

Einsatzbereiche Mikro-BHKW (2,5 - 15 kW):

- kleinere Betriebe aus Handwerk und Industrie
- Überschneidungen zu dem Einsatz von Mini-BHKW

Die kleinsten BHKW (Nano-BHKW, < 2,5 kW) finden in Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern Anwendung.



4.5 Geothermie

Geothermie kann zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden. Dabei erfolgt die Unterscheidung zwischen tiefbohrenden Verfahren (hydrothermale, petrothermale Geothermie und tiefe Erdwärmesonden) und oberflächennahen Verfahren (Kollektoren und flache Erdwärmesonden). Das Gebiet des Landes M-V ist Teil des Nordostdeutschen Beckens. Hier werden vor allem die Sandstein-Aquifere für eine hydrothermale Energiegewinnung als geeignet eingeschätzt. Hydrothermale Systeme sind auf das Vorhandensein einer wasserführenden Schicht angewiesen.

Zentrale Voraussetzung für eine wirtschaftliche geothermische Wärmenutzung ist ein geeigneter geologischer Untergrund, das heißt es müssen Aquifere (Gesteinskörper, die geeignet sind Grundwasser weiterzuleiten und abzugeben) mit ausreichend hohen Temperaturen vorhanden sein.

- Temperatur für Wärmenutzung $> 60\text{ °C}$,
- Gute hydraulische Eigenschaften (Permeabilität $> 500\text{ mD}$, Nutzporosität $> 20\%$)
- Aquifermächtigkeiten $> 20\text{ m}$ mit großräumiger Verbreitung

Das Erdwärmepotential kann mittels geothermischer Anlagen zu Heiz- und Warmwasserbereitungszwecken genutzt werden. Hierzu können Wärmepumpen die zur Verfügung stehende Quelltemperatur um bis zu 60 °K erhöhen um geeignete Systemtemperaturen bereitzustellen. Die Quellenergie kann hierbei entweder durch Erdsonden mit bis zu 100 m Tiefe oder über Erdflachkollektoren erschlossen werden (Grüttner et al., 2013).

Oberflächennahe Geothermie wird aufgrund von geringeren Temperaturunterschieden vor allem für Raumwärme verwendet. Hier reichen Bohrungen zwischen 10 und 400 m aus (Grüttner et al., 2013).

Die nachfolgende Abbildung 13 soll in einem einfachen Schema verdeutlichen, wie Erd- und Umweltwärme für die Heizung im Wohngebäude eingesetzt werden kann.

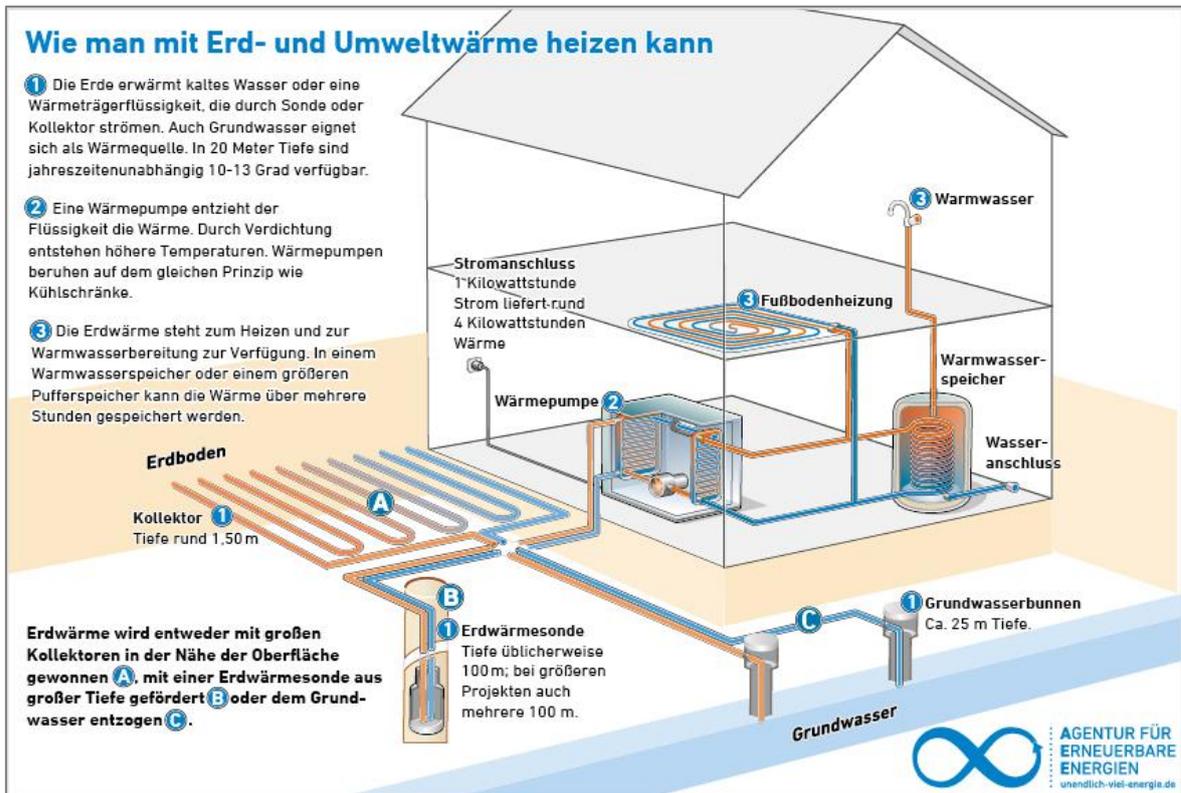


Abbildung 13: Funktionsweise oberflächennaher Geothermie (Agentur für Erneuerbare Energien, 2019)

An der Erdoberfläche beträgt die Temperatur durchschnittlich 8 °C und wird maßgeblich durch die Sonneneinstrahlung beeinflusst. In etwa 10 m Tiefe herrscht ganzjährig eine Temperatur von 10 °C. Mit einer Wärmepumpe kann diese zur Warmwasserbereitung oder Heizung verwendet werden. Bei größeren Tiefen kann ggf. auf eine Wärmepumpe verzichtet werden.

Die folgende Abbildung 14 zeigt das geothermische Potenzial in M-V als spezifische Wärme-Entzugsleistung für Wärmepumpenanlagen für eine Bohrtiefe von 0 bis 100 m bei einer Betriebsstundenzahl von 1.800 h pro Jahr.

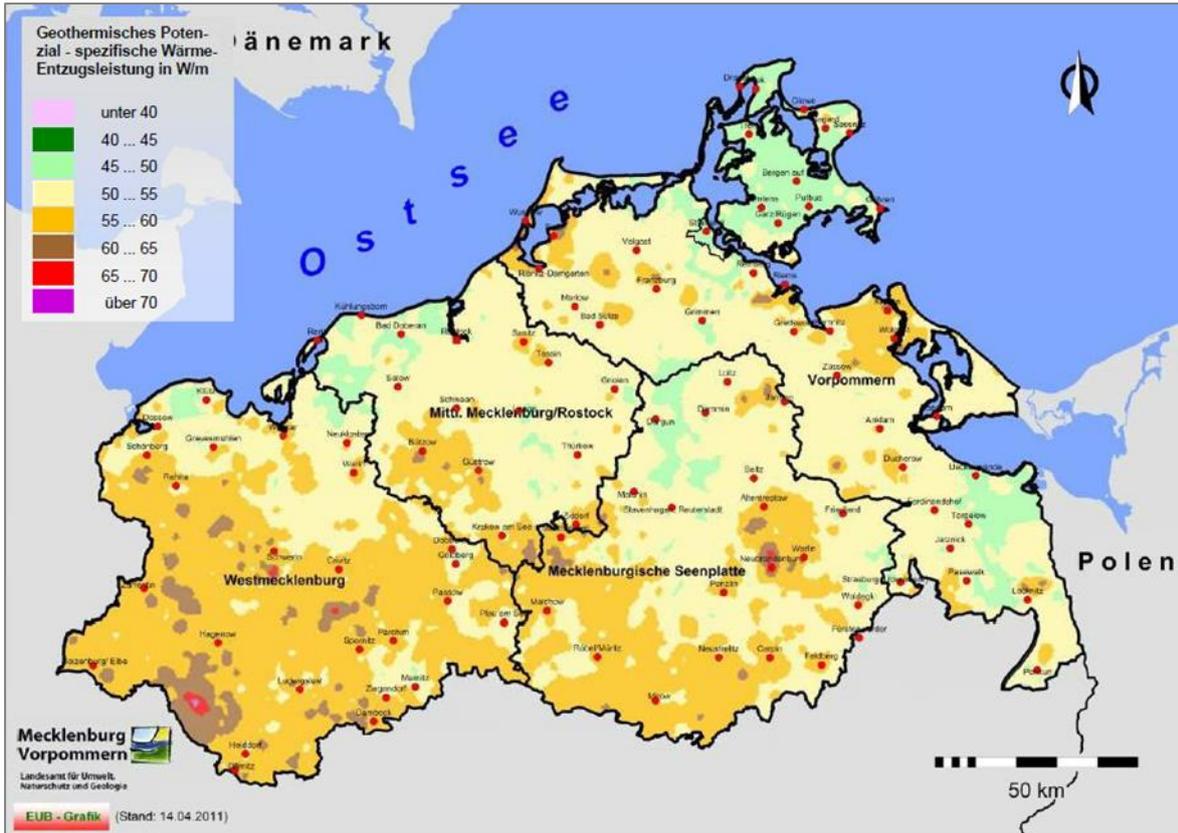


Abbildung 14: Geothermisches Potenzial bis 100 m Tiefe (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern, 2011)

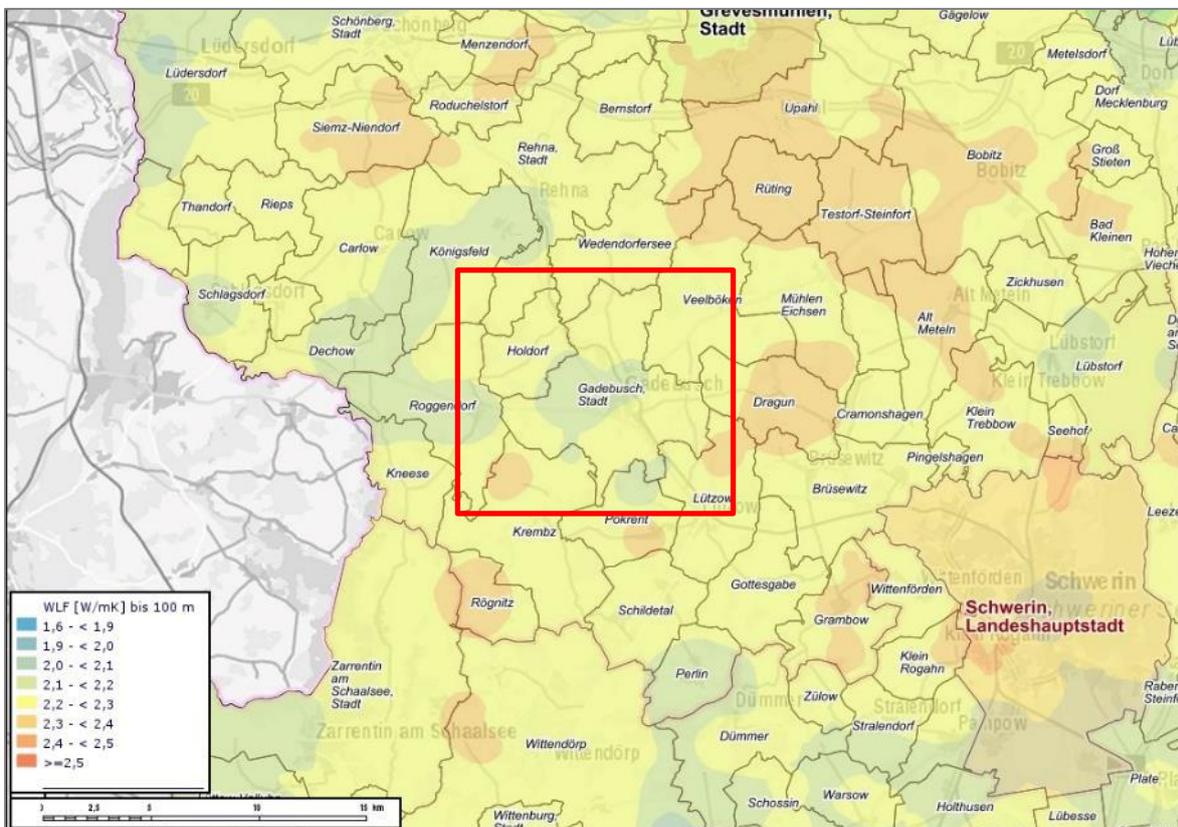


Abbildung 15: Wärmeleitfähigkeit in Gadebusch bis 100 m Tiefe (GeoPortal.MV, 2019)



Aus der Darstellung der Wärmeleitfähigkeit (Abbildung 15) lässt sich entnehmen, dass das Untersuchungsgebiet der Stadt Gadebusch eine Wärmeleitfähigkeit von durchschnittlich 2,2 W/ mK aufweist. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten wird von einem sandigen Lehm bis lehmigen Sand ausgegangen (Ratzke und Mohr, 2005). Daraus lassen sich die nachfolgenden Annahmen für die Berechnung des Geothermiepotenzials ableiten. Die Berechnung des Wärmepotenzials erfolgt anschließend nach VDI 4640.

– Abstand zwischen den Sonden	30 cm
– Wärmeleitfähigkeit	2,2 W/ mK
– Entzugsleistung	25 W/ m ²
– Entzugsenergie	45 kWh/ a
– Volllaststunden	1.800 h/ a
– Wärmepumpenwirkungsgrad (Arbeitszahl) ϵ	3

Daraus errechnet sich eine potenzielle Nennleistung für eine Erdwärmesonde (100 m) von 5 kW. Bei einer Annahme von 1.800 Volllaststunden pro Jahr ergibt sich folglich ein **Wärmepotenzial von jährlich etwa 9.000 kWh**.

Bei einem Flächenkollektor lässt sich ein Wärmepotenzial von **135 kWh pro m² Kollektorfläche und Jahr** ermitteln.

Um ableiten zu können, welche Größe eine Kollektorfläche oder Sonde zur Versorgung eines Gebäudes besitzen müsste, werden in der folgenden Tabelle 7 Kennwerte für den Heizenergiebedarf pro Quadratmeter und Baujahr dargestellt. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass Sanierungsarbeiten den Verbrauch deutlich verbessern können. Auch das Nutzerverhalten spielt eine entscheidende Rolle für die Höhe des Wärmeverbrauchs.



Tabelle 7: Heizenergiebedarf von Gebäuden pro Quadratmeter und Baujahr (Ecospeed Region, 2019)

Baujahr	Heizenergiebedarf [kWh/ m² · a]
Vor 1919	220
1919 - 1948	230
1949 - 1978	223
1979 - 1986	183
1987 - 1995	171
1996 - 2000	146
2001 - 2008	119
2009 und später	85

kWh: Kilowattstunden, m²: Quadratmeter, a: Jahr

Niedrig-, Niedrigst- oder Passivhäuser weisen noch einen deutlich niedrigeren Heizenergiebedarf auf. Ein Passivhaus liegt im Durchschnitt bei ca. 15 kWh Wärmebedarf pro Quadratmeter und Jahr. Anhand der dargestellten Kennwerte kann errechnet werden, wie viel Fläche etwa benötigt wird, um den Wärmebedarf eines Gebäudes decken zu können.

