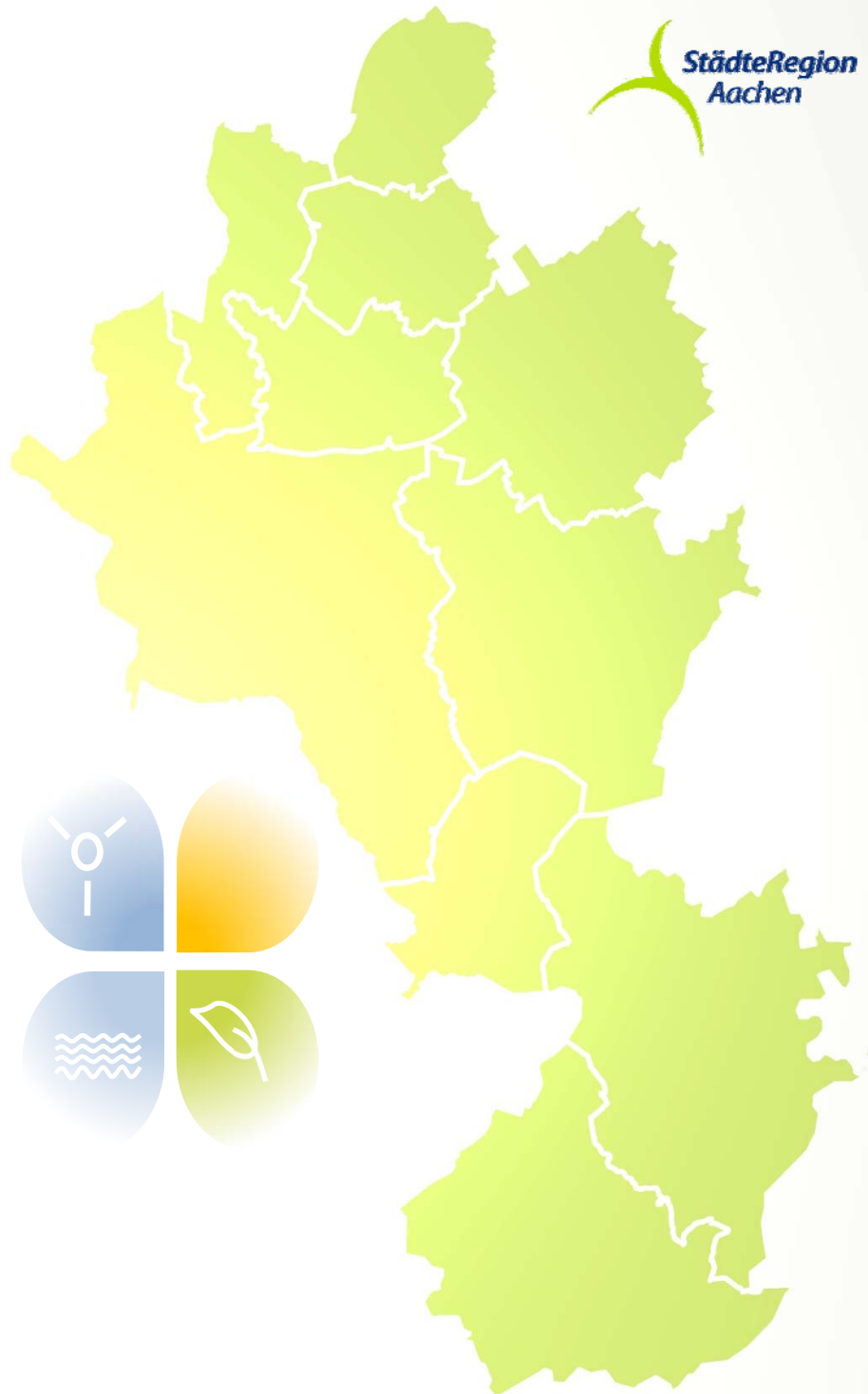


Klimaschutzteilkonzept Erneuerbare Energien

für die StädteRegion Aachen



Das Klimaschutzteilkonzept wurde im Rahmen der nationalen Klimaschutzinitiative der Bundesregierung gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 03KS3782.

Herausgeber
StädteRegion Aachen
Der Städteregionsrat
52090 Aachen

Druck
Druckerei der StädteRegion Aachen

Gestaltung Deckblatt
Manuela Bücken – EEB ENERKO GmbH

Klimaschutzteilkonzept Erneuerbare Energien für die StädteRegion Aachen



Abschlussbericht

Auftraggeber: StädteRegion Aachen

Bericht: **Klimaschutzteilkonzept
der StädteRegion Aachen -
Potenziale der Erneuerbaren Energien**

Autoren: Dr. Armin Kraft, EEB Enerko GmbH
Oliver Weltz, EEB Enerko GmbH
Sebastian Kroemer, EEB Enerko GmbH
Manuela Bücken, EEB Enerko GmbH,
Arnold Niederau, Aviso GmbH

Bearbeitungsstand: Abschlussbericht Februar 2015



Landstraße 20
52457 Aldenhoven
Tel.: +49 (2464) 971-3
Fax: +49 (2464) 971-555
www.enerko.de
info@enerko.de

Am Hasselholz 15
52074 Aachen
+49 (241) 4703581
+49 (241) 9010969
www.avisogmbh.de
arnold.niederau@avisogmbh.de

Bottwarbahnstraße 4
74081 Heilbronn
+49 (7131) 3907090
+49 (7131) 3907099
ingenieurbuero.rau@online.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	V
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis.....	XIII
Abkürzungsverzeichnis	XVI
1 Einführung und Aufgabenstellung	1
2 Bestandsaufnahme und Analyse.....	2
2.1 Struktur der StädteRegion Aachen	2
2.2 Bereits durchgeführte Klimaschutzmaßnahmen	6
2.2.1 Ausgewählte Maßnahmen in der StädteRegion Aachen	6
2.3 Grundlagen der Energie- und CO ₂ -Bilanzierung	10
2.3.1 Ausgangssituation – politische und gesetzliche Rahmenbedingungen	10
2.3.2 Endenergieverbrauch in der StädteRegion Aachen	12
2.3.3 CO ₂ -Emissionen in der StädteRegion Aachen	14
2.4 Versorgungsunternehmen und Versorgungsstruktur	17
2.4.1 Stromversorgung.....	18
2.4.2 Gasversorgung.....	19
2.4.3 Fern- und Nahwärmeversorgung	21
2.4.4 Dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung mit KWK-Anlagen	23
2.5 Nutzung Erneuerbarer Energien	23
2.5.1 Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien	23
2.5.2 Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien	33
2.6 Wärmeatlas der StädteRegion Aachen	38
2.6.1 Methodisches Vorgehen	38
2.6.2 Wärmebedarf StädteRegion Aachen – Ergebnis	41
2.6.3 Wärmedichten der StädteRegion Aachen	42
3 Potenziale der Erneuerbaren Energien in der StädteRegion Aachen	44
3.1 Potenzialbegriffe	44
3.2 CO ₂ -Stromerzeugermix – Erzeugerstruktur	45
3.3 Sonnenenergie – Solare Energie	46
3.3.1 Solarthermie.....	47
3.3.2 Photovoltaik.....	79
3.4 Förderung der Sonnenenergie	107
3.5 Energie aus Wind	108
3.5.1 Windkraft aus Großanlagen	108

3.5.2	Energie aus Kleinwindkraftanlagen (Exkurs)	126
3.6	Wasserkraft	130
3.6.1	Potenziele der Wasserkraft	130
3.6.2	CO ₂ -Minderung durch Wasserkraft	132
3.6.3	Zusammenfassung / Steckbrief der Energiegewinnung aus Wasserkraft....	134
3.6.4	Exkurs: Energiegewinnung aus der Trinkwasserversorgung	135
3.7	Grubengas und Grubenwärme.....	137
3.8	Faulgas aus Kläranlagen	137
3.9	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).....	138
3.10	Umweltwärme in der StädteRegion Aachen	147
3.10.1	Potenzial der Tiefengeothermie	147
3.10.2	Potenzial der oberflächennahen Geothermie.....	147
3.10.3	Potenzial der Abwasserwärme.....	161
3.10.4	Zusammenfassung / Steckbrief der Energiegewinnung aus Umweltwärme	165
3.11	Potenziele der Bioenergie.....	167
3.11.1	Methodik Potenzialanalyse	167
3.11.2	Landwirtschaft.....	167
3.11.3	Forstwirtschaft.....	172
3.11.4	Abfallwirtschaft (ohne Kläranlagen)	174
3.11.5	Biomassepotenziale Abfallwirtschaft (ohne Kläranlagen)	175
3.11.6	Zusammenfassung.....	179
4	Gesamtbetrachtung	184
4.1	Gesamtpotenziele	184
4.1.1	Einsparpotenzial CO ₂ -Emissionen	184
4.1.2	Strompotenzial aus Erneuerbaren	186
4.1.3	Kommunale Potenziele der Stromerzeugung aus Erneuerbaren.....	188
4.1.4	Wärmepotenzial aus Erneuerbaren	192
4.1.5	Kommunale Potenziele der Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien	193
4.1.6	Wertschöpfung durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien	195
5	Maßnahmen	198
5.1	Erläuterung des Maßnahmensteckbriefes	200
5.2	Ausbau der Windkraft in der StädteRegion.....	206
5.3	Photovoltaik auf öffentlichen Liegenschaften.....	209
5.4	Solarthermie auf öffentlichen Liegenschaften	212
5.5	Ausbau der KWK und Nahwärmeversorgung in der StädteRegion	215
5.6	Solarthermie auf Mehrparteienliegenschaften	218
5.7	Einsatz von Biogas und Biomethan	221

5.8 KWK Informationskampagne	224
5.9 KWK Ausbau in Würselen.....	225
5.10 KWK Verdichtung in Herzogenrath Kohlscheid	226
5.11 Aufbau von KWK-Nahwärmelösungen in Eschweiler Dürwiß.....	227
5.12 Ausbau der Fernwärmenutzung in Baesweiler	228
5.13 Durchführung einer Bürgerwerkstatt.....	229
5.14 Gründung einer Energiegenossenschaft	231
5.15 Energetische Nutzung von interkommunalem Kompostabfällen/ Grünschnitt...	235
5.16 Exkurs: Finanzierungsmöglichkeiten für erneuerbare Energien	237
6 Zusammenfassung und Fazit.....	239
7 Literaturverzeichnis	245
Anhang	249

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 01: Geografische Lage der StädteRegion Aachen (EEB).....	2
Abbildung 02: Bevölkerungsprognose der StädteRegion Aachen 2010 bis 2030 (SJB-SRA, 2011).....	4
Abbildung 03: Bodenflächenverteilung nach Gemeinde (SJB-SRA, 2011)	5
Abbildung 04: Klimaschutzziele und tatsächliche nationale Entwicklung (UBA, 2012)	12
Abbildung 05: Energiewandlungsprozess (in Anlehnung an (Reps, 2013))	13
Abbildung 06: Endenergieverbrauch StädteRegion Aachen 2010 in GWh (GERTEC)	13
Abbildung 07: Endenergie nach Anwendungsbereichen	14
Abbildung 08: CO ₂ -Emissionen (t/a) in der StädteRegion Aachen 2010 (GERTEC).....	15
Abbildung 09: CO ₂ -Emissionen der Sektoren 2010 (GERTEC)	16
Abbildung 10: Spezifische CO ₂ -Emissionen je Einwohner 2010 (GERTEC/EEB).....	16
Abbildung 11: Übersicht der Netzbetreiber/Grundversorger Wasser, Gas, Strom und Wärme (EEB)	17
Abbildung 12: Stromabsatzmengen der StädteRegion Aachen 2010 (ENWOR, RWE, regionetz, STAWAG, Stadt Aachen).....	18
Abbildung 13: Erdgasabsatzmengen in der StädteRegion Aachen 2010 (ENWOR, regionetz, Stadt Aachen).....	19
Abbildung 14: Strom, Erdgas und Wärmebedarf der einzelnen Kommunen (Netzbetreiber, EEB)	20
Abbildung 15: Fernwärmenetze in der StädteRegion Aachen (EEB)	22
Abbildung 16: Stauanlagen der StädteRegion Aachen (ELWAS, 2013)	24
Abbildung 17: Wasserkraftnutzung in der StädteRegion, Leistung & Ertrag (LANUV, 2012)	25
Abbildung 18: Leistung & Ertrag der Biomasseverstromung (EEB)	26
Abbildung 19: Installierte Leistung BHKW in Kläranlagen (WVER).....	27
Abbildung 20: Erträge Strom aus Klärgas (Wasserverband Eifel-Rur).....	27
Abbildung 21: Installierte el. Leistung EEG geförderter Anlagen 2011 (Energymap, 2014)..	28
Abbildung 22: Erzeugter Strom der EE im Jahre 2011 (Energymap, 2014)	29
Abbildung 23: Anzahl photovoltaischer Anlagen / Anlagen je 1000 EW (EEB)	30
Abbildung 24: Überblick aller EEG-Anlagen in der StädteRegion (EEB).....	31
Abbildung 25: Stromabsatz in der StädteRegion 2011 (EEB)	32
Abbildung 26: Deckungsgrad Stromverbrauch durch regenerative Energie (EEB)	33

Abbildung 27: Übersicht der Wärmeenergie aus Erneuerbaren Energien (EEB)	34
Abbildung 28: Solarthermie (installierte Fläche) 2000-2011 (EEB)	35
Abbildung 29: Solarthermische Wärmeerzeugung 2000 bis 2011 (EEB)	35
Abbildung 30: Wärme aus mit Biomasse gefeuerten Anlagen - StädteRegion Aachen (EEB)	36
Abbildung 31: Absatzzahlen Wärmepumpe (Luft) in der StädteRegion inkl. Stadt Aachen (BWP, 2013)	37
Abbildung 32: Wärmeatlas in Baesweiler (EEB).....	39
Abbildung 33: Wärmeatlas am Beispiel Herzogenrath (EEB).....	40
Abbildung 34: Wärmebedarf (inkl. Warmwasser) der StädteRegion Aachen nach Kommunen (EEB)	41
Abbildung 35: Wärmebedarf geschlüsselt nach Heizwärme und Warmwasser (EEB)	42
Abbildung 36: Wärmebedarf der Kommunen in der StädteRegion Aachen (EEB).....	43
Abbildung 37: Potenzialbegriffe	44
Abbildung 38: Bruttostromerzeugung (Erzeugerstruktur) in Deutschland 2002 und 2013 (BDEW, 2013).....	45
Abbildung 39: Anteile Erneuerbare Energien 2002 und 2013 (BDEW, 2013)	45
Abbildung 40: Räumliche Verteilung der Globalstrahlungssumme im Jahresmittel für NRW (Solaratlas NRW).....	47
Abbildung 41: Wärmebedarf und -angebot durch Solarthermie (Schulz & Westkämper, 2013)	49
Abbildung 42: Kennlinien der Wirkungsgrade (Oberzig, 2012).....	50
Abbildung 43: Übersicht der Speichertechnologien (Oberzig, 2012).....	51
Abbildung 44: Wärmepotenzial für Warmwasserunterstützung bei 20% DG (EEB)	54
Abbildung 45: Flächenzubau Solarthermie im Modellraum – Veränderung zum Vorjahr (EEB)	63
Abbildung 46: Solarthermische Wärme 2013 ggü. theor. Potenzial (EEB).....	65
Abbildung 47: Anteil Solarthermie 2013 (links) und Potenzial gesamt (rechts) (EEB)	65
Abbildung 48: Häufigkeitsverteilung der Wärmeleistung aller Gebäude bis 200 kW (EEB) ..	66
Abbildung 49: Amortisationszeit der solarthermischen Warmwasserbereitung	68
Abbildung 50: Einsparpotenzial der Solarthermie (EEB)	69
Abbildung 51: Amortisation Solarthermie – bivalentes System (EEB).....	69
Abbildung 52: Spezifischer Warmwasserverbrauch allgemein (EEB)	70

Abbildung 53: Spezifischer Warmwasserverbrauch Hotelgewerbe (EEB)	70
Abbildung 54: Spezifischer Warmwasserverbrauch Gewerbe allgemein (EEB).....	71
Abbildung 55: Wärmesee – mittlere Temperatur im Erdreich (EEB in Anl. IBN)	79
Abbildung 56: Theoretisches und davon machbares Potenzial der PV – Leistung (EEB).....	82
Abbildung 57: Theoretisches und davon machbares Potenzial der PV – Ertrag (EEB)	82
Abbildung 58: Potenzielle PV-Flächen in der StädteRegion Aachen (EEB).....	84
Abbildung 59: Ermittlung des ungefähren Zeitpunktes des Förderstopps von PV Anlagen (EEB)	86
Abbildung 60: PV – Eigenverbrauch und Speicher (Struth, 2014).....	87
Abbildung 61: Photovoltaik (machbares / Anteil an theoretischem Potenzial) (EEB).....	88
Abbildung 62: Anteil der PV an der Stromproduktion 2012 und 2030 (EEB).....	90
Abbildung 63: Jährlich notwendige Investition des PV Ausbaus (EEB).....	91
Abbildung 64: Machbares Potenzial der installierbaren Leistung (EEB)	92
Abbildung 65: Jährliche CO ₂ -Einsparungen durch den Ausbau der Photovoltaik (EEB).....	93
Abbildung 66: Vergleich der CO ₂ -Minderungspotenziale der Photovoltaik (EEB)	94
Abbildung 67: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 10% Eigenverbrauch – 2 (Solarkataster)	96
Abbildung 68: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 25% Eigenverbrauch – 2 (Solarkataster)	97
Abbildung 69: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 50% Eigenverbrauch – 2 (Solarkataster)	98
Abbildung 70: Stromabnahme und PV Einspeisung eines öffentlichen Verwaltungsgebäudes (EEB)	100
Abbildung 71: Theoretisches Potenzial der Photovoltaik auf öffentlichen Liegenschaften (Gesamt 27,6 MW _p)(EEB)	101
Abbildung 72: Strompreisentwicklung bis 2040 – Prognose (ZNES, 2013).....	106
Abbildung 73: PV-Anlagenpreise – Entwicklung (BSW, 2014)	107
Abbildung 74: Windgeschwindigkeiten NRW 135m ü.G. (LANUV, 2012)	109
Abbildung 75: Vorgehensweise Ableitung Windpotenzialflächen am Beispiel Eschweiler (EEB)	110
Abbildung 76: Ablaufschema Flächenanalyse (EEB)	111
Abbildung 77: Prüfflächen und Freiflächen am Beispiel Baesweiler (EEB).....	112
Abbildung 78: Übersicht der machbaren Windpotenzialflächen in der StädteRegion Aachen (EEB)	113

Abbildung 79: Zubau der Windkraft in der StädteRegion Aachen bis 2020 (EEB)	114
Abbildung 80: Stromerzeugungspotenzial (kumuliert) aus Windkraft bis 2020 (EEB)	116
Abbildung 81: CO ₂ -Vermeidung durch Windkraft bis 2030 (EEB)	116
Abbildung 82: Entwicklung des Cashflow „worst case“ Windkraft (EEB)	118
Abbildung 83: Entwicklung des Cashflow „best case“ Windkraft (EEB)	120
Abbildung 84: Deckungsgrad des Stromverbrauchs durch Windkraftpotenzial (EEB)	121
Abbildung 85: Anteil des Windkraftpotenzials (inkl. Repowering) an Gesamtstromverbrauch 2013/2030 (EEB)	122
Abbildung 86: Repowering-Potenzial in der StädteRegion Aachen (EEB)	123
Abbildung 87: Repowering Potenziale (EEB)	124
Abbildung 88: Querbauwerke an Fließgewässern (ELWAS, 2013)	130
Abbildung 89: Machbares Potenzial der Nutzung von Kleinwasserkraftanlagen an Querbauwerken in Fließgewässern (AVISO)	131
Abbildung 90: Gesamte Wasserkraft in der StädteRegion Aachen – Bestand und zusätzliche Potenziale; (ELWAS, 2013) (LANUV, 2012) und AVISO	132
Abbildung 91: Jährliche CO ₂ -Einsparungen durch Ausbau der Kleinwasserkraft an Querbauwerken, ohne Aachen (AVISO)	132
Abbildung 92: Jährliche CO ₂ -Einsparungen durch Ausbau der Kleinwasserkraft an Querbauwerken (BFE, 2003)	135
Abbildung 93: Hydraulisches Profil der Wasserkraftanlage Schmithof	136
Abbildung 94: Grundprinzip KWK und effizientere Brennstoffausnutzung bei gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung (BKWK, 2013)	139
Abbildung 95: Ableitung des KWK-Potenzials in öffentlichen Liegenschaften (EEB)	140
Abbildung 96: Aufteilung des dezentralen KWK-Potenzials (el. und thermische Leistung) in öffentlichen Liegenschaften (nur Kategorie „gut geeignet“) (EEB)	141
Abbildung 97: Beispielrechnungen BHKW für unterschiedliche Liegenschaftstypen (EEB)	144
Abbildung 98: links: Nutzbare Erdwärme in NRW pro Meter Sondenlänge und Jahr, rechts: Ampelkarte (Geologischer Dienst NRW)	149
Abbildung 99: Mögliche Flächen für Erdwärmesonden in der StädteRegion (AVISO)	150
Abbildung 100: Wasserrechtliche Erlaubnisse zur Errichtung einer Erdwärmepumpe (kumuliert) sowie jährlicher Zuwachs (AVISO)	152
Abbildung 101: Bestand der Ein- und Zweifamilienhäuser 1990 bis 2012 in der StädteRegion Aachen nach Gemeinden (oben) sowie zugehörige Wohnfläche (unten) (AVISO)	154

Abbildung 102: Werksseitig integrierter Wärmetauscher (links, Quelle: Wallstein Ingenieur GmbH) und vorgefertigter, nachträglich eingebauter Tauscher (rechts, Quelle: Uhrig Straßen-Tiefbau GmbH)	161
Abbildung 103: Grundprinzip der Abwasserwärmenutzung (DfUVEuK, 2007).....	162
Abbildung 104: Abwasserkanalabschnitte und potenzielle Objekte (EEB).....	163
Abbildung 105: Potenzialbegriffe Anbaubiomasse (LANUV 2014).....	168
Abbildung 106: Ausbaupotenziale in der Landwirtschaft für die StädteRegion Aachen	169
Abbildung 107: Verteilung der Ausbaupotenziale der betrachteten Substrate in der Landwirtschaft in den einzelnen Gemeinden.....	171
Abbildung 108: Potenzialbegriffe Waldholz (LANUV 2014).....	172
Abbildung 109: Ausbaupotenziale in der Forstwirtschaft für die StädteRegion Aachen.....	174
Abbildung 110: Ausbaupotenziale in der Abfallwirtschaft für die StädteRegion Aachen	176
Abbildung 111: Verteilung der Ausbaupotenziale der betrachteten Substrate in der Abfallwirtschaft in den einzelnen Gemeinden.....	178
Abbildung 112: Ausbaupotenziale in der Bioenergie für die StädteRegion Aachen	181
Abbildung 113: Verteilung der Ausbaupotenziale in der Bioenergie in den einzelnen Gemeinden	182
Abbildung 114: CO ₂ -Minderungspotenziale bei Ausbau der Bioenergie für die StädteRegion Aachen gemäß NRW-Leitszenario	183
Abbildung 115: CO ₂ -Minderungspotenzial bis 2030 – Strom (EEB).....	184
Abbildung 116: CO ₂ -Emissionen und Minderungspotenzial bis 2030 – Wärme (EEB)	185
Abbildung 117: Anteile der Erneuerbaren 2013 und Potenzial bis 2030 (EEB).....	186
Abbildung 118: Gesamte Potenzialarbeit (Strom) der Erneuerbaren in der StädteRegion Aachen bei 100% Potenzialausschöpfung bis 2030 (EEB)	187
Abbildung 119: Strom – Anteil der Erneuerbaren Energien am Stromverbrauch 2030	191
Abbildung 120: Anteil der Erneuerbaren an Wärmebedarf 2013 Bestand & Potenzial (EEB)	192
Abbildung 121: Anteile der Erneuerbaren Energien-Potenzial bis 2030 - Arbeit (EEB)	193
Abbildung 122: Kommunales Wärmepotenzial – Biomasse (AVISO).....	195

Tabellenverzeichnis

Tabelle 01: Einwohner und Gebietsfläche der StädteRegion (IT.NRW, 2011).....	3
Tabelle 02: Wohngebäude, landwirtschaftliche Betriebe in der StädteRegion (StatistikLokal, 2011).....	4
Tabelle 03: Bodenflächen nach Nutzungsarten 2010 (SJB-SRA, 2011)	5
Tabelle 04: Bundesrepublik Deutschland – Klimaschutzziele (BMUB, 2011).....	10
Tabelle 05: EE-Förderungen durch Bund und Land (EEB)	11
Tabelle 06: CO ₂ -Faktoren (Bundesmix) zur Berechnung der CO ₂ -Emissionen (GEMIS, 2013)	15
Tabelle 07: Status Quo – Erneuerbare in der Wärmeversorgung 2013 (EEB).....	38
Tabelle 08: Anwendungsmöglichkeiten der Solarthermie (Oberzig, 2012)(EEB)	49
Tabelle 09: Anforderungen und Kosten einer solarthermischen Anlage für Warmwasser (ASEW, 2011).....	52
Tabelle 10: Gesamtpotenzial im Bereich Warmwasserunterstützung (EEB).....	54
Tabelle 11: Potenzial im Bereich Warmwasserunterstützung „öffentliche Gebäude“ (EEB) .	55
Tabelle 12: Potenzial im Bereich Warmwasserunterstützung „Nur Wohnen“ (EEB)	56
Tabelle 13: Potenzial im Bereich Warmwasserunterstützung „Mischnutzung“ (EEB)	57
Tabelle 14: Potenzial im Bereich Heizungsunterstützung „öffentliche Gebäude“ (EEB)	59
Tabelle 15: Potenzial im Bereich Heizungsunterstützung „Nur Wohnen“ (EEB)	60
Tabelle 16: Potenzial im Bereich Heizungsunterstützung „Mischnutzung“ (EEB)	61
Tabelle 17: Gesamtes Potenzial der Heizungsunterstützung durch Solarthermie (EEB).....	64
Tabelle 18: Wirtschaftlichkeit Solarthermie Saunabereich (moderater Preispfad)	72
Tabelle 19: Wirtschaftlichkeit Solarthermie Wäscherei (moderater Preispfad).....	73
Tabelle 20: Wirtschaftlichkeit Solarthermie Saunabereich (Hochpreispfad).....	74
Tabelle 21: Wirtschaftlichkeit Solarthermie Wäscherei (Hochpreispfad)	74
Tabelle 22: „Atmender Deckel“ – Degressionsstufen der PV EEG Förderung (EEB)	80
Tabelle 23: Entwicklung der EEG Vergütung (Photovoltaik) 05/2014 bis 07/2014.....	87
Tabelle 24: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 10% Eigenverbrauch – 1 (Solarkataster)	95
Tabelle 25: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 25% Eigenverbrauch – 1 (Solarkataster)	96
Tabelle 26: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 50% Eigenverbrauch – 1 (Solarkataster)	98
Tabelle 27: Nutzung der Photovoltaik auf kommunalen Dächern (EEB)	99
Tabelle 28: Windkraft Annahmen der Wirtschaftlichkeitsanalyse (EEB)	117

Tabelle 29: worst case Windkraft- Wirtschaftlichkeit (EEB).....	118
Tabelle 30: best case Windkraft- Wirtschaftlichkeit (EEB).....	119
Tabelle 31: Stromertrag und sonstige Kennwerte der Wasserkraftanlage Schmithof	136
Tabelle 32: Untersuchte Kläranlagen in der StädteRegion Aachen (WVER)	138
Tabelle 33: Fallbeispiele BHKW in kommunalen Liegenschaften (EEB).....	143
Tabelle 34: Nutzbare Flächen für Erdwärmesonden auf Gemeindeebene (AVISO)	151
Tabelle 35: Flächen für Erdwärmesonden auf noch nicht genutzten Gewerbeflächen auf Gemeindeebene (AVISO).....	153
Tabelle 36: Zubau von Ein- und Zweifamilienhäusern bis zum Jahr 2030 in der StädteRegion und zugehörige Wohnflächen nach Gemeinden (AVISO)	155
Tabelle 37: Übersicht oberflächennahes Geothermiefpotenzial (AVISO).....	157
Tabelle 38: Minimale (machbare, oben) und maximale (unten) CO ₂ -Einsparungen durch zusätzliche Geothermieranlagen in der StädteRegion (ohne Aachen), sowie zu deren Berechnung erforderliche Kennzahlen (AVISO)	160
Tabelle 39: Szenarien in der Landwirtschaft für das machbare Potenzial (LANUV 2014) ..	168
Tabelle 40: Ausbaupotenziale in der Landwirtschaft für die StädteRegion Aachen	170
Tabelle 41: Szenarien in der Forstwirtschaft für das machbare Potenzial /LANUV 2014/...	172
Tabelle 42: Ausbaupotenziale in der Forstwirtschaft für die StädteRegion Aachen	174
Tabelle 43: Ausbaupotenziale in der Abfallwirtschaft für die StädteRegion Aachen	176
Tabelle 44: Ausbaupotenziale in der Bioenergie für die StädteRegion Aachen	182
Tabelle 45: Anteil der Erneuerbaren an Strom 2013 und Potenzial (EEB).....	187
Tabelle 46: Kommunale Strompotenziale – Photovoltaik und Windkraft (EEB)	188
Tabelle 47: Kommunale Strompotenziale – Wasserkraft und Biomasse (AVISO)	188
Tabelle 48: Kommunale Strompotenziale – Strom aus Gasen (EEB)	189
Tabelle 49: Kommunale Strompotenziale – Strom aus Repowering Wind (EEB)	189
Tabelle 50: Übersicht der Potenziale im Bereich Wärmeversorgung (EEB).....	193
Tabelle 51: Kommunales Wärmepotenzial Solarthermie – Heizungsunterstützung und Warmwasserunterstützung	194
Tabelle 52: Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien (2012-2020).....	196
Tabelle 53: Maßnahmenübersicht	199
Tabelle 54: Kriterienbewertung des Maßnahmensteckbriefs (EEB)	203
Tabelle 55: Bewertungsmaßstab CO ₂ -Einsparung (EEB)	203
Tabelle 56: Bewertungsmaßstab Investitionskosten(EEB).....	204

Tabelle 57: Übersicht der wichtigsten Anlageformen (EEB).....	238
---	-----

Tabelle 58: Übersicht der CO ₂ -Minderungspotenziale.....	243
--	-----

Abkürzungsverzeichnis

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BSLE	Bereiche Schutz der Landschaft und landschaftsorientierte Erholung
COP	<i>Coefficient Of Performance</i> , Wirkungsgrad von Kältemaschinen bzw. Wärmepumpen (Leistungszahl ϵ)
EWV	Energie- und Wasserversorgung GmbH
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FNP	Flächennutzungsplan
GHD	Gewerbe Handel Dienstleistungen
H_l	Unterer Heizwert (inferior heating value) – ehemals H_U
H_s	Oberer Heizwert (superior heating value)- ehemals H_O
kW_p / kW_{peak}	Kilowatt peak (maximale Leistung eines PV Moduls)
KWK	Kraft -Wärme -Kopplung
KWEA	Kleinwindenergieanlagen
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
LOD1	Level of Detail 1
NRW	Nordrhein-Westfalen
PEF	Primärenergiefaktor
STC	Standard Test Conditions
THG	Treibhausgas(e)
TWSZ	Trinkwasserschutzzone
WACC	Weighted Average Cost of Capital - Gewogener Gesamtkapitalzinssatz
WVER	Wasserverband Eifel-Rur

1 Einführung und Aufgabenstellung

Vor dem Hintergrund der anthropogen verursachten Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes der Erde und der damit einhergehenden globalen Erwärmung spielt die Vermeidung von sogenannten Treibhausgasen – und hier insbesondere des Kohlendioxids – eine wichtige Rolle. Auf EU-Ebene formulierte der europäische Rat im Frühjahr 2007 ehrgeizige Ziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020. Die deutsche Bundesregierung verpflichtete sich in diesem Zusammenhang zu einem Abbau der Treibhausgasemission um 55% bis 2030, bezogen auf das Emissionsniveau von 1990, und legte dazu ein integriertes Energie- und Klimaprogramm auf, das zurzeit in rechtlich verbindliche Vorgaben gesetzt wird.

Die Reaktor-Katastrophe in Fukushima im März 2011 machte noch einmal die Notwendigkeit einer Energiewende überdeutlich und verstärkte die Bestrebungen auch von kommunalen Liegenschaftsträgern und Energieversorgern, nach Lösungen auf dem Weg hin zu einer ökonomisch und ökologisch nachhaltigen Versorgung der Bürger zu suchen. Diesen Nachhaltigkeitszielen haben sich viele Kommunen verschrieben.

Die StädteRegion Aachen verschließt sich diesen Entwicklungen und Zielen nicht und hat daher die Erstellung eines „Erneuerbare-Energien-Konzepts“ beschlossen. Dieses Konzept sieht die Darstellung von verfügbaren Erneuerbaren Energien in einem räumlich abgegrenzten Gebiet vor. Die in der Region vorherrschenden Rahmenbedingungen sind bei der Erstellung eines Klimaschutzteilkonzepts als langfristiges und nachhaltiges „energetisches Leitbild“ für die StädteRegion Aachen zu berücksichtigen und in die Ideen zu ihrer Entwicklung einzubinden. Ziel des Klimaschutzteilkonzepts ist es, zukünftige, langfristige und planbare Klimaschutzaktivitäten in der StädteRegion Aachen aufzuzeigen. Es wird dargestellt, wo und in welchem Ausmaß Potenziale bei den Erneuerbaren Energien vorhanden sind, um diese gezielt erschließen zu können.

Klimaschutz findet durch seinen vielfach dezentralen Charakter oftmals im Kleinen statt, so dass eine grundsätzliche Erfassung und Koordinierung nur schwer möglich ist. Eine systematische Abstimmung der Akteure setzt jedoch voraus, dass Potenziale zentral erfasst, aufgearbeitet und aus einer Hand verfügbar sind. Nur so kann sichergestellt werden, dass Maßnahmen nicht ins Leere laufen bzw. bestimmte Potenziale nicht ungenutzt bleiben. Eine Herausforderung bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen ist das breite Spektrum an Akteuren, für die oftmals das Geschehen am „Markt“ für Klimaschutz intransparent ist. So wissen Marktteilnehmer vielfach nicht um die Möglichkeiten, die vorhanden sind. Die StädteRegion Aachen hat daher beschlossen, diese Potenziale auf übergeordneter Ebene transparent darzustellen. Damit gibt sie den Akteuren, seien es regionsangehörige Kommunen, Unternehmen oder Einzelpersonen, die Möglichkeit, sich über Chancen der dargestellten Potenziale zu informieren. Aus dieser Tatsache heraus können weitere Maßnahmen zur Umsetzung abgeleitet werden.

Der Untersuchungsschwerpunkt liegt auf den neun am Konzept beteiligten Kommunen (Alsdorf, Baesweiler, Eschweiler, Herzogenrath, Monschau, Roetgen, Simmerath, Stolberg und Würselen) ohne die Stadt Aachen. Diese erarbeitet derzeit ein Energiekonzept; bereits vorhandene Daten werden als Vergleichswert genutzt.

2 Bestandsaufnahme und Analyse

2.1 Struktur der StädteRegion Aachen

Die StädteRegion Aachen ist ein Gemeindeverband; bestehend aus den acht Städten Aachen, Alsdorf, Baesweiler, Eschweiler, Herzogenrath, Monschau, Stolberg, Würselen und den beiden Gemeinden Roetgen und Simmerath (Abbildung 01).