Grundsätzlich kann als Richtwert angenommen werden, dass die Grundstücksfläche etwa 3-mal größer sein sollte als die Wohnfläche des Gebäudes. Mit Hilfe der kommunalen Energiekarten kann GIS-basiert dargestellt werden, für welche Grundstücke dieses Kriterium im Untersuchungsgebiet zutrifft (Abbildung 16). Damit kann bereits eine erste Einschätzung für die Möglichkeit der Nutzung von Geothermie vorgenommen werden.

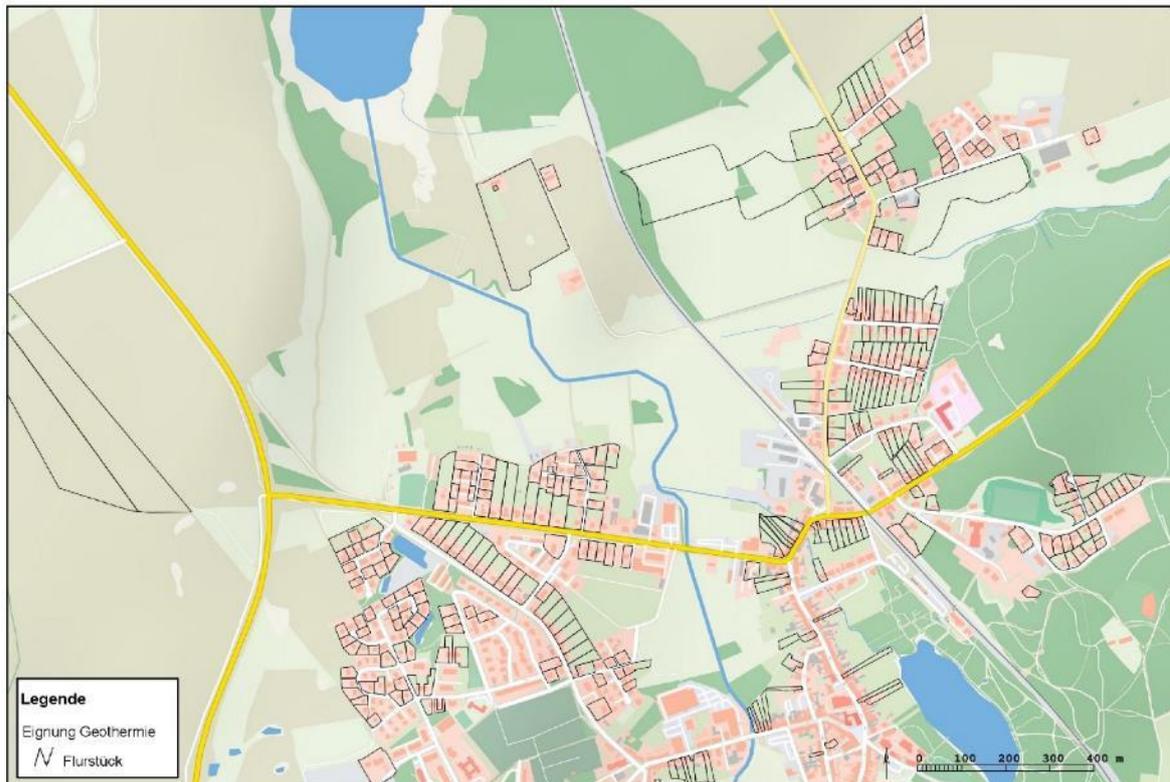


Abbildung 16: Flächenbezogene Eignung von Geothermie für Wohngebäude in Gadebusch (Kommunale Energiekarten, 2019)

Abbildung 16 zeigt einen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes. Es ist zu erkennen auf welchen Grundstücken eine Installation von Geothermie, ausschließlich bewertet aufgrund eines passenden Größenverhältnissen zwischen Grundstücks- und Wohnfläche (3:1), möglich wäre.

Zur Berechnung des Geothermiepotenzials wird zunächst eine Aufsummierung der potenziell möglichen Grundstücksflächen vorgenommen (Tabelle 8).

Tabelle 8: Mögliche Grundstücksflächen im Untersuchungsgebiet zur Erzeugung und Nutzung von Erdwärme

Anzahl Grundstücke	Nutzfläche Gebäude [m²]	Fläche der Grundstücke [m²]
560	105.971	1.357.945

m²: Quadratmeter

Insgesamt gibt es im Untersuchungsgebiet 560 Grundstücke bei denen aufgrund des Größenverhältnisses von Grundstücks- zu Wohnfläche die Nutzung von Geothermie theoretisch möglich wäre. Für die Berechnung wird angenommen, dass die 3-fache Größe der Wohnfläche für die Nutzung von Geothermie benötigt wird.



Das entspricht einer Grundstücksfläche von 317.913 m². Diese wird mit dem standortspezifischen Ertragspotenzial einer Kollektorfläche (= 135 kWh/ m² · a) multipliziert.

Gl. 15

$$\text{Geothermie-Potenzial}_{\text{real}} [\text{MWh}] = \text{Grundstücksfläche} [\text{m}^2] \cdot \text{standortspezifisches Ertragspotenzial Erdwärmekollektor} [\text{MWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}]$$

Daraus errechnet sich ein theoretisch umsetzbares Geothermiepotenzial von **42.918 MWh in Form von Wärme pro Jahr.**

Für das real umsetzbare Potenzial wird davon ausgegangen, dass lediglich **1 %** des theoretischen Potenzials baulich verwirklicht werden. Dies entspricht einem Geothermiepotenzial von **429 MWh in Form von Wärme pro Jahr.**

Für eine verbindliche Aussage zur Möglichkeit der Nutzung von Geothermie muss durch entsprechendes Fachpersonal eine Tiefenbohrung sowie eine spezifische Analyse des Standortes vorgenommen werden.

4.6 Wasserkraft

Bei der Verwendung von Wasserkraft wird die Energie des Wassers mit Generatoren in Strom umgewandelt. Die Stromproduktion aus Wasserkraft ist umso effizienter, je mehr Wasser möglichst gleichmäßig über das Jahr verteilt zur Verfügung steht und desto größer die Fallhöhe des Wassers ist. Naturbelassene Flüsse bieten diese Voraussetzungen nicht. Sie müssen für die moderne Wasserkraftnutzung durch den Bau eines Querbauwerkes aufgestaut werden. Da das Untersuchungsgebiet lediglich über den kleinen Fluss Radegast verfügt, kommt ein energetisch nutzbares Potenzial aus Wasserkraft nicht in Frage.

Zudem sind umfangreiche Eingriffe in Natur und Landschaft vorzunehmen, welche in der Folge mit gravierenden ökologischen Beeinträchtigungen verbunden sind.

4.7 Abwassernutzung

Abwasser lässt sich grundsätzlich auf zwei Wegen wiederverwenden. Grundvoraussetzung dafür ist, dass es sich um fäkalienfreies und nur gering verschmutztes Abwasser, sogenanntes Betriebs- oder Grauwasser, handelt. Dieses kann mittels Filteranlagen, einer mechanisch-biologischen Reinigung und Desinfektion über UV-Licht so aufbereitet werden, dass es den Standards für eine Toilettenspülung entspricht oder die Gartenpflege genutzt werden kann (Kunde, 2018).

Die zweite Möglichkeit ist die energetische Nutzung von Abwasser mittels einer Abwasser-Wärmepumpe und Wärmetauscher (Abbildung 17). Dabei wird dem Abwasser Wärme entzogen, die zu Heizzwecken verwendet werden kann. Das Grauwasser weist über das gesamte Jahr eine konstante Temperatur von ca. 10 bis 20 °C auf und ermöglicht daher diesen Nutzungspfad. Vor allem in den kalten Monaten ist das Grauwasser wärmer als die Umgebungstemperatur.

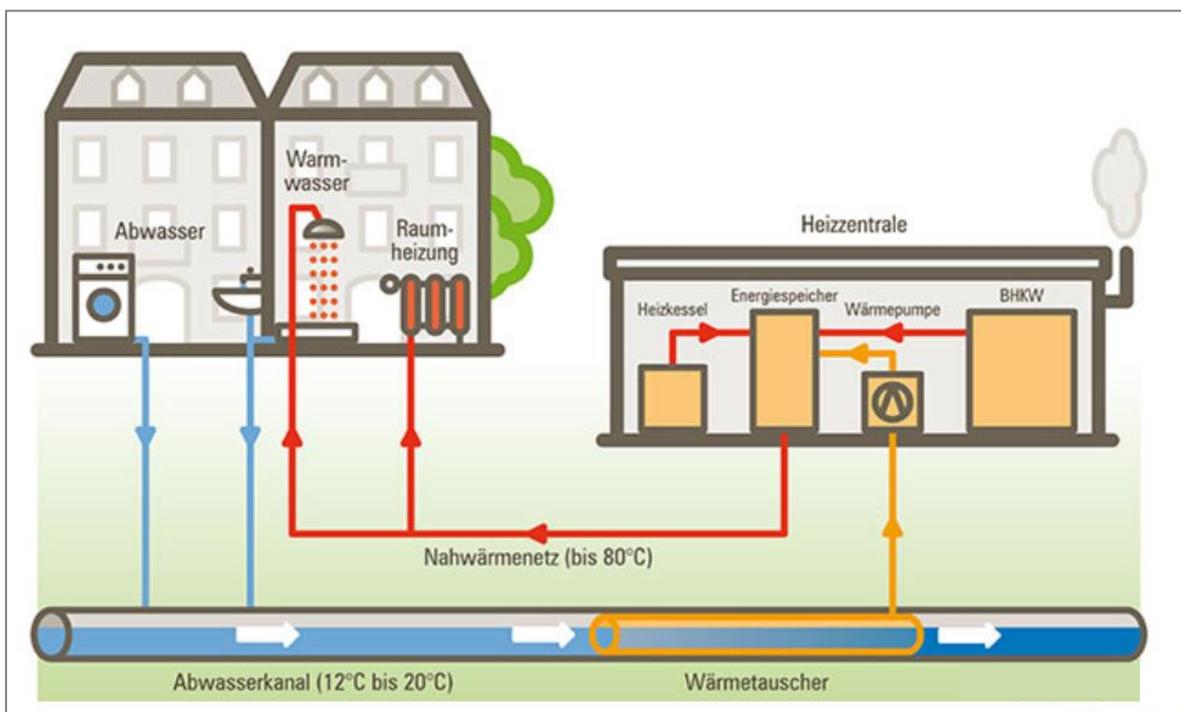


Abbildung 17: Grafische Darstellung Abwasserwärmerückgewinnung (Berliner Wasserbetriebe, 2019)

Die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen ist vor allem bei großen Komplexen, wie bspw. Industriebetrieben, Schwimmbädern, Krankenhäusern oder dem komplexen Mietwohnungsbau gegeben bei denen hohe Mengen an Abwässern anfallen.



Für kleine Mehrfamilienhäuser oder Einfamilienhäuser rechnet sich der Einsatz einer Abwasser-Wärmepumpe oftmals eher nicht. (Kunde, 2018).

Um im Untersuchungsgebiet der Stadt Gadebusch geeignete Potenziale für eine Abwasserwärmerückgewinnung zu erschließen müssen die vorhandenen Abwasserleitungen auf ausreichende Querschnitte und Abwasseraufkommen überprüft werden. Für einen optimalen Einsatz der Systeme sollte der Abwasserkanal mindestens in DN 500 bis DN 800 ausgeführt sein und die Abwassermenge im Mittel mindestens 15 Liter pro Sekunde betragen (Baunetz Wissen, 2019a).

Alles in allem bedarf die Überprüfung der Wirtschaftlichkeit einer fachplanerischen Begleitung und kann bei umfangreichen Sanierungsarbeiten oder einem Neubau geprüft und ggf. geplant werden.

Die Ableitung von realitätsnahen theoretischen und real umsetzbaren Potenzialen ist nur schwer möglich, so dass dies hierbei vernachlässigt wird.

4.8 Abwärmenutzung

Anfallende Abwärme kann in Ein- und Mehrfamilienhäusern aber auch als Nebenprodukt von Industrieprozessen aufbereitet und wiederverwendet werden.

In Ein- und Mehrfamilienhäusern versteht man unter Wärmerückgewinnung die Nutzung der Wärme der Raumluft, die das Gebäude verlässt. Diese etwa 20 °C warme Abluft kann ihre Wärmeenergie direkt an die Zuluft übertragen und diese damit aufwärmen. Moderne Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung können fast die gesamte Abluftwärme nutzen. Voraussetzung ist dabei allerdings eine luftdichte Gebäudehülle, damit möglichst viel Luft über die Lüftungsanlage ausgetauscht wird. Zudem müssen die Ventilatoren energieeffizient sein, damit die bedeutende Energieeinsparung durch die Wärmerückgewinnung nicht durch den Stromverbrauch der Ventilatoren kompensiert wird (Baunetz Wissen, 2019b).

Industrielle Abwärme bezeichnet diejenige Wärme, die als Nebenprodukt bei Industrieprozessen anfällt. Ziel ist die Nutzung dieser Wärme, welche auf verschiedenen Wegen erfolgen kann. Bei der prozessinternen Nutzung wird die Abwärme demselben Prozess hinzugefügt bei dem sie entstanden ist.

Diese bildet die wahrscheinlichste Variante, da keine Abhängigkeiten zu anderen Prozessen geschaffen und nur geringe Distanzen überwunden werden müssen. Die betriebsinterne Nutzung beschreibt die Verwendung der Abwärme innerhalb des gleichen Betriebes allerdings für andere Anlagen oder Prozesse. Bei der externen Wärmenutzung wird die Abwärme außerhalb des Betriebes am gleichen Standort oder über eine Einspeisung ins Fernwärmenetz genutzt (Hirzel et al., 2013).

In der nachfolgenden Abbildung 18 sind die verschiedenen Temperaturniveaus von Abwärme sowie einige Nutzungsformen dargestellt.

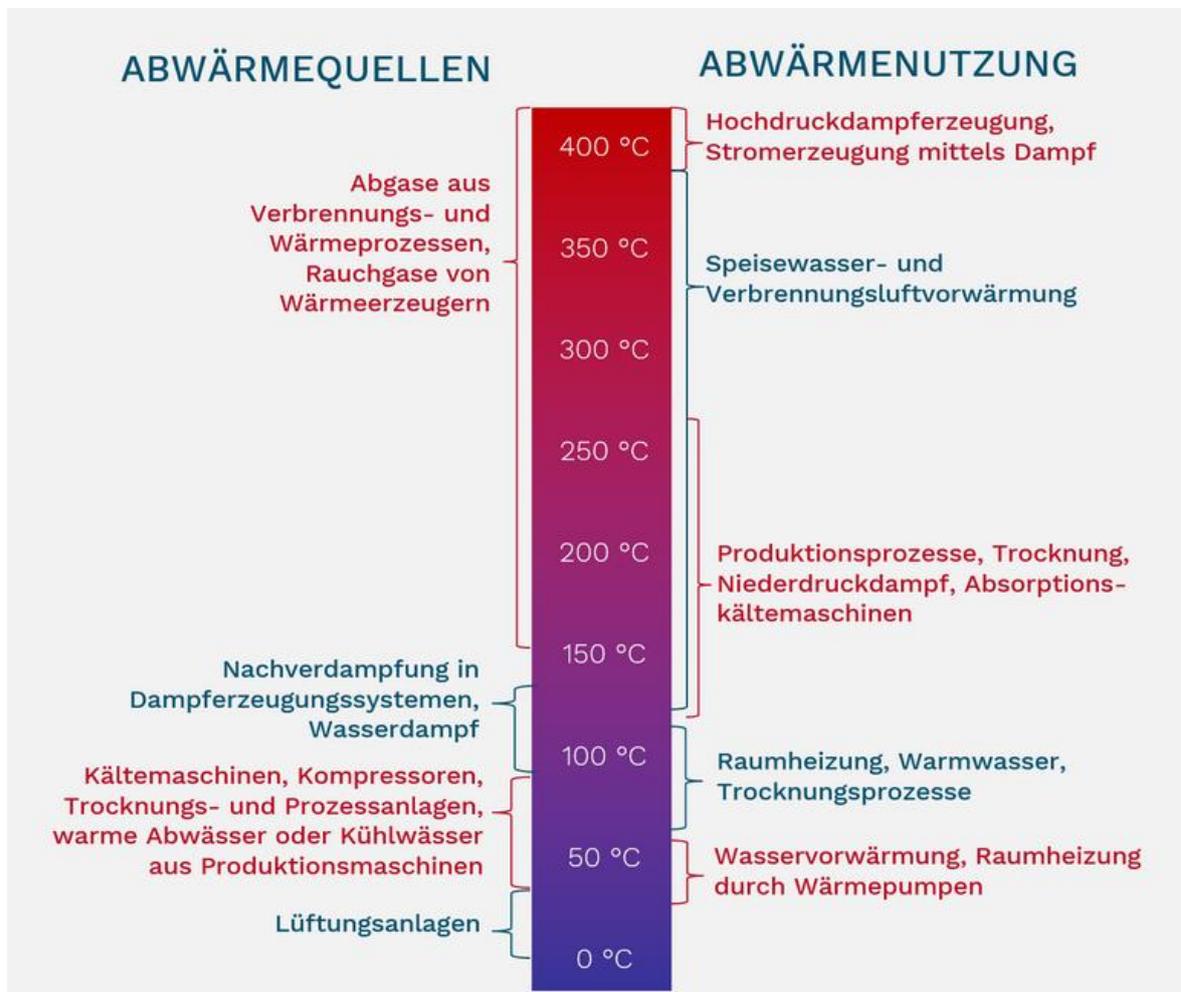


Abbildung 18: Temperaturniveaus verschiedener Abwärmequellen und deren Nutzungsmöglichkeiten (MVeFFizient, 2019)

Ob ein Wärmestrom sinnvoll genutzt werden kann hängt von vielen Einflussfaktoren ab. Dazu gehören unter anderem die Abwärmemenge, das Temperaturniveau, die Zusammensetzung (bspw. korrosive Bestandteile), die Bündelung, die Gleichzeitigkeit (Wärmebereitstellung und -bedarf), die räumliche Nähe sowie die Nutzungsdauer. Grundsätzlich steigt die Attraktivität der Abwärmennutzung und die



Anzahl der Nutzungsmöglichkeiten mit dem Temperaturniveau, der Abwärmemenge, der Bündelung und der Reinheit des Abwärmestroms.

Durch die Nutzung von Abwärme können folgende Vorteile erzielt werden:

- eine Reduzierung des Energiebedarfs bzw. der Energiekosten,
- eine damit einhergehende Verbesserung der Produktivität,
- eine Verringerung der Umweltbelastung,
- eine größere Unabhängigkeit von der externen Energieversorgung und
- geringere Aufwendungen für Heiz- und Rückkühlsysteme, falls Abwärme dauerhaft und zuverlässig genutzt werden kann.

In welchen Fällen eine Abwärmenutzung sinnvoll ist und welche konkrete Umsetzung erfolgen kann, muss vor dem Hintergrund der Rahmenbedingungen des jeweiligen Einzelfalls geprüft werden.

Vor allem die Industriebetriebe der Stadt Gadebusch bieten jedoch ein mögliches Potenzial zur Wiederverwendung von Abwärme.

Fördermöglichkeiten sind auch im Wirtschaftssektor, sowohl auf Landes- als auch auf Bundesebene, verfügbar.

5. Zusammenfassung Gesamtenergiepotenzial

Nachdem die Potenziale der verschiedenen erneuerbaren Energien für das Untersuchungsgebiet separat betrachtet wurden, erfolgt nun eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

In der nachfolgenden Tabelle 9 werden die umsetzbaren Potenziale der verschiedenen erneuerbaren Energieträger dargestellt. Hierbei werden das elektrische, das thermische sowie das Gesamtpotenzial ausgewiesen. Aus den Ergebnissen lassen sich folglich die CO₂-Einsparpotenziale errechnen. Dabei muss beachtet werden, dass auch erneuerbare Energien einen Emissionsbeiwert besitzen. Die CO₂-Einsparung errechnet sich aus dem Ersatz fossiler Energieträger durch erneuerbare Energieträger. Die Emissionsbeiwerte der regenerativen Energieträger können dem Anhang entnommen werden (Tabelle 1A).

Tabelle 9: Jährliches Gesamtenergiepotenzial aus erneuerbaren Energieträgern sowie die daraus resultierenden CO₂-Einsparungen pro Jahr

Energieträger		Umsetzbares Potenzial [MWh/ a]			CO ₂ -Emissionen [t CO ₂ / a]		
		Elektrisch	Thermisch	Gesamt	Erneuerbar	Fossil	Einsparung
Biogas	Biomasse LNF	8.005	9.450	17.455	2.721	3.927	1.206
	Grünland	741	875	1.616	252	364	112
	Tierisch	720	500	1.221	150	267	117
Feste Biomasse - Thermische Verwertung	Stroh LNF	-	17.440	17.440	458	4.308	3.849
	KUP LNF	-	3.408	3.408	90	842	752
	Grünland	-	3.349	3.349	88	828	739
	Landschaftspflege	-	470	470	12	116	104
Solarenergie	Photovoltaik (80 %)	6.926	-	6.926	466	1.378	912
	Solarthermie (20 %)	-	5.772	5.772	128	1.426	1.297
	Freiflächenanlagen	17.292	-	17.292	1.164	3.441	2.277
Geothermie	Flächenkollektoren	-	429	429	79	106	27
Summe		33.684	41.694	75.378	5.608	17.001	11.393

MWh: Megawattstunde, a: Jahr, %: Prozent, t: Tonne, CO₂: Kohlenstoffdioxid, LNF: Landwirtschaftliche Nutzfläche, KUP: Kurzumtriebsplantage



Unter der Voraussetzung, dass alle Potenziale der verschiedenen erneuerbaren Energieträger in Gadebusch vollständig ausgeschöpft werden, könnten jährlich insgesamt etwa **33.684 MWh Strom** und **41.694 MWh Wärme regenerativ erzeugt werden**. Das sind **insgesamt 75.378 MWh Energie** pro Jahr. Im Vergleich dazu verbrauchte die Stadt Gadebusch im Jahr 2018 insgesamt ca. 27.145 MWh Strom und 73.409 MWh Wärme (Gesamt 100.554 MWh/ a).

Bei einer vollständigen Ausnutzung der errechneten Potenziale könnten rechnerisch ca. 57 % des städtischen Wärmeverbrauches durch erneuerbare Energien ersetzt werden. Der Stromverbrauch der Stadt Gadebusch könnte bilanziell durch erneuerbare Energien gedeckt und darüber hinaus um 24 % überstiegen werden.

Zur Berechnung des CO₂-Einsparpotenzials wurden zunächst diejenigen CO₂-Emissionen errechnet, die bei der Erzeugung von 75.378 MWh Energie mittels erneuerbarer Energieträger entstehen. Diese würden jährlich 5.608 t CO₂ betragen. Alternativ dazu wurde ermittelt wie hoch die CO₂-Emissionen beim Einsatz fossiler Energieträger (Strommix, Erdgas) für dieselbe Energiemenge sind. Diese würden jährlich 17.001 t CO₂ betragen. **Aus der Differenz ergeben sich 11.393 t CO₂, die durch den Einsatz erneuerbarer Energien jährlich eingespart werden könnten.** Im Jahr 2018 wurden in Gadebusch in allen Sektoren (außer Verkehr) etwa 33.578 t CO₂ emittiert, wovon 1.497 t CO₂ aus der tierischen Landwirtschaft stammen. **Demnach könnten ca. 34 % der CO₂-Emissionen durch den Einsatz erneuerbarer Energien eingespart werden.**

Bei der Potenzialermittlung muss beachtet werden, dass die möglichen Einsparpotenziale der Industrieunternehmen durch bspw. Abwärmenutzung nicht mit einbezogen wurden. Zusätzlich bestehen neben der Solarenergie noch weitere Potenziale im privaten Bereich (u. a. Geothermie). Andererseits ist die Einflussnahme auf die privaten Haushalte sehr gering, wovon auch die Ausschöpfung der Potenziale im Bereich Photovoltaik und Solarthermie stark abhängig sind. Zudem unterliegen einige Nutzungspfade einer Flächenkonkurrenz bzw. einem Nutzungskonflikt. Das bedeutet beispielsweise, dass das theoretische Potenzial von Photovoltaik und Solarthermie nie zeitgleich vollständig abgerufen werden kann.



Hier erfolgte deshalb eine anteilmäßige Reduzierung der Potenziale (80 % PV, 20 % ST).

Weiterhin sollte beachtet werden, dass Kurzumtriebsplantagen in der Regel nur auf Ackergrenzstandorten (oder Rekultivierungsflächen) angebaut werden, so dass maximal ca. 10 % der gesamten Ackerfläche als mögliche Anbaufläche zur Verfügung stehen. Bei der Nutzung von Grünland bestehen ebenfalls Nutzungskonflikte. Für das Untersuchungsgebiet wurde angenommen, dass der Großteil des erzeugten Grünlandes zur Fütterung von Nutztieren verwendet wird. Daneben werden anteilmäßig die Erzeugung von Biogas sowie die Verbrennung des letzten Grünlandschnitts mit schlechter Futterqualität beachtet.

Die thermische Verwertung von Stroh, Waldrestholz und Landschaftspflegematerial stehen dagegen in keinem Nutzungskonflikt, da es sich hierbei in der Regel um Abprodukte handelt.



6. Maßnahmenkatalog Erneuerbare Energien & Energieeffizienz

Die folgende Tabelle 10 enthält mögliche Maßnahmen im Bereich der Erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz. Die Zusammenstellung und Priorisierung der Maßnahmen erfolgte durch die Mitglieder des Klimabeirates der Stadt Gadebusch. Folgende Staffelung wurde dazu vorgenommen:

- 1 = sehr hohe Priorität: Maßnahme sollte unbedingt zeitnah umgesetzt werden
- 2 = hohe Priorität: Maßnahme sollte mittelfristig umgesetzt werden
- 3 = mittlere Priorität: sinnvolle Maßnahme und/ oder Ergänzung

Die beschriebenen Zuständigkeiten und die zusätzlichen Informationen sollen als Hilfestellung dienen. Eine Vollständigkeit ist nicht gegeben.

Da sich die Inhalte der Förderprogramme ändern können, ist die Aktualität der Angaben nicht dauerhaft gewährleistet. Deshalb wird empfohlen sich im Falle eines Vorhabens auf den Internetseiten des Fördermittelgebers nach den aktuellen Rahmenbedingungen zu erkundigen.

Tabelle 10: Maßnahmenvorschläge Erneuerbare Energien und Energieeffizienz

Erneuerbare Energien & Energieeffizienz	Prior.	Zuständigkeit	Informationen
Solarenergie			
Solarkataster für Bürger	2	LG M-V	<u>Solarkataster Gadebusch</u>
Informationen über private Möglichkeiten	2	Eigentümer, WEMAG, LEKA, Leea M-V	- siehe Kap. 7.1.1; 7.2.1; 7.3.1
Freiflächen erschließen (mit Bürgerbeteiligung)	3	Stadt, Ansprechpartner: WEMAG, Energiesparzentrale, LEKA M-V...	- Potenzialflächen erhoben (siehe Kap. 4.2.3) - förderfähig über EEG
Informationen zu Betreibermodellen (Freiflächen)	2		



Erneuerbare Energien & Energieeffizienz	Prior.	Zuständigkeit	Informationen
Biomasse			
Machbarkeitsstudie Biomasseheizung (städtisches Grüngut)	3	Stadt, Fachplaner, z. Bsp. WEMAG-Energiedienste	- theoretisches Potenzial ermittelt (siehe Kap. 4.1.5) - siehe Kap. 7.1.1, 7.3.1/ 2/ 3
Nutzung umliegender Flächen (z. Bsp. Blühwiesen)	2	Stadt, Eigentümer, Landwirte	- bereits teilw. durchgeführt
Windkraft			
Windeignungsgebiete erschließen (mit Bürgerbeteiligung)	2	Stadt, Landkreis, Investoren, WEMAG	- Ausbau von Stadt zunächst ausgeschlossen
Informationen über private Möglichkeiten	2	Eigentümer, WEMAG, Leea M-V	- siehe Kap. 7.2.1: EE - Standard (Förderkredit)
Wärmeversorgung			
Quartierskonzepte prüfen	2	Stadt GDB, Fachplaner, z. Bsp. WEMAG-Energiedienste	- siehe Teilkonzept Kommunale Liegenschaften: Kap.: 9.2.1 Energetische Stadtsanierung - Zuschuss (KfW)
Mehrgeschossiger Mietwohnungsbau (Versorgungskonzepte EE)	2	GWG, WGR, Fachplaner, z. Bsp. WEMAG-Energiedienste	
Potenziale in Gewerbe & Industrie			
Machbarkeitsstudie KWK-Anlagen; Abwärmenutzung etc.	2	Unternehmen, Fachplaner, z. Bsp. WEMAG-Energiedienste	- siehe Kap. 7.1.4: Bundesförderung für Energie in der Wirtschaft (Modul 2)
Einzelmaßnahmen für alle Sektoren			
Wärmeschutzdämmung; Fensteraustausch (v. a. kommunale Liegenschaften und private Haushalte)	2	Eigentümer, Energiesparzentrale	- siehe Kap. 7.2.2: Energieeffizient Sanieren (Förderkredit)



Erneuerbare Energien & Energieeffizienz	Prior.	Zuständigkeit	Informationen
Erneuerung Heizungsanlage (Wärmepumpen etc.)	2	Eigentümer, Fachplaner, z. Bsp. WEMAG, Energiesparzentrale	- siehe Kap. 7.1.1: Heizen mit Erneuerbaren Energien 2020; 7.2.1 (Kredit); 7.3.1/ 2/ 3
Solarthermie-Anlagen (v. a. kommunale Liegenschaften und private Haushalte)	2	Eigentümer, Fachplaner, z. Bsp. WEMAG-Energiedienste, Energiesparzentrale	
Photovoltaik (v. a. kommunale Liegenschaften und private Haushalte)	1	Eigentümer, Fachplaner, z. Bsp. WEMAG, Energiesparzentrale	- siehe Kap. 7.2.1: EE - Standard (Förderkredit);
Blockheizkraftwerke (alle Sektoren, insbes. Industrie, Gewerbe)	2	Eigentümer, Fachplaner, z. Bsp. WEMAG-Energiedienste, Energiesparzentrale	- siehe Kap. 7.1.2: Mini-KWK-Zuschuss bis 20 kWel.; 7.2.1
Biomasseheizung (Pellets, Hackschnitzel etc.; alle Sektoren)	3		- siehe Kap. 7.1.1: Heizen mit Erneuerbaren Energien 2020; 7.2.1 (Kredit); 7.3.1/ 2/ 3
Abluftwärmerückgewinnung (v. a. Industrie, Gewerbe)	2	Eigentümer, Fachplaner, z. Bsp. Energiesparzentrale	- siehe Kap. 7.3.1/ 2
Abwärmenutzung von Abwasser (v. a. Einrichtungen mit kontinuierlichem Anfall)	2		- siehe Kap. 7.1.2: Kleinserien Klimaschutzprodukte (Modul 3); 7.3.1/ 2
Steigerung der Anlagen- und Energieeffizienz (alle Sektoren)	2		- siehe Kap. 7.3.1: Bundesförderung f. Energieberatung
Ausbau Nah- und Fernwärme (alle Sektoren)	2	Eigentümer, Fachplaner, z. Bsp. WEMAG-Energiedienste, Energiesparzentrale	- siehe Kap. 7.2.1: Wärme- und Kältenetze (Kredit); 7.3.1/ 2/ 3
Modellprojekte (innovative großtechnische Pilotvorhaben)			- Link: <i>BMU-Umweltinnovationsprogramm</i>



7. Finanzierungsinstrumente

WICHTIG: Anträge auf Fördermittel müssen immer vor der Umsetzung des Vorhabens gestellt werden. Erst nach offizieller Zusage der Förderung und Bestätigung des Maßnahmenbeginns darf umgesetzt werden.