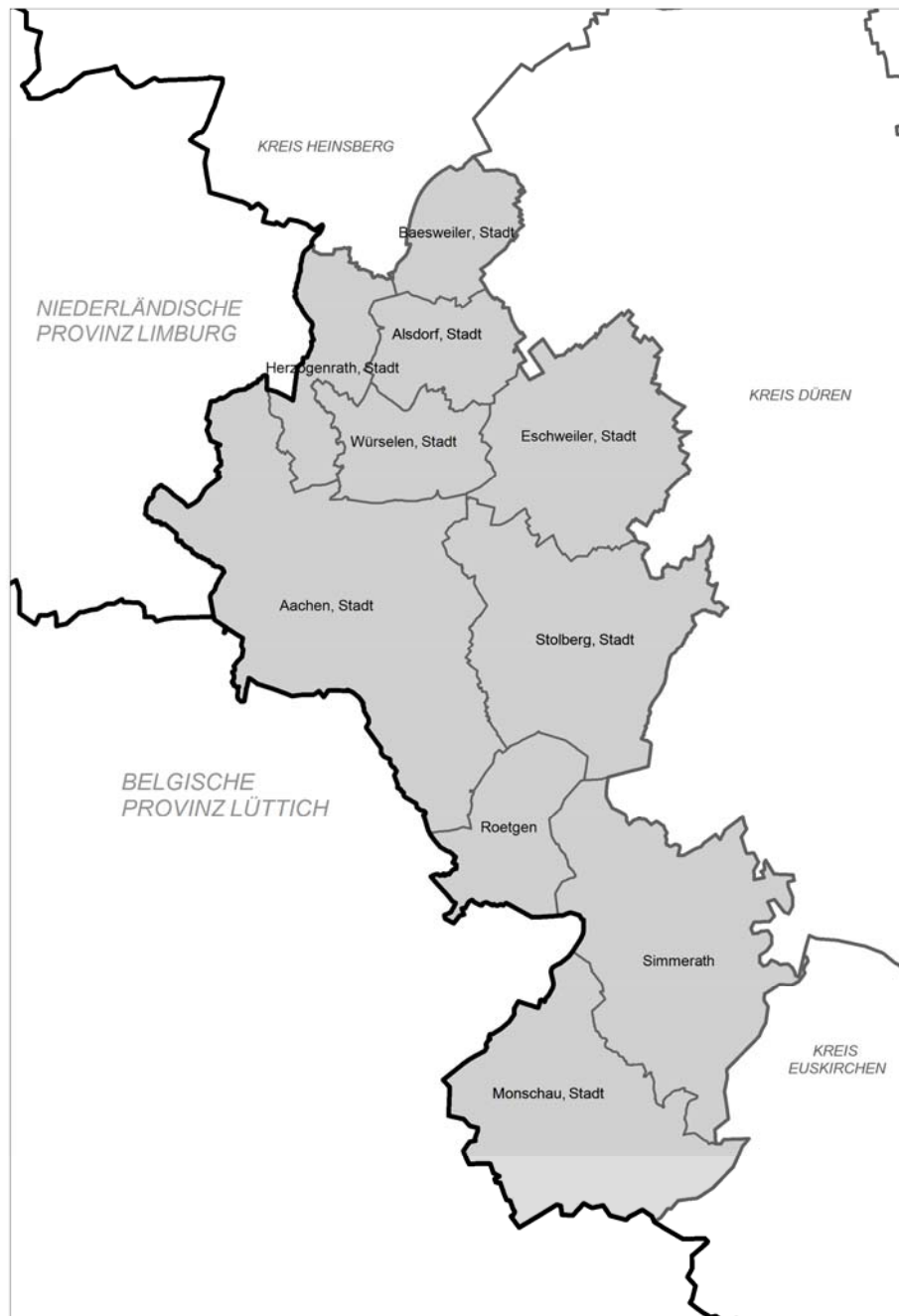


Abbildung 01: Geografische Lage der StädteRegion Aachen (EEB)

Sie erstreckt sich von der Stadt Baesweiler im Norden über 50 km bis zur Stadt Monschau im Süden. Im Norden grenzt sie an den Kreis Heinsberg, im Osten an die Kreise Düren und Euskirchen, im Südwesten und Süden an die belgische Provinz Lüttich und im Nordwesten an die niederländische Provinz Limburg.

Die Gebiete im Norden und Osten gehören topografisch zu den Bördelandschaften der Niederrheinischen Bucht, im Süden erstreckt sich die StädteRegion Aachen bis in die Mittelgebirgslandschaft der Eifel hinein.

Wirtschaftsgeografisch lässt sich der Kreis in vier Teile gliedern: Im Norden befindet sich das Wurmrevier mit den Städten Alsdorf, Baesweiler, Herzogenrath und Würselen. Hier sind Unternehmen der Glasindustrie, der Nadelfabrikation sowie der Nahrungsmittelindustrie beheimatet, zu denen sich in jüngster Zeit weitere technologieorientierte Betriebe angesiedelt haben.

Zwischen dem Wurmrevier und den Kommunen des Südkreises liegen die Industriestädte Eschweiler und Stolberg. Glas-, Kunststoff- und Metallverarbeitungsbetriebe sind hier heute ebenso ansässig wie Unternehmen aus den Bereichen Chemie und Pharmazie.

Den bevölkerungsreichsten Teil der StädteRegion Aachen stellt die namensgebende Stadt Aachen selbst mit knapp 260.000 Einwohnern. Auch an der Gebietsfläche nimmt sie mit ca. 23% den Löwenanteil ein. Es folgen die bevölkerungsstarken Städte Stolberg, Eschweiler, Alsdorf und Herzogenrath. Die ländlich geprägten Regionen des Kreises werden u.a. durch die Kommunen Roetgen, Monschau und Simmerath repräsentiert, wie Tabelle 01 zeigt.

Stadt / Gemeinde	Gebietsfläche [km²]	Einwohner 31.12.2009	Gebietsfläche	Einwohnerdichte [Einwohner/km²]
			anteilig [%]	
Aachen, Stadt	161	258.380	23%	1.606
Alsdorf, Stadt	32	45.721	4%	1.444
Baesweiler, Stadt	28	28.000	4%	1.008
Eschweiler, Stadt	76	55.389	11%	729
Herzogenrath, Stadt	33	47.054	5%	1.409
Monschau, Stadt	95	12.577	13%	133
Roetgen	39	8.225	6%	211
Simmerath	111	15.592	16%	140
Stolberg (Rhld.), Stadt	99	57.755	14%	586
Würselen, Stadt	34	37.654	5%	1.095
StädteRegion Aachen	707	566.347		

Tabelle 01: Einwohner und Gebietsfläche der StädteRegion (IT.NRW, 2011)

Tabelle 02 zeigt u.a. die Wohnflächenstruktur der StädteRegion Aachen. Entsprechend der höheren Einwohnerzahl findet sich in Aachen selbst die größte Anzahl Wohngebäude mit der größten Wohnfläche; mit deutlichem Abstand gefolgt von Stolberg. Die Anzahl der Wohngebäude selbst spiegelt den Charakter der jeweiligen Gemeinde wider. So weist beispielsweise Monschau einen Gebietsflächenanteil von 13% auf, aber nur eine sehr kleine Anzahl von Wohngebäuden, was eine geringe Einwohnerdichte impliziert. Alsdorf, Herzogenrath und

Würselen mit kleinen Anteilen an der Gesamtfläche haben demgegenüber eine recht hohe Anzahl an Gebäuden, und weisen eine hohe Einwohnerdichte auf.

	Wohngebäude [Anzahl]	Wohngebäude Wohnfläche [1.000 m²]	Landwirtschaftliche Betriebe (2007) [Anzahl]
Aachen, Stadt	38.656	9.487	171
Alsdorf, Stadt	11.543	1.751	38
Baesweiler, Stadt	6.813	1.032	45
Eschweiler, Stadt	12.622	2.067	66
Herzogenrath, Stadt	11.168	1.726	21
Monschau, Stadt	4.235	602	101
Roetgen	2.661	405	21
Simmerath	4.907	729	74
Stolberg (Rhld.), Stadt	13.922	2.354	62
Würselen, Stadt	8.218	1.423	57
StädteRegion Aachen	114.745	21.575	656

Tabelle 02: Wohngebäude, landwirtschaftliche Betriebe in der StädteRegion (StatistikLokal, 2011)

Die StädteRegion Aachen ist mit ca. 566.00 Bewohnern auf 707 km² vergleichsweise dicht besiedelt. Zudem weist sie seit Jahren eine kontinuierlich positive Entwicklung der Bevölkerungszahlen auf und konnte sich so als starker Wirtschaftsstandort von der Entwicklung im übrigen Nordrhein-Westfalen absetzen. Mittelfristig betrachtet lässt sich ebenfalls eine positive Bevölkerungsentwicklung bis zum Jahr 2025 prognostizieren. Für die folgenden Jahre ab 2025 wird allerdings mit einem leichten Abwärtstrend gerechnet (Abbildung 02).

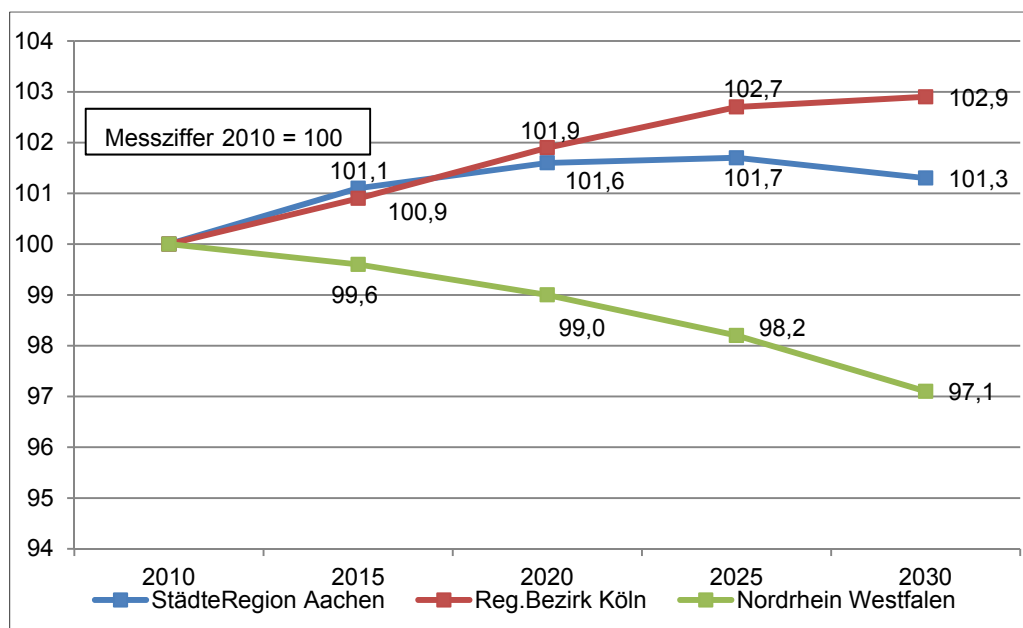


Abbildung 02: Bevölkerungsprognose der StädteRegion Aachen 2010 bis 2030 (SJB-SRA, 2011)

Bei der Potenzialabschätzung für Energieerzeugungsformen wie beispielweise der Windkraft rücken zukünftig ländliche Gemeinden der StädteRegion Aachen in den Fokus. So ist zum Beispiel die Nutzung von Waldflächen aufgrund neuer rechtlicher Regelungen für die Erschließung weiterer Potenziale in Betracht zu ziehen. Derartige Flächen könnten u.a. genutzt werden für die Errichtung von Windenergieanlagen und zur Erschließung von weiteren Biomassepotenzialen. Die StädteRegion Aachen hat in den Gemeinden Simmerath, Roetgen und Stolberg nennenswerte Möglichkeiten, die in den folgenden Kapiteln näher beleuchtet werden.

Die Aufteilung der Bodenflächen (Tabelle 03 & Abbildung 03) auf Nutzungsarten zeigt die große Bandbreite, die in der StädteRegion Aachen besteht. Während im Südkreis (Roetgen, Monschau, Simmerath, südlicher Teil von Stolberg) Waldflächen dominieren, ist der Nordkreis eher agrarwirtschaftlich und gewerblich geprägt und besitzt größere Anteile an Gebäude- und Betriebsflächen.

Bodenflächen nach Nutzungsarten der Vermessungsverwaltung 2010									
Stadt / Gemeinde	Katasterfläche [km ²]	davon							
		Gebäude- und Freifläche	Betriebs- fläche	Erholungs- fläche	Verkehrs- fläche	Landwirt- schaftsfläche	Wald- fläche	Wasser- fläche	Flächen anderer Nutzung
		Anteil der Katasterfläche insgesamt in %							
Aachen	160,84	24,46	0,45	3,28	10,22	40,3	18,51	0,58	2,2
Alsdorf	31,67	29,66	5,83	4,08	11,38	41,43	4,98	0,93	1,71
Baesweiler	27,77	19,48	30,4	1,69	7,16	66,66	1,37	0,24	0,37
Eschweiler	75,93	18,44	6,42	1,85	8,53	45,42	16,14	2,25	0,88
Herzogenrath	33,4	27,69	6,31	2,15	9,52	42,51	9,25	1,03	1,51
Monschau	94,62	8,51	0,14	0,47	4,62	41,38	43,57	1,11	0,19
Roetgen	39,03	8,75	0,03	0,33	2,74	16,94	69,57	1,49	0,12
Simmerath	111,01	6,98	0,17	0,61	5,22	36,09	47,08	3,66	0,19
Stolberg	98,5	13,21	1,82	1,72	5,1	25,61	49,24	1,31	1,99
Würselen	34,39	23,36	1,06	1,66	9,6	58,33	4,41	0,49	1,07
StädteRegion Aachen	707,16	16,64	1,82	1,79	7,25	39,07	30,79	1,49	1,15

Tabelle 03: Bodenflächen nach Nutzungsarten 2010 (SJB-SRA, 2011)

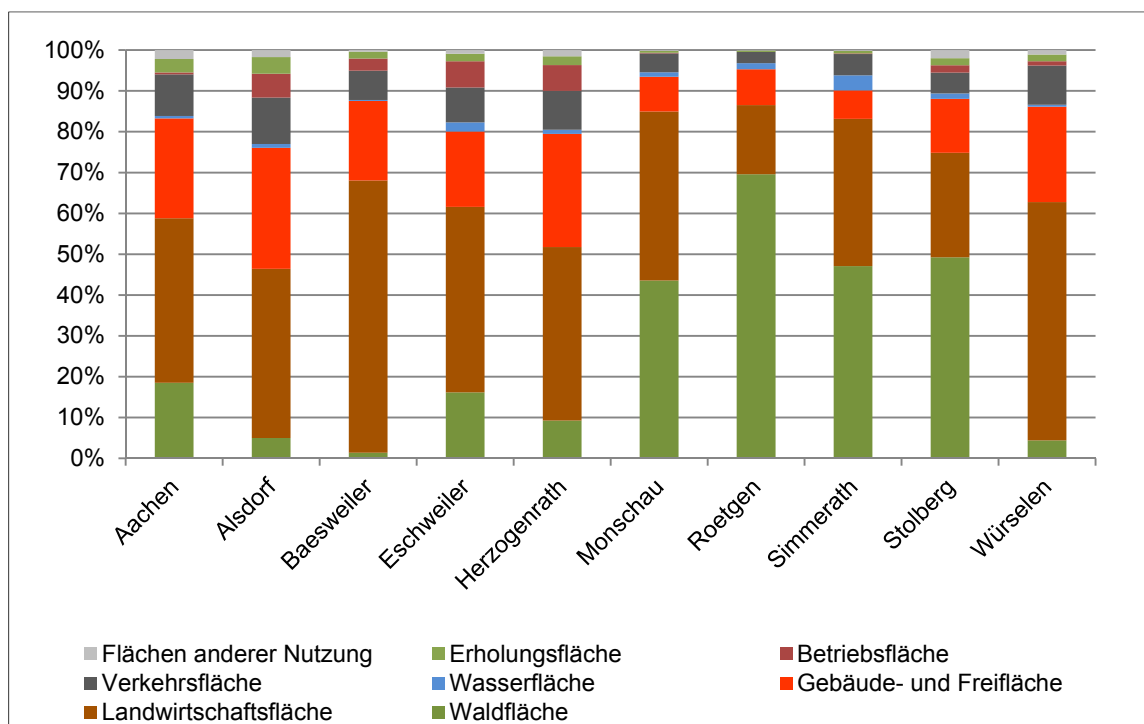


Abbildung 03: Bodenflächenverteilung nach Gemeinde (SJB-SRA, 2011)

2.2 Bereits durchgeführte Klimaschutzmaßnahmen

2.2.1 Ausgewählte Maßnahmen in der StädteRegion Aachen

Aachen

Die Stadt Aachen zeigt sich bereits seit vielen Jahren aktiv auf dem Gebiet des Klimaschutzes. So trat die Stadt bereits 1992 dem Klima-Bündnis europäischer Städte bei. Im Jahre 2006 erarbeitete die Stadt Aachen zudem gemeinsam mit den Stadtwerken Aachen das erste kommunale Energieeffizienzkonzept (EEK) in Deutschland.

Dieses Klimaschutzkonzept berücksichtigt durch ein Handlungskonzept für die folgenden 5 Jahre die Forderung der EU Endenergieeffizienzrichtlinie nach einer 1%igen mittleren jährlichen Energieeinsparung.

Weiterhin investiert die Stadt Aachen seit vielen Jahren in die energetische Sanierung von öffentlichen Gebäuden (insbesondere Schulen). Die Dächer dieser Gebäude werden zudem Bürgern für Photovoltaik-Anlagen zur Verfügung gestellt („Sonne für Aachener Schulen“).

Im Januar 2004 initiierte die Stadt Aachen die Gründung des Vereins „altbau plus“; eines Netzwerk von 21 Institutionen, die die energetische Sanierung vorantreiben wollen. Im Mai eröffnete die Beratungsstelle des Vereins, bei der Bauwillige, aber auch Fachbetriebe und Fachplaner Informationen zu baulichen und technischen Möglichkeiten bei der Gebäudesanierung sowie zu entsprechenden aktuellen Fördermöglichkeiten erhalten können.

Klimaschutz beginnt im Kleinen. Sollen Veränderungen im gesellschaftlichen Verhalten erreicht werden, müssen die Kindern und Jugendlichen von heute angesprochen werden. Wenn hier ein neues Bewusstsein für Energie und deren nachhaltiger Nutzung geschaffen werden kann, ist – in Verbindung mit dem technischen Wandel innerhalb der Strom- und Wärmeerzeugung – das Ziel, erfolgreich Klimaschutz zu betreiben, realisierbar. Aus diesem Grund arbeiten seit Anfang des Jahres 2011 die städtischen Grundschulen, weiterführenden Schulen und Kindergärten unter zielgruppenspezifischer Begleitung und Schulung an ihrem Strom-, Heizenergie- und Wasserverbrauch. Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Alsdorf

Die Kommune Alsdorf leistet aktiv einen Beitrag zum Klimaschutz, indem Dachflächen kommunaler Gebäude für die Nutzung von Photovoltaik zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus wird in Alsdorf eine innovative Holzhackschnitzelanlage betrieben. Auch im Bereich der Nutzung von Umweltwärme ist Alsdorf sehr aktiv. Wurde in der Vergangenheit das aus der Grube Anna austretende Grubengas energetisch genutzt, so wurde nach der Abschaltung der entsprechenden Anlagen über die Möglichkeiten nachgedacht, weitere Potenziale zu heben. Im Zuge des Energieversorgungskonzepts des Energeticons wurde daher die Nutzung der Wärme im Schacht in Betracht gezogen. Die Motivation, dieses Vorhaben zügig umzusetzen, zeigt erneut den hohen Stellenwert des Umweltschutzes in Alsdorf.

Baesweiler

Die Kommune Baesweiler setzt unter anderem auf die Nutzung der Erdwärme. So sind derzeit drei größere geothermische Anlagen in Betrieb. Zusätzlich ist man bemüht, durch verschiedene Projekte zur Effizienzsteigerung aktiv Klimaschutz zu betreiben. So wurden in der

Vergangenheit zahlreiche Gebäude wie beispielsweise das Gymnasium in Baesweiler aufwendig saniert. Mithilfe dieser Maßnahme konnte der spezifische Flächenverbrauch um 95% gesenkt werden. Für diese Maßnahme hat die Stadt Baesweiler den kommunalen Klimaschutzpreis 2010 erhalten.

Beste Beispiele für diese sichtbaren Anstrengungen sind die bereits vor Jahren realisierte Biogasanlage (Nutzung der Abwärme für das städtische Hallenbad), mehrere solarthermische Anlagen zur Brauchwassererwärmung oder auch geothermische Anlagen zur Beheizung öffentlicher Gebäude.

Eschweiler

Wie Alsdorf stellt auch Eschweiler seine kommunalen Dächer zur Photovoltaik-Nutzung zur Verfügung. Neben dieser Maßnahme unternahm die Stadt Eschweiler weitere Schritte, um den Klimaschutz zu fördern. Ein wichtiges Projekt ist hierbei unter anderem das „Camp CO₂-Zero“ auf dem Gelände eines ehemaligen Militärstützpunktes. Die dort vorhandenen Flächen sollen in Zukunft als Standort für Erneuerbare Energien und Umweltschutz in Anwendung dienen. Es sollen neue Ideen entwickelt und vorgeführt werden die dazu dienen sollen, Umweltschutz „anfassbar“ zu machen. Des Weiteren ist die Kommune in aktuelle Projekte der Landes NRW involviert.

Im Rahmen des landesweiten, vom Klima- und Umweltministerium NRW initiierten Wettbewerbs „KWK-Modellkommune 2012–2017“ erarbeitete die Kommune Eschweiler ein Konzept zur effizienten und preiswerten Wärmeversorgung des Neubaugebietes „Neue Höfe Dürwiß“ zwischen Sebastianus- und Friedrich-Ebert-Straße und der umliegenden Altbebauung mithilfe der Kraft-Wärme-Kopplung.

Das Modellprojekt soll zugleich aber auch als Vorbild dienen für andere Stadtgebiete in Eschweiler sowie weitere Städte in NRW und Basis sein für eine zukunftsweisende, wirtschaftliche und umweltfreundliche Wärme- und Stromversorgung im Rahmen der nachhaltigen Stadtentwicklung.

In vielen Bereichen beschreitet die Stadt gemeinsam mit den Bürgern neue Wege, so etwa bei der energetischen Sanierung der städtischen Gebäude und der Nutzung Erneuerbarer Energien, der Erneuerung der Straßenbeleuchtung, der Beratung privater Hauseigentümer bei der energetischen Sanierung, der energetischen Schulung städtischer Mitarbeiter, der Ausweisung eines ressourcen- und energieeffizienten Wohnbaugebietes sowie der Planung neuer Wind- und Solarparks.

Herzogenrath

Die Kommune Herzogenrath nutzt zu einem großen Teil die Energie der Sonne für die Versorgung der Bürger und trägt so ihren Teil zum Klimaschutz bei. So wurde eine der größten Photovoltaik-Freiflächenanlagen Nordrhein-Westfalens errichtet. Die von den Kooperationspartnern EWV GmbH und n.s.w. energy GmbH betriebene Anlage besitzt insgesamt 42.000 Module mit einer maximalen Leistung von 10MW_{peak}. Sie bedeckt eine Fläche von ca. 80.000 m² und reduziert die Emissionen an Kohlendioxid im Stadtgebiet um jährlich 5.000t. Eine weitere Fläche von knapp 16ha ließe sich mit Photovoltaikanlagen bebauen, sodass hier noch weiteres Potenzial existiert.

Der lokale Energieversorger enwor GmbH hat zusammen mit der Stadt Herzogenrath eine 753 Quadratmeter große Photovoltaikanlage am Eurode-Bahnhof in Herzogenrath errichtet.

Für die Anlage, die eine Leistung von ca. 122 kW besitzt und jährlich ungefähr 110.000 Kilowattstunden produziert um rund 30 Haushalte mit Sonnenstrom zu versorgen, stellt die Stadt das obere Deck des Parkhauses, welches die ENWOR als optimalen Standort für photovoltaische Anlagen ausgemacht hat, zum Überbauen zur Verfügung. Der hier produzierte Strom wäre auch für die Elektromobilität nutzbar, weshalb in Zukunft E-Zapfsäulen eingerichtet werden sollen. Davon profitieren alle Zweiräder (Roller, Pedelecs), (Elektro und Hybrid-)Busse und (Straßen-)Bahnen, Nutzfahrzeuge, CarSharing-Wagen und nicht zuletzt Elektro-Pkw. Eine entsprechende Vernetzung vorausgesetzt, kann sich der Eurode-Bahnhof in Herzogenrath vom einfachen Parkhaus zum Solarstandort mit innovativem Mobilitätskonzept entwickeln und zur städteregionalen Drehscheibe werden.

Monschau

Die Gemeinde Monschau verfolgt ebenfalls die Strategie, kommunale Dächer zur Nutzung von Photovoltaik an interessierte Investoren zu vermieten. So konnte beispielsweise eine Anlage auf dem Gymnasium installiert werden. Im Bereich der Wärmeversorgung setzt Monschau auf die Technologie der Kraft-Wärme-Kopplung, um das Gymnasium, das Rathaus, die Realschule und das Vennbad mit Wärme zu versorgen. Des Weiteren nutzt die Stadt Biomasse, um eigene Klimaschutzbemühungen umzusetzen.

Roetgen

Wie andere Gemeinden setzt Roetgen im Bereich des Klimaschutzes v.a. auf Photovoltaik. Hierzu wurde von kommunaler Seite aus eine Anlage auf dem Bauhof, welche bis zu 4% des kommunalen Stromverbrauchs decken kann und auf dem Turnhallendach errichtet. Auch die Wärmeversorgung kommunaler Gebäude wird zum Teil regenerativ realisiert. So werden Rathaus, Turnhalle und Grundschule mit Wärme aus Pellets versorgt.

Simmerath

In der Kommune Simmerath ist der größte Fortschritt bei der Nutzung erneuerbarer Energien zu verzeichnen. So lag der Anteil an EE Strom schon im Jahr 2013 bei 75% der Gesamtstromerzeugung. Hierzu wird neben Windkraft und Solarenergie auch Biomasse genutzt. Neben dem verstärkten Einsatz von Technologien zur Gewinnung von erneuerbarem Strom setzt die Kommune Simmerath aber auch auf Energieeffizienz. So hat beispielsweise die Hauptschule Passivhausstandard. Im Rahmen von Sanierungen steht die Beleuchtungssanierung in den jeweiligen Gebäuden ebenfalls im Fokus. Zu erwähnen ist auch, dass im Gas-Konzessionsvertrag allgemeine Ausführungen zur Steigerung der Energieeffizienz (Beratungsleistung, Unterstützung bei Energiekonzepten etc.) enthalten sind, um den Umweltschutz aktiv zu fördern. Für weitere Effizienzmaßnahmen wurde zudem der energetische Zustand der Straßenbeleuchtung ermittelt.

Aber nicht nur die Erzeugung von Energie sondern auch deren Einsparung liegen der Gemeinde Simmerath besonders am Herzen. So wurden bereits die Grundschulen in Lammersdorf und Steckenborn komplett energetisch saniert. Derzeit werden das Rathaus und die Hauptschule Simmerath auf einen sehr hohen energetischen Standard gebracht, um auch hier Klimaschutz aktiv umzusetzen.

Stolberg

Auch durch die Kommune Stolberg werden Flächen auf öffentlichen Liegenschaften zur Nutzung von Photovoltaik zur Verfügung gestellt. Von den in diesem Zusammenhang untersuch-

ten Gebäudedächern stellte sich knapp die Hälfte als geeignet heraus. Die Kommune ist zudem aktiv im Bereich der Energieeffizienz und treibt Sanierungsarbeiten an zahlreichen Gebäuden im Gebiet voran.

Des Weiteren wird auch in der Kommune Stolberg eine große Freiflächen-PV-Anlage auf einer Fläche von ca. 4 ha mit einer Leistung von 4,2 MW_{peak} betrieben. Diese befindet sich auf einer Konversionsfläche des ehemaligen Militärgeländes „Camp Astrid“.

Die Windkraft spielt in Stolberg eine ebenso wichtige Rolle. So existiert hier bereits ein Windpark, der in den nächsten Jahren um weitere Windkraftanlagen ergänzt werden soll.

Stolberg geht somit konsequent den Weg des Ausbaus der Windkraft, zumal auch in dieser Kommune nennenswerte Potenziale vorzufinden sind. Aktuell (2014) wurde das Verfahren zur Änderung des Flächennutzungsplans (FNP) zur Darstellung weiterer Windkraftkonzentrationszonen eingeleitet. Darüber hinaus liegt bereits ein gesamtträumliches Plankonzept vor. Die Untersuchungen zum Artenschutz und andere Auflagen zur Erschließung der Windkraft sind derzeit in Arbeit.

Würselen

Die Stadt Würselen befasst sich schon seit vielen Jahren mit dem Thema „Klimaschutz“ und setzt dabei als erste Kommune in der StädteRegion Aachen ein integriertes Klimaschutzkonzept um.

In der Kommune Würselen wurde bereits eine Vielzahl von Maßnahmen umgesetzt mit dem Ziel, den Klimaschutz in der Region weiter zu fördern und auszubauen. So wird u. a. seit Mitte der 90er Jahre ein Nahwärmenetz betrieben, welches auf der KWK-Technologie basiert. Auch in Würselen werden Dachflächen auf öffentlichen Liegenschaften für photovoltaische Anlagen zur Verfügung gestellt (Pachtmodell). Seit 1995 wird eine Kompostierungsanlage der AWA Entsorgung GmbH betrieben. Dank neuer technischer Entwicklungen konnte die Anlage um eine Biovergärungsstufe erweitert werden, so dass neben Kompost nun auch Strom, Wärme und Flüssigdünger regenerativ entstehen und ein wichtiger Beitrag für die angestrebte Energiewende geleistet wird. Die Anlage hat die Aufgabe, durch die aerobe und anaerobe Verwertung ca. 30.000t Bioabfall, elektrische Energie für ca. 1.000 Haushalte und Kompost für eine Fläche von 600 Hektar zu produzieren.

Hervorzuheben ist dabei, dass ein Teil der produzierten Wärme in unmittelbarer Nachbarschaft von einem Betrieb zur Trocknung von Kaminholz genutzt wird und somit ein kleines, dezentrales Energieversorgungsnetzwerk entstanden ist.

StädteRegion

Die StädteRegion hat bereits alle Dächer der eigenen Gebäude auf ihre solare Eignung hin überprüft. Es wurden bereits Dächer mit einer PV Anlage ausgestattet, die Strom produzieren. Weitere Dächer können an Interessenten verpachtet werden. Auch die Bürger können über das Solardachkataster der StädteRegion Aachen herausfinden, ob sich eine Solaranlage auf ihrem Hausdach lohnt. Darüber hinaus geht die StädteRegion voran beim Thema Elektromobilität. So wird der Fuhrpark der Städteregionsverwaltung um Elektrofahrzeuge aufgestockt. Im Bereich der Erneuerbaren Energien fördert die StädteRegion Aachen solarthermische Anlagen und Heizungssysteme mit regenerativer Energieerzeugung.

2.3 Grundlagen der Energie- und CO₂-Bilanzierung

2.3.1 Ausgangssituation – politische und gesetzliche Rahmenbedingungen

Den globalen Überbau für die Bemühungen zur Reduzierung klimaschädlicher Emissionen bilden die Beschlüsse des Kyoto-Protokolls aus dem Jahr 1997. In diesem wurden Maßnahmen sowie völkerrechtlich verbindliche Zielwerte und der dazu notwendige Beitrag der Industrienationen festgeschrieben. Für Deutschland wurde das Ziel einer Treibhausgasemissionsminderung von 21% bis 2012 bezogen auf 1990 ausgegeben. Mit aktuell 26% hat Deutschland dieses Ziel Ende 2012 erfüllt (BMUB, 2013). Im Rahmen eines weiteren Treffens in Katar (November/Dezember 2012) einigten sich die Teilnehmer auf die Fortführung des Kyoto-Protokolls (Kyoto II) bis zum Jahr 2020. Beschlossen wurde hier, dass weitere Treibhausgasminderungen bis 2015 festgeschrieben werden sollen; jedoch steht gegenwärtig noch nicht fest, in welcher Höhe dies insgesamt bzw. für jedes einzelne Industrieland erfolgen soll (BMUB, 2013).

Im Energiekonzept der Bundesregierung von September 2010 (BMU, BMWi, 2011) wird für Deutschland als Gesamtziel eine Verminderung des Treibhausgasausstoßes um 55% bis 2030 bzw. mindestens 80% bis 2050 formuliert. Dieses und weitere Ziele sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

	2010	2020	2030	2050
Verdoppelung Strom aus KWK	12%	25%		
Anteil EE am Bruttoendenergieverbrauch	10%	18%	30%	60%
Anteil EE am Bruttostromverbrauch	17%	35%	50%	80%
Reduktion THG (ggü. 1990)	-25%	-40%	-55%	> -80%
Reduktion Primärenergieverbrauch (ggü.2008)	2%	-20%		-50%
Steigerung der Energieproduktivität		Steigerung um 2,1% pro Jahr		
Reduktion Stromverbrauch (ggü. 2008)	2%	-10%		-25%
Reduktion Endenergieverbrauch im Verkehr (ggÜ.2009)	-2%	-10%		-40%

Tabelle 04: Bundesrepublik Deutschland – Klimaschutzziele (BMUB, 2011)

Darüber hinaus existieren noch regionale Ziele der StädteRegion Aachen. Diese ergänzen die in Tabelle 04 aufgeführten Ziele um:

- Angestrebte langfristige Reduzierung der CO₂-Emissionen um 100% für die Städte-Region Aachen
- Anteil der Erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2030 bei 75%

Das Erreichen dieser Ziele ist auf Basis des bisher zurückgelegten Weges nur durch weitere und intensivere Bemühungen machbar. Dazu wurden auf Bundesebene eine Reihe von Gesetzen und Förderprogrammen verabschiedet bzw. novelliert. Eine Auswahl der wichtigsten Maßnahmen liefert der folgende tabellarische Überblick (Tabelle 05). Des Weiteren soll an dieser Stelle auf die Übersicht der Fördermaßnahmen im Bereich Solarenergie in Anhang 4

verwiesen werden, welche durch die StädteRegion aufbereitet und zur Verfügung gestellt wurden.

Flankiert werden die Bundesvorgaben und Bundesgesetze durch eine Reihe von landes- und kommunalspezifischen Maßnahmen. Nordrhein-Westfalen beispielsweise setzte mit dem NRW KWK-Impulsprogramm, welches Teil des Programms „progres.nrw“ ist, einen wichtigen Akzent, um Technologien am Markt zu etablieren, die den Übergang zu einer regenerativen Energieerzeugung gewährleisten.

Maßnahmen des Bundes	
Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien	EEG
Gesetz für die Erhaltung und Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung	KWKG
Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich	EEWärmeG
Energieeinsparverordnung	EnEV
Marktanreizprogramm – Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle	MAP
Programme der Kreditanstalt für Wiederaufbau	KfW
Nationale Klimaschutzoffensive	NKI
NRW spezifische Maßnahmen	
Klimaschutzgesetz Nordrhein-Westfalen	
Programm „progres.nrw“	
<i>daraus u.a. KWK- Impulsprogramm</i>	

Tabelle 05: EE-Förderungen durch Bund und Land (EEB)

Flankiert werden die Bundesvorgaben und Bundesgesetze durch eine Reihe von landes- und kommunalspezifischen Maßnahmen. Nordrhein-Westfalen beispielsweise setzte mit dem NRW KWK-Impulsprogramm, welches Teil des Programms „progres.nrw“ ist, einen wichtigen Akzent, um Technologien am Markt zu etablieren, die den Übergang zu einer regenerativen Energieerzeugung gewährleisten.

Zu erwähnen ist ebenfalls, dass für NRW das erste Klimaschutzgesetz in Deutschland gilt. In diesem sind die NRW-Klspezifischen Klimaschutzziele verankert und gesetzlich festgeschrieben, da dem Standort Nordrhein-Westfalen eine besondere Bedeutung beim Klimaschutz in Deutschland, aber auch in Europa zukommt. So entstehen in dieser Region ca.

33% aller Treibhausgasemissionen der Bundesrepublik. Auch wird hier ca. 30% des gesamten deutschen Strombedarfs konsumiert und 40% des bundesdeutschen Industriestroms verbraucht. Eine Schätzung des deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) besagt, dass auf NRW durch den ungebremsten Klimawandel Kosten in zweistelliger Milliardenhöhe bis zum Jahr 2050 zukommen könnten. Diese gilt es mithilfe einer intelligenten Klimaschutzpolitik einzudämmen (MKULNV, 2013).

Für die StädteRegion Aachen, als Teil des Landes Nordrhein-Westfalens, leiten sich daraus unmittelbar eigene Aufgaben bezüglich der Klimaschutzpolitik ab, die es zu bewältigen gilt. Der Anteil an den landesweiten CO₂-Emissionen in NRW beträgt zwar nur 1,6% (2011), jedoch ist die Region ein wichtiger Baustein in der Gesamtbetrachtung. Nur wenn auch hier die Klimaschutzziele erreicht werden, können die landesspezifischen und somit auch letzten Endes die bundesspezifischen CO₂-Minderungsziele (siehe Abbildung 04) erreicht werden.

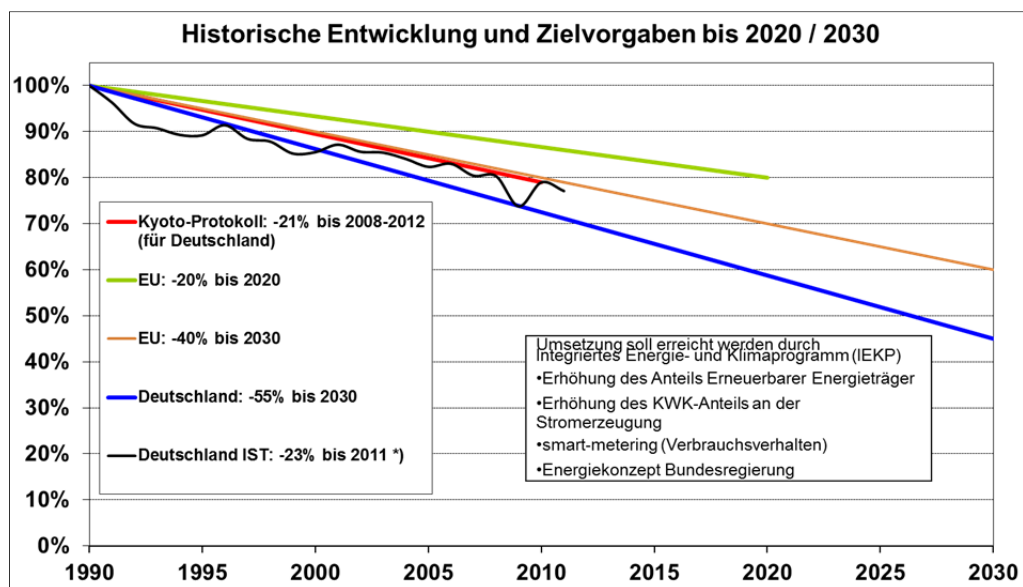


Abbildung 04: Klimaschutzziele und tatsächliche nationale Entwicklung (UBA, 2012)

2.3.2 Endenergieverbrauch in der StädteRegion Aachen

Als Endenergie wird die Energiemenge bezeichnet, die nach Energieumwandlungs- und Übertragungsverlusten verbleibender Bestandteil der eingesetzten Primärenergie ist. Die Endenergie muss von den Nutzern in Form von Heizöl, Erdgas, Strom, Holz, Benzin etc. eingekauft werden. Die Bilanzgrenze ist dabei ein Gebäude oder ein Fahrzeug. Der Endenergie vorgelagert ist die Primärenergie. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt alle Verluste, die bei der Bereitstellung der Endenergie, bei ihrem Transport, vor allem aber bei der Herstellung auftreten. Als Nutzenergie definiert ist die Endenergie abzüglich der Umwandlungs- und Transportverluste im Gebäude. Eine kurze Übersicht über den Prozess der Umwandlung von Energie liefert folgende Abbildung 05.