Nachfolgend sind einige wichtige Förderprogramme aus dem Bereich des Klimaschutzes, der Energieeffizienz und der erneuerbaren Energien aufgeführt.

7.1 BAFA - Bundesamt für Ausfuhrkontrolle

7.1.1 Heizen mit Erneuerbaren Energien 2020 (BAFA, 2019a)

- Zuschuss Heizen mit Erneuerbaren Energien
- Antragstellung **vor Vorhabenbeginn**
- bei Wohngebäuden max. 50.000 € pro Wohneinheit förderfähige Kosten
- bei Nichtwohngebäuden max. 3,5 Mio. € förderfähige Kosten

Art und Höhe der Förderung

Art der Heizungsanlage	Gebäudebestand		Neubau
	Fördersatz ¹	Fördersatz mit Austausch Ölheizung ¹	Fördersatz ¹
Solarthermieanlage ²	30 %	30 %	30 %
Biomasseanlage <i>oder</i> Wärmepumpeanlage	35 %	45 %	35 %
Erneuerbare Energien Hybridheizung (EE-Hybride) ³	35 %	45 %	35 %
Nachrüstung eines Sekundärbauteils für die Biomasseanlage zur Partikelabscheidung oder Brennwertnutzung ⁴	35 %		35 %
Gas-Hybridheizung	mit erneuerbarer Wärmeerzeugung	40 % ⁵	
	mit späterer Einbindung der erneuerbaren Wärmeerzeugung (Renewable Ready) ⁵	20 % ⁷	

Es gelten die Bestimmungen der Richtlinien vom 30.12.2019.

Anträge können ausschließlich über das elektronische Antragsformular gestellt werden. Die Antragstellung muss vor Beginn der Maßnahme erfolgen.

¹ Die Fördersätze verstehen sich als Förderhöchstgrenze und beziehen sich auf die förderfähigen Kosten für die beantragte Maßnahme.

² Da die Solarthermieanlage nie allein die gesamte Heizlast eines Gebäudes tragen kann, wird hier keine Austauschprämie gewährt.

³ Kombination einer Solarthermieanlage-, Biomasse- und/oder Wärmepumpeanlage.

⁴ Im Neubau als Errichtung einer Biomasseanlage inkl. Sekundärbauteil.

⁵ Renewable Ready: Installiert wird eine Gasbrennwertheizung mit Speicher und Steuerungs- und Regelungstechnik für die spätere Einbindung eines erneuerbaren Wärmeerzeugers.

⁶ Gilt für die gesamte förderfähige Anlage, inkl. erneuerbarer Wärmeerzeuger.

⁷ Gilt für die gesamte förderfähige Anlage, ohne den später zu errichtenden erneuerbaren Wärmeerzeuger.

Abbildung 19: Förderübersicht: Heizen mit erneuerbaren Energien 2020 (BAFA, 2020)

- zusätzliche Austauschprämie für Ölheizungen in Höhe von 10 %



Förderfähige Kosten (u.a.)

- neue Heiztechnik inkl. Montage
- Ausbau und der Entsorgung der alten Anlage
- notwendige Wanddurchbrüche
- Anschluss ans öffentliche Gasnetz
- Probebohrungen für eine Wärmepumpenanlage
- Kosten Energieberater, Kosten für Planen und Überwachen der Bauleistungen

Maßnahmen zur Visualisierung des Ertrages Erneuerbarer Energien

- bis zu 1.200 € Zuschuss bei Errichtung einer Anlage zur Visualisierung des Ertrages aus Erneuerbaren Energien

Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien sind:

- Biogasanlagen, Biomasseanlagen, Photovoltaikanlagen, Solarthermieanlagen, Wärmepumpenanlagen, Wasserkraftanlagen, Windkraftanlagen

Förderung an folgenden Standorten:

- öffentliche Einrichtungen der Kommunen oder gemeinnütziger Träger
- Beruf- oder Technikerschulen
- Berufsbildungszentren
- überbetriebliche Ausbildungsstätten bei den Kammern
- allgemeinbildende Schulen
- Fachhochschulen und Universitäten
- Kirchen

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/heizen_mit_erneuerbaren_energien_node.html



7.1.2 Energieeffizienz (BAFA, 2019b)

Bundesförderung für effiziente Gebäude - Heizungsoptimierung

Steigerung der Energieeffizienz bei der Wärmeversorgung von Gebäuden durch den Einbau von modernen, hocheffizienten Pumpen bzw. die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs, der die Wärme im Gebäude optimal verteilt.

Gegenstand der Förderung

- Ersatz von Heizungs-Umwälzpumpen (Nass- und Trockenläuferpumpen) und
- Ersatz von Warmwasser-Zirkulationspumpen durch hocheffiziente Pumpen (Liste der Pumpen bei der BAFA einsehbar)

Einschließlich der Kosten für den fachgerechten Einbau und direkt mit der Maßnahme verbundenen Materialkosten

- Heizungsoptimierung durch einen hydraulischen Abgleich bei bestehenden Heizsystemen

In Verbindung mit dem hydraulischen Abgleich können zusätzliche Investitionen und Optimierungsmaßnahmen an bestehenden Anlagen gefördert werden. Dabei handelt es sich um die Anschaffung und die fachgerechte Installation von:

- voreinstellbaren Thermostatventilen
- Einzelraumtemperaturreglern
- Strangventilen
- Technik zur Volumenstromregelung
- separater Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik und Benutzerinterfaces
- Pufferspeichern
- die professionell erledigte Einstellung der Heizkurve

Art und Höhe der Förderung

- **30 % der Nettoinvestitionskosten** für den Ersatz durch hocheffiziente Pumpen sowie einem hydraulischen Abgleich
- höchstens jedoch 25.000 € pro Standort

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Heizungsoptimierung/heizungsoptimierung_node.html



Kälte- und Klimaanlage

Nach der Richtlinie zur Förderung von Kälte- und Klimaanlage (Kälte-Klima-Richtlinie) vom 19. Dezember 2018 werden stationäre Kälte- und Klimaanlage sowie Fahrzeug-Klimaanlagen in Bussen und Schienenfahrzeugen gefördert.

Gegenstand der Förderung

Stationäre Anlagen:

Gefördert werden stationäre Kälte- und Klimaanlage, die mit nicht-halogenierten Kältemitteln betrieben werden, wenn

1. diese neu errichtet bzw. neu installiert werden oder
2. die Kälteerzeugungseinheit neu erstellt wird, jedoch das Kühlmittelsystem (Wasser-, Sole-, Luftverteilsystem) bestehen bleibt.

Bei diesen Anlagen werden zudem ergänzende Komponenten gefördert, beispielsweise Wärmepumpen sowie Wärme- und Kältespeicher, die den klimaschützenden Betrieb des Gesamtsystems zusätzlich verstärken.

Fahrzeuganlagen:

- Klimaanlage, mit denen elektrisch betriebene Busse ab Werk ausgerüstet oder elektrisch betriebene Schienenfahrzeuge nach- oder umgerüstet werden
- als Schienenfahrzeug gelten alle schienengebunden Fahrzeuge, also Lokomotiven und Wagons z. Bsp. in Straßenbahnen, U-Bahnen, S-Bahnen oder Regionalbahnen

Art und Höhe der Förderung

Die Ausführungsplanung wird mit folgenden Pauschalen gefördert:

- 500 € pro Luftkühler, mindestens 1.000 €, maximal 5.000 €
- 1.000 € für die Integration eines oder mehrerer Wärmespeicher
- 1.000 € für die Integration eines oder mehrerer Kältespeicher



Die Kombination einer geförderten/ förderfähigen Kälte- oder Klimaanlage mit Anlagen zur Erzeugung von regenerativen Energien (Bio-BHKW, PV-Anlage, Windstromanlage, Solarthermieanlage) wird mit folgenden Pauschalen gefördert:

- 50 € pro Kilowatt bereitgestellter Spitzenleistung, maximal jedoch bis zum Doppelten der installierten elektrischen Antriebsleistung des geförderten Kälteerzeugers
- 1.000 € für die Installation einer neuen Solarthermieanlage zum Antrieb einer Sorptionskälteanlage.

Die Förderung ist auf 150.000 € pro Maßnahme sowie auf maximal 50 % der förderfähigen Ausgaben begrenzt.

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Klima_Kaeltetechnik/klima_kaeltetechnik_node.html

Kleinserien Klimaschutzprodukte

Förderung von fünf verschiedenen Technologien, um den Innovationsprozess zu beschleunigen.

Gegenstand der Förderung

- Modul 1: Kleinstwasserkraftanlagen in technischen Installationen bis 30 kWel
- Modul 2: Anlagen zur lokalen Sauerstoffproduktion
- Modul 3: Dezentrale Einheiten zur Wärmerückgewinnung aus Abwasser in Gebäuden
- Modul 4: Bohrgeräte für innovative Erdwärmespeichersonden
- Modul 5: Schwerlastfahrräder

Art und Höhe der Förderung

- abhängig von den Technologien

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kleinserien_Klimaschutzprodukte/kleinserien_klimaschutzprodukte_node.html



Mini-KWK-Zuschuss bis 20 kW_{el}

KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis 20 kW (sog. Mini-KWK-Anlagen) in bestehenden Gebäuden können einen einmaligen Investitionszuschuss erhalten.

- Antragstellung **bis zum 31.12.2020** möglich

Basisförderung

> 0 bis	≤ 1 kW _{el}	=	1.900 € pro kW
> 1 bis	≤ 4 kW _{el}	=	300 € pro kW
> 4 bis	≤ 10 kW _{el}	=	100 € pro kW
> 10 bis	≤ 20 kW _{el}	=	10 € pro kW

Bonusförderung

- Wärmeeffizienzbonus: 25 % der Basisförderung für Mini-KWK-Anlagen, die mit einem (zweiten) Abgaswärmetauscher zur Brennwertnutzung ausgestattet sind
- hydraulischer Abgleich muss im zeitlichen Zusammenhang mit der Inbetriebnahme der KWK-Anlage durchgeführt werden - Verbesserung der thermischen Effizienz und des Gesamtwirkungsgrades der Mini-KWK-Anlage
- Stromeffizienzbonus: 60 % der Basisförderung für KWK-Anlagen mit einem besonders hohen elektrischen Wirkungsgrad (Brennstoffzellen-KWK-Anlagen)

Fördervoraussetzungen

- Antrag auf Förderung einer Mini-KWK-Anlage muss bis zum 31. Dezember 2020 eingereicht werden (Richtlinienende)
- Anlage wird in einem bestehenden Gebäude (Bauantrag vor 01.01.2009) errichtet
- Anlage befindet sich auf der „Liste der förderfähigen Mini-KWK-Anlagen“
- Anlage darf nicht in einem Gebiet mit einem Anschluss- und Benutzungsgebot für Fernwärme liegen
- Anlage wird über einen Wartungsvertrag betreut
- es ist ein Wärmespeicher mit einem Volumen von mindestens 60 Litern Wasser pro kW thermischer Leistung (kW_{th}) vorhanden bzw. neu installiert, wobei maximal ein Speichervolumen von 1.600 Liter erforderlich ist



Wärme- und Kältenetze

Gegenstand der Förderung

- Versorgung der Abnehmenden muss mind. zu 75 % aus KWK-Wärme erfolgen. Alternativ genügt ein Wärme-Mix aus KWK-Wärme und Wärme aus erneuerbaren Energien oder KWK-Wärme und industrieller Abwärme jeweils in Höhe von 50 %, sofern mindestens 25 % KWK-Wärme vorhanden sind. Die Quote ist innerhalb von 36 Monaten ab Inbetriebnahme des Wärmenetzes zu erreichen
- Wärmeleitung geht über die Grundstücksgrenze (Flurstück), auf dem die KWK-Anlage steht, hinaus
- öffentliches Netz: Das Wärmenetz ist ein öffentliches Netz, wenn die Planung und Auslegung der Trasse nicht nur die Versorgung feststehender oder bestimmbarer Wärmeabnehmer zulässt und zumindest theoretisch der Anschluss einer unbestimmten Anzahl von Abnehmenden möglich ist.
- an das Netz ist mindestens ein Abnehmer angeschlossen, der nicht Eigentümer oder Betreiber der einspeisenden KWK-Anlage ist
- bei Zuschlagszahlungen über 15 Mio. € je Unternehmen erfordert die Zulassung eine beihilferechtliche Genehmigung des Vorhabens durch die EU-Kommission

Art und Höhe der Förderung

- max. 20 Mio. € pro Projekt
- KWK-Zuschlag wird durch den Übertragungsnetzbetreiber ausgezahlt
 - mittlerer Nenndurchmesser \leq DN 100: **100 €/ m; max. 40 % der Investitionskosten**
 - mittlerer Nenndurchmesser $>$ DN 100: **30 % der Investitionskosten**
- Anbindung einer KWK-Anlage an ein bestehendes Wärmenetz ist förderfähig
- Weiterführende Informationen finden Sie online unter:
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kraft_Waerme_Kopplung/Waerme_Kaeltenetze/waerme_kaeltenetze_node.htm



Wärme- und Kältespeicher

Gegenstand der Förderung

- Zulassungsvoraussetzungen abhängig von der Höhe des Speichervolumens
- Zulassung von Speichern ist gebührenpflichtig

Art und Höhe der Förderung

Speichervolumen **bis 50 m³** erhalten KWK-Zuschlag:

- 250 € pro m³ Wasseräquivalent des Speichervolumens

Speichervolumen **über 50 m³** erhalten KWK-Zuschlag:

- 250 € pro m³ Wasseräquivalent des Speichervolumens
- max. 30 % der ansatzfähigen Investitionskosten
- max. 10 Mio. € pro Projekt.

- Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kraft_Waerme_Kopplung/Waerme_Kaeltespeicher/waerme_kaeltespeicher_node.html

Elektromobilität

Gegenstand der Förderung

- Erwerb (Kauf oder Leasing) eines neuen, erstmals zugelassenen, elektrisch betriebenen Fahrzeuges gemäß § 2 des Elektromobilitätsgesetzes
- Fahrzeugmodell muss sich auf der Liste der förderfähigen Elektrofahrzeuge befinden (Online auf Seiten der BAFA einsehbar)
- Erwerb eines akustischen Warnsystems (AVAS) förderfähig, welches zum Zeitpunkt des Erwerbs serienmäßig vom Hersteller oder durch eine autorisierte Werkstatt in ein gemäß dieser Richtlinie zu förderndes Fahrzeug eingebaut wurde

Art und Höhe der Förderung

- Umweltbonus für reine Batterieelektrofahrzeuge und Brennstoffzellenfahrzeuge 4.000 € und für von außen aufladbare Plug-In Hybride 3.000 €



- Umweltbonus wird zur Hälfte durch die Automobilhersteller (Eigenanteil) und zur Hälfte durch einen Bundeszuschuss (Bundesanteil) gewährt
- AVAS (Akustische Zusatzeinrichtung) wird pauschal mit 100 € bezuschusst
- Weiterführende Informationen finden Sie online unter:
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Elektromobilitaet/elektromobilitaet_node.html

Bundeförderung für effiziente Wärmenetze (Wärmenetzsysteme 4.0)

- Förderung innovativer Wärmenetzsysteme mit überwiegendem Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme

Gegenstand der Förderung

- Neubau oder die Transformation von **vollständigen Wärmenetzsystemen** inkl. Hausübergabestationen

Art und Höhe der Förderung

Fördermodul I

- Machbarkeitsstudien mit bis zu 60 % der förderfähigen Ausgaben und einer maximalen Höhe der Förderung von 600.000 €

Fördermodul II

- Realisierung eines Wärmenetzsystems 4.0 mit bis zu 50 % der förderfähigen Ausgaben im Investitionsvorhaben
- max. 15 Millionen € pro Vorhaben,

Fördermodul III

- Maßnahmen zur Kundeninformation im Gebiet des geplanten Wärmenetzsystems 4.0 zur Erhöhung der Anschlussquote an ein Modellvorhaben mit bis zu 80 % der förderfähigen Kosten
- bis zu einer betragsmäßigen Obergrenze von max. 200.000 €

- Weiterführende Informationen finden Sie online unter:
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/waermenetze_node.html



7.1.3 Bundesförderung für Energieberatung (BAFA, 2019c)

Das Programm kann von Privatpersonen sowie von kleinen und mittleren Unternehmen genutzt werden. Gefördert werden Beratungen für Wohngebäude, deren Bauantrag oder Bauanzeige mindestens zehn Jahre zurückliegt.

Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude

- Aufzeigen von Energieeinsparpotenzialen
- umfassende Ermittlung des energetischen Zustandes des Wohngebäudes
- Erstellung eines passenden Sanierungskonzeptes
- Hinweise auf Fördermittel
- Ergebnisse werden in einem Energieberatungsbericht zusammengefasst

Beratungsalternativen:

- Gesamtsanierung in einem Zuge zu einem KfW-Effizienzhaus
- individueller Sanierungsfahrplan - Gebäude Schritt-für-Schritt über einen längeren Zeitraum durch aufeinander abgestimmte Maßnahmen umfassend energetisch sanieren und den Primärenergiebedarf so weit wie möglich senken

Art und Höhe der Förderung

- 80 % des zuwendungsfähigen Beratungshonorars
- max. 1.300 € bei Ein- und Zweifamilienhäusern
- max. 1.700 € bei Wohnhäusern mit mindestens drei Wohneinheiten
- Zuschuss in Höhe von max. 500 € für die zusätzliche Erläuterung eines Energieberatungsberichts in Wohnungseigentümerversammlungen oder Beiratssitzungen
- Förderung wird an den Berater ausgezahlt - Berater ist verpflichtet den Zuschuss mit seinem Honorar zu verrechnen

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebäude/energieberatung_wohngebäude_node.html



Bundesförderung für Energieberatung im Mittelstand

Antragsberechtigt sind kleine und mittlere Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft und des sonstigen Dienstleistungsgewerbes sowie Angehörige der Freien Berufe mit Sitz und Geschäftsbetrieb in Deutschland, die

1. weniger als 250 Personen beschäftigen **und**
2. einen Jahresumsatz von nicht mehr als 50 Mio. € oder eine Jahresbilanzsumme von nicht mehr als 43 Mio. € haben

Gegenstand der Förderung

- Ansatzpunkte sind Bereiche Gebäude, Anlagen, Nutzerverhalten
- Maßnahmenvorschläge sollten sich am Gebot der Wirtschaftlichkeit orientieren
- sofern die Nutzung von erneuerbaren Energien sinnvoll erscheint, soll hierauf besonders hingewiesen und gegebenenfalls ein entsprechendes Konzept erarbeitet werden (gilt auch für die Nutzung von Abwärme)

Art und Höhe der Förderung

- 80 % der förderfähigen Beratungskosten für Unternehmen mit jährlichen Energiekosten über 10.000 € - max. 6.000 €
- 80 % der förderfähigen Beratungskosten für Unternehmen mit jährlichen Energiekosten von max. 10.000 € - max. 1.200 €

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Mittelstand/energieberatung_mittelstand_node.html



Bundeshförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude von Kommunen und gemeinnützigen Organisationen

Ziel des Förderprogramms ist es, kommunalen Gebietskörperschaften, deren Eigenbetrieben, Unternehmen mit mehrheitlich kommunalem Gesellschafterhintergrund sowie gemeinnützigen Organisationsformen und anerkannten Religionsgemeinschaften geförderte Energieberatung zugänglich zu machen und wirtschaftlich sinnvolle Investitionen in die Energieeffizienz aufzuzeigen.

Gegenstand der Förderung

- Energieberatung zur Erstellung eines energetischen Sanierungskonzepts von Nichtwohngebäuden, entweder in Form eines Sanierungsfahrplans oder in Form einer umfassenden Sanierung
- Neubauberatung für Nichtwohngebäude
- zusätzlich kann ein **Contracting-Check** gefördert werden
- der Berater stellt den Antrag und erhält die entsprechende Zuwendung

Die Energieberatung kann folgende Maßnahmen empfehlen:

- Sanierungsfahrplan
- Sanierung zu einem KfW-Effizienzhaus 70
- Sanierung zu einem KfW-Effizienzhaus 100
- Sanierung zu einem KfW-Effizienzhaus Denkmal

Contracting-Check

- ist in den Beratungsbericht aufzunehmen
- förderfähig, wenn die Energiekosten des Gebäudes bzw. des Gebäudepools, d. h. die Kosten für den Bezug von Wärme, Strom und Wasser, mindestens 30.000 € pro Jahr betragen

Darüber hinaus muss der Contracting-Check folgende Anforderungen erfüllen:

- Darstellung des IST-Zustandes und eine grobe Abschätzung bestehender energetischer Einsparpotentiale



- Darstellung, ob sich das/ die betrachtete(n) Gebäude unter Beachtung des Gebots der Wirtschaftlichkeit in ein Contracting-Modell integrieren lässt/ lassen (Energiespar-Contracting oder Energieliefer-Contracting jeweils im Vergleich zu einer Eigendurchführung)
- Darstellung der jeweiligen Vor- und Nachteile der Contracting-Modelle sowie einer Eigendurchführung in einer Übersicht
- Abgabe einer Empfehlung für ein Contracting-Modell oder die Eigendurchführung auf der Grundlage der zuvor getroffenen Feststellungen

Art und Höhe der Förderung

- Anteilsfinanzierung in Form eines nicht rückzahlbaren Zuschusses an den antragstellenden Berater
 - bis zu 80 % der förderfähigen Ausgaben, maximal jedoch ein von der Zahl der Nutzungszonen des betreffenden Gebäudes abhängiger Höchstbetrag (beginnend mit 3.500 € bei einer Nutzungszone und weiter jeweils + 1.000 € pro zusätzliche Zone)
 - ab 13 Nutzungszonen beträgt die Höchstförderung einheitlich 15.000 €
 - für die Präsentation des Beratungsberichts durch den Berater in Entscheidungsgremien kann eine Zuwendung in Höhe von 500 € beantragt werden
 - Contracting-Check wird anteilig mit bis zu 80 % des Nettoberatungshonorars, max. jedoch mit 2.000 € gefördert
 - Zuschuss kann nur zusätzlich zur Förderung der Energieberatung bewilligt werden
 - Höchstförderung von 15.000 € darf nicht überschritten werden
- Weiterführende Informationen finden Sie online unter:
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Nichtwohn_gbaeude_Kommunen/sanierungskonzept_neubauberatung_node.html



7.1.4 Bundesförderung für Energie in der Wirtschaft (BAFA, 2019d)

Modul 1: Querschnittstechnologien

Gegenstand der Förderung

- Elektrische Motoren und Antriebe
- Pumpen für die industrielle und gewerbliche Anwendung
- Ventilatoren
- Druckluftanlagen sowie deren übergeordnete Steuerung
- Anlagen zur Abwärmenutzung beziehungsweise Wärmerückgewinnung aus Abwässern
- Dämmung von industriellen Anlagen bzw. Anlagenteilen
- Frequenzumrichter

Art und Höhe der Förderung

- Netto-Investitionsvolumen für Einzelmaßnahmen, einschließlich Nebenkosten, muss mindestens 2.000 € betragen
- Maximale Förderung beträgt 200.000 € bei einer Förderquote von bis zu 40 % der förderfähigen Investitionskosten

Modul 2: Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien

Gegenstand der Förderung

- Wärmespeicher für beantragte Wärmeerzeuger
- Anbindung der beantragten Wärmeerzeuger an die Wärmesenke(n)
- im Falle einer Wärmepumpe auch die Anbindung an eine oder mehrere erneuerbare Wärmequellen
- Aufständering und Unterkonstruktion für Solarkollektoren
- notwendige Baumaßnahmen zur Aufstellung bzw. Einrichtung der Biomasseanlage oder Wärmepumpe (z. Bsp. Fundament oder Einhausung)
- die zur Ertragsüberwachung und Fehlererkennung installierten Mess- und Datenerfassungseinrichtungen
- Machbarkeitsabschätzungen und Planungen im Zusammenhang mit der Umsetzung einer beantragten Maßnahme
- Installations- und Montagekosten



Art und Höhe der Förderung

- Maximale Förderung beträgt 10 Mio. € pro Investitionsvorhaben bei einer Förderquote von bis zu 55 % der förderfähigen Investitionskosten

Modul 3: MSR, Sensorik und Energiemanagement-Software

Gegenstand der Förderung

Förderfähig sind insbesondere der Erwerb, die Installation und die Inbetriebnahme:

- von Softwarelösungen zur Unterstützung eines Energiemanagementsystems oder Umweltmanagementsystems (Energiemanagement-Software)
- von Sensoren sowie Analog-Digital-Wandlern zur Erfassung von Energieströmen sowie sonstiger für den Energieverbrauch relevanter Größen zwecks der Einbindung in das Energie- oder Umweltmanagementsystem
- von Steuer- und Regelungstechnik zur Beeinflussung von Systemen und Prozessen, sofern der vornehmliche Zweck ihres Einsatzes in der Reduktion des Energieverbrauchs liegt

Zu den förderfähigen Investitionskosten zählen insbesondere:

- Erwerb einer Lizenz zur Nutzung einer Energiemanagement-Software oder Softwarelösung
- Erwerb, Installation und Inbetriebnahme von Sensoren zur Integration in ein Energie- oder Umweltmanagementsystem bzw. alternatives System
- Analog-Digital-Wandlern
- Aktoren zur effizienten Steuerung/ Regelung von Energieströmen
- Datenloggern sowie Gateways zur Übertragung von Sensordaten zur Softwarelösung, deren Einsatz zur quantifizierbaren Reduktion des Energieverbrauchs führen soll
- Einweisung bzw. Schulung des Personals durch Dritte im Umgang mit der geförderten Softwarelösung
- sofern es sich bei der Energiemanagement-Software um einen Cloud-Dienst handelt, die vollständigen externen Kosten zur Nutzung



Art und Höhe der Förderung

- maximale Förderung beträgt 10 Mio. € pro Investitionsvorhaben bei einer Förderquote von bis zu 40 % der förderfähigen Investitionskosten

Modul 4: Energiebezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen

Gegenstand der Förderung

- Prozess- und Verfahrensumstellungen auf effiziente Technologien und energetische Optimierung von Produktionsprozessen
- Maßnahmen zur Abwärmenutzung
- Maßnahmen an Anlagen zur Wärmeversorgung, Kühlung und Belüftung
- Maßnahmen zur energieeffizienten Bereitstellung von Prozesswärme
- Maßnahmen zur Vermeidung von Energieverlusten im Produktionsprozess

Art und Höhe der Förderung

- maximale Förderung beträgt 10 Mio. € pro Investitionsvorhaben bei einer Förderquote von bis zu 40 % der förderfähigen Investitionskosten
- maximale Förderung ist auf einen Betrag von 500 € (700 € für kleine und mittlere Unternehmen) pro jährlich eingesparte Tonne CO₂ begrenzt (Fördereffizienz)

Einsparkonzept

- bei Antragstellung ist ein von einem Energieberater erstelltes Einsparkonzept vorzulegen.
- sofern das antragstellende Unternehmen über ein nach DIN EN ISO 50001 oder EMAS zertifiziertes Energie- oder Umweltmanagementsystem verfügt, kann das Einsparkonzept unternehmensintern erstellt werden
- Erstellung des Einsparkonzepts erfolgt auf Grundlage der Anforderungen der Anlage zum Merkblatt 4 „Einsparkonzept für technologieoffene Investitionsvorhaben“.

- Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/energieeffizienz_und_prozesswaerme_node.html



7.2 KfW - Kreditanstalt für Wiederaufbau

Bei den Programmen der KfW kann es sich um Förderkredite und Zuschüsse für Kommunen handeln. Im Folgenden sind einige relevante Programme der KfW aufgeführt.

7.2.1 Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien - Standard (270)

Gegenstand der Förderung

1. Errichtung, Erweiterung und Erwerb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

einschließlich der zugehörigen Kosten für Planung, Projektierung und Installation. Die Anlagen müssen den Anforderungen des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien genügen.

- Photovoltaik-Anlagen auf Dächern, an Fassaden oder auf Freiflächen
- Anlagen zur Stromerzeugung aus Wasserkraft bis zu einer Größe von 20 MW
- Anlagen zur Stromerzeugung aus Windkraft
- Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) auf der Basis von fester Biomasse, Biogas oder Erdwärme
- Anlagen zur Erzeugung, Aufbereitung und Einspeisung von Biogas, Biogasleitungen
- Batteriespeicher

2. Errichtung, Erweiterung und Erwerb von Anlagen nur zur Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien

3. Wärme-/ Kältenetze und Wärme-/ Kältespeicher, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden

4. Flexibilisierung von Stromnachfrage und -angebot, Digitalisierung der Energiewende mit dem Ziel, die erneuerbaren Energien systemverträglich in das Energiesystem zu integrieren

- Z. Bsp. Stromspeicheranlagen (Power-to-X-Technologien), Lastmanagement, Mess- und Steuerungssysteme, als Einzelmaßnahme oder Nachrüstung



Außerdem:

- Contracting-Vorhaben und Modernisierungen mit Leistungssteigerung

Art und Höhe der Förderung

- individuellen Zinssatz ermittelt die Bank anhand des Standorts, der wirtschaftlichen Verhältnisse und der Qualität der Sicherheiten
- Mindestlaufzeit generell 2 Jahre
- bis zu 50 Mio. € pro Vorhaben
- bis zu 100 % der Investitionskosten
- 100 % Auszahlung
- abrufbar innerhalb von 12 Monaten nach Zusage wahlweise in einer Summe oder in Teilbeträgen
- Bereitstellungsprovision 0,15 % pro Monat beginnend 6 Monate und 2 Bankarbeitstage nach Zusage

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-\(270\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/)

Erneuerbare Energien - Premium (271)

- Förderkredit mit Tilgungszuschuss für Wärme

Gegenstand der Förderung

- Solarkollektoren (> 40 m² Bruttokollektorfläche)
- Biomasseanlagen zur Verbrennung fester Biomasse für die thermische Nutzung
- Kraft-Wärme-Kopplungs-Biomasseanlagen (> 100 kW bis max. 2 MW Nennleistung)
- Wärmenetze, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden (Förderhöhe von Anteil erneuerbarer Energien abhängig)
- große Wärmespeicher (> 10 m³)
- Biogasleitungen für unaufbereitetes Biogas (mind. 300 m Luftlinie)
- große effiziente Wärmepumpen (> 100 kW Nennwärmeleistung)



- Anlagen zur Erschließung und Nutzung der Tiefengeothermie mit mehr als 400 Metern Bohrtiefe und einer Temperatur des Thermalfluids von mindestens 20 °C und einer geothermischen Wärmeleistung von mindestens 0,3 MW_{th}

Art und Höhe der Förderung

Mit dem Förderprogramm können bis zu 100 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten finanziert werden. Die Mehrwertsteuer kann mitfinanziert werden, sofern die Berechtigung zum Vorsteuerabzug nicht vorliegt.