Abbildung 05: Energiewandlungsprozess (in Anlehnung an (Reps, 2013))

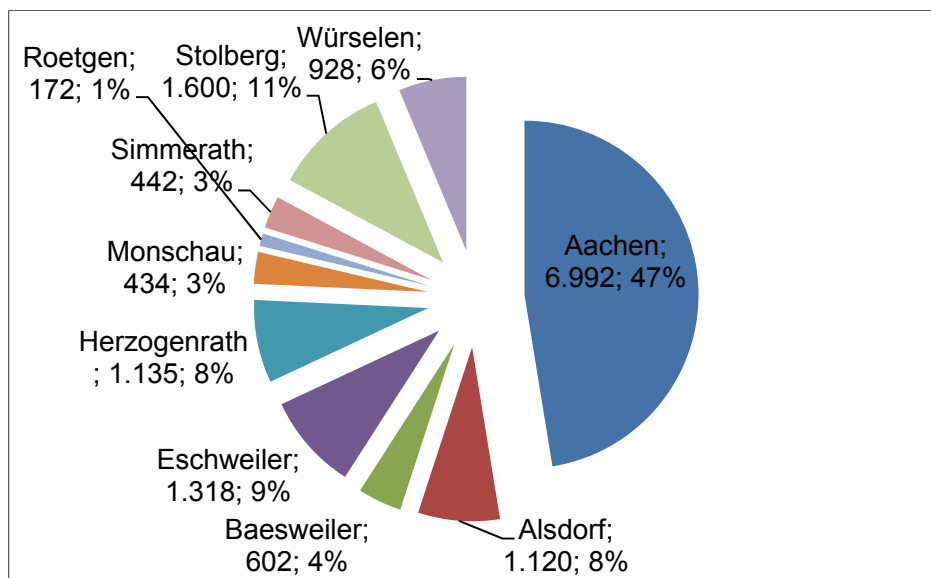


Abbildung 06: Endenergieverbrauch StädteRegion Aachen 2010 in GWh (GERTEC)

Abbildung 06 zeigt den Endenergieverbrauch in der StädteRegion Aachen inklusive der Stadt Aachen. Diese ist auch der größte Endenergieverbraucher innerhalb des Verbundes. Ländlich geprägte Kommunen weisen einen dementsprechend geringeren Endenergieverbrauch auf, da sie deutlich weniger bevölkert- und industrielle Schwerpunktstandorte eher im Stadtgebiet Aachen anzufinden sind.

Die eingesetzte Endenergie findet in verschiedenen Bereichen Verwendung, wie Abbildung 07 zeigt.

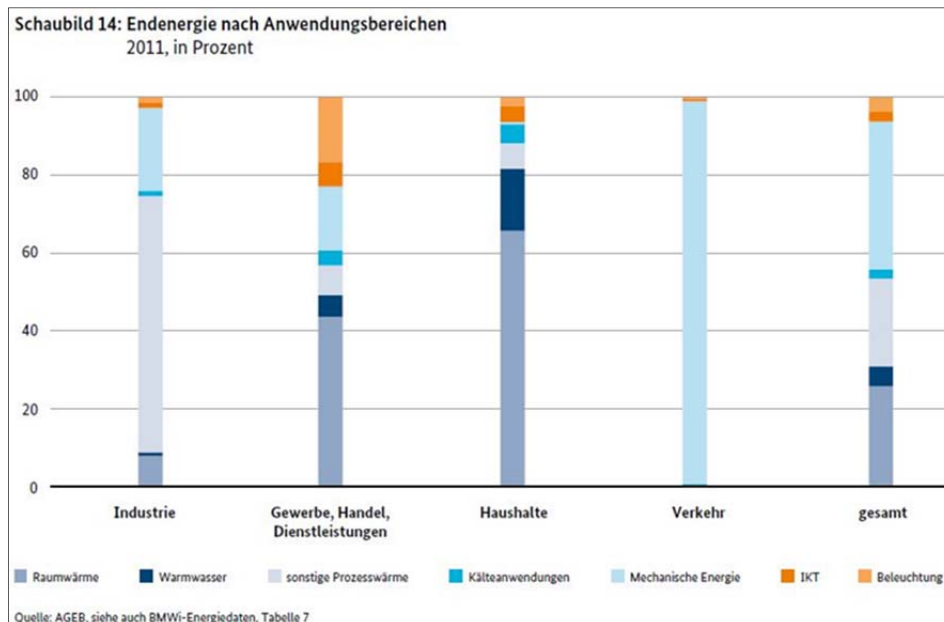


Abbildung 07: Endenergie nach Anwendungsbereichen

Haushalte konsumieren mehr als 80% der eingesetzten Energie für Raumwärme und Warmwasser. Auch der Bereich GHD benötigt rund 50% der Endenergie für das Heizen und Erhitzen von Wasser. Hier könnte durch das Erschließen von Erneuerbaren Energien Einsparpotenzial liegen, welches es im Folgenden zu untersuchen gilt.

2.3.3 CO₂-Emissionen in der StädteRegion Aachen

Die Ermittlung der CO₂-Emissionen in der StädteRegion Aachen erfolgt ausgehend vom Endenergieeinsatz mit den CO₂-Faktoren der einzelnen Energieträger. Für die Primärenergieträger werden die CO₂-Faktoren gemäß der direkten brennstoffbedingten Emissionen inklusive Vorketten und mit Berücksichtigung der äquivalenten CO₂-Emissionen durch Methan und N₂O etc. nach dem Life Cycle Assessment (LCA) Ansatz verwendet (GEMIS, 2013), (vgl. Tabelle 06).

Für den Emissionsfaktor Strom wird angenommen, dass die gesamte vor Ort produzierte Menge EEG-Strom auch dort abgenommen wird und somit teilweise den Bezug von Strom aus dem bundesdeutschen Kraftwerkspark substituiert. Die für die Berechnung der Energie- und CO₂-Bilanz genutzten Emissionsfaktoren sind in Tabelle 06 aufgeführt.

Die deutliche Verringerung des CO₂-Faktors für Strom seit 1990 ist zurückzuführen auf den Wandel in der Stromerzeugung mit Kraftwerkserneuerungen in den neuen Bundesländern bis Mitte der 1990er Jahre, auf die allgemeinen Kraftwerksmodernisierungen und Wirkungsgradverbesserungen und den stetig steigenden Anteil regenerativer Stromerzeugung.

In der StädteRegion Aachen ist der CO₂-Faktor des Strommixes deutlich höher als der Faktor im Bundesmix, was sich auf die vom Bundesmix abweichende Herkunftszusammensetzung zurückführen lässt (höherer Anteil an Strom aus Kohlekraftwerken im Vergleich zu regenerativ erzeugtem Strom). So entstammt eine nicht unerhebliche Menge des genutzten Stroms der StädteRegion Aachen direkt aus dem Kondensationskraftwerk Weisweiler (2.528 MW_{el}), sodass sich die in 3.2 genannte Zusammensetzung des Stroms zu Gunsten der Braunkohle und den damit verbundenen höheren CO₂-Emissionen verschiebt.

Dennoch ist es methodisch sinnvoller und in Klimaschutzkonzepten üblich, den CO₂-Faktor für den Bundesmix anzusetzen, da sich lokale Einsparungen letztendlich auf die gesamtdeutsche Erzeugungssituation auswirken und nicht nur auf das regionsspezifische Bezugssportfolio.

Energieträger	1995	2000	2006	2011	2012	2013
	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
Strom	630	598	563	539	539	538
Heizöl EL	320	320	320	320	320	320
Benzin	302	302	302	302	302	302
Diesel	292	292	292	292	292	292
Kerosin	284	284	284	284	284	284
Erdgas	228	228	228	228	228	228
Holz	24	24	24	24	237	237
Fernwärme	304	267	247	237	237	237
Kohle	371	371	371	371	371	371
Umweltwärme	164	164	164	164	164	164
Sonnenkollektoren	25	25	25	25	25	25
Biogase	15	15	15	15	15	15
Abfall	250	250	250	250	250	250
Flüssiggas	241	241	241	241	241	241
Pflanzenöl	36	36	36	36	36	36
Biodiesel	87	87	87	87	87	87
Braunkohle	438	438	438	438	438	438
Steinkohle	365	365	365	365	365	365
Zur Stromerzeugung in der StädteRegion Aachen						
Wasser	39	39	39	39	39	39
Erdgas	401	401	401	401	401	401
Sonne	114	114	114	114	114	114
Biogas	25	25	25	25	25	25
Abfall	576	576	576	576	576	576
Wind	19	19	19	19	19	19
Holz	29	29	29	29	29	29
Erdöl	968	968	968	968	968	968
Braunkohle	1.142	1.142	1.142	1.142	1.142	1.142
Steinkohle	905	905	905	905	905	905

Tabelle 06: CO₂-Faktoren (Bundesmix) zur Berechnung der CO₂-Emissionen (GEMIS, 2013)

Die in Tabelle 06 aufgeführten Emissionsfaktoren werden mit den entsprechenden Mengen Endenergie bewertet, so dass sich die im folgenden Abschnitt dargestellte CO₂-Bilanz (Abbildung 08) für die StädteRegion ergibt.

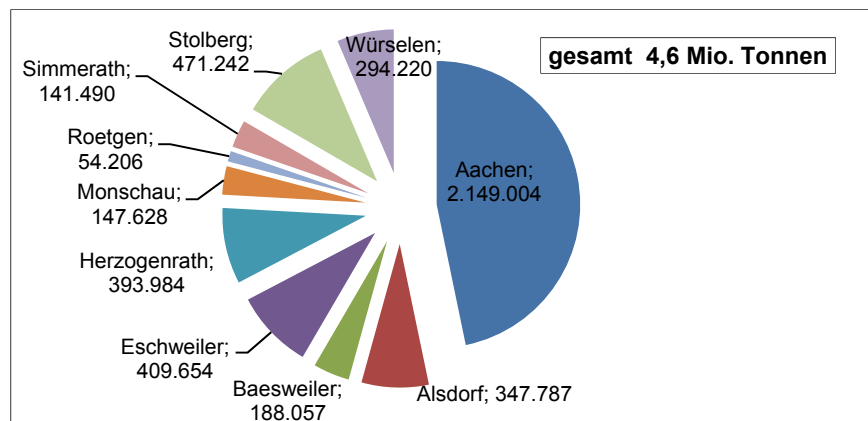


Abbildung 08: CO₂-Emissionen (t/a) in der StädteRegion Aachen 2010 (GERTEC)

In der StädteRegion Aachen emittieren die Hauptsektoren Wirtschaft, Haushalte und Verkehr in etwa zu gleichen Anteilen CO₂ in die Atmosphäre (siehe auch Abbildung 09). Eine spezifische CO₂-Bilanz für kommunale Gebäude konnte aufgrund einer fehlenden systematischen Erfassung nicht durchgeführt werden.

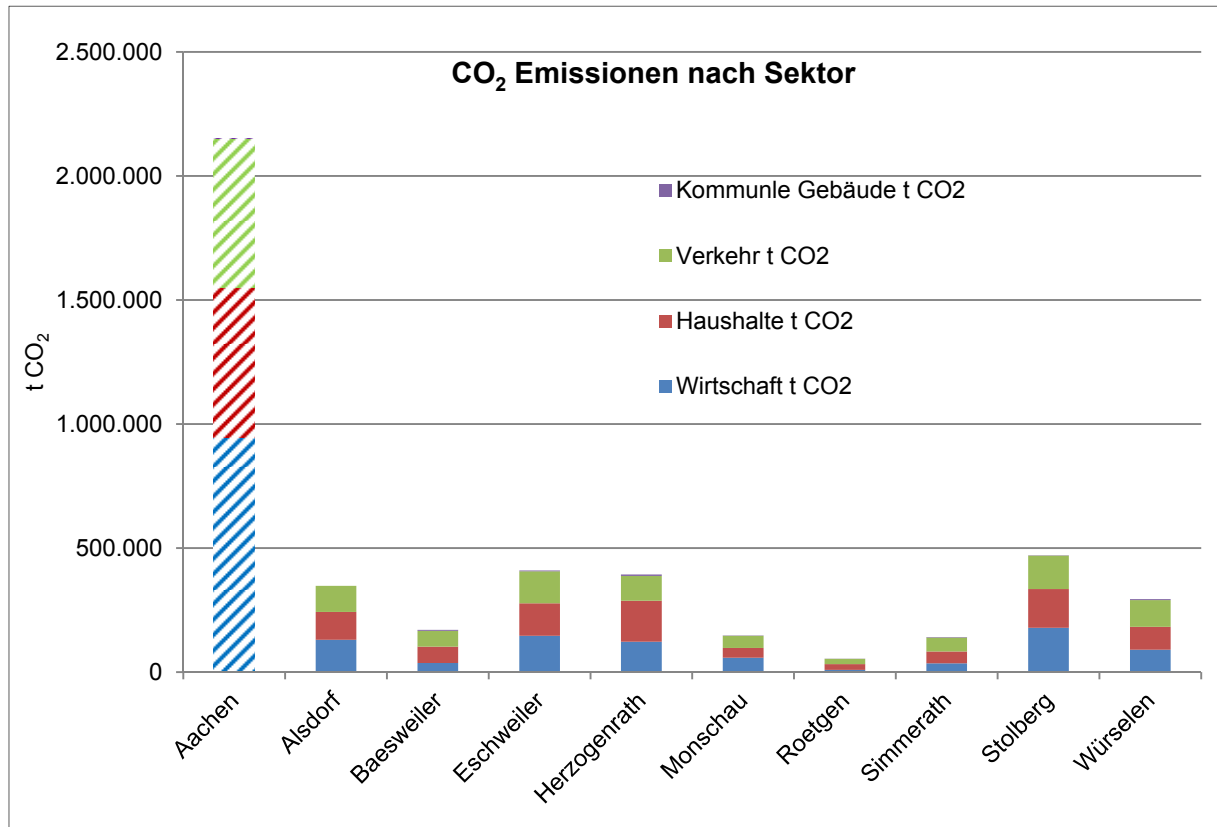


Abbildung 09: CO₂-Emissionen der Sektoren 2010 (GERTEC)

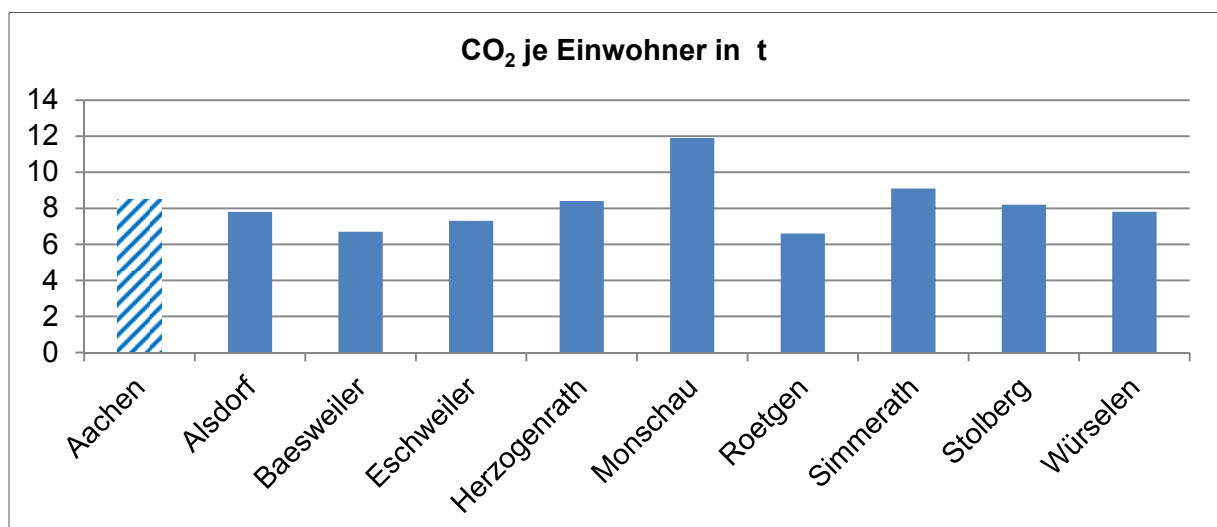


Abbildung 10: Spezifische CO₂-Emissionen je Einwohner 2010 (GERTEC/EEB)

Hinsichtlich der spezifischen CO₂-Emissionen je Einwohner zeigen sich Unterschiede in der Region. So haben Kommunen mit ausgeprägter Wirtschaft einen höheren ProKopfAusstoß, wie auch aus Abbildung 10 ersichtlich wird. Grundsätzlich wurden die Daten zur Erhebung

der Endenergie und der CO₂-Emissionen in der StädteRegion Aachen, mit Ausnahme der Kommune Würselen, in Kooperation mit der Ingenieurgesellschaft GERTEC GmbH (Essen) unter Zuhilfenahme der Software ECORegion für die Energie- und Treibhausgasbilanzierung erfasst und durch die Firma GERTEC GmbH zur Verfügung gestellt.

2.4 Versorgungsunternehmen und Versorgungsstruktur

Die StädteRegion Aachen wird von einer Vielzahl von Energie- und Wasserversorgungsunternehmen versorgt. Eine Übersicht dazu gibt die folgende Grafik:

	Wasser	Strom	Gas	Wärme (FW)
Aachen				
Alsdorf				
Baesweiler				
Eschweiler	 ¹⁾			
Herzogenrath				
Monschau				
Roetgen				
Simmerath				
Stolberg				
Würselen				

1) ENWOR ist Vorlieferant für städt. Wasserwerk

Abbildung 11: Übersicht der Netzbetreiber/Grundversorger Wasser, Gas, Strom und Wärme (EEB)

In der Region stark präsent ist die Energie- und Wasserversorgung GmbH, Stolberg (EWV), welche in fast allen Kommunen aktiv ist. Weiterhin sind STAWAG, ENWOR, RWE Vertrieb und Perlbach Wasser in der StädteRegion für die Versorgung mit Energie und Wasser zuständig. Energieversorgungsunternehmen sind ein zentraler Akteur bei der Umsetzung von Maßnahmen, die den Klimaschutz betreffen. Als Teilnehmer am Energiemarkt treiben sie zum einen eigene Projekte voran und setzen unternehmensinterne Ziele um, zum anderen sind sie aber auch wichtiger Ansprechpartner für das Heben und Realisieren der hier aufgezeigten Potenziale. Daher gilt ihnen im späteren Verlauf besonderes Augenmerk bei der Realisierung konkreter Klimaschutzprojekte.

2.4.1 Stromversorgung

Die Stromversorgung in der StädteRegion Aachen wird von EWV (Netztöchter Regionetz GmbH), ENWOR, STAWAG und RWE als Netzbetreiber durchgeführt. Insgesamt lag der Stromabsatz ohne Netzverluste im Jahr 2010 im ehemaligen Kreisgebiet bei knapp 1.270 GWh und damit in der gleichen Größenordnung wie in der Stadt Aachen (1.367 GWh). Der Gesamtverbrauch setzt sich aus den kommunalen Einzelverbräuchen zusammen, wie Abbildung 12 zeigt.

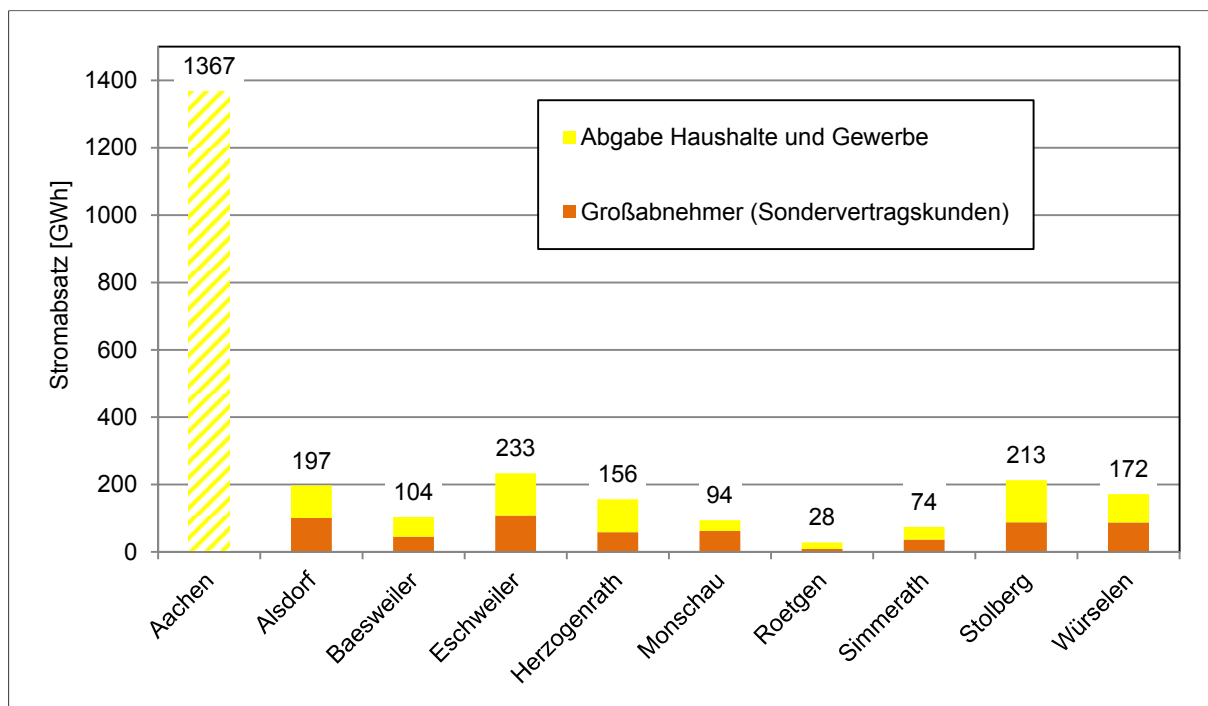


Abbildung 12: Stromabsatzmengen der StädteRegion Aachen 2010 (ENWOR, RWE, regionetz, STAWAG, Stadt Aachen)

Dieser Strombedarf wird in den folgenden Abschnitten als Vergleichswert für die Berechnung von Anteilen Erneuerbarer Energien und KWK- Nutzung verwendet. Teilweise vorhandene, geringe Anteile von Eigennutzung aus KWK-Anlagen werden dabei vernachlässigt, da sie statistisch nicht erfasst sind.

2.4.2 Gasversorgung

Die Gasversorgung in der StädteRegion Aachen wird von EWV (Netztöchter Regionetz GmbH) und ENWOR (nur Herzogenrath) als Netzbetreiber betrieben. Das Erdgasnetz der Stadt Aachen wird durch die STAWAG GmbH betrieben (siehe Abbildung 11). Insgesamt lag der Erdgasabsatz im Jahr 2010 bei knapp 4.800 GWh (H_s), wovon rd. 2.743 GWh Erdgas auf das Stadtgebiet Aachen (STAWAG) entfallen.

Die Aufteilung des Absatzes an Erdgas auf die 10 Kommunen ist in Abbildung 13 dargestellt. Lediglich in Stolberg und Eschweiler gibt es einen nennenswerten Absatz an große Industriekunden (ab 5 GWh/a konzessionsabgabenfrei), in den anderen Kommunen überwiegt der Erdgaseinsatz zu Heizzwecken. Eine genauere Aufteilung auf Haushalte, Gewerbe und Industrie ist aufgrund der Datenlage nicht möglich.

Das Versorgungsgebiet umfasst die gesamte StädteRegion, allerdings sind vor allem in den südlichen Kommunen wie Simmerath und Monschau nicht alle Ortsteile erschlossen.

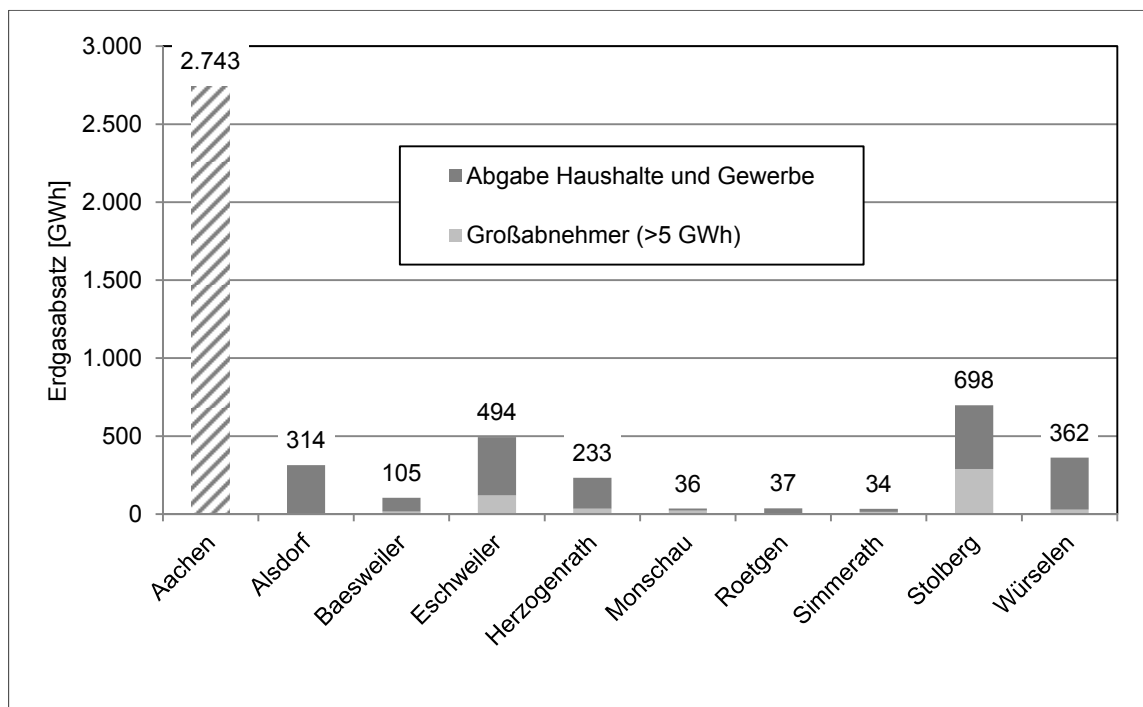


Abbildung 13: Erdgasabsatzmengen in der StädteRegion Aachen 2010 (ENWOR, regionetz, Stadt Aachen)

Der Strom, Erdgas- und Wärmebedarf insgesamt ist in der folgenden Abbildung 14 zusammengefasst. Zu erkennen sind die Unterschiede im Bedarfsniveau, die vor allem durch unterschiedliche Bevölkerungsdichte und industrielle Intensität begründet sind. So ist z.B. in Stolberg der Erdgaseinsatz deutlich höher als der Wärmebedarf, da hier ein Teil des Gaseinsatzes im Prozessgasbereich liegt und nicht der Raumerwärmung dient.

In Simmerath und Monschau ist der Gasverbrauch - auch in Relation zum Wärmebedarf - niedrig, da hier nur Teile des Stadtgebietes durch ein Erdgasnetz erschlossen sind. Ein großer Teil der Heizwärme wird demnach nicht leitungsgebunden, also überwiegend in Ölheizungen, erzeugt.

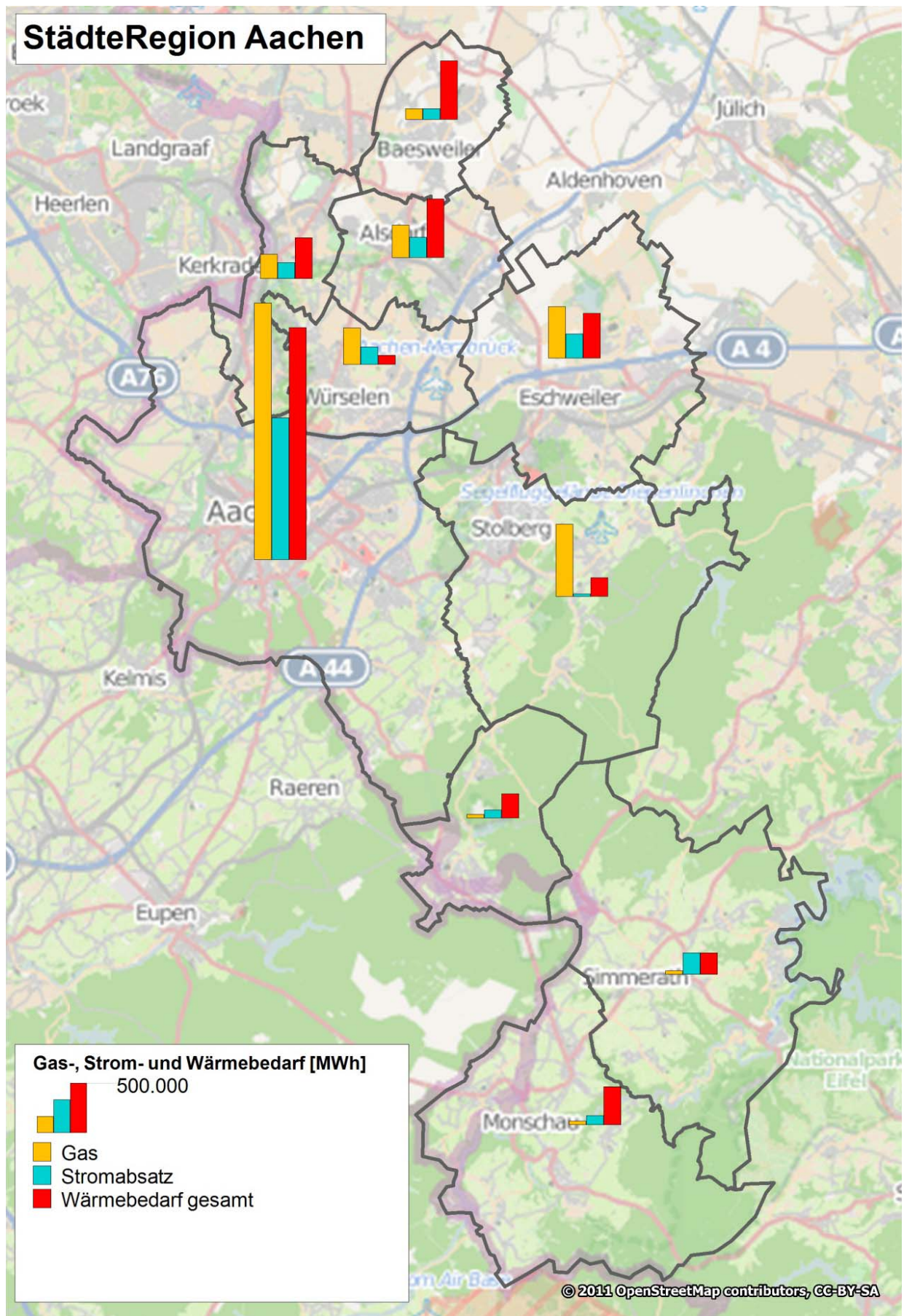


Abbildung 14: Strom, Erdgas und Wärmebedarf der einzelnen Kommunen (Netzbetreiber, EEB)

2.4.3 Fern- und Nahwärmeversorgung

In der StädteRegion gibt es mehrere kleinere Fernwärmenetze (Abbildung 15), die überwiegend aus erdgasbefeuerten KWK - Anlagen gespeist werden:

- **Baesweiler:** In Baesweiler existiert eine historisch gewachsene Nahwärmeversorgung im Stadtteil Setterich (Bergarbeitersiedlung). Die Wärmeversorgung in Setterich erfolgt zu ca. 20% durch ein gut ausgebautes Fernwärmenetz, seit 2012 betrieben durch die EWW Baesweiler (Eigentümer: EWW 45%, WEP 45%, Stadt Baesweiler 10%). Der gesamte Wärmebedarf des Ortsteils Setterich beträgt ca. 53 GWh, wovon rd. 10 GWh durch Fernwärme abgedeckt werden. Die Wärmeerzeugung erfolgt seit Frühjahr 2013 durch ein Erdgas-BHKW mit 2 MW elektrischer Leistung und Erdgas-Spitzenkesseln. Erwartet wird ein KWK-Anteil von über 70%.
- **Eschweiler:** Die nördlich der Autobahn gelegenen, zum Stadtteil Weisweiler gehörenden Gewerbegebiete IGP und „In der Krause“ werden mit Fernwärme aus dem Kraftwerk Weisweiler versorgt; die Wärmenetze betreibt die Regionetz GmbH. Der Wärmeabsatz liegt bei rund 6 GWh. Im eigentlichen Stadtgebiet von Eschweiler gibt es keine Fernwärmenetze.
- **Herzogenrath:** ENWOR betreibt ein Fernwärmenetz rund um den Technologiepark Kohlscheid, das aus einem BHKW gespeist wird mit einem KWK-Anteil von rd. 70%. Etwa 14 GWh Fernwärme werden an Haushalts- und Gewerbekunden geliefert, darunter eine Schwimmhalle und eine Turnhalle, der Technologiepark Kohlscheid sowie verschiedene Industrieunternehmen.
- **Simmerath:** Das privat betriebene Holzheizkraftwerk Simmerath mit 1,2 MW elektrischer und rd. 5 MW thermischer Leistung versorgt ein kleines Nahwärmegebiet, an das unter anderem die Hauptschule und die Turnhalle sowie weitere Objekte angeschlossen sind.
- **Würselen:** Das Schwimm- und Freizeitbad „Aquana“ wird durch eine KWK-Anlage mit Mikrogasturbine versorgt, die von ENWOR betrieben wird. Weiterhin werden durch ein kleines Nahwärmenetz noch die städtische Turnhalle in der Krottstrasse sowie einige weitere Kunden wie das Euregio Kolleg versorgt. Der Wärmeabsatz liegt klimabereinigt bei rd. 4 GWh.

Weitere 2 GWh Nahwärme werden von einer Heizzentrale in der Lehnstrasse mit BHKW und Spitzenkesseln für die Versorgung von Gymnasium, Rathaus und einigen weiteren Kunden erzeugt. Diese Anlage wird zusammen mit den zugehörigen Nahwärmenetzen von der Wärmeversorgung Würselen betrieben (Gemeinschaftsgesellschaft der EWW, der ENWOR und der Stadt Würselen).

Der Fernwärmeabsatz in der StädteRegion insgesamt liegt bei rd. 44 GWh und deckt somit lediglich 1% des gesamten Wärmebedarfes. Der Anteil von Gebäuden, die mittels Kraft-Wärme-Kopplung versorgt werden, ist jedoch insgesamt höher, da hier auch dezentrale, objektgebundene KWK-Lösungen zu berücksichtigen sind. Eine Übersicht der FW-Netze gibt die folgende Abbildung.

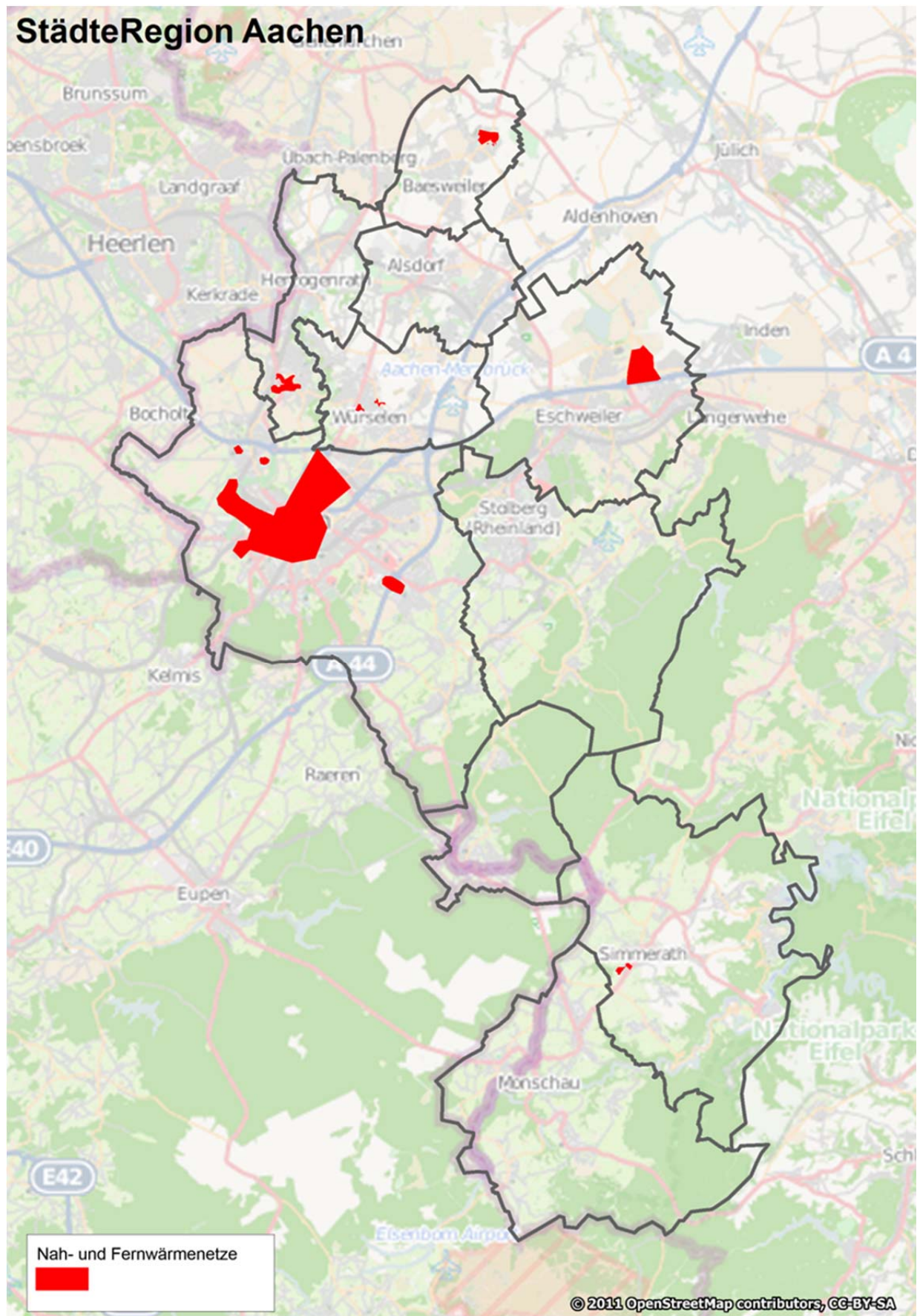


Abbildung 15: Fernwärmenetze in der StädteRegion Aachen (EEB)

2.4.4 Dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung mit KWK-Anlagen

In der StädteRegion Aachen gibt es zahlreiche KWK-Anlagen, die – anders als bei EEG-Anlagen - statistisch nicht in Form eines öffentlich zugänglichen Katasters erfasst sind. Die bisherigen Datenrückläufe der Netzbetreiber zeigen, dass es sich überwiegend um Anlagen im Bereich der Mikro-KWK mit elektrischen Leistungen <20 kW handelt. Eine objektscharfe Zuordnung ist aus Datenschutzgründen leider nur in Einzelfällen möglich, z.B. bei KWK-Anlagen in kommunalen Gebäuden.

2.5 Nutzung Erneuerbarer Energien

2.5.1 Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien

2.5.1.1 Wasserkraft

Wasserkraftanlagen werden grundsätzlich unterschieden in kleine (kleiner 1 MW) und große Anlagen (größer 1 MW) sowie in Speicher- und Laufwasserkraftwerke. Die in der StädteRegion Aachen bereits genutzte Wasserkraft umfasst i.w.S. die Wasserkraftanlagen an Speichern (Talsperren). Es ist davon auszugehen, dass die bestehende Nutzung mit der installierten Leistung an Speichern (Talsperren) nach der Aufgabe des geplanten Pumpspeicherkraftwerks am Rursee bei Woffelsbach nicht wesentlich weiter ausgebaut werden kann. Potenziale bestehen daher überwiegend an Querbauwerken an fließenden Gewässern, die im Weiteren näher untersucht werden.

Wesentliche Grundlage für den Ist-Zustand und die Bestimmung der Potenziale sind der Energieatlas NRW, der die realisierte Wasserkraftnutzung darstellt, sowie das elektronische Wasserinformationssystem ELWAS des Landes NRW, wo u.a. alle, für die Wasserkraftnutzung grundsätzlich geeigneten Querbauwerke in Fließgewässern mit ihren hydraulischen Daten enthalten sind. Folgende Abbildung 16 zeigt einen Ausschnitt aus ELWAS für den Bereich der StädteRegion mit Darstellung der Stauanlagen an Talsperren.

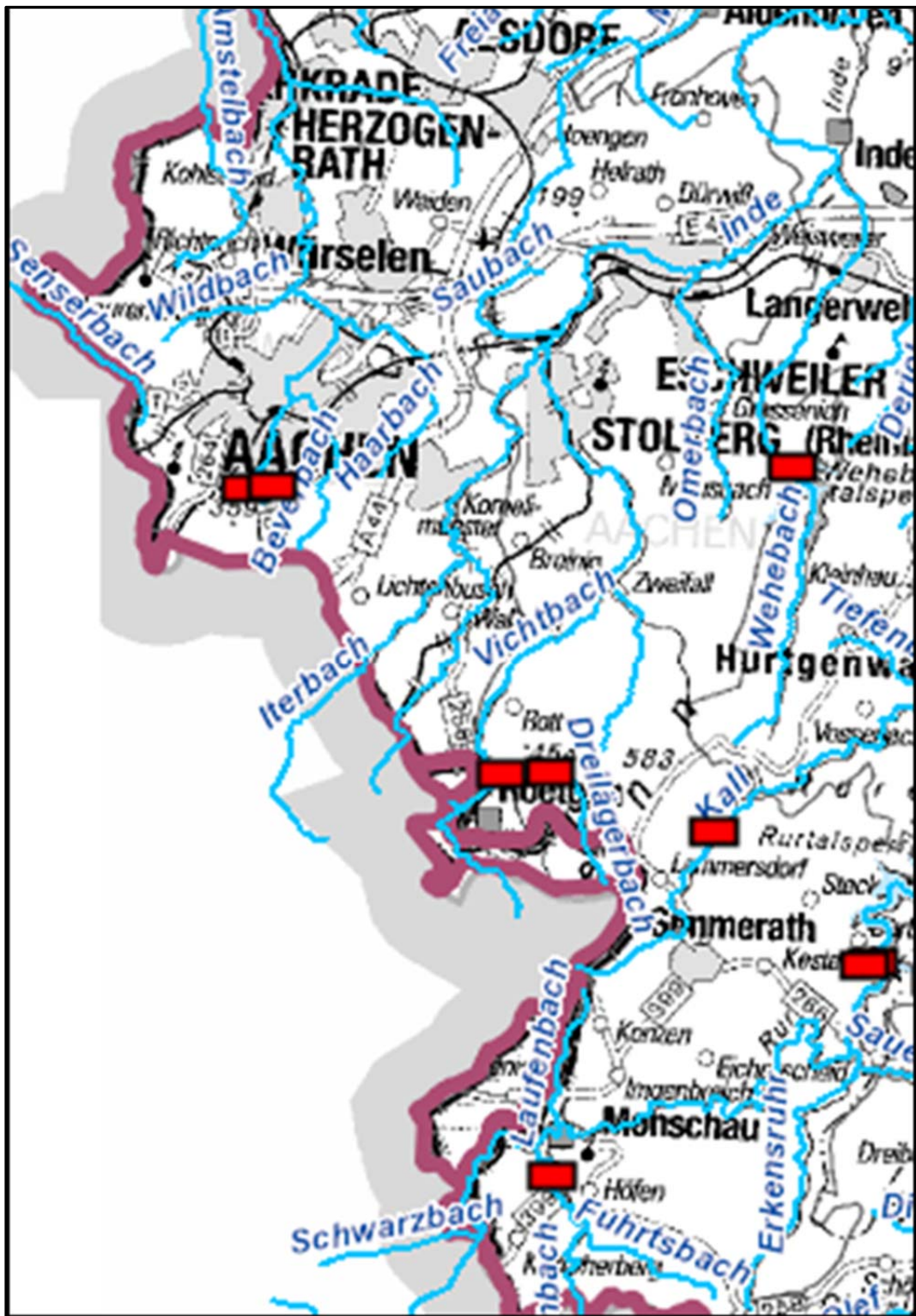


Abbildung 16: Stauanlagen der StädteRegion Aachen (ELWAS, 2013)

Aus dem Energieatlas NRW ergibt sich für die StädteRegion eine installierte Wasserkraft-Leistung (Stauanlagen) von insgesamt 1.792 kW und ein Jahresertrag von 7.611 MWh, was einer mittleren Anzahl Volllaststunden von knapp über 4.000 h über alle Anlagen entspricht. Die Stadt Aachen verfügt über eine installierte Wasserkraft-Leistung von 277 kW bei einem Ertrag von ca. 1.000 MWh/a. Das sind etwa 14% der gesamten Wasserkraftnutzung in der gesamten StädteRegion.

Die Wasserkraftnutzung in der StädteRegion konzentriert sich auf die südlichen, bergigen Kommunen der StädteRegion, wie folgende Abbildung zeigt.

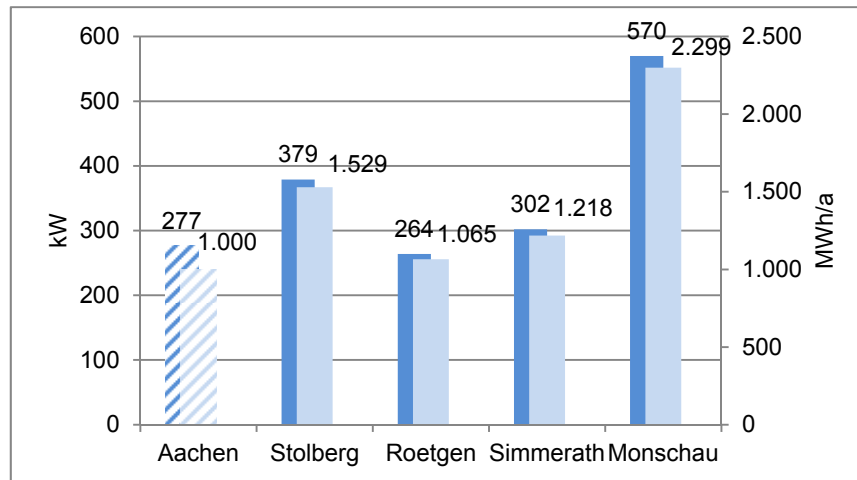


Abbildung 17: Wasserkraftnutzung in der StädteRegion, Leistung & Ertrag (LANUV, 2012)

Die sich aus der installierten Leistung ergebende Ertrag wird in Abbildung 17 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Anlagen in den bergigeren Kommunen besser ausgelastet sind als die Anlagen der Stadt Aachen. Diese haben im Mittel eine geringere Anzahl von Vollbenutzungsstunden. Monschau hat mit ca. 32% die höchste installierte Leistung und den höchsten Ertrag, gefolgt von Stolberg mit 22%, Simmerath mit 17% und Roetgen mit 15%.

2.5.1.2 Biomasse

In der StädteRegion sind insgesamt Anlagen mit einer Leistung von 13 MW installiert, die bei durchschnittlich 4.000 Betriebsstunden jährlich einen Ertrag von 51 GWh/a erzeugen, wie in der Abbildung 18 ersichtlich ist. Hinsichtlich der Raumstruktur (Modellraum ohne Aachen) ergibt sich, dass Simmerath mit weitem Abstand die meiste Biomasse energetisch umwandelt. Knapp 60% entfallen auf die 7 Anlagen in dieser Kommune, vor allem auf das Holzhackschnitzel-Heizkraftwerk mit 1.200 kW elektrischer Leistung. Nur Würselen mit 17% (1 Biogasanlage), Baesweiler mit 17% (1 Biogasanlage) und Stolberg mit 7% (1 Biogasanlage) liefern noch einen spürbaren Beitrag in Bezug auf die derzeitige Biomassenutzung in der StädteRegion Aachen.

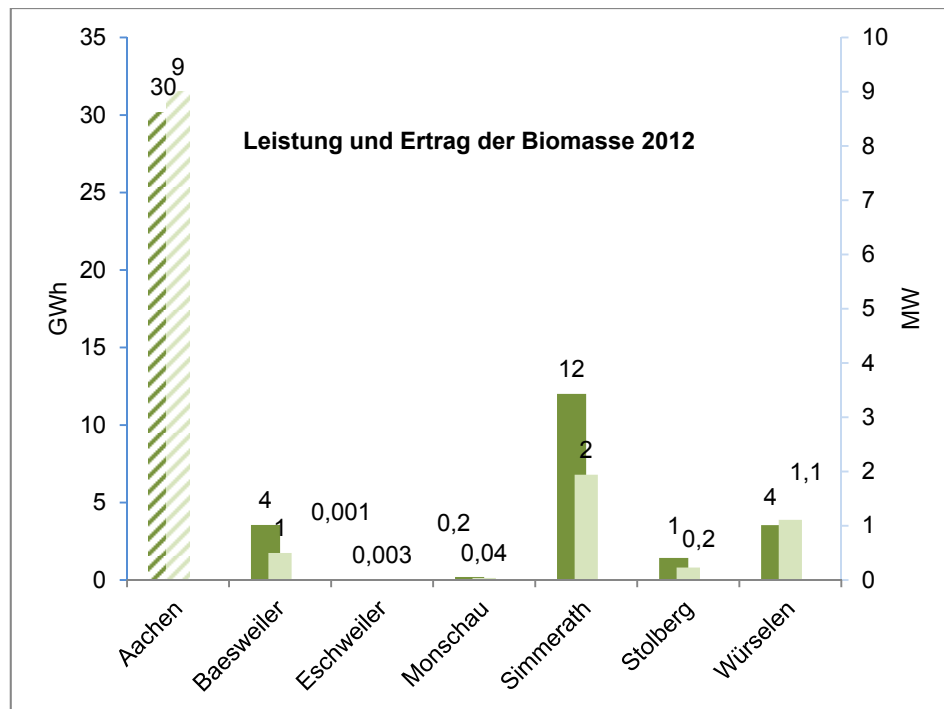


Abbildung 18: Leistung & Ertrag der Biomasseverstromung (EEB)

In der Stadt Aachen werden mit 17 Anlagen (rd. 9.000 kW) jährlich 30.190 MWh erzeugt. Damit ist Aachen mit rund 70% Vorreiter in der Biomassenutzung in der gesamten Städte-Region (bezogen auf die installierte Leistung). Auf die Einwohner umgerechnet nimmt Simmerath die Spitzenposition ein, gefolgt von Aachen.

2.5.1.3 Klärgas

In der StädteRegion existiert eine Vielzahl von Kläranlagen zur Sicherung der Abwasserentsorgung. Anlagen des verwendeten Typs benötigen für die Aufbereitung der Abwässer größere Mengen an Energie. Die in der StädteRegion genutzten Anlagen werden in ihrer Gesamtheit durch den Wasserverband Eifel-Rur (WVER) betrieben. Dieser hat augenscheinlich die Chancen der Wärme- und Stromproduktion schon früh erkannt und nutzt dementsprechend die KWK-Technologie bereits. Insgesamt werden durch den WVER 20 Anlagen betrieben, von denen 4 Anlagen (davon 2 in Aachen) mit BHKW Technik ausgestattet sind. Weitere Anlagen sind bereits im Bau oder in Planung.

Eine Übersicht der Anlagen (inkl. der installierten und geplanten Leistung) liefert dazu folgende Abbildung 19:

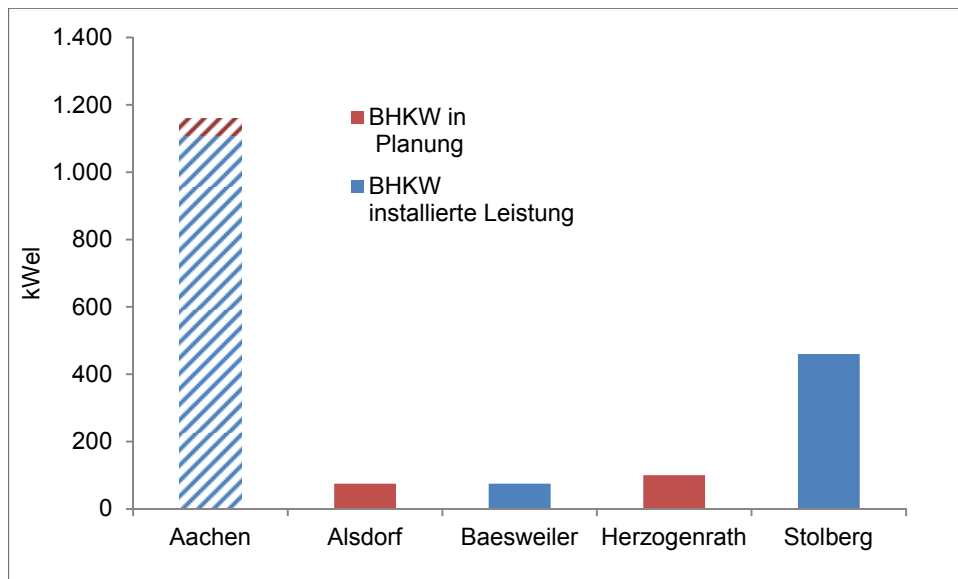


Abbildung 19: Installierte Leistung BHKW in Kläranlagen (WVER)

Bei einer geschätzten Anzahl von 4.000 VBh (Vollbenutzungsstunden) ergibt dies rechnerisch eine geleistete Arbeit von ca. 7,4 GWh Strom, wie grafisch nochmals in Abbildung 20 dargestellt.

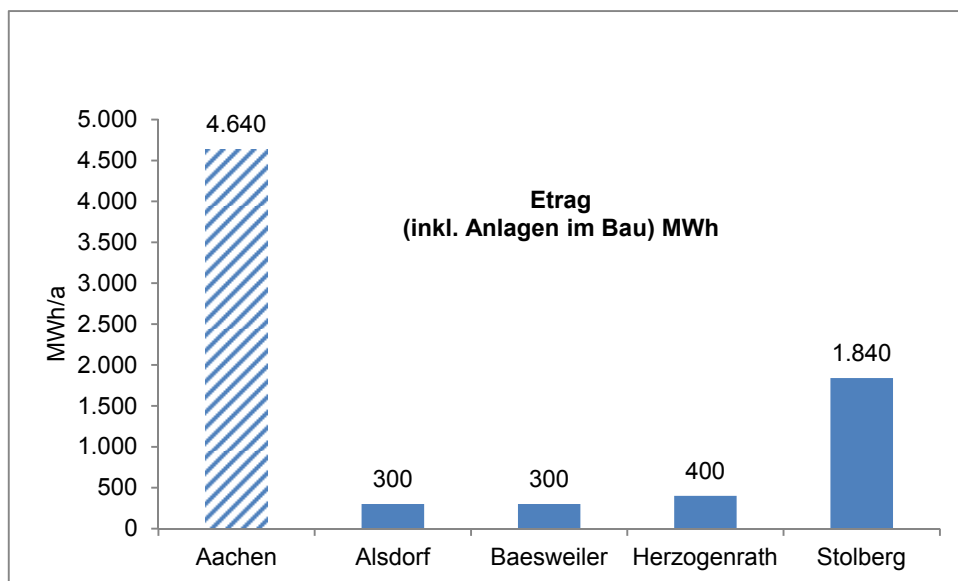


Abbildung 20: Erträge Strom aus Klärgas (Wasserverband Eifel-Rur)

2.5.1.4 Installierte Leistung der Erneuerbaren Energien nach Anlagentyp in der StädteRegion

Die Daten bestehender Anlagen für Erneuerbare Energien (EE) werden weitestgehend nicht erfasst. Obwohl den Netzbetreibern zu Anschluss- und Abrechnungszwecken sämtliche Anlagen gemeldet werden müssen, werden diese Daten nicht offiziell zentral in einer Datenbank zusammengeführt. Die Initiative DGS-Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie – hat sich jedoch zur Aufgabe gemacht, die entsprechenden Daten zu zentralisieren, um einen Überblick über die aggregierten Datensätze geben zu können. Grundlage der Erfassung ist

die Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und die Meldung der Anlagen bei den zuständigen Übertragungsnetzbetreibern. Vereinzelt existieren jedoch auch Anlagen, die aus verschiedensten Gründen keine EEG Förderung in Anspruch nehmen. Diese Anlagen sind dementsprechend nicht im Anlagenverzeichnis abgebildet. Da es sich allerdings nur um eine kleine Anzahl von Anlagen handelt, können diese im Rahmen dieser Studie vernachlässigt werden.

Die Untersuchung basiert auf dem Datenbestand der EEG-Datenbank mit Datenstand Oktober 2012. Sofern in Einzelfällen andere Quellen wie z.B. der Energieatlas NRW für Bestandsdaten verwendet wird, wird darauf hingewiesen.

Die Leistung und Stromerzeugung der Anlagen in der StädteRegion Aachen sind in den folgenden Darstellungen (u.a. Abbildung 21) abgebildet. Es überwiegt in fast allen Städten und Gemeinden die Windkraft, gefolgt von Photovoltaik. Der auffallend große Anteil der Solarstromleistung in Herzogenrath ist auf den Solarpark Herzogenrath/Nivelstein mit 10 MW zurückzuführen, der 2012 in Betrieb genommen wurde und, da noch kein volles Betriebsjahr vorliegt, daher in den Strommengen (Abbildung 22) noch nicht enthalten ist. Zu erwähnen ist ferner, dass derzeit kein Strom aus Geothermie gewonnen wird. Tiefe Geothermie soll lediglich als Wärme im Stadtgebiet Aachen (SuperC) genutzt werden, wenn die dort vorherrschenden technischen Probleme beseitigt wurden.

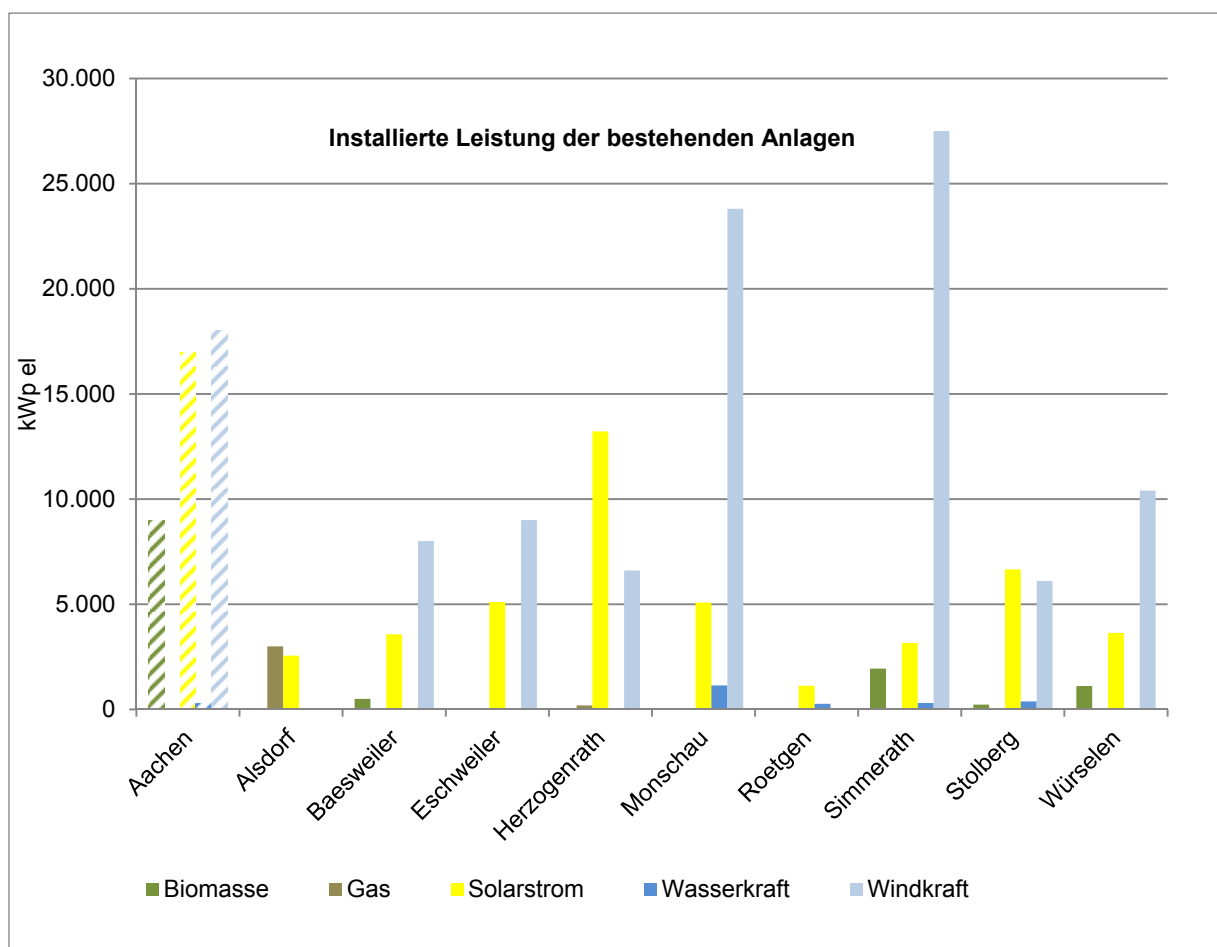


Abbildung 21: Installierte el. Leistung EEG geförderter Anlagen 2011 (Energymap, 2014)

Die Förderung im Sinne des EEG unterscheidet sich in bestimmte Formen der Erzeugung von Strom. So bedeutet die Rubrik „Gas“ die Gewinnung von Strom aus Deponie-, Klär- und Grubengas. Auch aus der Biomasse wird, wie in Abschnitt 2.5.2 u.a. erläutert, Strom gewonnen. Dieser wird jedoch nach dem Erneuerbaren Energien Gesetz über eine gesonderte Rubrik gefördert.

Entsprechend ihren Vollbenutzungsstunden erzeugen die Anlagen folgende Mengen an Strom, wie aus Abbildung 22 hervorgeht.

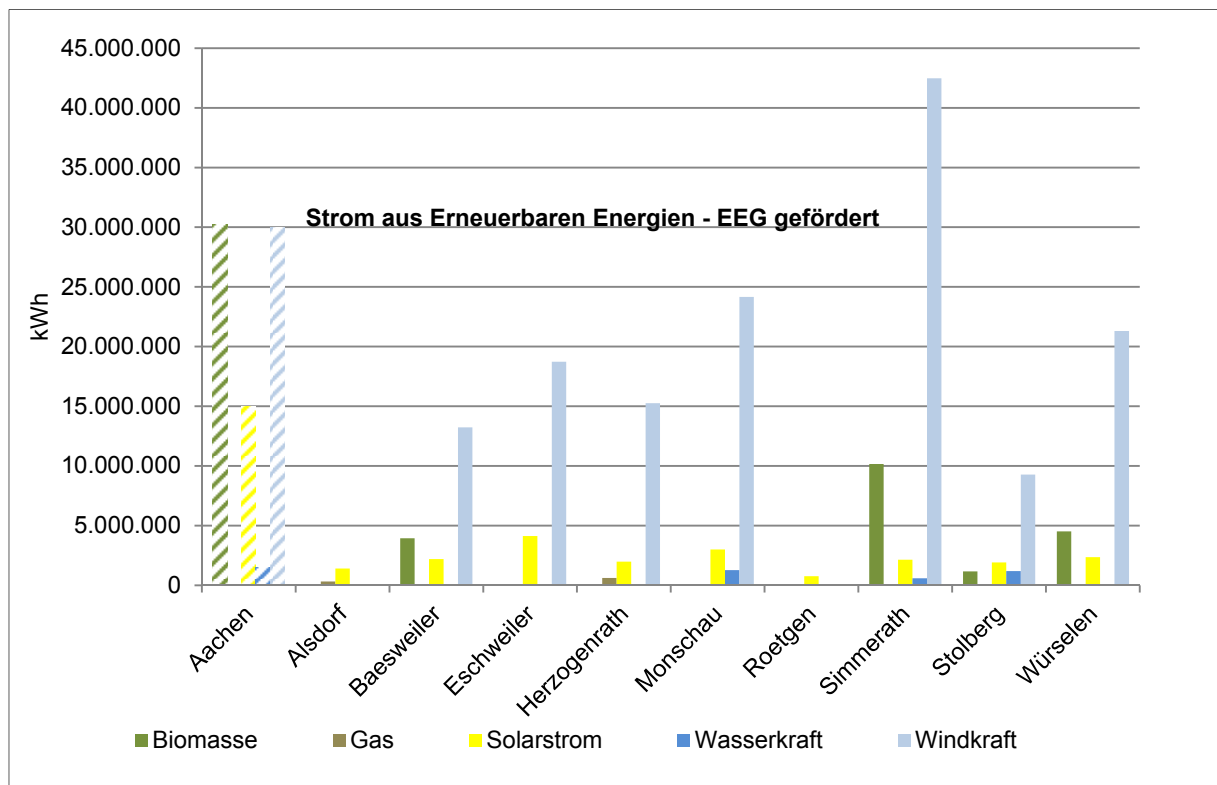


Abbildung 22: Erzeugter Strom der EE im Jahre 2011 (Energymap, 2014)

Einen guten Überblick über das bisher Erreichte liefert auch die Übersicht der Anlagenanzahlen nach Kommunen, die in folgenden Grafiken (siehe Abbildung 23 und Abbildung 24) dargestellt sind. Den größten Anteil an Anlagen, die erneuerbaren Strom produzieren, nehmen hierbei photovoltaische Anlagen ein, da sie in Form von privaten und gewerblichen Kleinanlagen auf vielen Dächern der Region installiert sind. Vor allem in den eher ländlich geprägten Kommunen mit überwiegender Einfamilienhausbebauung ist die Anzahl von Photovoltaik-Anlagen in Relation zum Bevölkerungsbestand hoch (Roetgen, Monschau, Simmerath).

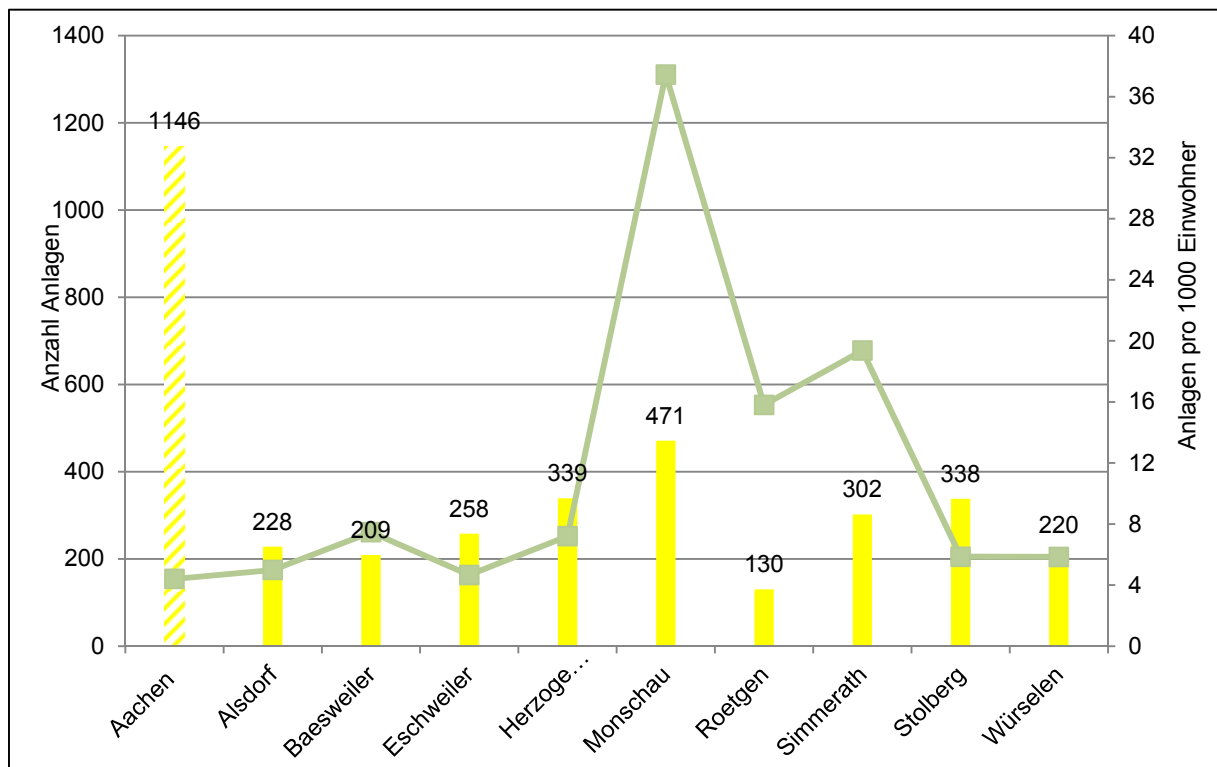


Abbildung 23: Anzahl photovoltaischer Anlagen / Anlagen je 1000 EW (EEB)

Einen Gesamtüberblick aller EEG-Anlagen zum Stand Oktober 2012 gibt die folgende Darstellung (Abbildung 24).

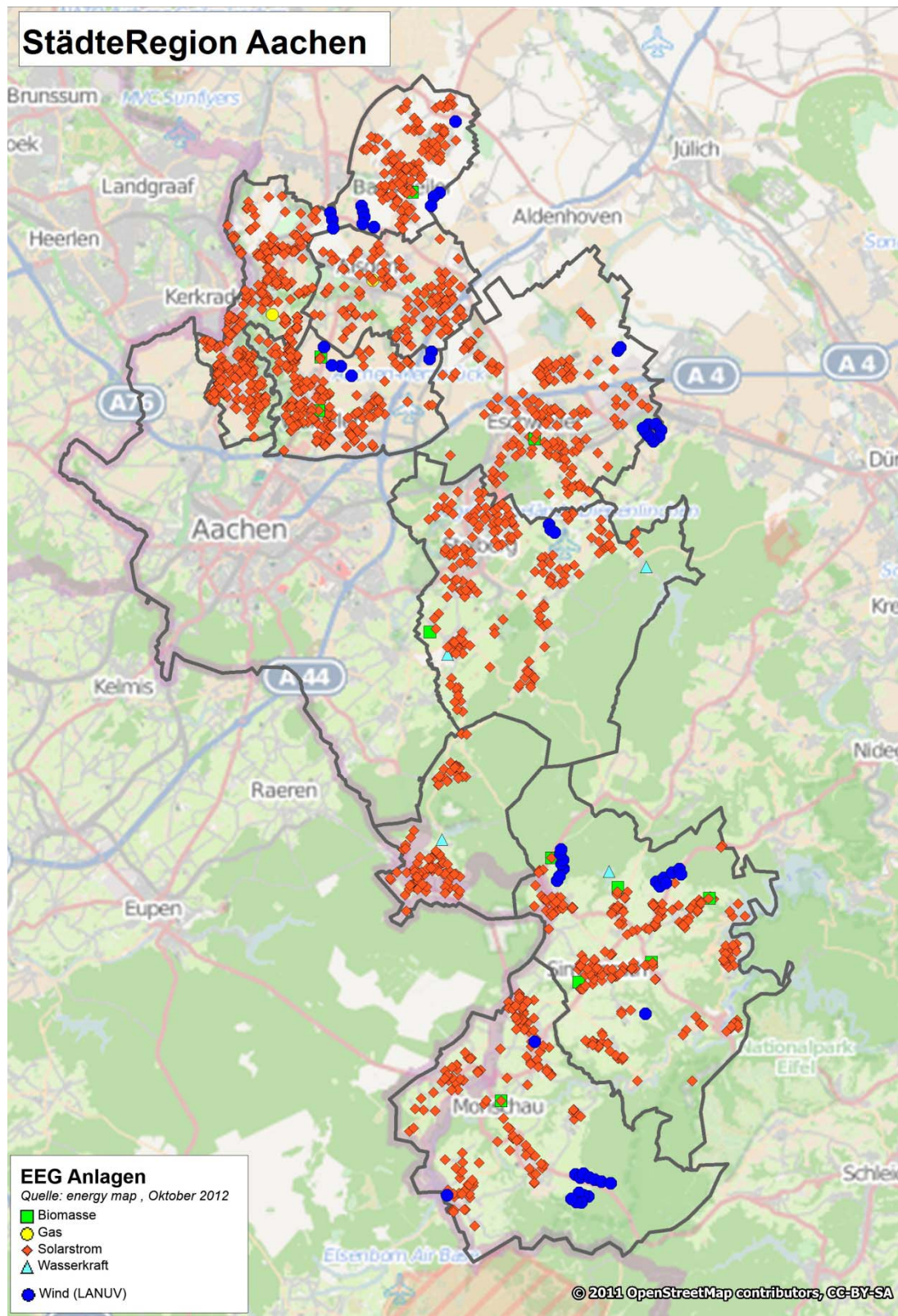


Abbildung 24: Überblick aller EEG-Anlagen in der StädteRegion (EEB)

2.5.1.5 Regenerativer Deckungsgrad der Stromerzeugung

Der regenerative Deckungsgrad, bezogen auf das Jahr 2011, liegt in der StädteRegion Aachen insgesamt bei 15% ohne die Stadt Aachen und bei ca. 10% inklusive der Stadt Aachen. Spitzenreiter der einzelnen Kommunen ist Simmerath mit 75% aufgrund der zahlrei-

chen Windkraftanlagen und des Heizkraftwerks, während die eher städtisch geprägten Kommunen Herzogenrath und Eschweiler Anteile um 10% aufweisen, wie in Abbildung 25 zu sehen ist. Ausnahmen sind hier die Kommunen Alsdorf und Roetgen, die bisher jeweils nur 1% bzw. 3% des benötigten Stroms aus erneuerbaren Energien gewinnen können.