Eine Aufstockung des Kredits oder des Tilgungszuschusses ist nicht möglich.

- individuellen Zinssatz ermittelt die Bank anhand des Standorts, der wirtschaftlichen Verhältnisse und der Qualität der Sicherheiten
- Mindestlaufzeit generell 2 Jahre
- bis zu 25 Mio. € pro Vorhaben, keine Aufstockung
- bis zu 100 % Ihrer Investitionskosten inklusive Mehrwertsteuer, wenn die Berechtigung zum Vorsteuerabzug nicht vorliegt
- 100 % des Kreditbetrages werden ausgezahlt
- abrufbar wahlweise in einer Summe oder in Teilbeträgen
- Kredit innerhalb von 12 Monaten nach Zusage abrufen

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-\(271-281\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-(271-281)/)

7.2.2 Energieeffizient Sanieren

Energieeffizient Sanieren - Kredit für Privatpersonen (151)

Förderung der energetischen Sanierung von Wohngebäuden, für die der Bauantrag oder die Bauanzeige vor dem 01.02.2002 gestellt wurde. Eine Voraussetzung für die Förderung ist die Einbindung eines Experten für Energieeffizienz.

1. Sanierung zum KfW-Effizienzhaus

- Maßnahmen, die zum KfW-Effizienzhaus-Standard führen



2. Einzelne energetische Maßnahmen

- Wärmedämmung von Wänden, Dachflächen, Keller- und Geschossdecken
- Erneuerung der Fenster und Außentüren
- Erstanschluss na Nah- oder Fernwärme
- Optimierung der Heizungsanlage
- Erneuerung oder Einbau einer Lüftungsanlage
- Einzelmaßnahmen müssen bestimmte technische Mindestanforderungen erfüllen

Außerdem förderfähig:

- Baunebenkosten
- Wiederherstellungskosten
- Beratungs-, Planungs- und Baubegleitungsleistungen

3. Sanierung eines Baudenkmals

- Sanierung von Baudenkmalen oder Gebäuden mit besonders erhaltenswerter Bausubstanz

4. Umwidmung von Nicht-Wohnfläche in Wohnfläche

- Umbau bestehender beheizter Nicht-Wohnflächen, zum Beispiel Gewerbeflächen, zu Wohnraum
- Umwidmung unbeheizter Nicht-Wohngebäude, zum Beispiel Scheunen, zu Wohnraum können über den **KfW-Kredit Energieeffizient Bauen (153)** finanziert werden

5. Kauf von saniertem Wohnraum

- beim Kauf von saniertem Wohnraum können die Kosten der energetischen Sanierung gefördert werden, wenn sie gesondert ausgewiesen sind (zum Beispiel im Kaufvertrag)



Art und Höhe der Förderung

- Förderkredit bis zu 120.000 € für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus, z. Bsp. mit - 2,43 % effektivem Jahreszins
- Förderkredit bis zu 50.000 € für Einzelmaßnahmen, z. Bsp. mit - 1,82 % effektivem Jahreszins
- auch für den Kauf von saniertem Wohnraum
- weniger zurückzahlen: bis zu 48.000 € Tilgungszuschuss
- Begleitung durch Experten für Energieeffizienz kann mit bis zu 4.000 € extra gefördert werden

- Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kredit-\(151-152\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kredit-(151-152)/)

Ergänzend zum Programm:

Energieeffizient Sanieren - Ergänzungskredit (167)

Für die Umstellung Ihrer Heizung auf erneuerbare Energien.

- Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Erg%C3%A4nzungskredit-\(167\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Erg%C3%A4nzungskredit-(167)/)

Energieeffizient Bauen und Sanieren - Zuschuss Baubegleitung (431)

Für die Planung und Baubegleitung durch einen Experten für Energieeffizienz.

- Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Baubegleitung-\(431\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Baubegleitung-(431)/)

Altersgerecht umbauen - Kredit (159)

Kredit für den Abbau von Barrieren, mehr Wohnkomfort und besseren Einbruchschutz

- Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Altersgerecht-umbauen-\(159\)/index-2.html](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Altersgerecht-umbauen-(159)/index-2.html)



Energieeffizient Sanieren - Investitionszuschuss für Privatpersonen (430)

Zuschuss für die komplette Sanierung oder einzelne energetische Maßnahmen für private Eigentümer.

Gegenstand der Förderung

- siehe „**Energieeffizient Sanieren - Kredit (151)**“

Art und Höhe der Förderung

- bis zu 48.000 € für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus
- bis zu 10.000 € für Einzelmaßnahmen
- auch für den Kauf von saniertem Wohnraum

- Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Zuschuss-\(430\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Zuschuss-(430)/)



7.2.3 Förderprodukte für Unternehmen

Bundeförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft - Kredit (295)

Minimierung der Energiekosten durch hocheffiziente Technologien.

- bis zu 25 Mio. € Kreditbetrag
- hohe Förderung für besonders effiziente Komponenten, Anlagen und Lösungen
- weniger zurückzahlen: bis zu 55 % Tilgungszuschuss

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Zuschuss-\(430\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Zuschuss-(430)/)

Kombinierbar mit:

Bundeförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft - Zuschuss (BAFA)

- investive Maßnahmen zur energetischen Optimierung von industriellen und gewerblichen Anlagen und Prozessen zur Steigerung der Energieeffizienz
- Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien und von Abwärme für gewerbliche Prozesse in Unternehmen
- Förderung ist technologieoffen und kann ebenfalls Querschnittstechnologien, MSR, Sensorik und Energiemanagement-Software betreffen

KfW-Energieeffizienzprogramm - Produktionsanlagen/ -Prozesse (292)

Energiekosten im laufenden Betrieb einsparen.

- Förderkredit ab 1,03 % effektivem Jahreszins
- bis zu 25 Mio. € Kreditbetrag
- für Neuinvestitionen und Modernisierungen im In- und Ausland

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/EE-Produktion-292-293/>



KfW-Energieeffizienz-programm - Energieeffizient Bauen und Sanieren (276)

Energiekosten im Gewerbegebäude senken.

- Förderkredit ab 1,00 % effektivem Jahreszins
- bis zu 25 Mio. € Kreditbetrag
- für Neubau und Sanierung Ihrer Gewerbegebäude
- weniger zurückzahlen: bis zu 17,5 % Tilgungszuschuss

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/EE-Bauen-und-Sanieren-Unternehmen-276-277-278/>



7.3 Förderung auf Landesebene: Mecklenburg-Vorpommern

7.3.1 Klimaschutzförderrichtlinie Kommunen - Klimaschutz-Projekte in nicht wirtschaftlich tätigen Organisationen (KliFöKommRL M-V)

Gegenstand der Förderung

- investive Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Verbesserung der Energieeffizienz, die über den gesetzlichen Standard hinausreichen (bspw. Gebäudesanierungen)
- Abwärmenutzung
- direkte Einsparung von Strom und Wärme
 - z. Bsp. LED-Beleuchtung (Straßenbeleuchtung und Innenbeleuchtung), Lichtlenksysteme
- investive Maßnahmen zum Einsatz regenerativer Energien zur Wärmenutzung insbesondere:
 - Solarthermie
 - Nutzung von Biomasse
 - Oberflächennahe Geothermie
 - Tiefengeothermie
- Infrastrukturmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien insbesondere:
 - Speicherung von Wärme und Strom
- Wasserstoff-Infrastrukturmaßnahmen
- Nahwärmenetze
- Elektromobilität, Infrastruktur
- innovative Projekte zur Nutzung von Energieeffizienzpotenzialen und erneuerbaren Energien
- Vorplanungsstudien, Planungsleistungen

Die Förderhöhen werden in der nachfolgenden Tabelle 11 zusammengefasst dargestellt.

Zudem kann ein maßnahmenspezifischer Bonus (einmalig) in Höhe von 10 % gewährt werden. Voraussetzung ist, dass die Maßnahme eines der folgenden Kriterien erfüllt:

- besonders innovativ



- Projekt mit erheblich verbesserter Ressourceneffizienz
- Projekte mit besonderem Multiplikatoreffekt, Demonstrationscharakter oder Öffentlichkeitswirksamkeit
- Projektstandorte im ländlichen Gestaltungsraum des LEP MV 2016 (Landesraumentwicklungsprogramm)

Art und Höhe der Förderung

Tabelle 11: Zuwendungshöhen für Maßnahmen im Rahmen der Klimaschutzförderrichtlinie Kommunen des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Romberg, 2019)

Fördertatbestand	Grundförderung
Energieeffizienz über gesetzlichem Standard, bei baulichen Investitionen	50 %
Energieeffizienzsteigerung (z. Bsp. bei technischen Anlagen)	50 %
Abwärmennutzung	50 %
LED-Innenbeleuchtung	50 %
LED-Straßenbeleuchtung	25 %
Nahwärmenetz	50 %
Biomasseheizung	50 %
Solarthermie	50 %
Wärme-/ Kältespeicher	50 %
Oberflächennahe Geothermie, sofern Ökostrom verwendet wird	50 %
Oberflächennahe Geothermie	40 %
Stromspeicher für Strom aus Erneuerbaren Energien	50 %
Elektromobilität und entsprechende Infrastruktur auf Basis erneuerbarer Energien	50 %
Studien	50 %



7.3.2 Klimaschutzförderrichtlinie Unternehmen - Klimaschutz-Projekte in wirtschaftlich tätigen Organisationen (KliFöKommRL M-V)

- Maßnahmen, die der direkten oder indirekten Einsparung von Treibhausgasen dienen
- Maßnahmen zu erneuerbaren Energien, Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung

Gegenstand der Förderung

Investive Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Verbesserung der Energieeffizienz, die über den gesetzlichen Standard hinausgehen, insbesondere:

- Abwärmenutzung
- direkte Einsparung von Strom und Wärme (z. Bsp. Lichtlenksysteme, Beleuchtung, Energieeffizienzsteigerung in Prozessen, Systeme zur energetischen Prozessoptimierung)

Investive Maßnahmen zum Einsatz regenerativer Energien zur Wärmenutzung, insbesondere:

- Sonnenenergienutzung
- Nutzung von Biomasse
- oberflächennahe und Tiefengeothermie

Infrastrukturmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien, insbesondere:

- Speicherung von Wärme und Strom (einschließlich chemischer und physikalischer Speicherlösungen)
- Nahwärme- und regionale Gröngasnetze
- Wasserstoff-Infrastrukturmaßnahmen
- investive Maßnahmen zum Einsatz alternativer nichtfossiler Kraftstoffe und Antriebe; Brennstoffzellentechnik, Elektromobilität
- innovative Projekte zur Nutzung von Energieeffizienzpotenzialen und erneuerbaren Energien
- Vorplanungsstudien; Studien zum Aufbau lokaler, regenerativer Energieversorgungsstrukturen; Energiemanagementuntersuchungen,



- Planungsleistungen investiver Maßnahmen

Art und Höhe der Förderung

Die Förderhöhen werden in der nachfolgenden Tabelle 12 zusammengefasst dargestellt.

Daneben können folgende Boni zusätzlich gewährt werden:

- a) mittleres Unternehmen: 10%
 - b) kleines Unternehmen: 20%
 - c) maßnahmespez. Bonus (einmalig): 5 % bei Energieeffizienzprojekten
10 % bei allen anderen Projekten
- besondere Innovationen **oder**
 - Projekte mit erheblich verbesserter Ressourceneffizienz **oder**
 - Projekte mit besonderem Multiplikatoreffekt, Demonstrationscharakter, Öffentlichkeitswirksamkeit **oder**
 - Projekte mit direkter wirtschaftlicher Teilhabe für Bürger oder Kommunen (z. Bsp. Projekte mit direkter Beteiligung der Bürger und Kommunen oder genossenschaftlich organisierte Projekte) **oder**
 - Projektstandorte im ländlichen Gestaltungsraum des Landesraumentwicklungsprogramm M-V 2016



Tabelle 12: Zuwendungshöhen für Maßnahmen im Rahmen der Klimaschutzförderrichtlinie Unternehmen des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Romberg, 2019)

Fördertatbestand	Grundförderung
Energieeffizienz über gesetzlichem Standard, bei baulichen Investitionen	30 %
Energieeffizienzsteigerung (z. Bsp. bei technischen Anlagen)	30 %
Abwärmenutzung	30 %
LED-Innenbeleuchtung	30 %
Nahwärmenetz	30 %
Grüngasnetz	30 %
Biomasseheizung	30 %
ORC-Technik in Verbindung mit regenerativ erzeugter Energie	30 %
Solarthermie zur Heizungs- und Warmwasserunterstützung	30 %
Wärme-/ Kältespeicher	40 %
Tiefengeothermie	30 %
Oberflächennahe Geothermie, sofern Ökostrom verwendet wird	30 %
Oberflächennahe Geothermie	20 %
Wasserstoff-Infrastruktur aus Basis erneuerbarer Energie	30 %
Stromspeicher für Strom aus Erneuerbaren Energien	30 %
Elektromobilität einschließlich Infrastruktur auf Basis erneuerbarer Energien	30 %
Studien	30 %



7.3.3 Regenerative Energieversorgung für Kommunen im ländlichen Raum (RegEnversFöRL M-V)

- für Kommunen und Gemeinden bis 10.000 Einwohner
- nicht rückzahlbarer Zuschuss

Gegenstand der Förderung

Investive Maßnahmen zur Nutzung von regenerativen Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung, insbesondere:

- Biomassenutzung (zum Beispiel Holzpellets, Holzscheitheizanlagen)
- Sonnenenergienutzung (Solarthermie)
- Oberflächennahe Geothermie, Wärmepumpen
- kleine Infrastrukturmaßnahmen (Investitionen bis 500.000 €) im Zusammenhang mit der Nutzung von Biomasse zur Wärmeerzeugung, insbesondere Nahwärmenetze und Speicher
- Vorplanungsstudien oder Machbarkeitsstudien zum Aufbau lokaler, regenerativer Energieversorgungsstrukturen sowie Energiemanagementuntersuchungen.