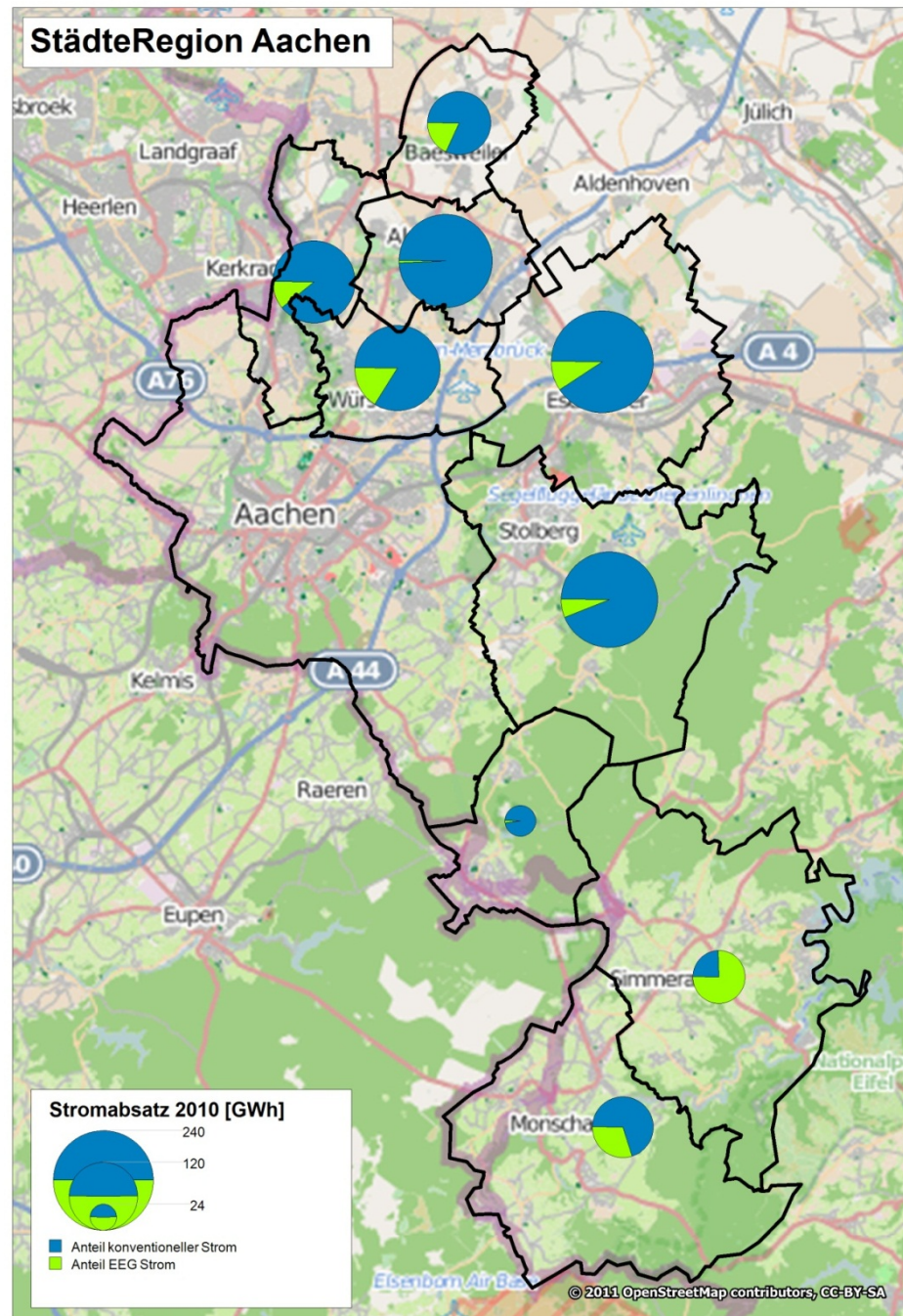


Abbildung 25: Stromabsatz in der StädteRegion 2011 (EEB)

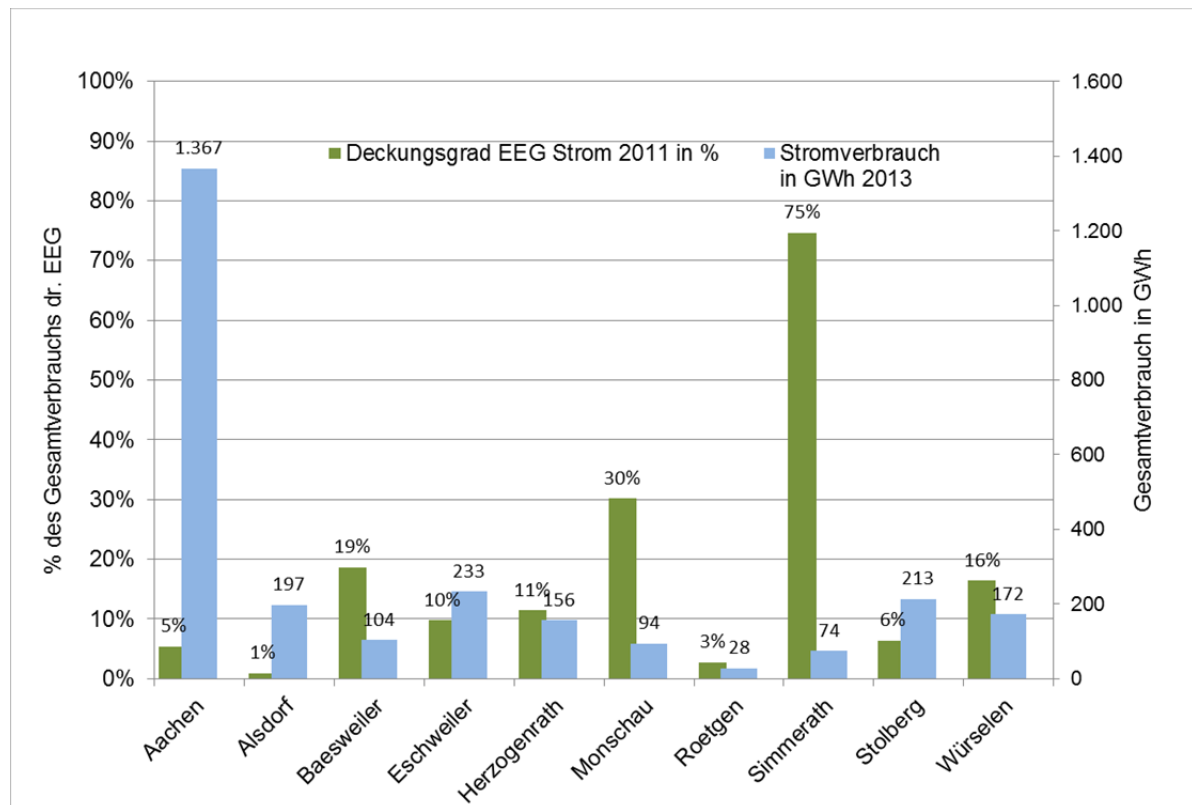


Abbildung 26: Deckungsgrad Stromverbrauch durch regenerative Energie (EEB)

2.5.2 Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien

Die Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien zeigt sich vielfältig in ihrer Ausprägung. So kann Wärme nicht nur aus solarthermischen Anlagen sondern beispielsweise auch aus fester Biomasse gewonnen werden. Die älteste Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung ist hierbei wohl die Verfeuerung von Holz. Biomasse kann aber auch zur Gewinnung von Biogas eingesetzt werden. Hierbei wird sie in Biogasanlagen vergärt (Fermentationsprozess). In einem anaeroben Gärungsprozess wird durch Bakterien ein Gasgemisch mit den Hauptbestandteilen Methan und Kohlendioxid produziert. Dieses Biogas kann dann durch die KWK Technologie zu Wärme umgewandelt werden. Die Mengen an Wärme, die durch KWK produziert werden, können nur ungefähr abgebildet werden, da die Erfassung von Wärme im Gegensatz zu jener der Stromproduktion nicht statistisch erhoben wird.

Die installierte Solarthermieleistung ist hingegen statistisch auf Postleitzahlenebene erfasst und kann daher kommunenscharf aufgeführt werden. Eine Übersicht der gängigsten Technologien zur Wärmegewinnung aus Erneuerbaren Energien liefert die Abbildung 27, in der die Vielfältigkeit der Wärmeerzeugung dargestellt wird. Ebenfalls aufgezeigt werden diejenigen Technologien, die neben Wärme auch Strom produzieren (KWK).

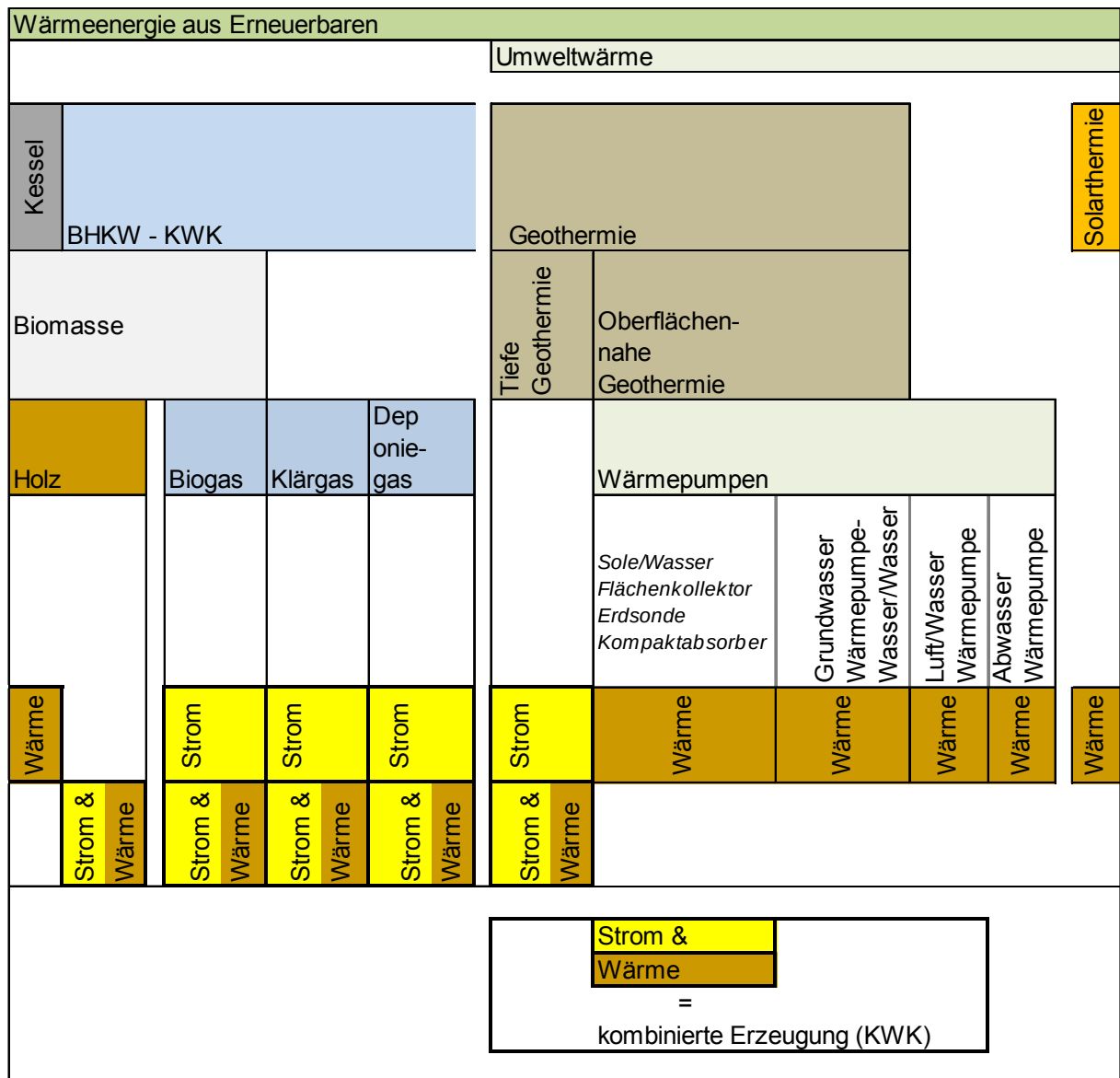


Abbildung 27: Übersicht der Wärmeenergie aus Erneuerbaren Energien (EEB)

2.5.2.1 Wärme aus Solarthermie

Dem Internetportal www.solaratlas.de (Solaratlas, 2013) zufolge gibt es in der StädteRegion Aachen bereits einen Anlagenbestand mit einer Kollektorfläche von insgesamt 22.313 m² (Abbildung 28), ohne die Flächen der Stadt Aachen. Diese Flächen erzeugen eine jährliche Wärme von ca. 8 GWh, wie Abbildung 29 zeigt.

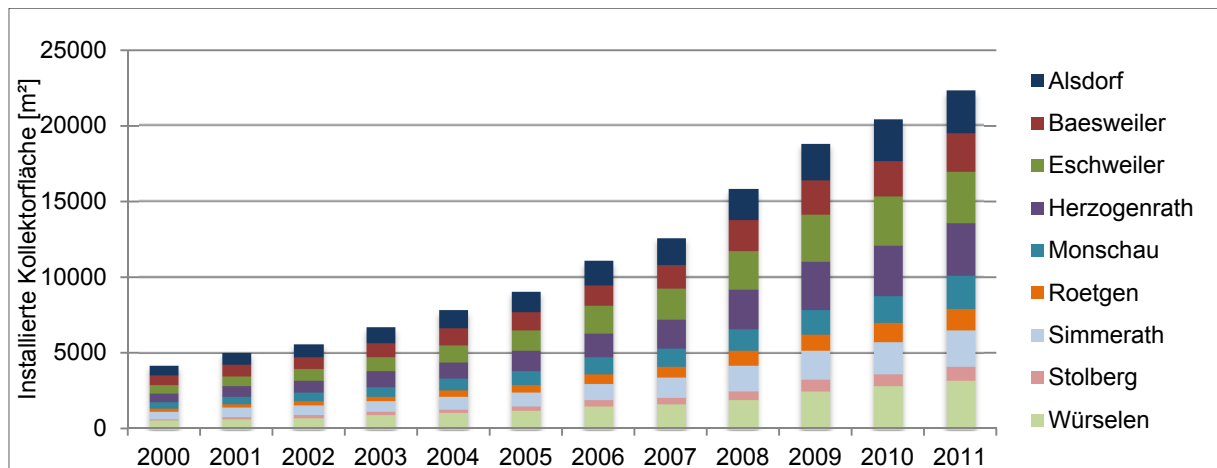


Abbildung 28: Solarthermie (installierte Fläche) 2000-2011 (EEB)

Im Betrachtungszeitraum wurde in der Städteregion Aachen kontinuierlich der Zubau der Solarthermie vorangetrieben. So hat sich die erzeugte Menge an Wärme seit dem Jahr 2000 fast versechsfacht, wie folgende Grafik zeigt:

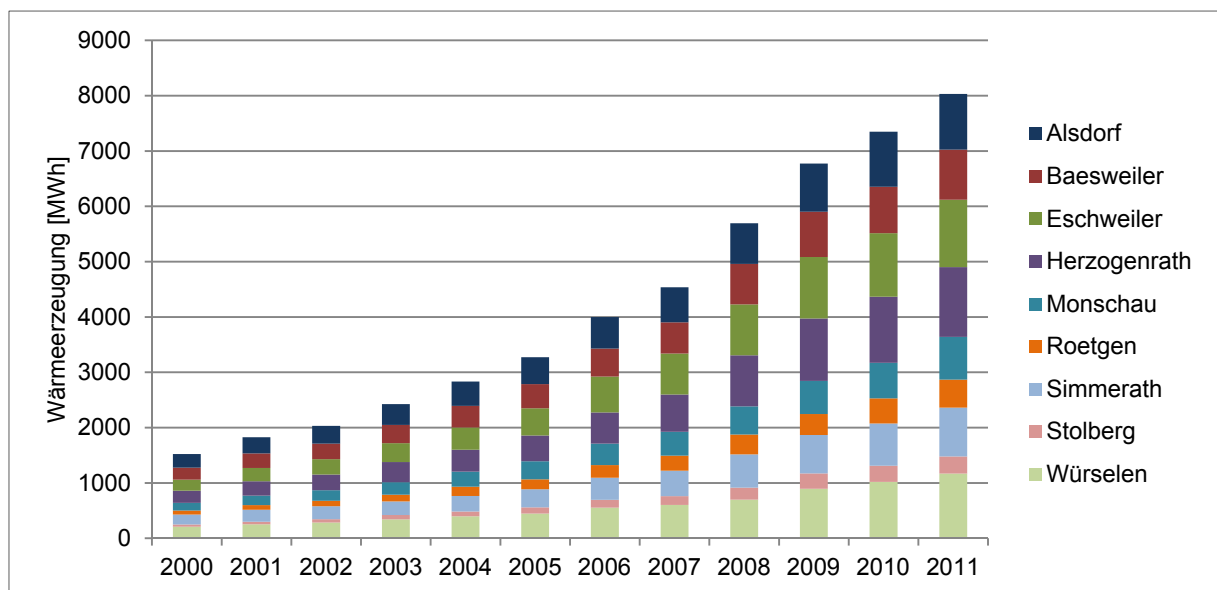


Abbildung 29: Solarthermische Wärmeerzeugung 2000 bis 2011 (EEB)

Gemessen an der gesamt benötigten Wärmeenergie macht die im Jahre 2011 erzeugte Wärme aus Solarthermie einen Anteil von 0,26% (8 GWh) aus.

2.5.2.2 Wärme aus Scheitholz- /Holzhackschnitzel - /Pellet-Anlagen

Aufbauend auf den Daten über Anlagen, die durch das Marktanreizprogramm des BAFA gefördert wurden, ermittelte ENERKO einen Gesamtbestand aller mit Biomasse gefeuerten Wärmeerzeugungsanlagen der Städteregion Aachen. Die Anlagen unterteilen sich in Pellet-, Holzhackschnitzel- und Scheitholzheizungen, wobei Scheitholzheizungen den Großteil der Anlagen einnehmen. Da keine exakten Daten über installierte und betriebene Anlagen existieren, hat ENERKO zusätzlich die veröffentlichten Zahlen des BMU zum Endenergieverbrauch der Wärmebereitstellung durch biogene Festbrennstoffe herangezogen (BMU, 2012).

Diese Daten liegen für die gesamte Bundesrepublik vor und wurden auf die Einwohnerzahl und –struktur der StädteRegion Aachen angepasst. Vor allem die nördliche Region ist gekennzeichnet durch einen eher städtischen Charakter, was vor allem bedeutet, dass der Anteil biogener Festbrennstoffe in der StädteRegion Aachen geringer ist, als im Bundesmittel. Da die ländlichen Kommunen Roetgen, Simmerath und Monschau den prozentual kleinsten Anteil der Bevölkerung ausmachen und hier die Festbrennstoffheizungen am weitesten verbreitet sind, liegt der Gesamtanteil der Region (6,5%) etwas niedriger als im Bundesdurchschnitt (9%).

Die Entwicklung am Wärmemarkt für biogene Festbrennstoffe zeigt die Abbildung 30. Dieser kann als weitestgehend stabil angesehen werden. Allerdings ist in der jüngsten Vergangenheit ein spürbarer Aufwärtstrend bei der Nutzung von Biomasse zu beobachten (AGEB, 2014). Der abgeschätzte Anteil von Biomasse (179 GWh) im Wärmemarkt (ohne die Stadt Aachen), liegt rund 22-mal höher als der Beitrag der Solarthermie (rund 8 GWh).

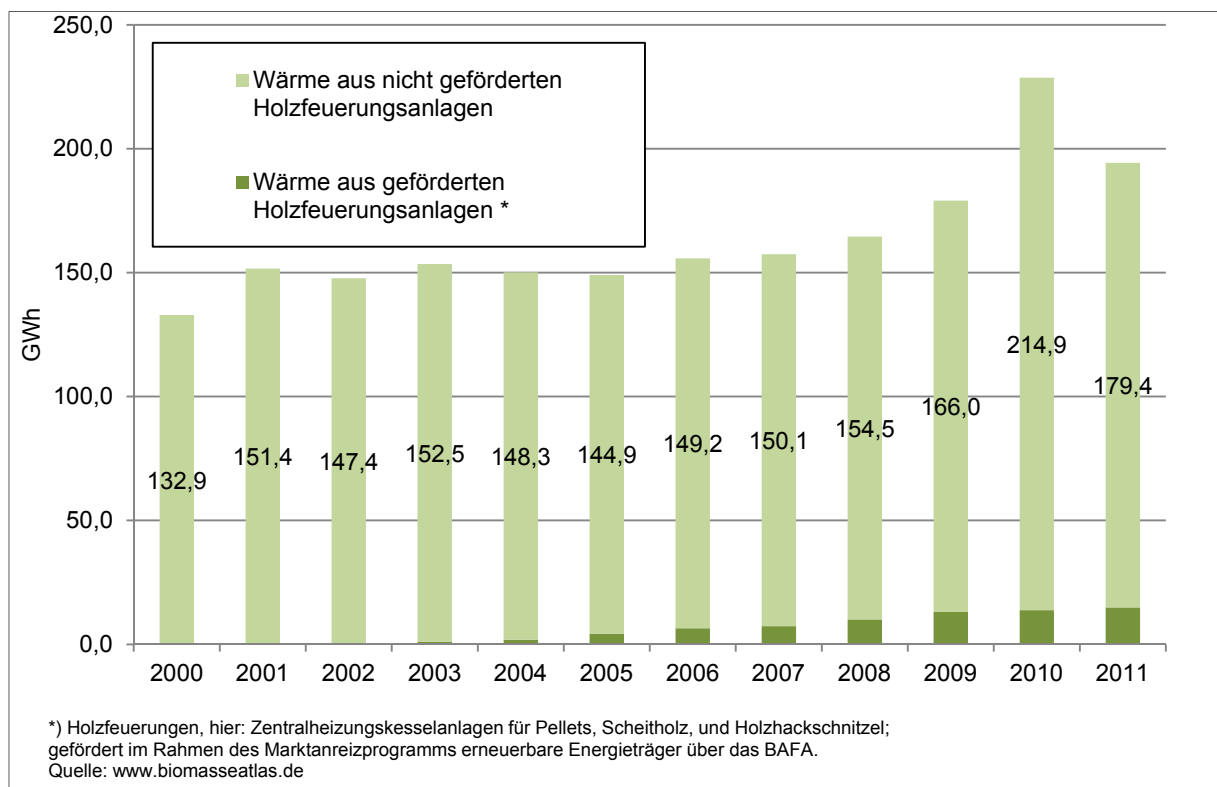


Abbildung 30: Wärme aus mit Biomasse gefeuerten Anlagen - StädteRegion Aachen (EEB)

2.5.2.3 Umweltwärme in der StädteRegion 2012

Derzeit gibt es in der StädteRegion Aachen (ohne Stadt Aachen) 717 Erdwärmepumpen. Diese Zahl entspricht der von 2004 bis Ende September 2012 erteilten wasserrechtlichen Erlaubnisse und beinhaltet Erdwärmesonden/Grundwasserbrunnen und Erdwärmekollektoren. Die vorliegende Statistik unterscheidet nicht zwischen Anlagen in Neubauten und Anlagen, die im Rahmen einer Gebäudesanierung im Bestand errichtet wurden, und liefert auch keine kommunenscharfe Verteilung. Lediglich für das Jahr 2011 liegt eine solche Verteilung vor, welche allerdings als Momentaufnahme nicht repräsentativ für den Gesamtbestand ist.

Erdwärmekollektoren bedürfen einer wasserrechtlichen Erlaubnis (GtV, 2014), trotzdem wird ihre Anzahl möglicherweise in der Statistik unterschätzt, da anzunehmen ist, dass nicht alle Anlagen ordnungsgemäß angezeigt werden. Da sie aufgrund des hohen Flächenbedarfs seltener installiert werden als Erdsonden, dürfte diese Unterschätzung nur geringen Einfluss auf das Ergebnis haben.

Da Anlagenleistung und Betriebsstunden keine wasserrechtliche Relevanz haben, werden diese Größen von der StädteRegion als Genehmigungsbehörde nicht ausgewertet. Daher wird zur Bestimmung der Wärmepumpenleistung und der jährlich gelieferten thermischen Energie auf die „mittlere Erdwärmeanlage in Deutschland“ zurückgegriffen. Diese besteht nach Aussagen des Bundesverbands Wärmepumpe e.V. (BWP, 2011a) aus zwei Bohrungen von 70 m Tiefe, einer Wärmepumpe mit 10 kW Leistung und wird 1.950 Stunden im Jahr betrieben. Daraus folgen für den Bestand folgende Zahlen:

- 717 Erdwärmepumpen
- 1.434 Bohrungen
- 7,17 MW Wärmepumpenleistung
- 14,0 GWh/a Wärmeerzeugung

Hinzu kommen noch Anlagen zur Gewinnung von Umweltwärme durch Luft-Luft-Wärmepumpen bzw. Luft-Wasser-Wärmepumpen. Hier konnte ein Bestand von 262 Pumpen für das Jahr 2012 ermittelt werden. Der Sektor Umweltwärme aus der Luft ist ein sehr kleiner Bereich der Wärmegewinnung für Gebäude, welcher sich hauptsächlich im Neubausegment findet. Die Entwicklung des Absatzes dieser Heizungssysteme zeigt die folgende Grafik. Nur in der Zeit der Wirtschaftskrise 2008/2009 ging der Absatz leicht zurück. Ansonsten erfreuen sich die Luft - Systeme großer Beliebtheit aufgrund des günstigeren Preises und der leichteren Umsetzbarkeit hinsichtlich Planung und Genehmigung.

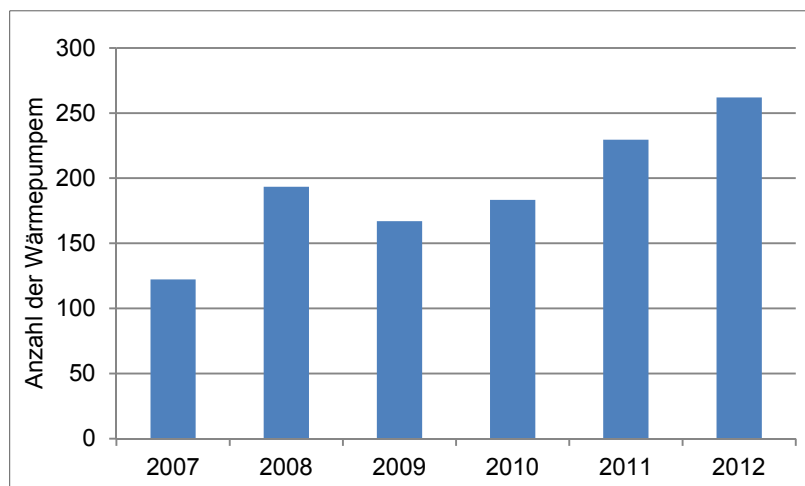


Abbildung 31: Absatzzahlen Wärmepumpe (Luft) in der StädteRegion inkl. Stadt Aachen (BWP, 2013)

2.5.2.4 Gesamtbetrachtung der Wärme aus Erneuerbaren Energien

Alle Energieträger der erneuerbaren Wärme kommen zusammen auf einen Anteil von 7% (siehe Tabelle 07) der gesamten benötigten Wärme. Hier unterscheidet sich die regenerative Wärme deutlich vom regenerativen Strom, der bereits jetzt einen deutlichen höheren Anteil hat.

	Status Quo in GWh
Wärmebedarf StädteRegion (ohne AC)	3.057
Wärme aus Biomasse	194
Anteil Prozent	6%
Wärme aus Solarthermie	8
Anteil Prozent	0,26%
Umweltwärme	17
Anteil Prozent	1%
Anteil Erneuerbare gesamt	219
Anteil Erneuerbare Prozent	7%
davon Anteil konventionell gesamt	2.837
davon Anteil konventionell Prozent	93%

Tabelle 07: Status Quo – Erneuerbare in der Wärmeversorgung 2013 (EEB)

Alle Bereiche zusammen besitzen noch große Potenziale, wie sich in den folgenden Kapiteln zeigen wird. Um eine Abschätzung der Potenziale vornehmen zu können, bedarf es allerdings der Analyse der IST Situation. Wo und in welchem Umfang wird Wärme in der Städte-Region benötigt? Diese Fragen beantwortet das folgende Kapitel, welches sich mit der Wärmenachfrage in der Region auseinandersetzt.

2.6 Wärmeatlas der StädteRegion Aachen

Um eine Datengrundlage als Ausgangslage für später folgende Wärmeberechnungen zu schaffen, wurde ein sogenannter Wärmeatlas für die StädteRegion Aachen entwickelt. Es existieren grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Ermittlung des Wärmeverbrauchs. Die Kennwertmethode und die Methode des A/V Verhältnisses. Beide Varianten wendet ENER-KO regelmäßig bei Klimaschutzkonzepten an.

2.6.1 Methodisches Vorgehen

Die oben erwähnte Kennwertmethode eignet sich besonders, um (kleinere) Gebiete und Städte hinsichtlich des Wärmeverbrauchs zu untersuchen. Das Klimaschutzteilkonzept der StädteRegion Aachen fällt allerdings aufgrund des größeren Datenumfangs in eine andere Kategorie (sehr großes Untersuchungsgebiet). Aufgrund der Vielfalt der Versorger, der damit verbundenen organisatorischen Aufgaben und der Auflagen des Datenschutzes wäre es nur mit sehr großem Aufwand möglich, alle Daten zu erheben.

Daher hat sich ENERKO entschlossen, den A/V Verhältnis Ansatz zu wählen, um den Wärmeatlas zu erstellen. Grundlage hierfür sind Daten aus der Laserscanbefliegung, welche durch die StädteRegion Aachen zur Verfügung gestellt wurden. Die Ergebnisse liefern sowohl Gebäudegrundflächen als auch mittlere Gebäudehöhen. Die daraus abgeleitete Gebäudekubatur gibt anschließend Aufschluss über den Wärmeverbrauch des betrachteten (Einzel-) Gebäudes. Aus der Kubatur eines Gebäudes lässt sich das Oberflächen/Volumen-Verhältnis ableiten, das sogenannte A/V-Verhältnis. Die Verhältnisbestandteile weisen unterschiedliche Wachstumspfade aus. So wächst die Oberfläche A quadratisch (x^2), wobei das Volumen V kubisch (x^3) wächst. Dies bedeutet, dass kleinere Gebäude ein A/V-Verhältnis aufweisen, welches gegen eins strebt. Große Gebäude dagegen weisen ein A/V-Verhältnis auf, welches gegen null strebt. Somit kann abgeleitet werden, dass große Gebäude generell energetisch effizienter sind, da bei ihnen das Verhältnis der Oberfläche (Gebäudehülle) zum umschlossenen Volumen besser (kleiner) ist als bei kleineren Gebäuden. Maßgeblich für den Energieverbrauch ist die umschließende Gebäudehülle, da durch diese Transmissionsverluste stattfinden. Ein kleines Gebäude hat im Verhältnis zum umschlossenen Raum eine größere Oberfläche und somit auch größere Wärmeverluste als ein größeres Gebäude, was sich wiederum im Energieverbrauch widerspiegelt.

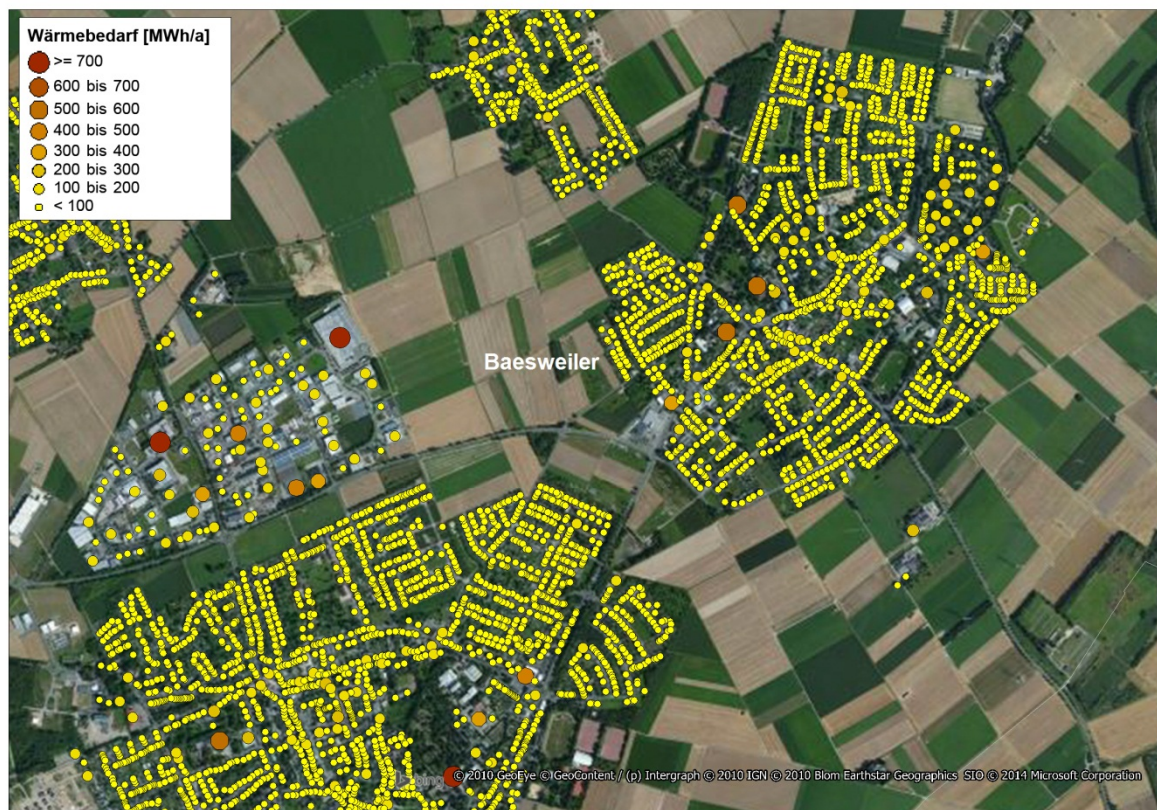


Abbildung 32: Wärmeatlas in Baesweiler (EEB)

Für die Analyse ordnete ENERKO jedem errechneten A/V-Verhältnis einen spezifischen Wärmeverbrauch je m^2 Nutzfläche zu. Aufgrund von Besonderheiten bei verschiedenen Gebäudetypen wurde weiterhin in zwei Klassen unterschieden. So wurde Gebäuden deren Größe ein bestimmtes Volumen nicht überschreitet ein spezifischer Flächenwärmebedarf je m^2 Nutzfläche zugeordnet. Gebäuden mit einem großen Volumen, d.h. vor allem Hallen- und

große Gewerbegebäuden, wurde ein spezifischer Wärmeverbrauchswert je m³ Gebäudevolumenfläche zu geordnet.

Im Ergebnis zeigte sich ein Wärmebedarf, der zu Analysezwecken visualisiert wurde, wie Abbildung 32 für die Stadt Baesweiler zeigt. Hier zu sehen sind im Wesentlichen die typischen Verbräuche einer Siedlung zwischen null und 100 MWh im Jahr. Die dazwischengelegenen stärker eingefärbten Punkte zeigen größere, meist kommunale Objekte, wie beispielsweise Schulen oder Verwaltungsgebäude. Hier kann der jährliche Verbrauch, wie gut am Beispiel Baesweiler erkennbar, über 700 MWh betragen. Im westlichen Teil der Karte ist ein Gewerbegebiet zu sehen mit typischer Absatzstruktur und weniger Wärmebedarf je Quadratkilometer, dafür jedoch mit einigen großen Objekten.

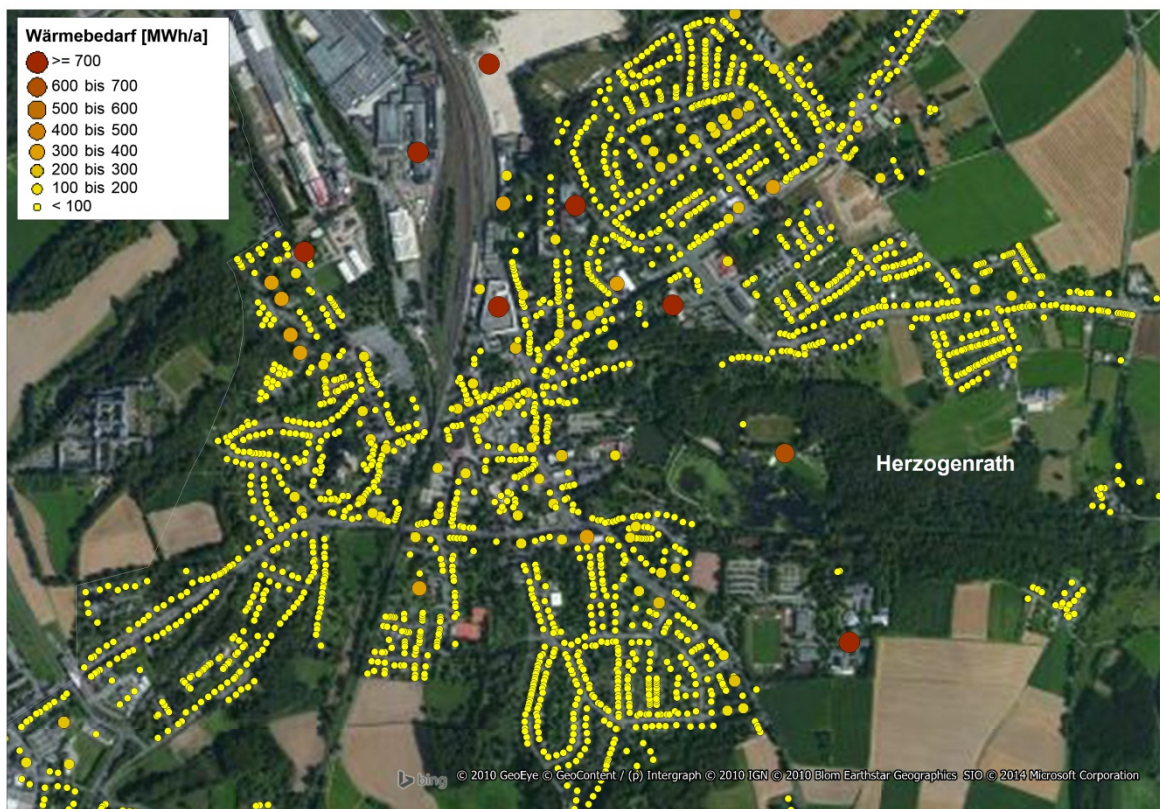


Abbildung 33: Wärmeatlas am Beispiel Herzogenrath (EEB)

Die in Abbildung 33 ersichtliche Wärmestruktur in der Stadt Herzogenrath ist weniger kompakt als die von Baesweiler in der vorherigen Abbildung. Die Abnahmestruktur ist vom Gebäudetypus her jedoch ähnlich. Auch hier sind die oft vorzufindenden kleinen und mittleren Verbräuche angesiedelt. Über das Stadtgebiet verteilt sind auch hier größere Abnehmer von Wärme, welche auch hier in den häufigsten Fällen kommunale Gebäude sind.

Schon mithilfe der Visualisierung kann also hier eine erste Abschätzung bezüglich potenzieller großer Wärmesenken, also Flächen und Gebiete mit hohem spezifischem Verbrauch, gemacht werden.

Das zugrunde gelegte Modell ist für grundsätzliche Berechnungen und Überlegungen gut geeignet, hat aber wie andere Modelle auch Grenzen bezüglich des Aussagewertes. So existiert für jede Adresse ein zugeordneter Verbrauch. Auch die Nutzungsart des Gebäudes

kann festgestellt werden (Reihenhaus, Doppelhaus etc.). Wenn jedoch Gebäude eine Mischnutzung ausweisen, ist die Vergrößerung einer Adresse nicht ausreichend, um ableiten zu können, wie Gewerbe- und Wohnnutzung innerhalb des Gebäudes aufgeschlüsselt sind. Auch die Nutzungsart ist nicht immer vollständig, beruht sie doch auf der richtigen Zuordnung des Datenlieferanten der hier genutzten Laserüberfliegung. Bei ca. 81.000 Adressen und einer noch größeren Anzahl von Gebäuden kann eine 100% richtige Zuordnung nicht garantiert werden. Für das Ergebnis spielt die Genauigkeit auch nur eine untergeordnete Rolle, da eine übergeordnete Betrachtung Ziel der Auswertung ist und sich die vorliegenden Ergebnisse mit beispielsweise echten Gasverbräuchen gut decken.

2.6.2 Wärmebedarf StädteRegion Aachen – Ergebnis

Die Untersuchung ergab für die gesamte StädteRegion Aachen einen Wärmebedarf von 5.286 GWh (3.053 GWh ohne Stadt Aachen) bei einer ermittelten Grundfläche von 16,8 Mio. m², wie Abbildung 34 illustriert. Insgesamt wurden 81.296 Adressen untersucht. Der Wärmebedarf untergliedert sich in den tatsächlichen Heizwärmebedarf der Gebäude und dem zugeordneten Warmwasserverbrauch der jeweiligen Einheit. Ferner wurde für große Gebäude, deren Verbrauch auch tatsächlich vorlag, der Wärmebedarf verglichen und ggf. auf das tatsächliche Niveau angepasst. Dies betrifft in erster Linie städtische Liegenschaften, deren Verbräuche für Heizenergie von den jeweiligen Gemeinden zur Verfügung gestellt wurden. Im Rahmen der Auswertung dieser Energieberichte konnte der zugrundeliegende Verbrauch noch einmal präzisiert werden.

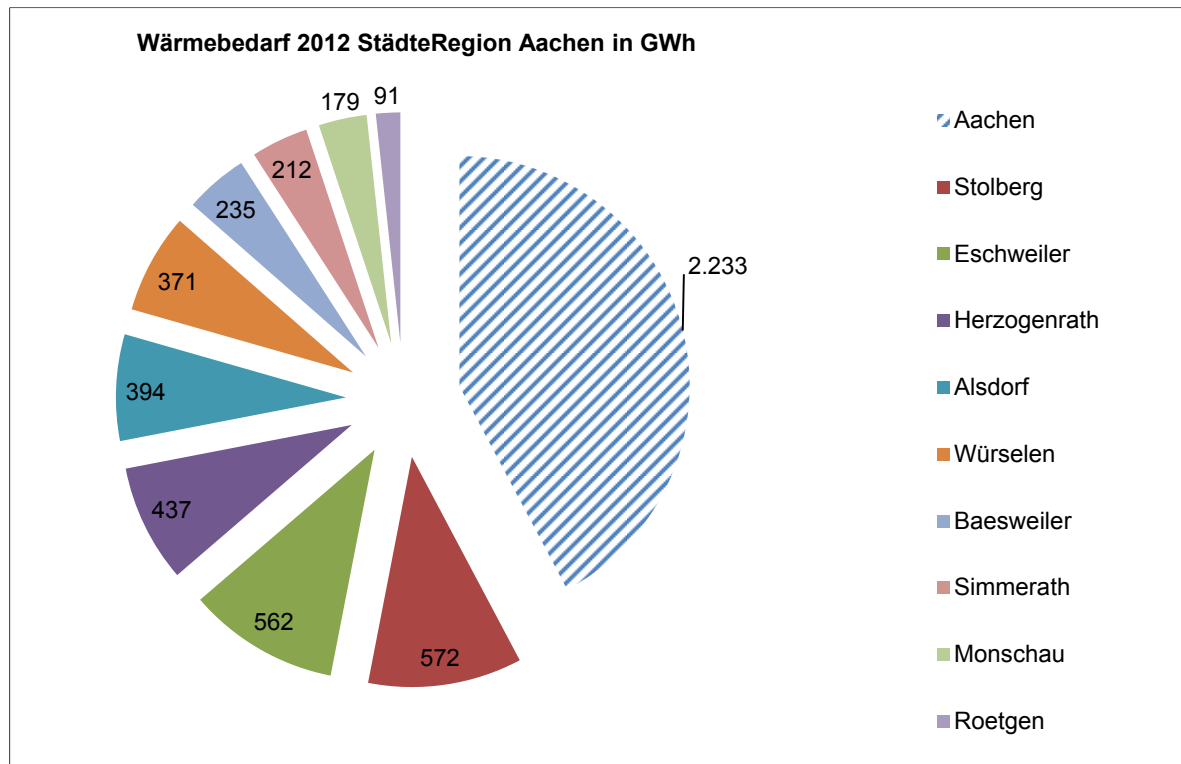


Abbildung 34: Wärmebedarf (inkl. Warmwasser) der StädteRegion Aachen nach Kommunen (EEB)

Der ermittelte Wärmebedarf erstreckt sich über alle Energieträger hinweg. Welche Technologie genau zur Erzeugung genutzt wird, kann nur in bestimmten Fällen konkretisiert werden (bei vorliegenden Energieberichten bspw.), da keine zählerscharfen Daten zugrunde gelegt können. Aussagefähige Daten liegen allein bezüglich der solarthermischen Wärmeerzeugung vor, welche in Kapitel 2.5.2.1 gesondert betrachtet werden.

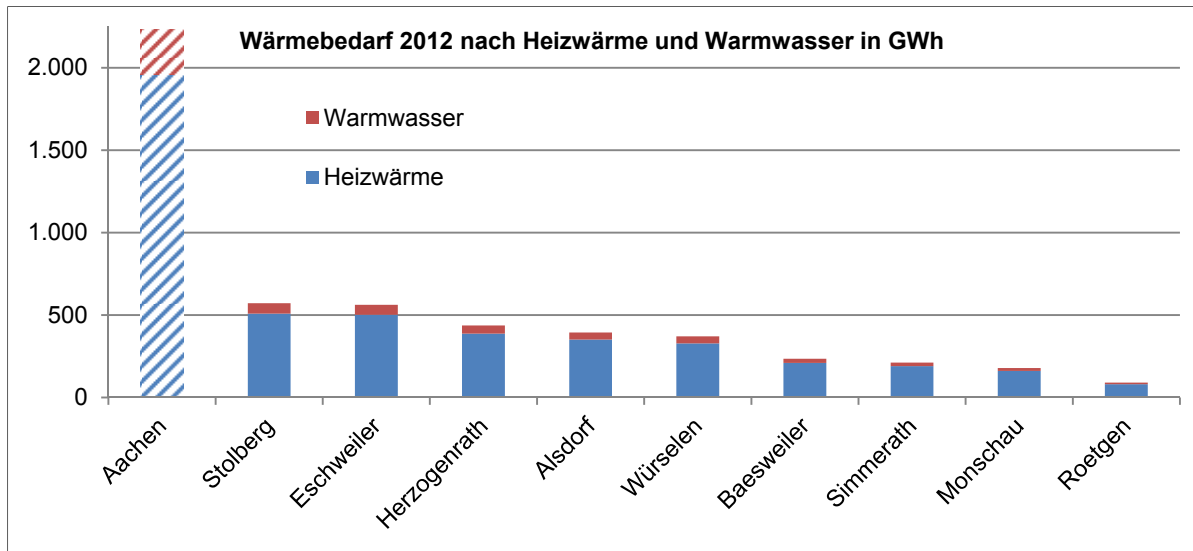


Abbildung 35: Wärmebedarf geschlüsselt nach Heizwärme und Warmwasser (EEB)

Der abgeschätzte durchschnittliche Anteil des benötigten Warmwassers am gesamten Wärmebedarf liegt über allen Kommunen bei rund 12%. Damit liegt dieser Wert nahe dem deutschen Mittel, von 10%. Da keine bzw. nur wenige Informationen der Gebäudestruktur vorliegen, wurde ein gesamter Anteil über aller Gebäude angenommen.

Im Durchschnitt berücksichtigt sind auch Niedrigenergiehäuser im Sektor Neubau, bei denen der prozentuale Anteil des Warmwassers deutlich größer im Verhältnis zum gesamten Wärmebedarf ist. Dies ist hauptsächlich der Tatsache geschuldet, dass der Heizwärmebedarf des Gebäudes deutlich geringer ausfällt, der Warmwasser-Wärmebedarf jedoch etwa konstant bleibt.

2.6.3 Wärmedichten der StädteRegion Aachen

Die in der folgenden Abbildung dargestellten Wärmedichten, stellen die spezifischen Wärmeverbräuche innerhalb der StädteRegion Aachen dar. Dicht besiedelte Gebiete weisen eine entsprechend hohe Wärmedichte auf.

Schon die Analyse der grafisch dargestellten Wärmedichte kann zu einer ersten Auswertung bezüglich des Standortpotenzials für verschiedene wärmeerzeugende Technologien genutzt werden. So kann zum Beispiel das KWK oder solarthermische Potenzial quartierweise abgebildet werden. Weitere Auswertungen auf kommunaler Ebene hierzu finden sich im Anhang Nummer 3.

Anhand der Legende in Abbildung 36 kann abgelesen werden wie hoch oder niedrig ein örtlicher Wärmeverbrauch ist. Je dunkler die Färbung der Fläche, desto höher ist der spezifische Wärmeverbrauch je m^2 . Daher weisen beispielsweise Straßenzüge mit Hochhäusern eine

sehr hohe Wärmedichte und damit hohes Wärmeabnahmepotenzial aus. Je weniger Wärme an einem bestimmten Punkt des Modells verbraucht wird, desto geringer ist die Wärmedichte, welche in der folgenden Grafik orange/gelb dargestellt ist.

Im Ergebnis ist die Wärmedichte an bestimmten Punkten in den dicht besiedelten Gebieten höher. In weniger dicht besiedelten Gebieten ist die vorzufindende Wärmenachfrage entsprechend geringer.

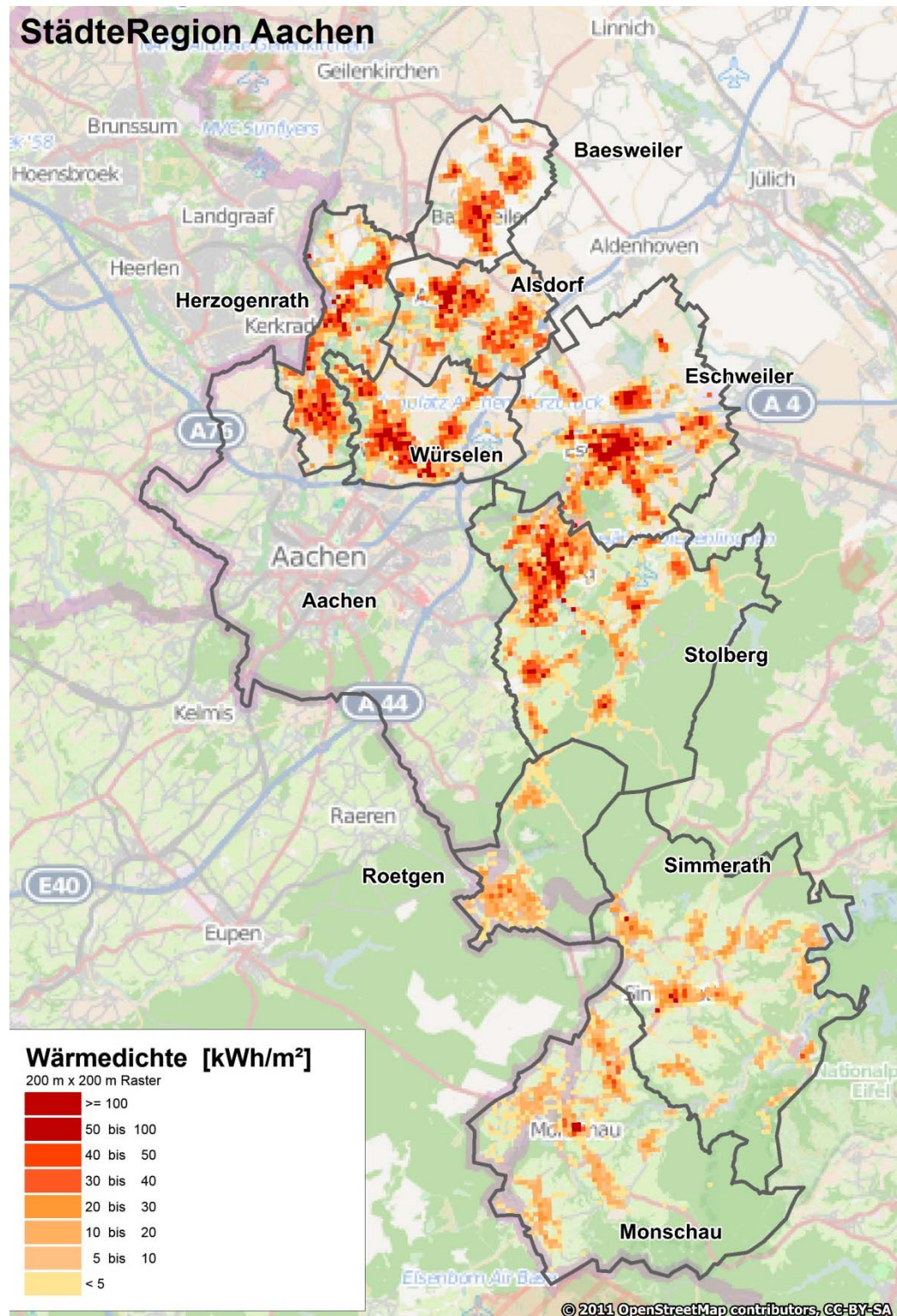


Abbildung 36: Wärmebedarf der Kommunen in der StädteRegion Aachen (EEB)

3 Potenziale der Erneuerbaren Energien in der StädteRegion Aachen

Die Erneuerbaren Energien spielen eine Schlüsselrolle beim Kampf gegen klimaschädliche Treibhausgase und der damit verbundenen Erderwärmung. Neben der Energieeffizienz tragen sie dazu bei, dem Klimawandel zu begegnen und die Folgen abzumildern. Die StädteRegion Aachen beteiligt sich an dieser Unternehmung, indem sie die eigenen und die Ziele der Bundesregierung umsetzt.

Bisher wurde im Bereich der Erneuerbaren Energien schon viel geleistet und erreicht. Trotzdem sind noch große Anstrengungen auf dem Weg in eine nahezu CO₂ neutrale Region zu leisten. Insbesondere muss die Energiewende im Gesamtkontext betrachtet werden. Sie umfasst nicht nur eine Umstellung der Stromerzeugerstruktur von Kohle auf Erneuerbare Energien, sondern auch eine Umstellung der Energieträger, die Wärme bereitstellen. Letzteres Ziel ist aufwendiger und schwieriger umzusetzen. Im Sektor Strom könnte bei konsequentem Ausbau der Windkraft beinahe Autarkie erreicht werden, wie die Potenzialanalyse zeigen wird. Im Sektor Wärmeversorgung ist die Aufgabe komplexer und schwieriger in der Umsetzung. So kann Wärme, im Gegensatz zum Strom, nicht in großem Maßstab bereitgestellt werden. Dies ist zwar über Nah- und Fernwärmenetze theoretisch umsetzbar, jedoch nicht praktisch in allen Situationen zu verwirklichen, aufgrund von technischen und wirtschaftlichen Restriktionen. Dies zeigt sich besonders bei der Solarthermie.

3.1 Potenzialbegriffe

Unter dem Ausdruck Potenzial wird das Leistungsvermögen einer Energiequelle verstanden. Dies bedeutet also die Energiemenge, die als erzeugbar angesehen wird. Der Begriff Potenzial wird nochmals in verschiedene „Unterpotenziale“ unterschieden. In dieser Studie wird das theoretische und machbare Potenzial betrachtet.

Hierbei stellt das theoretische Potenzial den Teil des Potenzials, das mit den verfügbaren Techniken und eingesetzten Materialien an allen möglichen Standorten unter Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen umsetzbar ist.

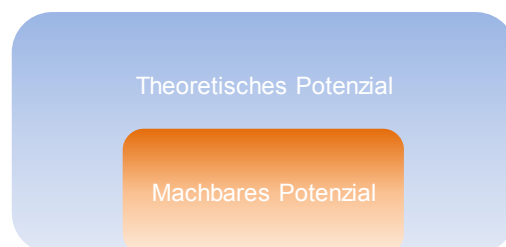


Abbildung 37: Potenzialbegriffe

Das machbare Potenzial ist Teil des theoretischen Potenzials, das unter Beachtung der derzeitig geltenden ökonomischen Rahmenbedingungen realisierbar ist (siehe Abbildung 37). Beide Potenziale können sich im Verlauf der Zeit unterschiedlich entwickeln. Das technische Potenzial kann sich erhöhen, da der Technologiefortschritt u.a. zu mehr Effizienz führt. Das machbare Potenzial wird durch eine fortschreitende Verknappung der bisherigen Energieträ-

ger und der damit einhergehenden Preisentwicklung ebenfalls erhöhen. Anzunehmen ist aber, dass sich das machbare Potenzial im Verlauf dem theoretischen annähern wird.

3.2 CO₂-Stromerzeugermix – Erzeugerstruktur

Der durch Erneuerbare Energien produzierte Strom verdrängt einen bestimmten Strommix aus dem Netz. Im Jahre 2002 wurde der Strom aus folgenden Energieträgern erzeugt:

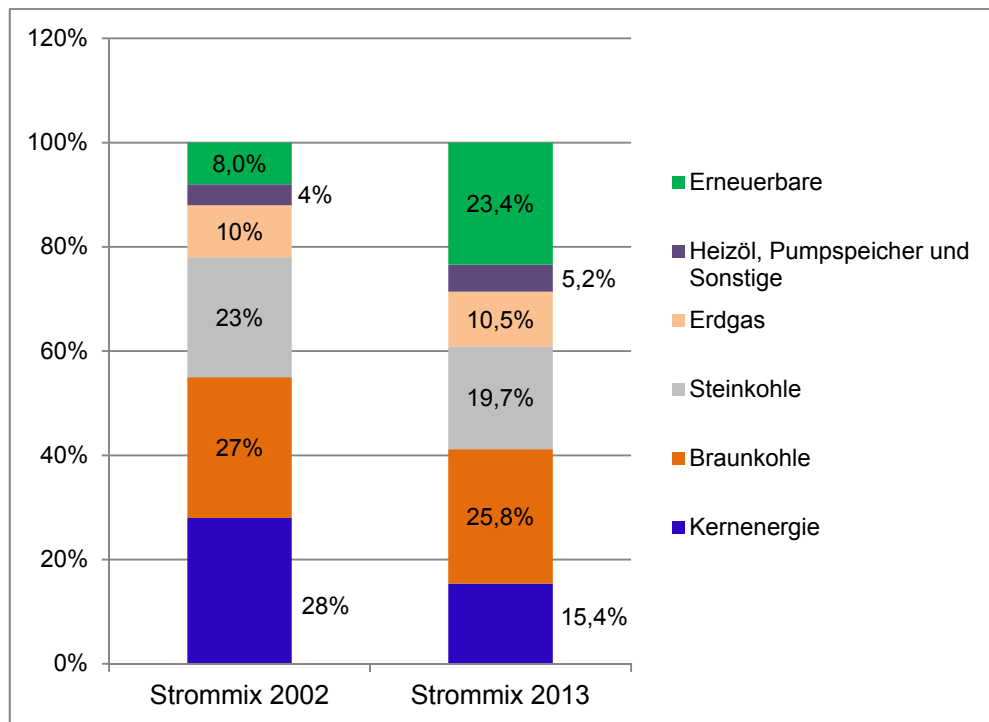


Abbildung 38: Bruttostromerzeugung (Erzeugerstruktur) in Deutschland 2002 und 2013 (BDEW, 2013)

Innerhalb der Anteile der Erneuerbaren Energien (8% in 2002 und 23,4% in 2013) ergibt sich folgende Struktur:

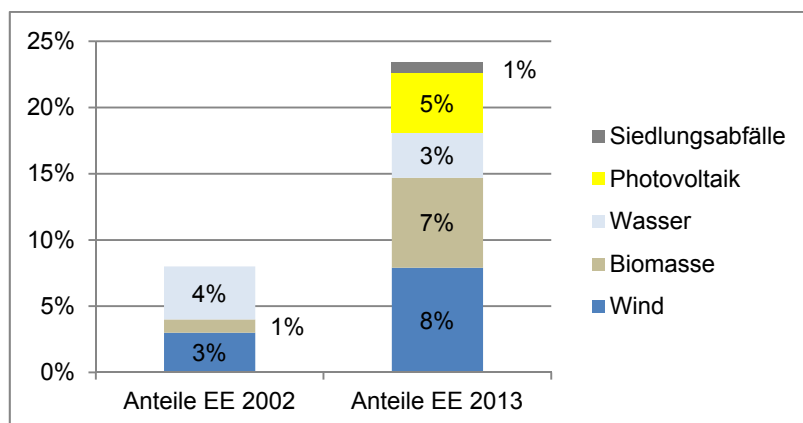


Abbildung 39: Anteile Erneuerbare Energien 2002 und 2013 (BDEW, 2013)

Durch die gezeigten Veränderungen der Zusammensetzung des Strommixes in Deutschland nimmt auch der CO₂-Faktor des Stroms (Bundesmix) im Verlauf der Zeit ab. Dies hat unmittelbare Auswirkungen auf die Potenziale der Erneuerbaren Energien und der damit verbundenen CO₂-Minderungspotenziale. Diese werden entlang der hier betrachteten Zeitschiene kleiner, so dass der Ausbau der Potenziale nicht proportional zur CO₂-Reduktion führt.

3.3 Sonnenenergie – Solare Energie

Als Sonnenenergie oder Solarenergie bezeichnet man die Energie der Sonnenstrahlung, die in Form von elektrischem Strom, Wärme oder chemischer Energie technisch genutzt werden kann. Die die Erde erreichende Sonnenstrahlung ist, seitdem sie gemessen wird, annähernd konstant. Die durchschnittliche Intensität der Sonneneinstrahlung beträgt an der Grenze der Erdatmosphäre etwa 1,367 kW/m². Dieser Wert wird auch als Solarkonstante bezeichnet. Ein Teil der eingestrahltten Energie wird von der Atmosphäre von festen (z. B. Eiskristallen, Staub) oder flüssigen Schwebeteilchen sowie von den gasförmigen Bestandteilen gestreut und reflektiert. Ein weiterer Teil wird von der Atmosphäre absorbiert und bereits dort in Wärme umgewandelt. Der Rest geht durch die Atmosphäre hindurch und erreicht die Erdoberfläche. Dort wird der Restanteil wiederum zum Teil reflektiert, zum Teil absorbiert und in Wärme umgewandelt. Die prozentuale Verteilung der Einstrahlung auf Reflexion, Absorption und Transmission hängt vom jeweiligen Zustand der Atmosphäre ab. Dabei spielen die Luftfeuchtigkeit, die Bewölkung und die Länge des Weges, den die Strahlen durch die Atmosphäre nehmen müssen, eine Rolle. Die auf die Erdoberfläche auftreffende Strahlung beträgt weltweit im Tagesdurchschnitt (bezogen auf 24 Stunden) noch ungefähr 165 W/m² (mit erheblichen Schwankungen je nach Breitengrad, Höhenlage und Witterung). Die gesamte auf die Erdoberfläche auftreffende Energiemenge ist mehr als fünftausend Mal größer als der Energiebedarf der Weltbevölkerung (DESERTEC, 2009).

Innerhalb des Landes Nordrhein Westfalen hat die StädteRegion zusammen mit den Kreisen Mönchengladbach, Heinsberg, Viersen und Düren die besten Sonneneinstrahlungsvoraussetzungen (für Solarthermie und Photovoltaik), wie auch aus Abbildung 40 ersichtlich wird.

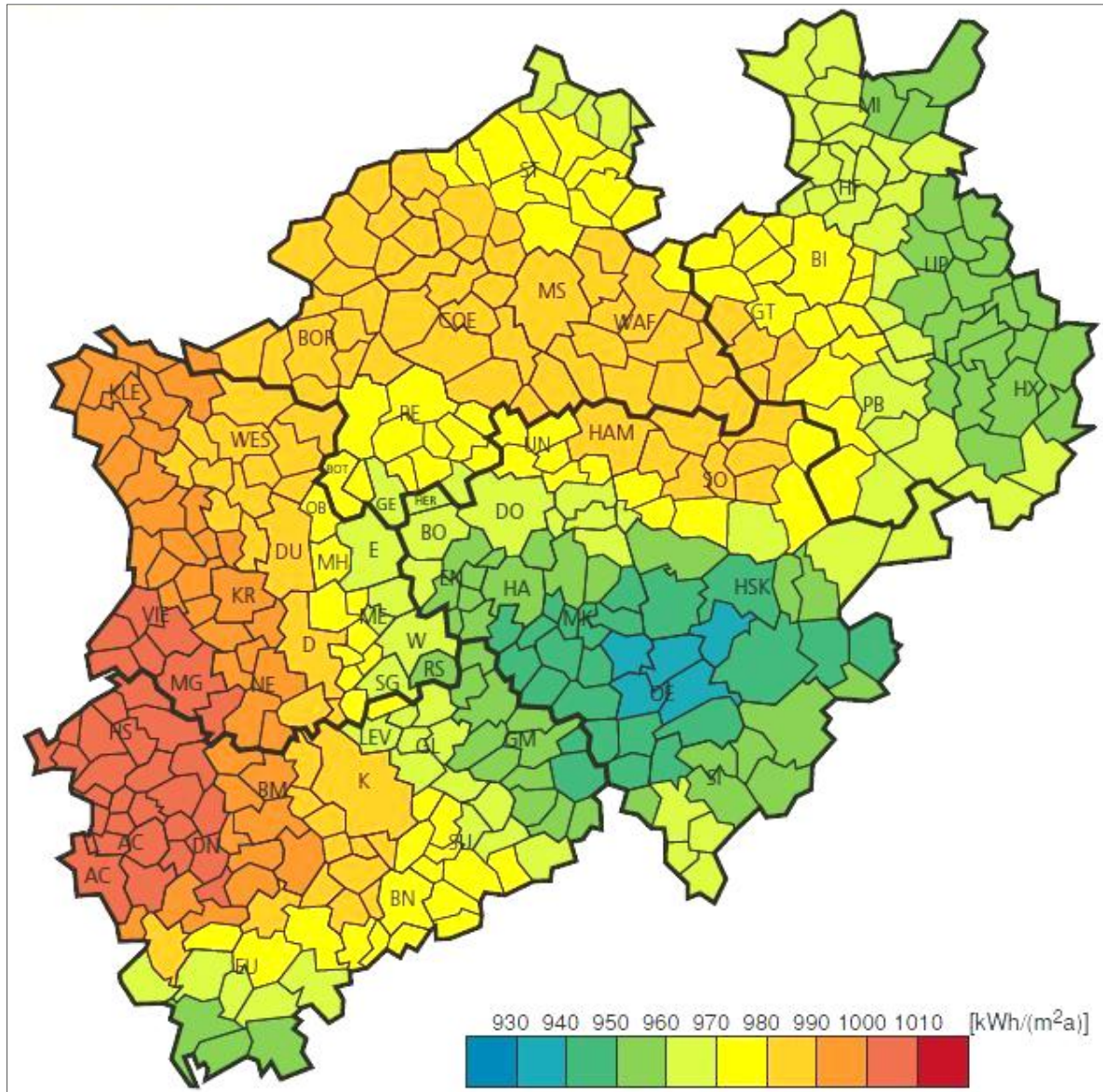


Abbildung 40: Räumliche Verteilung der Globalstrahlungssumme im Jahresmittel für NRW (Solaratlas NRW)

3.3.1 Solarthermie

Solarthermie nutzt die solare Strahlungsenergie der Sonne. Darunter wird die Umwandlung der Sonnenenergie in nutzbare thermische Energie verstanden. Um diese Energie zu gewinnen, stehen verschiedene Systeme zur Verfügung. Neben Vakuumröhren und Flachkollektoren im kleineren Bereich existieren für Großlösungen auch Parabolrinnenkollektoren. Flachkollektoren arbeiten von allen Kollektoren im niedrigsten Temperaturbereich (ca. 80°C). Das einfallende Sonnenlicht wird nicht gebündelt, sondern strahlt diffus auf die zu erhitzende Fläche und erwärmt damit eine wärmeabsorbierende Oberfläche. Diese ist von einer Vielzahl von Röhren durchzogen, in denen sich ein Wärmeträgermedium befindet. Bei der hier vorliegenden Betrachtung wird von diesem Typ ausgegangen, vor allem da die entsprechende Technologie als ausgereift anzusehen ist.

Im Rahmen der energetischen Sanierung von Gebäuden existiert ein weit verbreitetes „Missverständnis, dass darunter alleine die Dämmung von Häusern zu verstehen ist“ (Oberzig,

2012). Im Gebäudebestand ist jedoch nicht nur die Gebäudehülle zu sanieren, sondern auch die Gebäudetechnik im Sinne der eingesetzten Heizungstechnik. Die Gebäudeheizungen „funktionieren zwar rein technisch, aber zu welchem Preis?“ (ebd.). Daher kommt die Frage auf, welcher Bereich im Fokus stehen sollte. Bei der Beantwortung dieser Frage sind die Kosten und die zu erzielenden Effekte im Vergleich beider Systeme, also sowohl Dämmung als auch Heizungstechnik, von zentraler Bedeutung. Der folgende Abschnitt widmet sich daher den zentralen Fragen der Solarthermie mit der anschließenden quantitativen Bewertung der Potenziale in der StädteRegion Aachen.

Eine ausschließlich aus Solarthermie bestehende Heizungsanlage existiert nach dem heutigen Stand der Technik nicht, so dass hauptsächlich hybride (bivalente) Systeme zum Einsatz kommen. Darunter versteht man das – bis auf weiteres – gleichzeitige Betreiben von fossilen Anlagen parallel zur solarthermischen Anlage. Ein derartiges Heizungssystem steht im Wettbewerb mit einer Vielzahl von Systemen auf dem deutschen und damit auch regionalen Markt der StädteRegion Aachen. Auch der Gebäudetyp, für den ein solches System eingesetzt werden soll, ist von entscheidender Bedeutung, da sich aus diesem das eingesetzte Heizungssystem ableitet (Oberzig, 2012). In der StädteRegion Aachen ist der Gebäudebestand sehr heterogen. Angefangen beim Einfamilienhaus bis hin zum vielgeschossigen „Hochhaus“ sind nahezu alle Kategorien vorhanden.

Vorab kann festgehalten werden, dass sowohl bei bivalenten Neuanlagen als auch bei solarthermischen Komponenten zur Integration in den Bestand eine gewisse Standardisierung stattgefunden hat, insbesondere im Bereich Ein- und Zweifamilienhaus. Festzuhalten ist jedoch auch, dass die vorzufindende Vereinheitlichung sich auf Kurzzeitspeicher beschränkt. Größere Speicher (Abbildung 43) (bspw. für Mehrfamilienhäuser), sind sehr individuell und müssen mit entsprechendem Aufwand geplant werden.

So müssen beispielsweise sehr große Anlagen für Mehrparteien grundsätzlich individuell geplant und realisiert werden. Sie sind kein Massenprodukt und dementsprechend nicht standardisiert erhältlich. Je größer eine Wohnanlage ist, desto heterogener ist die Mieter- und damit Nutzerstruktur und die damit verbundenen Nutzungsprofile. Somit ist eine Umsetzung in diesem Bereich bis heute als sehr komplex anzusehen. Allerdings kann aufgrund der derzeit zu beobachtenden beginnenden Standardisierung auch in diesem Bereich mit einer weiteren Verbreitung gerechnet werden (Oberzig, 2012). Der folgende Abschnitt beleuchtet daher auch derartige Gebäude (Mehrfamilienhäuser) und das damit verbundene Potenzial.

Weitere Anwendungsbereiche der Solarthermie sind in Tabelle 08 dargestellt.

Solarthermische Anlagen – Möglichkeiten der Anwendung			
Anwendungsgebiet	Arbeitstemp. in C°	Kollektortyp	Art der Strahlungsenergie
Warmwassergewinnung Schwimmbad	20-40	Freiliegende Absorber	Direkte und diffuse Strahlung
Raumheizung (Luftsystem)	20-30	Luftkollektoren, Gebäude- teile (passive und hybride)	Direkte und diffuse Strahlung
Raumheizung (Niedertemperatursystem)	30-80	Flachkollektoren, Vaku- umröhrenkollektor	Direkte und diffuse Strahlung
Warmwasser	20-80	Flachkollektoren, Vaku- umröhrenkollektor	Direkte und diffuse Strahlung
Prozesswärme bei niedrigen Temperaturen	60-130	Vakuumpumröhrenkollektor, leicht fokussierende Sys- teme	Direkte und diffuse Strahlung
Prozessdampf, Dampf- und Stromerzeugung	100-250	Fokussierende Systeme (Strahlungskonzentration mit Spiegeln)	Nur direkte Strah- lung
Kälte (Raumkälte)	um 95	Vakuumpumröhrenkollektor, Absorptionskältemaschine	Direkte und diffuse Strahlung

Tabelle 08: Anwendungsmöglichkeiten der Solarthermie (Oberzig, 2012)(EEB)

Qualitativ hochwertige Solarkollektoren sind in der Lage bis zu 25% des gesamten jährlichen Wärmebedarfs (Warmwasser und Heizung) eines Gebäudes über Sonnenenergie zu decken und somit gewisse Zeiträume beispielsweise außerhalb der Heizperiode abzudecken. Wie hoch der tatsächliche Deckungsgrad ist, hängt jedoch von der Auslegung der Anlage ab.