Art und Höhe der Förderung

- Förderung in Höhe von 67,5 % für Investive Maßnahmen
- Förderung in Höhe von 75 % für Vorplanungsleistungen und Machbarkeitsstudien

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

<https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/em/Klima/Klimaschutz/F%C3%B6rderung/>



7.4 Nationale Klimaschutzinitiative - Kommunalrichtlinie

7.4.1 Strategische Förderschwerpunkte

Förderbereiche

1) Fokusberatung Klimaschutz

- **ausgeschlossen für Gadebusch**, weil Beratungsleistungen ausschließlich für Institutionen, die über kein Klimaschutzkonzept verfügen

2) Energiemanagementsysteme &

3) Umweltmanagementsysteme

Gegenstand der Förderung

- Implementierung eines Energiemanagements durch die Beauftragung von externen Dienstleistern
- Erstzertifizierung nach DIN EN ISO 50001
- für das Energiemanagement notwendige Software sowie mobile und feste Messtechnik, Zähler und Sensorik
- Implementierung eines Umweltmanagements durch die Beauftragung von externen Dienstleistern
- Erstzertifizierung eines Umweltmanagementsystems nach der europäischen EMAS-Verordnung Nr. 1221/2009

Art und Höhe der Förderung

- Zuschuss von bis zu 40 %
- Mindestzuwendung in Höhe von 5.000 €
- Kombination mit anderen Förderprogrammen möglich
- Zusammenschluss von gleichartigen Antragstellenden möglich

4) Energiesparmodelle

Gegenstand der Förderung

- Einführung von Energiesparmodellen, die Nutzer*innen sowie Träger von kommunalen Einrichtungen (v.a. Schulen und Kitas) zur aktiven Mitarbeit im Klimaschutz und zur Einsparung von Energie, Wasser und Abfall motivieren



- zur Erhöhung der Motivation der teilnehmenden Akteure und Einrichtungen können verschiedene finanzielle Anreizmodelle besondere Anziehungskraft und Mitmach-Wirkung entfalten
- z. Bsp.: **Fifty-Fifty-Modell**: Kommune kann eine beteiligte Schule zur Hälfte an den eingesparten Energiekosten beteiligen. Über die zusätzlichen Mittel können die teilnehmenden Einrichtungen frei verfügen
- zuwendungsfähig sind z. Bsp. Sach- und Personalausgaben für die Umsetzung des Vorhabens sowie begleitende Öffentlichkeitsarbeit
- Starterpaket: Zusätzlich können Zuwendungen für geringinvestive Maßnahmen beantragt werden, um die Klimaschutzbemühungen in den Einrichtungen noch gezielter zu unterstützen
- begleitende pädagogische Arbeit wird ebenfalls bezuschusst

Art und Höhe der Förderung

- Zuschuss von bis zu 65 % für ein Energiesparmodell bzw. 50 % für das Starterpaket
- Mindestzuwendung in Höhe von 10.000 € bzw. 5.000 € für das Starterpaket
- zusätzlich bis zu 5.000 € für die begleitende Öffentlichkeitsarbeit für das Energiesparmodell und bis zu 1.000 € für die begleitende Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen eines Aktionstages je betreuter Einrichtung für das Starterpaket
- Kombination mit anderen Förderprogrammen möglich
- Zusammenschluss von gleichartigen Antragstellenden möglich

5) Kommunale Netzwerke

Gegenstand der Förderung

Aufbau und Betrieb kommunaler Netzwerke zu den Themenbereichen:

- Klimaschutz
- Energieeffizienz
- Ressourceneffizienz
- klimafreundliche Mobilität
- Förderung erfolgt für die Gewinnungs- und/ oder Netzwerkphase



- Gewinnungsphase: Das Netzwerkmanagement wirbt Teilnehmer für das aufzubauende Netzwerk an. Je Antragsteller können max. drei Gewinnungsphasen gleichzeitig gefördert werden
- Netzwerkphase: Aufbau, Betrieb und Begleitung eines Netzwerks durch das Netzwerkmanagement. Dabei muss das Netzwerk mind. sechs Teilnehmerinnen und Teilnehmer umfassen
- Förderung der Netzwerkphase erfolgt unabhängig davon, ob zuvor eine Förderung der Gewinnungsphase erfolgt ist

Art und Höhe der Förderung

- Gewinnungsphase: Zuwendung in Höhe von 100 % der zuwendungsfähigen Ausgaben, höchstens jedoch 3.000 € pro Netzwerk-Projekt
- Netzwerkphase: Zuwendung in Höhe von 60 % der zuwendungsfähigen Ausgaben, im ersten Förderjahr max. 20.000 € pro Netzwerkteilnehmer, in den Folgejahren max. 10.000 € pro Netzwerkteilnehmer
- Antragstellung erfolgt ausschließlich durch Netzwerkmanager*innen

6) Potenzialstudien

Gegenstand der Förderung

Gefördert wird die Erstellung von Potenzialstudien für die Bereiche:

- Abfallentsorgung
- Siedlungsabfalldeponien
- Abwasserbehandlungsanlagen
- Trinkwasser
- Nutzung von Abwärme aus Industrie und Gewerbe
- Digitalisierung
- konkreter Fahrplan für Umsetzungsempfehlungen von investiven und strategischen Klimaschutzmaßnahmen
- Fokus liegt auf kurzfristig umsetzbaren Maßnahmen, die sich in eine langfristige Strategie einbetten



Potenzialstudien umfassen:

- energetische und klimaschutzbezogene Bestandsaufnahme
- Durchführung einer Potenzialanalyse und die daraus hervorgehende Ableitung von Klimaschutzzielen im untersuchten Bereich sowie die Entwicklung einer kurz-, mittel- und langfristigen Strategie
- Erarbeitung von Optimierungsmaßnahmen, eines Fahrplans zur Umsetzung der Maßnahmen sowie eine Feinplanung der kurzfristig umsetzbaren Maßnahmen mit erster technischer Planung und wirtschaftlicher Bewertung

Art und Höhe der Förderung

- Zuschuss von bis zu 50 %
- Vergütungen für den Einsatz fachkundiger externer Dienstleister
- Mindestzuwendung in Höhe von 10.000 €
- Kombination mit anderen Förderprogrammen möglich
- Zusammenschluss von gleichartigen Antragstellenden möglich
- Erstellung einer Potenzialstudie ist u.a. Voraussetzung für die Beantragung von investiven Maßnahmen zur „Intelligenten Verkehrssteuerung“ und „in-situ-Stabilisierung von Siedlungsabfalldeponien“ sowie für einzelne Förderschwerpunkte in Bereichen „Kläranlagen“ und „Trinkwasserversorgung“

7) Klimaschutzkonzepte und Klimaschutzmanagement

- **ausgeschlossen für Gadebusch**, weil Erstellung von Klimaschutzkonzept bereits gefördert

In der nachfolgenden Tabelle 13 sind noch einmal alle strategischen Förderschwerpunkte zusammengefasst dargestellt. Zudem werden die Förderquoten, die Mindestzuwendungen und die Förderquoten für finanzschwache Kommunen pro Förderschwerpunkt aufgeführt.



Tabelle 13: Art Umfang und Höhe der Zuwendung für strategische Maßnahmen im Rahmen der Kommunalrichtlinie (BMU, 2019)

Strategische Förderschwerpunkte	Förderquote	Mindestzuwendung	Finanzschwache Kommunen
2.1 Fokusberatung	65 %	5.000 €	90 %
2.2 Energiemanagementsysteme	40 %	5.000 €	65 %
2.3 Umweltmanagementsysteme	40 %	5.000 €	65 %
2.4.1 Energiesparmodelle	65 %	10.000 €	90 %
2.4.2 Starterpaket Energiesparmodelle	50 %	5.000 €	65 %
2.5 Kommunale Netzwerke ¹	s.u.	s.u.	s.u.
2.6 Potenzialstudien	50 %	10.000 €	70 %
2.7.1 Erstvorhaben Klimaschutzkonzepte und Klimaschutzmanagement	65 %	10.000 €	90 %
2.7.2 Anschlussvorhaben Klimaschutzkonzepte und Klimaschutzmanagement	40 %	10.000 €	55 %
2.7.3 Ausgewählte Maßnahme	50 %	10.000 €	50 %

¹ Für die Gewinnungsphase 100 % d. zuwendungsfähigen Ausgaben (max. 3.000 € pro Treffen), Für die Netzwerkphase 60 % d. zuwendungsfähigen Ausgaben (max. 20.000 € im 1. Förderjahr pro Netzwerkteilnehmer, max. 10.000 € im 2. Förderjahr pro Netzwerkteilnehmer)

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

<https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen>



7.4.2 Investive Förderschwerpunkte

Im Rahmen der Kommunalrichtlinie werden verschiedene investive Maßnahmen gefördert. Hier sollen ausschließlich die für das Untersuchungsgebiet relevanten Programme vorgestellt werden.

1) Hocheffiziente Außen- und Straßenbeleuchtung sowie Lichtsignalanlagen

Gegenstand der Förderung

- Hocheffiziente Beleuchtungstechnik bei der Sanierung von Außen- und Straßenbeleuchtungsanlagen sowie von Beleuchtungstechnik bei Lichtsignalanlagen einschließlich der Steuer- und Regelungstechnik
- Beleuchtungstechnik für neue Lichtpunkte, um Beleuchtungsmissstände zu beheben (z. Bsp. an Fußgängerübergängen oder an Bushaltestellen)
- Qualifiziertes externes Fachpersonal zur Installation der Anlagenkomponenten
- Nach der Installation durchzuführende photometrische Messung, wodurch die Erfüllung der Werte entsprechend der gewählten Beleuchtungsklassen durch qualifiziertes externes Fachpersonal nachgewiesen werden kann
- Demontage und fachgerechte Entsorgung der zu ersetzenden Anlagenkomponenten durch qualifiziertes externes Fachpersonal
- Voraussetzung für die Förderung ist, dass Treibhausgaseinsparungen von mindestens 50 % durch die neu installierte Technik nachgewiesen werden

Art und Höhe der Förderung

- Abhängig von der Maßnahme
 - Informationen: <https://www.ptj.de/projektfoerderung/nationale-klimaschutzinitiative/kommunalrichtlinie/aussen-strassenbeleuchtung>

2) Hocheffiziente Innen- und Hallenbeleuchtung

Gegenstand der Förderung

- Einbau hocheffizienter Beleuchtung (Leuchte, Leuchtmittel, Reflektor/Optik und Abdeckung) in Verbindung mit einer nutzungsgerechten Steuer- und Regelungstechnik bei der Sanierung von Innen- und Hallenbeleuchtungsanlagen



Art und Höhe der Förderung

- Förderquote: max. 25 % bzw. 30 % für finanzschwache Kommunen
- Beantragung von weiteren 5 % für die Umsetzung in Kindertagesstätten, Schulen, Einrichtungen der Kinder- und Jugendhilfe, Jugendwerkstätten sowie Sportstätten möglich

Die umfangreichen Fördervoraussetzungen an die Beleuchtung können in der Richtlinie nachgelesen werden.

3) Raumluftechnische Anlagen

Gegenstand der Förderung

- Sanierung von raumluftechnischen Anlagen und deren Komponenten in Nicht-Wohngebäuden
- die Nachrüstung von raumluftechnischen Anlagen in Schulen und Kindertagesstätten im Rahmen einer Grundsanierung

Art und Höhe der Förderung

- Förderquote: max. 25 % bzw. 30 % für finanzschwache Kommunen
- Beantragung von weiteren 5 % für die Umsetzung in Kindertagesstätten, Schulen, Einrichtungen der Kinder- und Jugendhilfe, Jugendwerkstätten sowie Sportstätten möglich

Unterschiede gibt es bei der Nachrüstung und Sanierung von Lüftungsanlagen und beim kompletten Austausch von Komponenten und Geräten in bestehenden Lüftungsanlagen.

4) Nachhaltige Mobilität

Gegenstand der Förderung

Förderung von investiven Maßnahmen einer nachhaltigen Mobilität:

- Mobilitätsstationen (Radabstellanlagen, ÖPNV-Haltestelle, Abstellflächen für Car-Sharing-Fahrzeuge, Taxihalteplatz etc.)
- Verbesserung des Radverkehrs - Wegweisungssysteme
- Verbesserung des Radverkehrs - Radverkehrsinfrastruktur



- Verbesserung des Radverkehrs - Hocheffiziente Beleuchtung
- Verbesserung des Radverkehrs - Radabstellanlagen
- Verbesserung des Radverkehrs - Fahrradparkhäuser
- Verbesserung des Radverkehrs - Grüne Welle
- Intelligente Verkehrssteuerung

Art und Höhe der Förderung

- Abhängig von der Investiven Maßnahme
 - Informationen: <https://www.ptj.de/projektfoerderung/nationale-klimaschutzinitiative/kommunalrichtlinie/nachhaltige-mobilitaet>

5) Abfallentsorgung

Gefördert werden Maßnahmen zur verbesserten Erfassung und Optimierung der Verwertung von Garten-, Grün- und Bioabfällen sowie zur Treibhausgasemissionsreduktion in Siedlungsabfaldeponien.

6) Kläranlagen

Durch die Förderung soll die Energieeffizienz der Abwasserbehandlungsanlagen deutlich gesteigert und durch lokale Erzeugung die Deckung des eigenen Energiebedarfs dieser Anlagen angehoben werden.

7) Trinkwasserversorgung

Gefördert werden energieeffiziente Aggregate, wie Pumpen oder Motoren (Einzelmaßnahmen) sowie eine systemische Optimierung in der Trinkwasserversorgung.

8) Rechenzentren

Gefördert werden Investitionen und Optimierungsdienstleistungen, die die Energie- und Ressourceneffizienz eines Rechenzentrums deutlich erhöhen.



9) Weitere investive Maßnahmen für den Klimaschutz

Gefördert werden die in der nachfolgenden Auflistung genannten Klimaschutzmaßnahmen, wenn eine Mindestzuwendung i. H. v. 5.000 € erreicht wird (es können Maßnahmen in einem Antrag gemeinsam beantragt werden).

- Warmwasserbereitungssysteme
- Beckenwasserpumpen
- Gebäudeleittechnik zur Gebäudeautomation
- Verschattungsvorrichtungen
- Weißgerätetausch

➤ Weiterführende Informationen finden Sie online unter:

<https://www.ptj.de/projektfoerderung/nationale-klimaschutzinitiative/kommunalrichtlinie>

Die Förderhöhen sind noch einmal zusammenfassend in der folgenden Tabelle 14 dargestellt. Diese wurde aus der Kommunalrichtlinie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit entnommen (BMU, 2019).