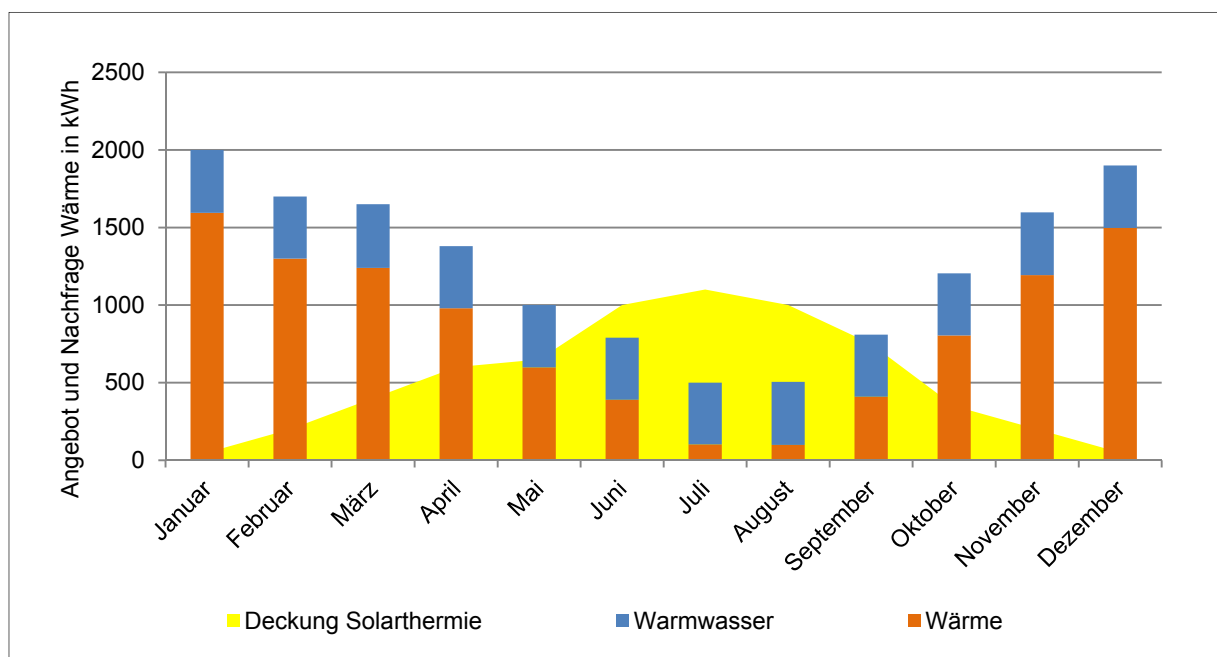


Abbildung 41: Wärmebedarf und -angebot durch Solarthermie (Schulz & Westkämper, 2013)

Abbildung 41 zeigt, dass in den Sommermonaten theoretisch die gesamte Wärmenachfrage eines hier beispielhaft betrachteten Vierpersonenhaushalts mit ca. 125 m² Wohnfläche durch Solarthermie gedeckt werden kann. Ferner wird unterstellt, dass der Wasserverbrauch dem Bundesdurchschnitt entspricht und ein Effizienzhaus 130 nach EnEV 2007 zugrunde gelegt ist. Auch in den Randmonaten können noch ca. 33% bis 50% der benötigten Energie durch Solarthermie gewonnen werden, was sich aufgrund der Verringerung des Einsatzes konventioneller und tendenziell teurerer Energieträger unmittelbar auf die Heizkosten auswirkt.

Der Fokus des vorliegenden Berichts liegt auf den gängigsten Arten von Kollektoren. Neben den weiterbetrachteten Flachkollektoren existiert noch eine Vielzahl von Systemen, wie Tabelle 08 zeigte. Da die aufgezeigten Kollektortypen in verschiedenen Bereichen zum Einsatz kommen, spielt auch der Wirkungsgrad eine bedeutende Rolle. Nicht jeder Kollektor eignet sich für jeden Einsatzzweck, wie Abbildung 42 zeigt:

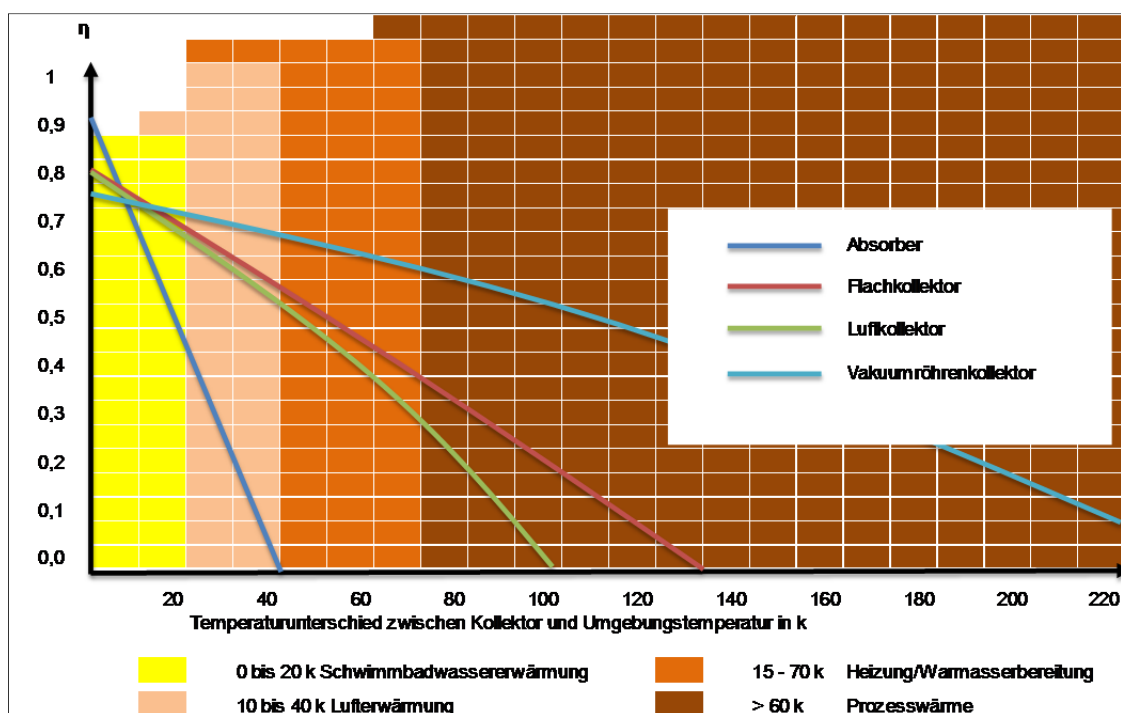


Abbildung 42: Kennlinien der Wirkungsgrade (Oberzig, 2012)

Obige Abbildung zeigt, dass der Vakuumröhrenkollektor ein Allroundtalent ist, da sein Wirkungsgrad auch bei sehr großen Unterschieden zwischen Kollektortemperatur und Umgebungsluft, wenn auch abnehmend, relativ akzeptabel bleibt. Er eignet sich vor allem auch noch im Bereich der Prozesswärme, wie sie in gewissen Teilen der Industrie und des Gewerbes benötigt wird. Allerdings hat dieser breite Einsatzradius auch seinen Preis, da derlei Systeme teurer sind als beispielsweise Absorber oder Flachkollektoren.

Die Verfahren der Wärmegewinnung unterscheiden sich in zweierlei Hinsicht. Die Flachkollektoren haben ein sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis. Vakuumröhrenkollektoren zeichnen sich hingegen durch einen sehr hohen Wirkungsgrad aus, was sich im Preis der Anlage widerspiegelt.

Um im Anschluss die von den Kollektoren aufgenommene Sonnenenergie zu speichern, existieren verschiedene Speichersysteme. Es können Druck-, Puffer- und Schichtenspeicher zum Einsatz kommen (Oberzig, 2012).

Hinsichtlich der angesprochenen Speichertechnologien soll folgende Abbildung eine kurze Übersicht liefern:

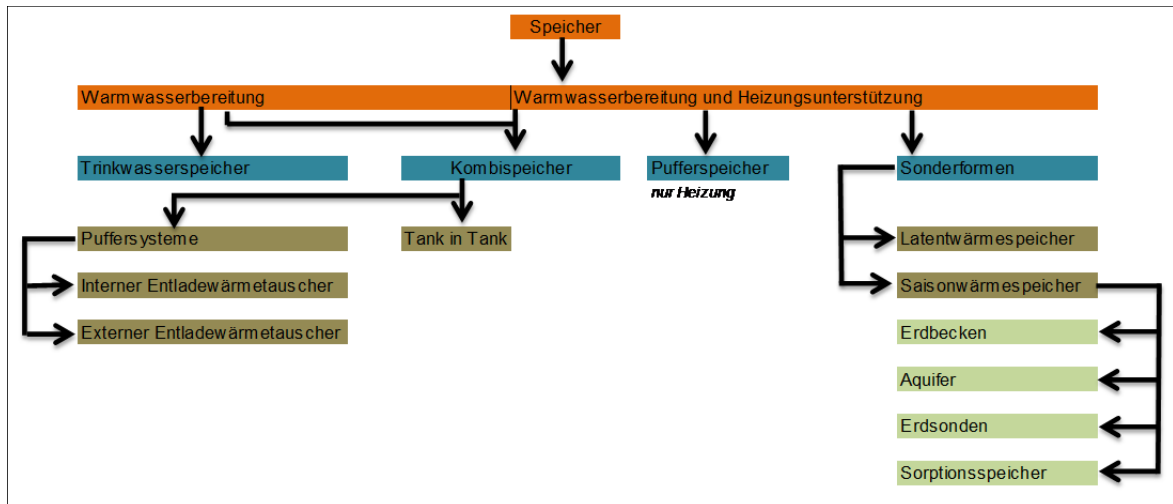


Abbildung 43: Übersicht der Speichertechnologien (Oberzig, 2012)

Bei einer Vielzahl von Anwendungsfällen ist die Nachfrage nach Wärme tagsüber geringer als in den Abendstunden, so dass ein Angebotsüberschuss in den Tagesstunden existiert. Dieser Überschuss kann in Form der in Abbildung 43 dargestellten Speichertechnologien aufgefangen werden. So wird es möglich, Wärme zu Tageszeiten zu nutzen, die tendenziell eher von Nachfrageüberschüssen nach selbiger geprägt sind.

Als Speichermedium für Solarthermie dienen vorwiegend Wasser und Gestein. Optimal wäre es, die im Sommer gewonnene Wärme zu speichern und für die Wintermonate verfügbar zu machen. Die dafür benötigte Langzeitspeichertechnologie existiert zwar prinzipiell, kommt jedoch in der Praxis so gut wie nicht vor.

Zwischen den Kollektoren und einem separaten Solar-Warmwasserspeicher zirkuliert ein Medium mit Frostschutzmittel, welches durch die Sonneneinstrahlung erwärmt wird. Die daraus entstehende Wärme wird über einen Wärmetauscher an das Trinkwasser abgegeben. Sollte die Sonneneinstrahlung an klimatisch schlechteren Tagen nicht ausreichen, erwärmt eine Zusatzheizung aus dem vorhandenen Kessel das benötigte Trinkwasser.

3.3.1.1 Kosten der Solarthermie

Für die Trinkwassererwärmung	
Kollektorfläche	Erforderliche Kollektorfläche: ca. 1,3 m ² /Pers.
Speichervolumen (mind. 300 l)	80 l / Pers. bei 50 C°
Investitionskosten 4-Personen Haushalt (ohne Montage)	Ca. 3.000 €
Investitionskosten 10-Personen (Mehrfamilienhaus, ohne Montage)	Ca. 7.400 €

Tabelle 09: Anforderungen und Kosten einer solarthermischen Anlage für Warmwasser (ASEW, 2011)

Anlagen, welche allein zur Erwärmung von Wasser dienen, sind bereits vielfach im Einsatz. Allerdings wurde das Förderregime seitens des BAFA bezüglich dieser Anlagen geändert, weshalb in Deutschland zum jetzigen Zeitpunkt nur noch kombinierte Anlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung gefördert werden. Zum Einsatz kommt diese Technik speziell in Niedrigenergiehäusern mit Niedertemperaturheizungssystemen, da hier aufgrund des geringen Wärmebedarfs prinzipiell höhere Deckungsraten erzielt werden können. In den Randmonaten der Heizungsperiode besteht durch das Betreiben der Anlagen die Möglichkeit, einen gewissen Anteil der konventionellen Wärmegewinnung zu substituieren. Technisch gesehen ist die Anwendung die gleiche wie bei der Warmwassergewinnung. Allerdings ist die Größe den spezifischen Anforderungen entsprechend angepasst (ASEW, 2011).

3.3.1.2 Methodisches Vorgehen und Randbedingungen

Ausgehend von den Untersuchungen auf Grundlage des Wärmeatlases und des „Klötzchenmodells“ wurde der Bereich Solarthermie in zwei Grundcluster aufgegliedert. Zum einen wurde das Potenzial der Solarthermie hinsichtlich der Gewinnung von täglich benötigtem Warmwasser untersucht und zum anderen die Potenziale für eine vollständige Integration solarthermischer Anlage in bestehende Heizungsanlagen, der sogenannten Heizungsunterstützung, genauer betrachtet.

Beide Bereiche wurden wiederum gegliedert in die Bereiche „öffentliche Gebäude“, „Nur Wohnen“ und „Mischnutzung“. Der erste Bereich umfasst Gebäudearten und -typen wie Sporthallen, Schulen und – soweit erfassbar – öffentliche Liegenschaften. Im Bereich „Nur Wohnen“ sind die Gebäudetypen Seniorenwohnhaus/Seniorenwohnheim, große Gebäude (Hochhäuser) und kleinere Gebäude (Doppelhaus, Reihenhaus etc.) erfasst. Eine exakte Definition der Gebäudegrößen ist nicht möglich, da das verwendete Datenmaterial des „Klötz-

chenmodells“ keine spezifischen Aussagen zu Dimensionen gibt. Der letzte Bereich betrachtet die „Mischnutzung“, da viele Gebäude in der StädteRegion Aachen einen gewerblichen Anteil, meist im Erdgeschoss, aufweisen. Auch Gewerbe und Industrie sind in dieser Kategorie aufgeführt.

Eine exakte Unterscheidung zwischen Gewerbe, Handel und Industrie und Wohnnutzung ist nicht möglich, da das verwendete (Ausgangs-) „Klötzchenmodell“ diesen Grad der Detaillierung bezüglich Nutzung und Art nicht bereitstellt. Eine eindeutige Zuordnung des Nutzungstyps ist beispielsweise nur bei öffentlichen Liegenschaften möglich, da hier eine sekundäre Nutzung meist ausgeschlossen ist.

3.3.1.3 Potenzial im Bereich der Warmwassergewinnung

Um das Potenzial besser darstellen zu können, wird im Folgenden eine Unterscheidung anhand des Deckungsgrades der solaren Warmwasserunterstützung gemacht. Bei einem 20 %igen Deckungsgrad ließen sich nach Potenzialabschätzungen rund 54 GWh solare Wärme erschließen (rund 155.000m² Fläche), die – unter Berücksichtigung der vor allem im Sommer niedrigeren Kesselnutzungsgrade – rund 61 GWh Endenergie substituieren. Die CO₂-Einsparung unter Berücksichtigung des zusätzlichen Hilfsstrombedarfes beträgt rund 14.000 t/a.

Sollte es möglich sein die solare Deckungsrate um zu 10% erhöhen (insgesamt 30%) könnten 81 GWh solare Wärme zur Deckung des Warmwasserbedarfs erschlossen und somit bei obigen Annahmen 91 GWh Endenergie substituiert werden. Eine Erhöhung der Deckungsrate ist durch Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle zu erreichen. Der Verbrauch würde absolut sinken und der Anteil der Solarthermie relativ steigen. Möglich wäre auch die Anlage größer zu dimensionieren und mit entsprechenden Speichern zu arbeiten. Dies setzt jedoch entsprechende Flächen voraus. Dies (30% Deckungsgrad) würde ein CO₂-Einsparpotenzial von 21.000 t/a bedeuten. Eine Anlage kann im Einzelfall bei einem typischen Vier-Personen-Haushalt bis zu 60% der Energie für die Warmwassergewinnung einsparen. Dieser Fall liegt auch häufig in der StädteRegion vor, gilt jedoch nicht grundsätzlich. Um eine realistische Abschätzung vornehmen zu können, wurden die mittleren Werte über alle Gebäude verwendet und wiederum in zwei Klassen unterteilt (20% - 30%), da nicht jeder Gebäudetyp eine Substitution von bis 60% der benötigten Energie zur Warmwassergewinnung generieren kann. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse auf kommunaler Ebene zeigt die Tabelle 10.

	Ale Bereiche Gesamt				
	Bereich Warmwasser- unterstützung	MWh	Fläche m ²	Substituierbare Endenergie MWh	CO2 Einsparungen t/a
Cluster 20% Deckung	Alsdorf	7.287	20.821	8.188	1.936
	Baesweiler	4.571	13.061	5.136	1.214
	Eschweiler	9.439	26.969	10.606	2.507
	Herzogenrath	8.419	24.054	9.459	2.236
	Monschau	2.770	7.914	3.112	736
	Roetgen	1.807	5.163	2.030	480
	Simmerath	3.297	9.420	3.705	876
	Stolberg	10.203	29.151	11.464	2.710
	Würselen	6.538	18.681	7.346	1.737
	Summe Kommunen	54.332	155.233	61.047	14.431
Cluster 30% Deckung	Alsdorf	10.931	31.231	12.282	2.903
	Baesweiler	6.857	19.591	7.704	1.821
	Eschweiler	14.159	40.453	15.909	3.761
	Herzogenrath	12.628	36.081	14.189	3.354
	Monschau	4.155	11.871	4.668	1.104
	Roetgen	2.711	7.745	3.046	720
	Simmerath	4.946	14.130	5.557	1.314
	Stolberg	15.304	43.726	17.196	4.065
	Würselen	9.807	28.021	11.020	2.605
	Summe Kommunen	81.497	232.850	91.570	21.646

Tabelle 10: Gesamtpotenzial im Bereich Warmwasserunterstützung (EEB)

Um die Bedeutung der Potenziale der Kommunen anschaulicher zu machen zeigt Abbildung 44 die in Tabelle 10 gegebenen Werte nochmals grafisch (bei 20% Deckungsgrad). Die hier abgebildeten Prozentangaben geben an, wie sich das Wärmepotenzial (54 GWh) für Wasseraufbereitung auf die Kommunen verteilt.

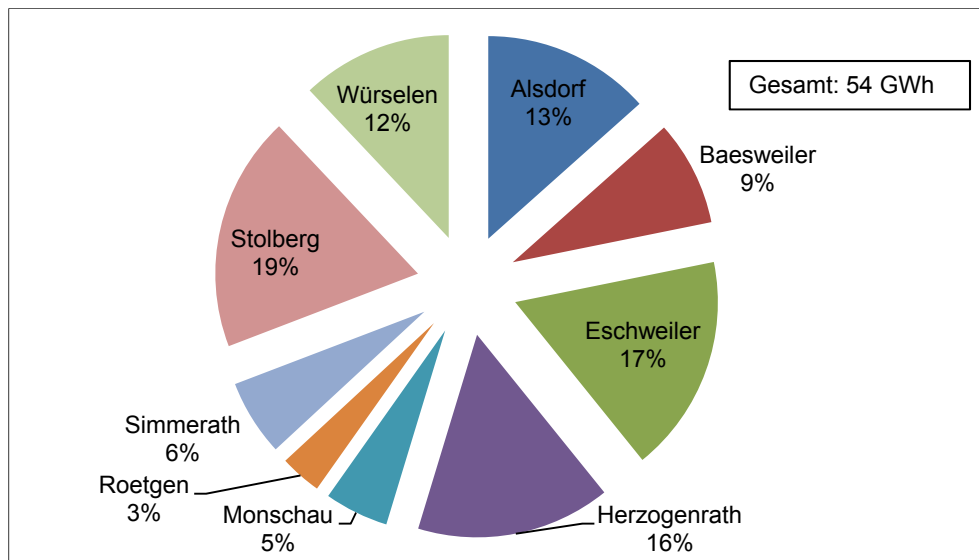


Abbildung 44: Wärmepotenzial für Warmwasserunterstützung bei 20% DG (EEB)

Öffentliche Gebäude

Im Bereich „öffentliche Gebäude“ bestehen für die Kommunen unmittelbare Einflussmöglichkeiten für die meisten Gebäude, beispielsweise indem eigene Liegenschaften auf Solarthermie umgerüstet und somit die Warmwasseraufbereitung durch fossile Brennstoffe teilweise ersetzt werden. Insgesamt existiert auf öffentlichen Gebäuden der Kommunen bei 20% De-

ckungsgrad für die Warmwasseraufbereitung ein Potenzial von 1.500 MWh bzw. eine Potenzialfläche von über 4.000 m² für Solarthermie. Wenn dieses vollständig erschlossen werden würde, wäre eine Einsparung von ca. 400 t CO₂ je Jahr möglich. Die Ergebnisse jeder Kommune können Tabelle 11 entnommen werden.

Potenzial der Solarthermie im Bereich Warmwasserunterstützung		öffentliche Gebäude						
Angaben in MWh								
Grad der Deckung	Kommune	Sporthalle	Schulen	Bibliothek/Bücherei Bildungs-u.Forschungseinr. Festsaal Gericht Kindergarten öffentliche Verw. allg. Rathaus Verwaltungsgeb./ Bürogebäude	Gesamt	Fläche m ²	Substituierbare Endenergie MWh	CO ₂ Einsparungen t/a
Cluster 20% Deckung	Alsdorf	1	117	46	163	466	183	43
	Baesweiler	3	149	27	179	512	201	48
	Eschweiler	22	149	83	253	723	284	67
	Herzogenrath	8	140	79	227	648	255	60
	Monschau	3	63	8	74	212	84	20
	Roetgen	6	4	13	23	66	26	6
	Simmerath	8	82	42	132	377	148	35
	Stolberg	4	177	145	326	933	367	87
	Würselen	7	67	56	130	371	146	35
	Summe Kommunen	61	948	499	1.508	4.309	1.695	401
Cluster 30% Deckung	Alsdorf	1	175	69	245	700	275	65
	Baesweiler	4	224	40	269	768	302	71
	Eschweiler	32	223	124	380	1.085	427	101
	Herzogenrath	11	210	119	340	972	382	90
	Monschau	4	95	13	112	319	125	30
	Roetgen	9	6	20	35	99	39	9
	Simmerath	12	123	63	198	565	222	53
	Stolberg	7	266	217	490	1.399	550	130
	Würselen	11	100	84	195	557	219	52
	Summe Kommunen	91	1.423	749	2.262	6.464	2.542	601

Tabelle 11: Potenzial im Bereich Warmwasserunterstützung „öffentliche Gebäude“ (EEB)

An dieser Stelle muss gleichwohl erwähnt werden, dass öffentliche Gebäuden durch einen sehr geringen Warmwasserbedarf gezeichnet sind, weshalb das obige Potenzial als theoretisches anzusehen ist, zumal der geringe Warmwasserbedarf im Einzelfall durch dezentrale Wasserbereiter zur Verfügung gestellt werden kann. Ausnahmen bilden Bäder und Freibäder, bei denen eine detaillierte Untersuchung notwendig ist, um abschätzen zu können, ob der Warmwasserbedarf einer Menge entspricht, die es ermöglicht, eine solarthermische Anlage wirtschaftlich zu betreiben. Allgemein erscheint dieses Potenzial jedoch sehr gering, da der Großteil der Bäder an die Fernwärme angeschlossen oder KWK versorgt sind. Beispiele wären hier u.a. das Aquana in Würselen, die Sportzentren Eschweiler und Baesweiler und die Schwimmhalle in Kohlscheid. Die meisten Freibäder haben die Möglichkeiten einer kostengünstigen Wärmeversorgung durch Solarthermie früh erkannt und nutzen diese bereits.

Einige Kommunen haben im Bereich Warmwasser durch Solarthermie in Turnhallen bereits Erfahrungen sammeln können. Letztlich ist man aber in vielen Fällen zu dem Schluss gekommen, dass eine solche Investition nicht wirtschaftlich abbildbar ist, da weniger Warmwasser genutzt wurde als in die Berechnungen als Grundlage einging. Gewisses Potenzial kann hingegen beispielsweise den Feuerwehrwachen in der Region bescheinigt werden, da hier regelmäßiger Aufenthalt stattfindet und der Nutzung entsprechende Warmwasserverbräuche existieren. Für die StädteRegion Aachen konnte insgesamt nur ein geringes theore-

tisches Potenzial ermittelt werden. Es wird daher empfohlen, die Einzelfälle hinsichtlich des Potenzials konkreter zu untersuchen, zumal die Anzahl in den Kommunen überschaubar ist.

Der nächste Bereich bezieht sich auf Gebäude, die als Nutzungstyp ausschließlich „Nur Wohnen“ vorsehen. Das Potenzial hier beläuft sich auf ca. 18 GWh bzw. 27 GWh bei einem Deckungsgrad von 20% bzw. 30% der zu erzeugenden Energie. Klimaschädliche CO₂-Emissionen könnten bei 30% Deckungsgrad um ca. 5.600 t/a reduziert werden (siehe Tabelle 12).

Potenzial der Solarthermie im Bereich Warmwasserunterstützung		Nur Wohnen						
Angaben in MWh			Kleine Gebäude	Große Gebäude				
Grad der Deckung	Kommune	Seniorenwohnheim Seniorenwohnhaus	Reihenhaus Doppelhäuser Einzelhäuser Wohnblöcke Gruppenhaus Wohnblock in geschl. BW Wohngebäude (nicht OS 131) Wohnhaus allg. Wohnhaus in Reihe	Hochhaus	Gesamt	Fläche m ²	Substituierbare Endenergie MWh	CO ₂ Einsparungen t/a
Cluster 20% Deckung	Alsdorf	0	2.365	0	2.365	6.756	2.657	628
	Baesweiler	0	1.253	14	1.266	3.619	1.423	336
	Eschweiler	57	3.253	42	3.352	9.577	3.766	890
	Herzogenrath	24	2.850	23	2.896	8.275	3.254	769
	Monschau	0	808	0	808	2.308	908	215
	Roetgen	9	516	0	524	1.498	589	139
	Simmerath	0	792	0	792	2.262	890	210
	Stolberg	0	3.977	0	3.977	11.363	4.469	1.056
	Würselen	39	2.302	0	2.341	6.688	2.630	622
	Summe Kommunen	128	18.115	78	18.321	52.347	20.586	4.866
Cluster 30% Deckung	Alsdorf	0	3.547	0	3.547	10.134	3.985	942
	Baesweiler	0	1.879	20	1.900	5.428	2.135	505
	Eschweiler	86	4.879	63	5.028	14.365	5.649	1.335
	Herzogenrath	36	4.275	34	4.345	12.413	4.881	1.154
	Monschau	0	1.212	0	1.212	3.462	1.362	322
	Roetgen	13	774	0	787	2.247	884	209
	Simmerath	0	1.188	0	1.188	3.393	1.334	315
	Stolberg	0	5.966	0	5.966	17.045	6.703	1.585
	Würselen	58	3.454	0	3.511	10.033	3.945	933
	Summe Kommunen	192	27.172	118	27.482	78.520	30.879	7.299

Tabelle 12: Potenzial im Bereich Warmwasserunterstützung „Nur Wohnen“ (EEB)

Der Bereich mit dem größten Potenzial ist die „Mischnutzung“. Hier könnten bis 51 GWh solare Wärme gewonnen und gegen fossile Brennstoffträger ausgetauscht werden. Dies würde eine effektive CO₂-Einsparung von bis zu 14.000 t je Jahr ausmachen und damit einen deutlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Eine Übersicht der Ergebnisse gibt Tabelle 13.

Potenzial der Solarthermie im Bereich Warmwasserunterstützung		Mischnutzung					
Angaben in MWh		kleine Gebäude	Große Gebäude				
Grad der Deckung	Kommune	Mischnutzung Wohnen & Gebäude für: Handel und Dienstleistungen Handel allgemein Gewerbe und Industrie Gebäudetyp: Alle Gebäude ohne HH	Mischnutzung Wohnen & Gebäude für: Handel und Dienstleistungen Handel allgemein Gewerbe und Industrie Gebäudetyp: Hochhaus	Gesamt	Fläche m ²	Substituierbare Endenergie MWh	CO ₂ Einsparungen t/a
Cluster 20% Deckung	Alsdorf	4.760	0	4.760	13.599	5.348	1.264
	Baesweiler	3.126	0	3.126	8.930	3.512	830
	Eschweiler	5.802	32	5.834	16.669	6.555	1.550
	Herzogenrath	5.286	9	5.296	15.130	5.950	1.407
	Monschau	1.888	0	1.888	5.394	2.121	501
	Roetgen	1.260	0	1.260	3.599	1.415	335
	Simmerath	2.374	0	2.374	6.782	2.667	630
	Stolberg	5.887	13	5.899	16.855	6.628	1.567
	Würselen	4.037	30	4.067	11.621	4.570	1.080
	Summe Kommunen	34.418	84	34.502	98.577	38.766	9.164
Cluster 30% Deckung	Alsdorf	7.139	0	7.139	20.398	8.022	1.896
	Baesweiler	4.688	0	4.688	13.395	5.268	1.245
	Eschweiler	8.703	48	8.751	25.003	9.833	2.324
	Herzogenrath	7.929	14	7.943	22.695	8.925	2.110
	Monschau	2.832	0	2.832	8.090	3.182	752
	Roetgen	1.889	0	1.889	5.398	2.123	502
	Simmerath	3.560	0	3.560	10.172	4.000	946
	Stolberg	8.830	19	8.849	25.282	9.942	2.350
	Würselen	6.056	45	6.101	17.432	6.855	1.620
	Summe Kommunen	51.627	126	51.753	147.866	58.150	13.746

Tabelle 13: Potenzial im Bereich Warmwasserunterstützung „Mischnutzung“ (EEB)

Kommunen sollten an den Stellen ansetzen, zu denen sie einen direkten Bezug haben. Dies sind in erster Linie eigene Liegenschaften. Auf die Mehrheit der hier untersuchten Gebäude haben die Kommunen keinen direkten Zugang, um auf die Art der Heizung Einfluss nehmen zu können (Gebäude in privater Hand). Hier kann jedoch durch Informationsarbeit gezielt auf die Gebäudeeigner eingewirkt werden. Versteckte Potenziale im Sinne, dass es „die“ Liegenschaft schlechthin gibt existieren nicht. Vielmehr ist prinzipiell jedes Gebäude geeignet, muss aber die entsprechenden Voraussetzungen mitbringen, um für die Solarthermie in Frage zu kommen.

3.3.1.4 Potenzial im Bereich der Heizungsunterstützung

Eine solarthermische Anlage kann nicht nur zur reinen Warmwasseraufbereitung genutzt werden, sondern auch zur Unterstützung der gesamten Heizungsanlage. Hierbei trägt dann die Wärme der Sonne einen nicht unerheblichen Anteil an der Deckung des gesamten Wärmebedarfs, der sonst mit fossilen Brennstoffen hätte gewährleistet werden müssen. Um eine bessere Übersicht des vorgefundenen Potenzials zu generieren, wurden auch hier, wie im Bereich der Warmwassergewinnung, unterschiedliche Cluster des Deckungsgrades abgebildet. So kann aufgezeigt werden, welches recht große Potenzial die Solarthermie bei der Heizungsunterstützung bietet. Es wird jedoch darauf verwiesen, dass es sich hierbei um das theoretische Potenzial handelt. Der Ausbaupfad selber wird zu einem Mittel aller Deckungsgrade führen und hängt wesentlich von der zukünftigen Förderung dieser Technologie ab. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass je nach Höhe des Heizwärmebedarfs unterschiedliche Deckungsanteile erreicht werden können. In gut isolierten Gebäuden ist es möglich bis zu 30% des gesamten Bedarfs mit Solarthermie zu decken. Bei Gebäuden im Bestand ohne effektive Wärmedämmung kann dieser Wert auf 10% bis 20% absinken. Beach-

tet werden muss aber auch, dass bei gleichzeitiger Modernisierung der Anlage die Einsparungen durchaus höher liegen können (Oberzig, 2012).

Im Bereich Neubau kann ein ganzheitliches System von Beginn an konzipiert werden während im Bestand Installationen bereits vorhanden sind, die nicht unter den Gesichtspunkten einer nachträglichen Solarthermienutzung gebaut wurden. Ein zu planendes System muss daher an die örtlichen Bedingungen angepasst werden. Da dies in den meisten Fällen nicht möglich ist, muss sogar von einer kompletten Erneuerung ausgegangen werden (Schulz & Westkämpfer, 2013).

Im betrachteten Bereich der Heizungsunterstützung steigen die Potenziale an, da hier der gesamte Energieverbrauch des Gebäudes zugrunde gelegt wird und so anteilig mehr substituiert werden kann, gleichwohl der relative Deckungsgrad kleiner sein kann als bei der Warmwassergewinnung.

Wie eingangs erwähnt, sind Deckungsgrade mit bis zu 30% möglich, wenn gleich dies nur im Neubausektor oder nach umfassenden Sanierungen an der Gebäudehülle erreicht werden kann. Da es sich bei diesem Konzept jedoch um einen Ausblick in die Zukunft handelt, wurden für alle analysierbaren Bereiche auch die entsprechenden Cluster angewendet. So kann sichergestellt werden, dass auch Potenziale, die nach heutigen Maßstäben evtl. noch nicht erschließbar sind, trotzdem abgebildet werden.

In diesem Abschnitt wurde wieder die Einteilung „öffentliche Liegenschaften“, „Nur Wohnen“ und „Mischnutzung“ gewählt, um einzelne Typen und Nutzungsarten darzustellen. Im Bereich der öffentlichen Gebäude können nach vorsichtigen Schätzungen bis 10% der gesamten Energie durch eine solarthermische Anlage zur Verfügung gestellt werden. Auf öffentlichen Liegenschaften in der StädteRegion Aachen könnten rund 12 GWh solare Wärme genutzt werden, was einer eingesparten Endenergie von rund 13 GWh entsprechen würde, mit der Möglichkeit ca. 3.000 t des klimaschädlichen CO₂ im Jahr einzusparen. Bei zukünftig höheren Deckungsgraden sind die Einsparungen entsprechend größer (siehe Tabelle 14).

Grad der Deckung	Kommune	Nutzungstyp						
		öffentliche Gebäude						
		MWh	MWh	MWh				
				Bibliothek/Bücherei Bildungs- u.Forschungseinr. Festsaal Gericht Kindergarten öffentliche Verw. allg. Rathaus Verwaltungsgeb./ Bürogebäude	Gesamt MWh	Fläche m ²	Substituierbare Endenergie MWh	CO2 Einsparungen t/a
Cluster 10% Deckungsgrad	Alsdorf	4	858	370	1.233	3.522	1.385	327
	Baesweiler	15	1.065	213	1.293	3.695	1.453	344
	Eschweiler	116	1.097	707	1.920	5.485	2.157	510
	Herzogenrath	41	969	594	1.605	4.585	1.803	426
	Monschau	14	471	69	553	1.581	622	147
	Roetgen	32	30	106	169	482	189	45
	Simmerath	51	563	445	1.058	3.024	1.189	281
	Stolberg	27	1.293	1.536	2.856	8.161	3.209	759
	Würselen	41	503	424	967	2.763	1.087	257
	Summe Kommunen	342	6.849	4.463	11.655	33.299	13.095	3.095
Cluster 20% Deckungsgrad	Alsdorf	8	1.717	740	2.465	7.043	2.770	655
	Baesweiler	31	2.130	426	2.587	7.391	2.907	687
	Eschweiler	231	2.194	1.415	3.840	10.971	4.314	1.020
	Herzogenrath	83	1.939	1.187	3.209	9.169	3.606	852
	Monschau	28	942	137	1.107	3.162	1.244	294
	Roetgen	65	60	212	337	963	379	90
	Simmerath	102	1.126	889	2.117	6.048	2.379	562
	Stolberg	54	2.587	3.072	5.713	16.322	6.419	1.517
	Würselen	82	1.005	848	1.934	5.527	2.174	514
	Summe Kommunen	684	13.699	8.927	23.309	66.598	26.190	6.191
Cluster 30% Deckungsgrad	Alsdorf	13	2.575	1.110	3.698	10.565	4.155	982
	Baesweiler	46	3.195	639	3.880	11.086	4.360	1.031
	Eschweiler	347	3.291	2.122	5.760	16.456	6.472	1.530
	Herzogenrath	124	2.908	1.781	4.814	13.754	5.409	1.279
	Monschau	42	1.412	206	1.660	4.743	1.865	441
	Roetgen	97	91	318	506	1.445	568	134
	Simmerath	153	1.689	1.334	3.175	9.073	3.568	843
	Stolberg	80	3.880	4.609	8.569	24.483	9.628	2.276
	Würselen	123	1.508	1.271	2.902	8.290	3.260	771
	Summe Kommunen	1.026	20.548	13.390	34.964	99.897	39.285	9.286

Tabelle 14: Potenzial im Bereich Heizungsunterstützung „öffentliche Gebäude“ (EEB)

Im Segment „Nur Wohnen“ ist durchaus realistischer 20% der benötigten Energie durch Solarthermie zu decken. Besonders hervorzuheben sind die einzeln aufgeführten Seniorenwohnheime und Seniorenwohnhäuser, welche sich durch ihre Abnahmestruktur ähnlich gut wie bei der Warmwasserunterstützung eignen.

Insgesamt ließen sich bei einem Deckungsgrad von 20% rund 123 GWh solares Potenzial gewinnen, was im Gegenzug in CO₂-Einsparungen von rund 33.000 t im Jahr resultieren würde. Die gesamten Ergebnisse sind Tabelle 15 entnehmbar.