Tabelle 14: Art Umfang und Höhe der Zuwendung für investive Maßnahmen im Rahmen der Kommunalrichtlinie (BMU, 2019)

Investive Förderschwerpunkte	Förder- quote	Mindest- zuwendung	Finanz- schwache Kommunen
2.8.1 Beleuchtung mit zeit- oder präsenzabhängiger Schaltung	20 %	5.000 €	25 %
2.8.2 Beleuchtung zur adaptiven Nutzung	25 %	5.000 €	30 %
2.8.3 Lichtsignalanlagen	20 %	5.000 €	25 %
2.9 Beleuchtung Innen und Halle	25 %	5.000 €	30 %
2.10 Raumluftechnische Anlagen	25 %	5.000 €	30 %
2.11.1 Mobilitätsstationen	40 %	5.000 €	60 %
2.11.2 Verbesserung des Radverkehrs	40 %	5.000 €	60 %
2.11.3 Intelligente Verkehrssteuerung	30 %	-	40 %
2.12.1 Getrenntsammlung von Gartenabfällen	40 %	5.000 €	40 %
2.12.2 Vergärungsanlagen Bioabfallbehandlung	40 %	10.000 €	40 %
2.12.3 Siedlungsabfaldeponien (Deponiegaserfassung)	50 %	50.000 €	60 %
2.12.4 Siedlungsabfaldeponien (in-situ- Stabilisierung)	50 %	10.000 €	60%
2.13.1 Klärschlammverwertung im Verbund	30 %	10.000 €	40 %
2.13.2 Erneuerung der Belüftung in Abwasseranlagen	30 %	5.000 €	40 %
2.13.3 Erneuerung von Pumpen und Motoren in Abwasseranlagen	30 %	5.000 €	40 %
2.13.4 Neubau Vorklärung und Umstellung auf Faulung	30 %	10.000 €	40 %
2.13.5 Verfahrenstechnik in Abwasseranlagen	30 %	5.000 €	40 %
2.14.1 Energieeffiziente Aggregate in der Trinkwasserversorgung	30 %	5.000 €	40 %
2.14.2 Systemische Optimierung in der Trinkwasserversorgung	20 %	5.000 €	30 %
2.15 Rechenzentren	40 %	5.000 €	50 %
2.16 Weitere investive Maßnahmen	40 %	5.000 €	50 %



Literaturverzeichnis

- Agentur für Erneuerbare Energien (2019): Wie funktioniert oberflächennahe Geothermie?, online: <[<https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/wie-funktioniert-oberflaechennahe-geothermie>]>, Stand: 13.11.2019
- BAFA (2020): Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Förderübersicht: Heizen mit erneuerbaren Energien 2020, PDF, 1 Seite, Stand 21.01.2020
- BAFA (2019a): Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Heizen mit erneuerbaren Energien - Förderübersicht Biomasse, Solar, Wärmepumpen, online: <[https://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energie_n/heizen_mit_erneuerbaren_energien_node.html]>, *Förderübersichten als PDF aus entsprechenden Förderbereichen downloadbar*, Stand: 09.12.2019
- BAFA (2019b): Bundesamt für Ausfuhrkontrolle, Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE); online: <[http://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Anreizprogramm_Energieeffizienz/anreizprogramm_energieeffizienz_node.html]>, Stand: 09.12.2019
- BAFA (2019c): Bundesamt für Ausfuhrkontrolle, Bundesförderung Energieberatung, online: <[https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/energieberatung_node.html]>, Stand: 09.12.2019
- BAFA (2019d): Bundesamt für Ausfuhrkontrolle, Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft - Zuschuss, online: [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/energieeffizienz_und_prozesswaerme_node.html], Stand: 09.12.2019
- Bärwolff, Manuela; Hansen, Dr. Hermann; Hofmann, Dr. Martin; Setzer, Dr. Frank (2012): Energieholz aus der Landwirtschaft; Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 5. Vollständig überarbeitete Auflage 2012, Bestell-Nr.: 292, 54 Seiten
- Baunetz Wissen (2019a): Wärme aus Abwasser zum Heizen oder Kühlen, online: <[<https://www.baunetzwissen.de/heizung/fachwissen/waermerueckgewinnung-lueftung/waerme-aus-abwasser-161422>]>, Stand: 12.11.2019



- Baunetz Wissen (2019b): Technik und Funktionsweise der Wärmerückgewinnung, online: <[<https://www.baunetzwissen.de/heizung/fachwissen/waermerueckgewinnung-lueftung/technik-und-funktionsweise-der-waermerueckgewinnung-161404>]>, Stand: 12.11.2019
- Berliner Wasserbetriebe (2019): Heizen und Kühlen mit Abwasser, online: <[<https://www.bwb.de/de/14317.php>]>, Stand 12.11.2019
- Biotherm (2019): Frischholzhackschnitzel, nachhaltiger Brennstoff für die Energiewende, online: <[<https://www.biotherm-services.de/produkte/nawaro-hackschnitzel.html>]>, Stand: 29.10.2019
- BMWi (2020): Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Energieverbrauch pro Kopf, Grafik; online: <[<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/Energiedaten/Internationaler-Energiemarkt/energiedaten-int-energiemarkt-48.html>]>, Stand 25.02.2020
- Brosowski, André; Adler, Philipp; Erdmann, Georgia; Stinner, Walter; Thrän, Daniela; Mantau, Udo; Blanke, Christian; Mahro, Bernd; Hering, Thomas; Reinholdt, Gerd (2015): Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen - Status quo in Deutschland, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe 36; Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Artikelnummer 810, ISBN 978-3-942147-29-3, 56 Seiten
- BLE (2019): Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Heuernte - was ist zu beachten?; online: <[<https://www.praxis-agrar.de/pflanze/gruenland/heuernte-was-ist-zu-beachten/>]>, Stand: 23.10.2019
- BMU (2019): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld „Kommunalrichtlinie“, Stand 05.06.2019, 21 Seiten
- DIN EN ISO 50001 (2018): Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 50001:2018); Deutsche Fassung, Ausgabedatum Dezember 2018
- DMK (2019): Deutsches Maiskomitee e.V., Flächenerträge von Körnermais und Silomais in Deutschland, online: <[<https://www.maiskomitee.de/Fakten/Statistik/Deutschland/Flaechenertr%C3%A4ge>]>, Stand 18.10.2019



- DWD (2004): Deutscher Wetterdienst, Windkarten zur mittleren Windgeschwindigkeit, Jahresmittel der Windgeschwindigkeit - 10 m über Land - in Mecklenburg-Vorpommern, Bezugszeitraum von 1981-2000, Herausgeber und Copyright: Deutscher Wetterdienst Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung Offenbach 2004; online: <[https://www.dwd.de/DE/leistungen/windkarten/deutschland_und_bundeslaender.html]>, Stand 13.11.2019
- Drews (2019): Persönliches Gespräch - Auskunft zum Landwirtschaftsbetrieb, Gülleaufkommen, Verwertung; Stand: 19.11.2019
- Ecospeed Region (2019): Software zur Erstellung einer kommunalen CO₂- und Energiebilanz
- Elßner, Rommy (2019): Schriftliche Auskunft via Email vom 06.11.2019
- ENTEKA Plus GmbH (2019): Stromverbrauch & Energieverbrauch weltweit pro Kopf in kWh, online: <[<https://www.enteka.de/blog/stromverbrauch-weltweit/>]>, Stand 16.10.2019
- FNR (2018): Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Broschüre Basisdaten Bioenergie Deutschland 2018, Bestell.-Nr. 469, 28 Seiten
- FNR (2014): Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Leitfaden Feste Biobrennstoffe, Bestell.-Nr.: 189, ISBN: 9783000153891, 2014, 208 Seiten
- Grüttner, Dr. Frank; Hartmann, Burt; Heinrich, Enrico (2013): Potenzialabschätzung der Erneuerbaren Energien in Mecklenburg-Vorpommern mit Bilanzen und Nutzbarkeit, Studie im Rahmen des South Baltic Programme, Energie-Umwelt-Beratung e.V./ Institut (EUB), Department of research and development, 18119 Rostock, 111 Seiten
- GeoPortal.MV (2019): Ausgewählte Kartenzusammenstellungen zur Ansicht im Geodatenviewer GAIA-MVprofessional. online: <[<http://www.geoportal-mv.de/gaia/gaia.php>]>, Stand: 08.11.2019
- Hanusch und Hofbauer GmbH (2020): Faustformeln, online: <[<https://www.hanusch-hofbauer.de/service/lexikon/faustformeln.html>]>, Stand: 05.02.2020



- Hirzel, Simon; Sontag, Benjamin; Rohde, Dr.-Ing. Clemens (2013): Industrielle Abwärmenutzung, Kurzstudie, Herausgeber: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI); November 2013, PDF 44 Seiten
- Jüttemann, Patrick (2016): Mecklenburg-Vorpommern: kleine Windanlagen ohne Baugenehmigung möglich; online:<<https://www.kleinwindkraftanlagen.com/allgemein/mecklenburg-vorpommern-kleine-windanlagen-ohne-baugenehmigung-moeglich/>>, Stand: 13.11.2019
- Kappler, Gunnar Oliver (2008): Systemanalytische Untersuchung zum Aufkommen und zur Bereitstellung von energetisch nutzbarem Reststroh und Waldrestholz in Baden-Württemberg - Eine auf das Karlsruher bioliq®-Konzept ausgerichtete Standortanalyse -, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft, Wissenschaftliche Berichte, FZKA 7416, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Von der Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg genehmigte Dissertation, 198 Seiten
- Klostermann, Ines; Jänicke, Dr. Heidi; Heilmann, Dr. Hubert; Michel, Volker; Titze, Andreas; Rehbock, Dr. Frank (2004): Jahresbericht zur Futterproduktion 2004, Ergebnisse des Jahres 2003; Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 18276 Gülzow, PDF 38 Seiten
- Köhler, Brigitte (2015): Effiziente Futterwirtschaft und Nährstoffeinflüsse in Futterbaubetrieben; 16. Dummerstorfer Seminar Futter und Fütterung, Karow, 02.12.2015; LLH Hessen - Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Vortrag als PDF, 21 Seiten
- Kommunale Energiekarten (2019): Kartenbasierte Software für sektorübergreifendes Management
- KTBL (2013): Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Faustzahlen Biogas, 3. Ausgabe, ISBN: 978-3-941583-85-6, 360 Seiten
- Kunde, Jeannette (2018): Abwasser-Wärmepumpe: Wärme aus Abwasser gewinnen, online: <<https://heizung.de/waermepumpe/wissen/abwasser-waermepumpe-waerme-aus-abwasser-gewinnen/>>, 10.04.2018



- LAiV M-V (2018): Landesamt für innere Verwaltung - Statistisches Amt, Statistische Berichte: Bodennutzung der Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern 2018, Kennziffer: C113 2018 00, Herausgabe: 25.07.2018
- LEE M-V (2018): Landesverband Erneuerbare Energien, Konzeption Zukunft der Bioenergie in M-V; Erarbeitet durch die Mitglieder der Facharbeitsgruppe Bioenergie des LEE M-V; Schwerin, 20. September 2018, PDF 9 Seiten
- LfL Bayern (2019): Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, Biogasausbeuten verschiedener Substrate, online: <https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/?sel_list=12%2Cb&anker0=substratanker#substratanker>, Stand: 18.10.2019
- LfL Sachsen (2006): Landwirtschaftliche Biomasse - Potenziale an Biomasse aus der Landwirtschaft des Freistaates Sachsen zur stofflich-energetischen Verwertung; Fachbereich pflanzliche Erzeugung, November 2006, 33 Seiten
- Maaß, Christian; Sandrock, Matthias (2016): Planungs- und Genehmigungsleitfaden für Freiflächen-Solarthermie in Baden-Württemberg, Hamburg Institut sustainable strategies, 21 Seiten
- Memmler, Michael; Lauf, Dr. Thomas; Schneider, Sven (2018): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2017, In: CLIMATE CHANGE 23/2018; Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau; Aktualisierte Fassung aufbauend auf den vorherigen Veröffentlichungen der „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“ (UBA, Memmler, Lauf, Wolf, & Schneider, 2016; UBA, et al., 2014; UBA, et al., 2013; UBA, et al., 2009); ISSN 1862-4359, 156 Seiten
- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern (2011): Landesatlas Erneuerbare Energien Mecklenburg-Vorpommern, Herausgeber: Referat 510 - Klimaschutz, Emissionshandel, Ökobilanzen, Stand: April 2011
- MVeffizient (2019): Abwärme: Nutzen statt verschwenden, online: <<https://www.mv-effizient.de/blogposts/abwaerme-nutzen-statt-verschwenden/>>, Stand: 28.03.2019
- PRO energy consult GmbH (2013): Klimaschutz-Teilkonzept Erneuerbare Energien Potenziale der Universitätsstadt Marburg, Dezember 2013, 203 Seiten



- Ratzke, Dr. Ulrich; Mohr, Dr. Hans-Joachim (2005): Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern; Böden in Mecklenburg-Vorpommern, Abriss ihrer Entstehung, Verbreitung und Nutzung; Herausgeber: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, 2. Auflage, Broschüre (PDF), 84 Seiten
- Regionaler Planungsverband Westmecklenburg (2018): Teilfortschreibung des Regionalen Raumentwicklungsprogramms Westmecklenburg Kapitel 6.5 Energie, online: <[https://www.region-westmecklenburg.de/PDF/Karte_West.PDF?ObjSvrID=3263&ObjID=638&ObjLa=1&Ext=PDF&WTR=1&_ts=1564496859], Stand: November 2018
- Richter, Dr. Wolfgang; Zimmermann, Natalie; Abriel, Miriam; Nesper, Dr. Stefan; Schuster, Dr. Manfred; Kölln-Höllrigl, Karin; Triller-Hofmann, Jutta; Rosenbauer, Ingrid; Geitner, Hannes (2011): Untersuchungen zu den Trockenmasseverlusten in Siloanlagen mit unterschiedlicher Abdeckung; Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, November 2011, PDF 29 Seiten
- Röhle, Heinz; Hartmann, Kai-Uwe; Steinke, Christian (2010): Beratungshandbuch zu Kurzumtriebsplantagen. Entscheidungsgrundlagen zur Etablierung von Kurzumtriebsplantagen in Deutschland.; Hrsg.: Beratungshandbuch zu KUP. Eigenverlag der TU Dresden, 2010, ISBN: 978-3-86780-146-1
- Romberg, Beatrix (2019): Merkblatt Klimaschutz-Förderrichtlinie für nicht wirtschaftlich tätige Organisationen, Stand 21.11.2019, 2 Seiten
- SENS (2019): SENS - STEAG Solar Energy Solutions GmbH, PV-Anlage in Gadebusch am Netz, online: <[https://www.sens-energy.com/de_de/pv-projekt-gadebusch]>, Stand 05.07.2019
- Statista (2019a): Endenergieverbrauch je Einwohner in Mecklenburg-Vorpommern von 1990 bis 2014, online: <[<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/258837/umfrage/endenergieverbrauch-je-einwohner-in-mecklenburg-vorpommern/>]>, Stand 21.10.2019



Statista (2019b): Spezifisches Bio- und Grünabfallaufkommen* in Deutschland nach Bundesland im Jahr 2017; online:

<<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/257316/umfrage/pro-kopf-bio-und-gruenabfallaufkommen-nach-bundesland/>>, Stand: 29.10.2019

Tantzen-Dobbehaus (2019): Persönliches Gespräch - Auskunft zum Landwirtschaftsbetrieb, Gülleaufkommen, Verwertung; Stand: 19.11.2019

Tews, Uwe (2020): Email vom 30.01.2020, Betreff: Jährlicher Anfall von Grünschnitt

TFZ Bayern (2008): Technologie- und Förderzentrum, Heizwerttabellen für verschiedene Halmgutbrennstoffe, 08/08;

online:<http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/festbrennstoffe/dateien/heizwerttabellen_halmgutbrennstoffe.pdf>, 2 Seiten

Umweltbundesamt (2019): Bioenergie, online: <<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#textpart-1>>, Stand: 12.03.2019



Anhang

Tabelle A1: Emissionsbeiwerte erneuerbarer Energieträger unter Berücksichtigung der Lebenszyklusanalyse (Memmler et al., 2018)

Energieträger	Emissionsbeiwert [g CO₂/ kWh]
Stromerzeugung	
Photovoltaik	67,32
Biogas (Energiepflanzen)	165,26
Biogas (Tierische Reststoffe)	130,07
Wärmeerzeugung	
Solarthermie	22,24
Biogas (Energiepflanzen)	147,95
Biogas (Tierische Reststoffe)	112,76
Holz-Hackschnitzel	26,28
Geothermie	182,99

g: Gramm, CO₂: Kohlenstoffdioxid, kWh: Kilowattstunde