Nutzungstyp									
Nur Wohnen									
		MWh	kleine Gebäude MWh	Große Gebäude MWh					
Grad der Deckung	Kommune	Seniorenwohnheim Seniorenwohnhaus	Reihenhäuser Doppelhäuser Einzelhäuser Wohnblöcke Gruppenhaus Wohnblock in geschl. BW Wohngebäude (nicht OS 131) Wohnhaus allg. Wohnhaus in Reihe	Hochhaus	Gesamt MWh	Fläche m²	Substituierbare Endenergie MWh	CO2 Einsparungen t/a	
Cluster 10% Deckungsgrad	Alsdorf	0	7.980	0	7.980	22.800	8.966	2.119	
	Baesweiler	0	4.186	38	4.224	12.067	4.746	1.122	
	Eschweiler	185	11.042	123	11.350	32.429	12.753	3.015	
	Herzogenrath	71	9.301	65	9.437	26.962	10.603	2.506	
	Monschau	0	2.824	0	2.824	8.069	3.173	750	
	Roetgen	27	1.741	0	1.768	5.051	1.987	470	
	Simmerath	0	2.685	0	2.685	7.672	3.017	713	
	Stolberg	0	13.418	0	13.418	38.337	15.076	3.564	
	Würselen	109	7.821	0	7.930	22.658	8.910	2.106	
	Summe Kommunen	392	60.997	226	61.615	176.044	69.231	16.365	
Cluster 20% Deckungsgrad	Alsdorf	0	15.960	0	15.960	45.600	17.933	4.239	
	Baesweiler	0	8.371	76	8.447	24.134	9.491	2.244	
	Eschweiler	370	22.083	246	22.700	64.857	25.506	6.029	
	Herzogenrath	142	18.602	129	18.873	53.923	21.206	5.013	
	Monschau	0	5.648	0	5.648	16.138	6.346	1.500	
	Roetgen	54	3.482	0	3.536	10.103	3.973	939	
	Simmerath	0	5.370	0	5.370	15.343	6.034	1.426	
	Stolberg	0	26.836	0	26.836	76.674	30.153	7.128	
	Würselen	218	15.642	0	15.860	45.315	17.821	4.213	
	Summe Kommunen	784	121.995	451	123.231	352.088	138.461	32.730	
Cluster 30% Deckungsgrad	Alsdorf	0	23.940	0	23.940	68.400	26.899	6.358	
	Baesweiler	0	12.557	114	12.671	36.202	14.237	3.365	
	Eschweiler	556	33.125	370	34.050	97.286	38.258	9.044	
	Herzogenrath	213	27.903	194	28.310	80.885	31.809	7.519	
	Monschau	0	8.472	0	8.472	24.207	9.520	2.250	
	Roetgen	81	5.223	0	5.304	15.154	5.960	1.409	
	Simmerath	0	8.055	0	8.055	23.015	9.051	2.139	
	Stolberg	0	40.254	0	40.254	115.011	45.229	10.691	
	Würselen	327	23.463	0	23.791	67.973	26.731	6.319	
	Summe Kommunen	1.177	182.992	677	184.846	528.132	207.692	49.096	

Tabelle 15: Potenzial im Bereich Heizungsunterstützung „Nur Wohnen“ (EEB)

Der letzte betrachtete Bereich ist der der Mischnutzung von Gewerbe, Industrie, Handel und Wohnen. Dieser ist auch hier der mit dem größten Potenzial bzgl. Solarthermie verbundene. Allerdings ist die Umsetzung einer solarthermischen Heizungsunterstützung hier durch die sehr heterogene Nutzerstruktur als schwierig anzusehen. Daher stehen hier „nur“ realistische Deckungsgrade von bis zu 10% im Vordergrund. Schon allein dieses Ziel umzusetzen kann jedoch als sehr ambitioniert angesehen werden. Für die Analyse konnten aufgrund der Datenlage Einzelgewerbeflächen nicht erfasst werden, weshalb hier im Einzelfall die Kommunen die Gewerbefläche genauer auf Eignung prüfen bzw. eine Prüfung anregen müssten, um etwaige Potenziale konkret zu ermitteln.

Ausgehend von einem Deckungsgrad von 10% kann solares Potenzial von 169 GWh erfasst werden. Somit sind hier große Einsparungen bei der CO₂-Emission möglich (45.000t/a, siehe Ergebnis Tabelle 16).

Nutzunstyp							
Mischnutzung							
Grad der Deckung	Kommune	kleine Gebäude MWh	Große Gebäude MWh	Gesamt MWh	Fläche m ²	Substituierbare Endenergie MWh	CO ₂ Einsparungen t/a
		Mischnutzung Wohnen & Gebäude für: Handel und Dienstleistungen Handel allgemein Gewerbe und Industrie	Mischnutzung Wohnen & Gebäude für: Handel und Dienstleistungen Handel allgemein Gewerbe und Industrie				
		Gebäudetyp: Alle Gebäude ohne HH	Gebäudetyp: Hochhaus				
Cluster 10% Deckungsgrad	Alsdorf	22.633	0	22.633	64.666	25.430	6.011
	Baesweiler	15.227	0	15.227	43.506	17.109	4.044
	Eschweiler	29.376	101	29.478	84.222	33.121	7.829
	Herzogenrath	24.140	30	24.170	69.057	27.157	6.420
	Monschau	10.089	0	10.089	28.825	11.336	2.680
	Roetgen	6.102	0	6.102	17.435	6.856	1.621
	Simmerath	12.507	0	12.507	35.735	14.053	3.322
	Stolberg	28.279	37	28.316	80.903	31.816	7.521
	Würselen	20.661	102	20.763	59.322	23.329	5.515
	Summe Kommunen	169.015	270	169.285	483.671	190.208	44.962
Cluster 20% Deckungsgrad	Alsdorf	45.266	0	45.266	129.331	50.861	12.023
	Baesweiler	30.454	0	30.454	87.013	34.219	8.089
	Eschweiler	58.752	203	58.955	168.443	66.242	15.659
	Herzogenrath	48.279	60	48.340	138.114	54.314	12.839
	Monschau	20.178	0	20.178	57.651	22.672	5.359
	Roetgen	12.204	0	12.204	34.870	13.713	3.242
	Simmerath	25.015	0	25.015	71.470	28.106	6.644
	Stolberg	56.558	74	56.632	161.806	63.632	15.042
	Würselen	41.322	203	41.525	118.643	46.657	11.029
	Summe Kommunen	338.030	540	338.570	967.342	380.415	89.925
Cluster 30% Deckungsgrad	Alsdorf	67.899	0	67.899	193.997	76.291	18.034
	Baesweiler	45.682	0	45.682	130.519	51.328	12.133
	Eschweiler	88.129	304	88.433	252.665	99.363	23.488
	Herzogenrath	72.419	90	72.510	207.170	81.472	19.259
	Monschau	30.267	0	30.267	86.476	34.007	8.039
	Roetgen	18.307	0	18.307	52.305	20.569	4.862
	Simmerath	37.522	0	37.522	107.206	42.159	9.966
	Stolberg	84.838	111	84.948	242.710	95.448	22.562
	Würselen	61.983	305	62.288	177.965	69.986	16.544
	Summe Kommunen	507.044	810	507.854	1.451.013	570.623	134.887

Tabelle 16: Potenzial im Bereich Heizungsunterstützung „Mischnutzung“ (EEB)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Bereich Solarthermie mit den Unterbereichen Warmwasserunterstützung und Heizungsunterstützung prinzipiell ein recht großes Potenzial besitzt, auch wenn eine konkrete Umsetzung von Projekten durch den individuellen Charakter der Anlagen von Fall zu Fall unterschiedlich komplex ausfällt. Es konnte aber gezeigt werden, dass grundsätzliches Potenzial auch in der StädteRegion Aachen vorhanden ist und die Kommunen mit den eigenen Liegenschaften, bei gegebener Wirtschaftlichkeit, einen Beitrag zum Klimaschutz leisten können.

3.3.1.5 Solarthermie und Prozesswärme/Prozesskälte

Im Bereich der Prozesswärme durch Solarthermie sehen die Gutachter Potenziale in der StädteRegion Aachen. Aufgrund der vorliegenden Datenlage konnte jedoch keine spezifischen Potenziale für einzelne Gebäude ermittelt werden. Daher verbleibt diese Studie mit allgemeinen Ausführungen zur solaren Prozesswärme und verweist auf die einzelnen Akteu-

re innerhalb des Industrie und Gewerbebereichs. Da den Kommunen exakte Daten, zumindest über die Existenz von Industrie und Gewerbetunden vorliegen, sind diese angehalten auf diese zu zugehen und Informationsarbeit bezüglich der Solarthermie zu leisten.

Wie auch im Bereich der Wohnnutzung sind die Potenziale der Solarthermie im Bereich der Prozesswärme recht hoch. Ungefähr 30 Prozent des industriellen Wärmebedarfs hat eine Temperaturanforderung von unter 100°C (SPRRO, 2013).

Die Wirtschaftlichkeit könnte bei folgenden Bedingungen gegeben sein (ebd.):

- eine Prozesstemperatur von unter 80°C über das ganze Jahr hinweg benötigt wird,
- keine Abwärme aus anderen Prozessen genutzt werden kann,
- teure Energieträger wie Heizöl oder Strom bisher Hauptenergieträger sind und
- geeignete Fördermittel zur Verfügung stehen.

Dies betrifft vor allem folgende Industrieprozesse, welche gute technische und ökonomische Voraussetzungen liefern:

- Erhitzen von Frischwasser für Reinigungsprozesse
- Beheizen industrieller Bäder
- Trocknung mit Heißluft
- Vorerwärmung von Kesselzusatzwasser für Dampfnetze
- Erhitzung von Heißwasser als Rohmaterial

Wie in allen anderen Bereichen auch bestehen gewisse weitere Voraussetzungen, ohne die eine Wirtschaftlichkeit evtl. nicht zustande kommt oder gefährdet ist. Zu klären ist daher im Rahmen einer kurzen Checkliste ob:

- Prozesswärme mit einem Niveau von unter 100°C oder Prozesskälte benötigt wird
- Ausreichend Fläche (Dach-/Fassaden-/Frei-) zur Verfügung steht
- auch während der Sommerperiode nennenswerte nachgefragte Energiemengen für Prozesswärme oder Prozesskälte existieren

Wenn diese Annahmen zutreffen, wird eine weitergehende Untersuchung des Betriebes empfohlen.

3.3.1.6 Zubau und Anteil der Solarthermie am Gesamtwärmemarkt

Um abschätzen zu können wie sich der Ausbau im Bereich der Solarthermie weiterentwickelt, können für eine erste Annäherung die Zubauraten der letzten Jahre herangezogen werden. Unter der Annahme, dass sich die Förderbedingungen und Anlagenpreise nicht wesentlich ändern, folgt der Ausbau dem Trend, den Abbildung 45 zeigt. Daraus abzuleiten ist ein eher rückläufiger Zubautrend. Auch eine Anpassung der Anlagenpreise steht derzeit nicht in Aussicht. Die hohen Zubauraten von über 10% resultieren vornehmlich aus den recht kleinen Werten ab dem Jahr 2000 bzw. dem relativ kleinen Anteil der Solarthermie innerhalb

der Erneuerbaren Energien. Zu bedenken ist aber auch der bestehende Förderstopp für Anlagen zur ausschließlichen Warmwasserbereitung (Ausnahme nur bei Innovationsförderung).

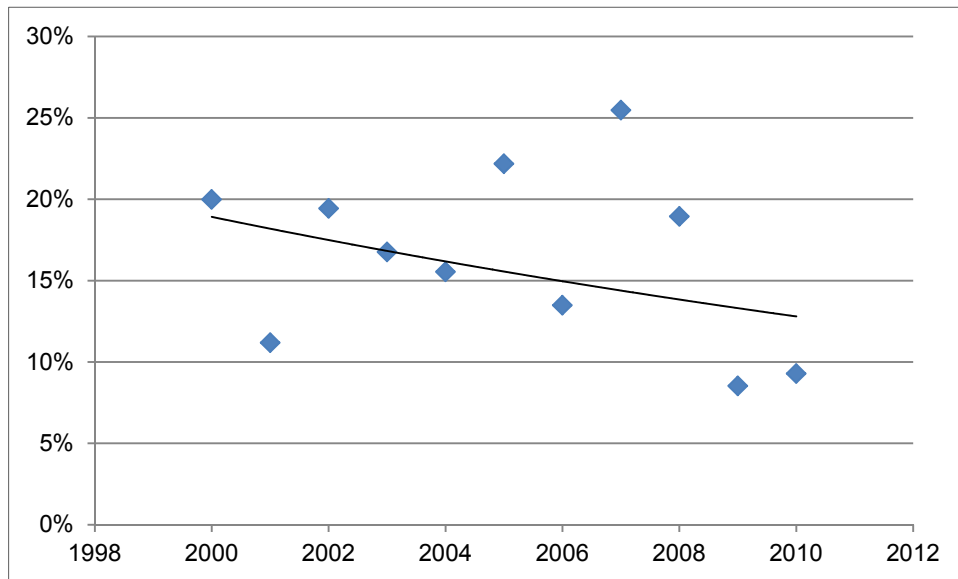


Abbildung 45: Flächenzubau Solarthermie im Modellraum – Veränderung zum Vorjahr (EEB)

Die Verlangsamung des Trends beim Ausbau der Solarthermie führt u.a. dazu, dass das theoretische Potenzial bis 2020 bzw. 2030 nicht umgesetzt werden kann. Das Ausbauziel, welches letztlich durch die Kommune bestimmt wird, hängt im Wesentlichen von der Umsetzbarkeit einer Anlage ab, was wiederum stark mit der verfügbaren Förderung, den Anlagenpreisen und den Energiepreisen korreliert. Zusätzlich kann festgehalten werden, dass das wirtschaftliche bzw. machbare Potenzial aufgrund des individuellen Charakters eines jeden Gebäudes deutlich kleiner ausfällt, wenngleich dies nicht darstellbar ist.

Gesamtbetrachtung

Das in Tabelle 17 dargestellte Potenzial soll in den Kontext des gesamten Wärmebedarfs der StädteRegion Aachen gebracht werden. Dazu bedarf es folgender Annahmen, die sich an die eingangs gemachten anlehnen. Allgemein wird vom Beispiel der Heizungsunterstützung ausgegangen, da diese Technologie nach wie vor gefördert wird und als zukunftssträchtigste erscheint. Die reine Warmwasserunterstützung kommt nur noch am Rande vor und wird lediglich als innovative Technologie noch durch das BAFA gefördert. Dies bedeutet, dass noch große Anlagen (20m² bis 100m² Kollektorfläche) gefördert werden, die mindestens 3 Wohneinheiten beliefern, oder bei Nichtwohngebäuden mindestens 500m² Nutzfläche mit Wärme versorgen. Somit entfällt die Förderung für reine Warmwassergewinnung bei kleinen Anlagen (BAFA, 2014) während der Fokus der Förderung auf der bereits erwähnten Heizungsunterstützung liegt.

Als möglicher Deckungsgrad wird für den Bereich „Öffentliche Gebäude“ 10% angenommen, während bei der ausschließlichen Wohnnutzung von 20% und bei der Mischnutzung von 10% Deckungsgrad ausgegangen wird. Insgesamt würde dies ein Potenzial (theoretisch) von 304 GWh solarer Wärme oder 342 GWh substituierte Endenergie darstellen und den Anteil der Solarthermie von heute (2013) 8 GWh bis zum hier angenommen theoretischen Potenzial von 304 GWh erhöhen, wie u.a. Tabelle 17 zeigt.

System: Heizungsunterstützung				
Öffentliche Gebäude (DG=10%)	Solarthermisches Potenzial	Solarthermische Fläche	Eingesparte Endenergie	Eingespartes CO ₂
DG= Deckungsgrad	GWh	m ²	GWh	t/a
Alsdorf	1	3.522	1	327
Baesweiler	1	3.695	1	344
Eschweiler	2	5.485	2	510
Herzogenrath	2	4.585	2	426
Monschau	1	1.581	1	147
Roetgen	0,2	482	0,2	45
Simmerath	1	3.024	1	281
Stolberg	3	8.161	3	759
Würselen	1	2.763	1	257
Gesamt Öffentliche Geb.	12	33.299	13	3.095
Nur Wohnen (DG = 20%)	Solarthermisches Potenzial	Solarthermische Fläche	Eingesparte Endenergie	Eingespartes CO ₂
DG= Deckungsgrad	GWh	m ²	GWh	t/a
Alsdorf	16	45.600	18	4.239
Baesweiler	8	24.134	9	2.244
Eschweiler	23	64.857	26	6.029
Herzogenrath	19	53.923	21	5.013
Monschau	6	16.138	6	1.500
Roetgen	4	10.103	4	939
Simmerath	5	15.343	6	1.426
Stolberg	27	76.674	30	7.128
Würselen	16	45.315	18	4.213
Gesamt Nur Wohnen	123	352.088	138	32.730
Mischnutzung (DG=10%)	Solarthermisches Potenzial	Solarthermische Fläche	Eingesparte Endenergie	Eingespartes CO ₂
DG= Deckungsgrad	GWh	m ²	GWh	t/a
Alsdorf	23	64.666	25	6.011
Baesweiler	15	43.506	17	4.044
Eschweiler	29	84.222	33	7.829
Herzogenrath	24	69.057	27	6.420
Monschau	10	28.825	11	2.680
Roetgen	6	17.435	7	1.621
Simmerath	13	35.735	14	3.322
Stolberg	28	80.903	32	7.521
Würselen	21	59.322	23	5.515
Gesamt Mischnutzung	169	483.671	190	44.962
Gesamt über alle Bereiche	304	869.058	342	80.788

Tabelle 17: Gesamtes Potenzial der Heizungsunterstützung durch Solarthermie (EEB)

Die in Tabelle 17 aufgeführten Werte sind eine Zusammenfassung der vorhergehenden Betrachtungen. In Relation zum gesamten Wärmebedarf der StädteRegion Aachen bedeutet ein theoretisch möglicher Anteil der Solarthermie von ca. 304 GWh gemessen an der derzeitigen solarthermischen Erträgen von 8 GWh eine Vervielfachung, womit dann bereits rund 10% des Wärmebedarfs gedeckt werden könnten, wenn das obige theoretische Potenzial erreicht werden würde.

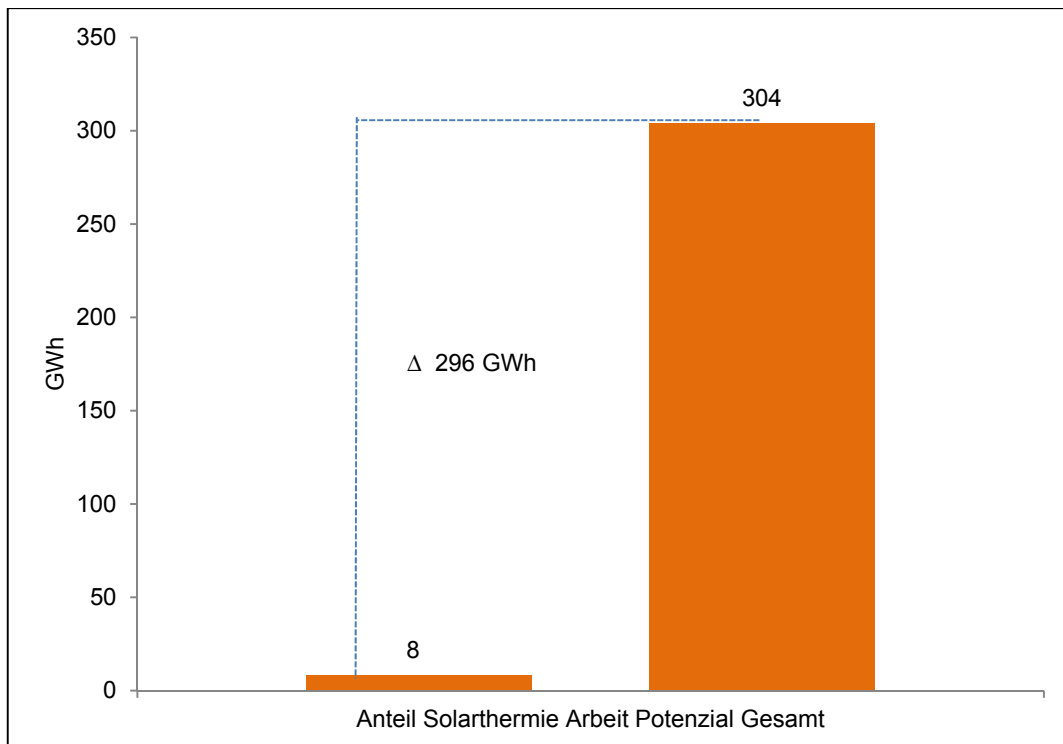


Abbildung 46: Solarthermische Wärme 2013 ggü. theor. Potenzial (EEB)

Um den Stellenwert der Solarthermie richtig einschätzen zu können, kann die Relation zum gesamten Wärmebedarf des Modellraums hergestellt werden. Es zeigt sich, dass bei der aufgezeigten Vervielfachung der Solarthermie, also der vollständigen Verwendung aller Möglichkeiten der Solarthermienutzung, ein großer Beitrag zur Wärmeversorgung geleistet werden kann, wie Abbildung 47 zeigt.

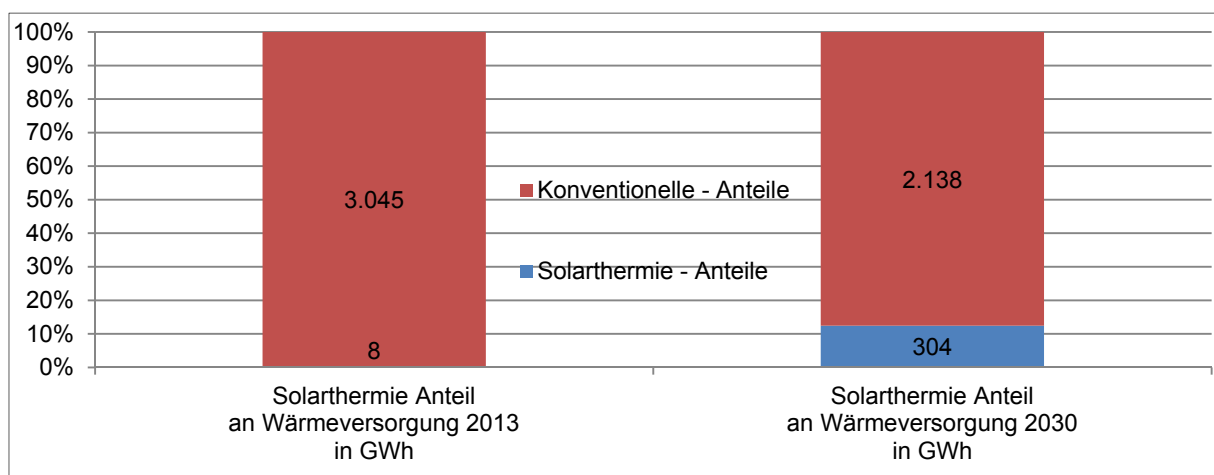


Abbildung 47: Anteil Solarthermie 2013 (links) und Potenzial gesamt (rechts) (EEB)

Gemessen an der gesamt benötigten Wärme macht die Solarthermie in 2013 einen Anteil von 0,26% aus. Wenn alle Potenziale im Bereich der Heizungsunterstützung in der Region genutzt werden würden, könnte dieser Anteil auf rund 10% erhöht werden. Dies auch nur, da den Klimazielen zufolge der gesamte Bedarf an Wärme um 20% von 3.053 GWh auf 2.443 GWh (2030) sinken wird. Dies wird zum größten Teil durch Effizienzmaßnahmen erreicht, wie im aktuellen IKSK der StädteRegion aufgezeigt. Einen realistischen Teil davon umzuset-

zen bedarf aber hoher Investitionen und Anstrengungen seitens der Akteure und ist somit ein sehr ambitioniertes Ziel.

3.3.1.7 Wirtschaftlichkeit gegenüber anderen Energieträgern

Damit sich eine Technologie zur Wärmegewinnung am Markt durchsetzen kann, bedarf es zum einen einer ausgereiften Technik und zum anderen einer gewissen Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen möglichen Systemen zur Wärmeerzeugung. Bezüglich der Ausgereiftheit der Solarthermie besteht allgemeiner Konsens, da diese schon lange am Markt besteht und heute als gleichwertiger Erzeuger neben anderen Erzeugern akzeptiert wird. Auch bezüglich der Wirtschaftlichkeit punktet Solarthermie. So kann sie, wie im hier untersuchten Fall, die Warmwasserbereitung im Sommer voll und in den Sommerrandmonaten teilweise übernehmen. Dadurch wird der Teillastbetrieb eines gewöhnlichen Kessels vermieden sowie der Gesamtwirkungsgrad der Anlagen verbessert.

Wie die Häufigkeitsverteilung in Abbildung 48 zeigt, lässt sich der Großteil (81%) der vorgefundenen Gebäude in die Klasse von 5 kW bis 35 kW Anschlussleistung einteilen. Diese Leistungsklasse eignet sich nach eingehender Prüfung grundsätzlich sehr gut für den Einsatz von Solarthermie. Hier könnten sowohl Brauchwarmwasserunterstützung als auch bivalente Systeme zum Einsatz kommen, da die Leistungsklassen der Spannweite entspricht, die auch von der Solarthermie abgedeckt werden kann.

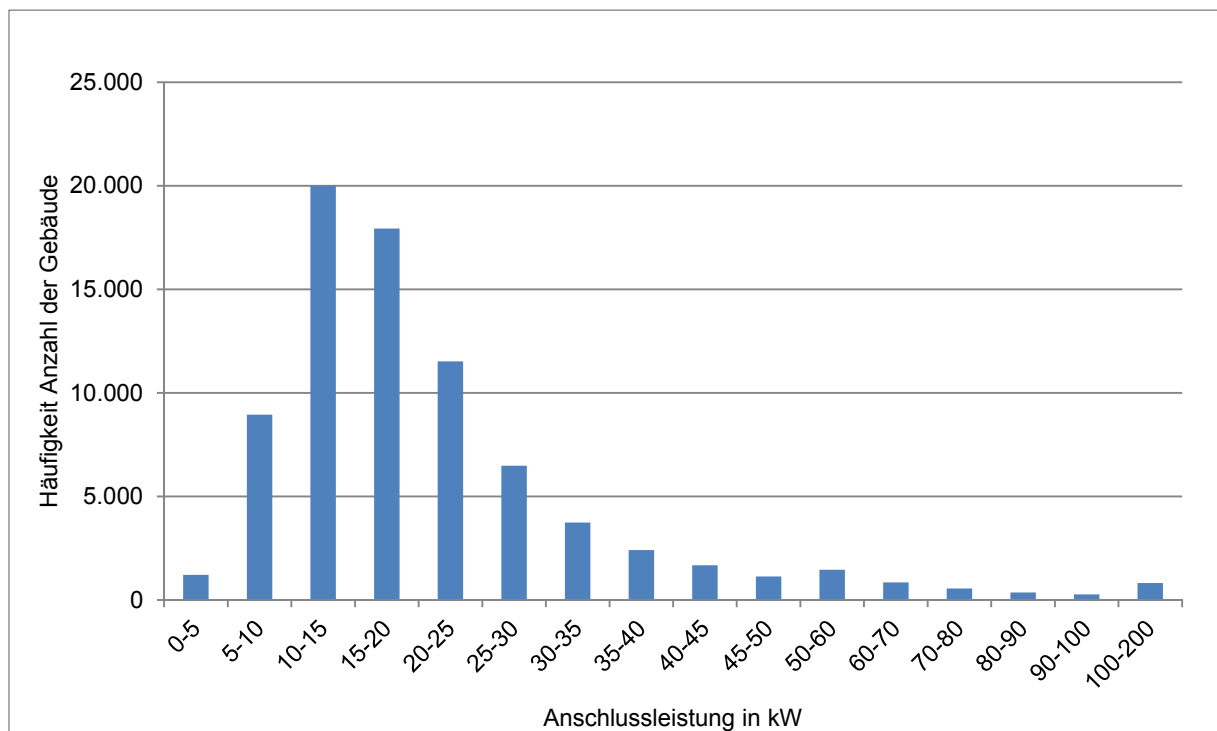


Abbildung 48: Häufigkeitsverteilung der Wärmeleistung aller Gebäude bis 200 kW (EEB)

Umweltpolitisch sind solarthermische Anlagen sehr wünschenswert. Wie alle Technologien müssen sie sich aber für einen potenziellen Investor auch lohnen. Eine Technik, sei sie noch so umweltfreundlich, wird von einem zukünftigen Nutzer nur dann wirklich akzeptiert, wenn diese sich auch rechnet. Erst dann wird sie sich auch flächendeckend durchsetzen können.

Dies bedeutet auch für die Solarthermie, dass sie keine höheren Betriebskosten mit sich bringen darf als die alte Anlage. Langfristig müssen sich sogar Einsparungen innerhalb der Kosten für Warmwasserbereitung bzw. Wärme ergeben, da sonst keinerlei Anreiz besteht in eine neue Anlage zu investieren.

Mittel- bis langfristig sind Einsparungen abhängig von den exogen gegebenen Energiekosten für beispielsweise Erdgas und Erdöl. Daher kann für die Zukunft nur mit Annahmen bezüglich der Energiepreise gearbeitet werden. Langfristig ist allerdings von steigenden Preisen auszugehen, da die üblichen fossilen Energieträger der natürlichen Verknappung unterliegen und grundsätzlich nicht unendlich zur Verfügung stehen.

Für einen Investor ist es daher angezeigt, langfristig über seine Versorgungssituation nachzudenken, damit stets ersichtlich bleibt, wie sicher und effizient eine Immobilie über die nächsten Jahre mit Energie versorgt wird. Von kurzen Preiseinbrüchen an den Ölbörsen sollte man sich hierbei nicht leiten lassen. Auch bei den derzeit stabilen Erdgaspreisen kann nicht davon ausgegangen werden, dass dieser Zustand von Dauer sein wird.

Unter der Annahme, dass die Energiepreise im Mittel eine Bewegung wie in den Jahren 2000 bis 2011 ausweisen, soll für die Abbildung 50 und Abbildung 51 von einem Preisentwicklungspfad bei 8% ausgegangen werden. Wie inhaltlich bereits geschehen, werden an dieser Stelle sowohl reine Warmwassersysteme als auch bivalente Gesamtsysteme, also Solarthermie zur Heizungsunterstützung, ökonomisch betrachtet.

Zur Vereinfachung der Betrachtung wird für die Anlagen zur Brauchwarmwassergewinnung lediglich die Amortisationszeit bei unterschiedlicher Investitionshöhe betrachtet (farbige Linien von 2.000 € bis 6.000 €). Das Modell folgt weiterhin der Annahme, dass mit einer solarthermischen Anlage 2.000 kWh/a Brennstoff eingespart werden können. Vernachlässigt werden Zinseffekte und Preissteigerungen, sodass auch bei anziehenden Preisen von einer verbesserten Wirtschaftlichkeit ausgegangen werden kann. Da die Struktur der zum Einsatz kommenden Energieträger relativ heterogen ist, sind verschiedene Brennstoffpreise in Abbildung 49 entlang der Abszisse abgebildet. Die ebenfalls dargestellten unterschiedlich farbigen Linien stellen die Systemkosten, also die Kosten der Installation einer solarthermischen Anlage dar.

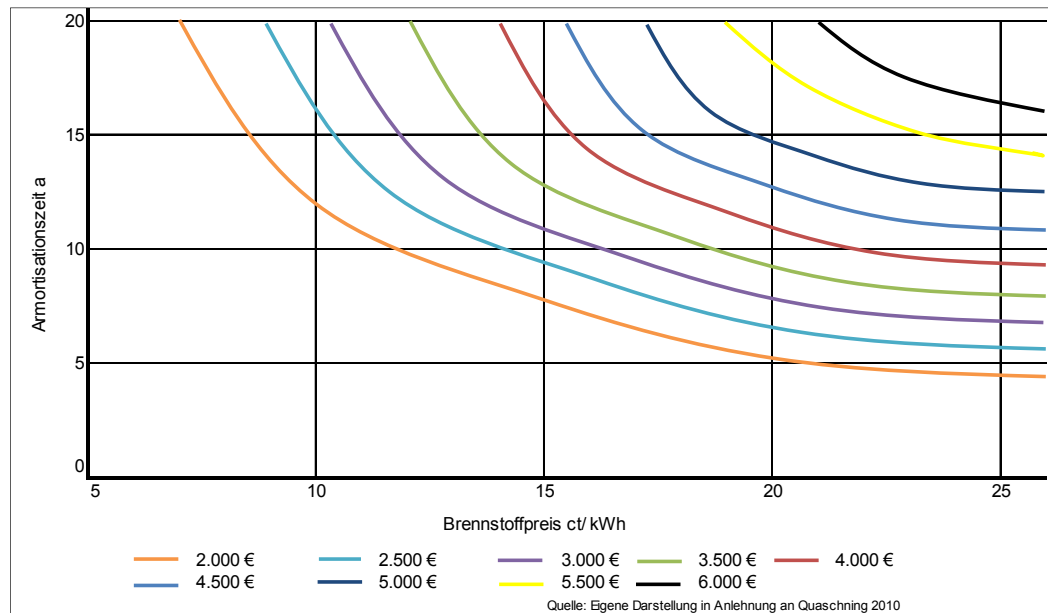


Abbildung 49: Amortisationszeit der solarthermischen Warmwasserbereitung

Im nicht selten anzufindenden Falle der elektrischen Wassererwärmung und den damit verbundenen Kosten von derzeit rund 25 ct/kWh (brutto) würde sich rechnerisch eine sehr schnelle Amortisation ergeben. Bei der Verwendung von anderen Verfahren ergäben sich entsprechend unterschiedlich längere Zeiten.

Im nächsten Schritt soll der Fall einer bivalenten Anlage unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit beleuchtet werden. Eine Anlage dieses Typs verursacht zunächst einmal höhere Investitionskosten, welche über die Einsparungen im Laufe der Zeit eingespielt werden müssen. Untersucht wird hier der typische Fall für ein Einfamilienhaus mit 150 m² Fläche und einem Energiebedarf von rund 23 MWh im Jahr. Die angenommene Anlage wird vollständig fremdfinanziert, wobei die Abschreibung über einen Zeitraum von 20 Jahren erfolgt. Die aktuellen Förderungen sind in die Kalkulation eingeflossen.

Im Ergebnis zeigen die folgenden Abbildungen, dass eine solarthermische Anlage in Abhängigkeit der Brennstoffpreise, welche hier eine Steigerung von 8% jährlich erfahren, wirtschaftlich arbeiten kann und nach einer gewissen Laufzeit nennenswerte Einsparungen generiert.

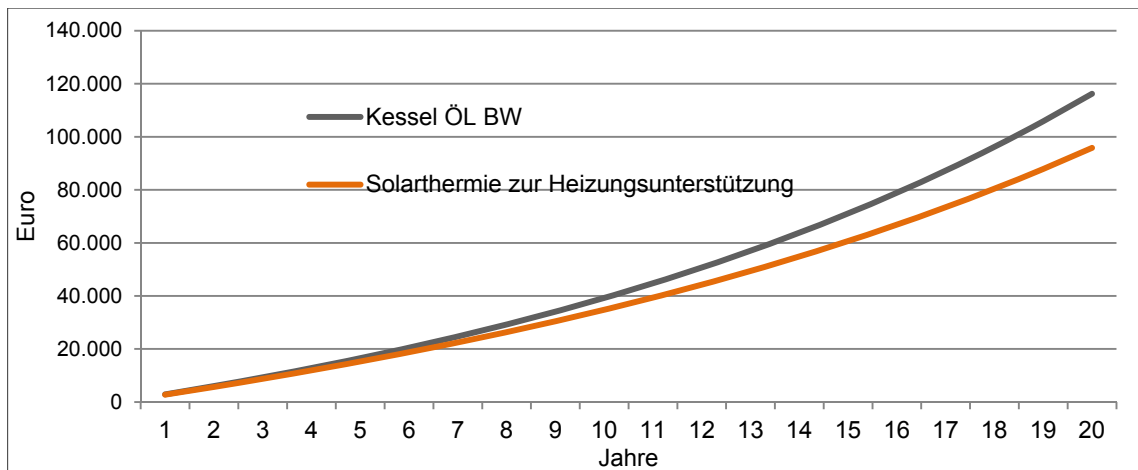


Abbildung 50: Einsparpotenzial der Solarthermie (EEB)

Abbildung 50 zeigt den Verlauf der Kosten eines Heizungssystems mit solarthermischer Unterstützung und die Kosten einer konventionellen Heizung ohne Unterstützung (im betrachteten Fall Öl Brennwertkessel). Da die solarthermische Anlage einen Teil der Brennstoffmengen an Öl substituiert, können von Beginn an monetäre Einsparungen realisiert werden.

Kann sich eine Maßnahme innerhalb eines angemessenen Zeitraums amortisieren, arbeitet das System wirtschaftlich. Wie Abbildung 51 zeigt, kann innerhalb eines Investitionszyklus von ca. 20 Jahren eine Amortisation erreicht werden, welche sich aber wesentlich nach der Höhe der Investition und den Preisen des Energieträgers der Hauptheizung richtet.

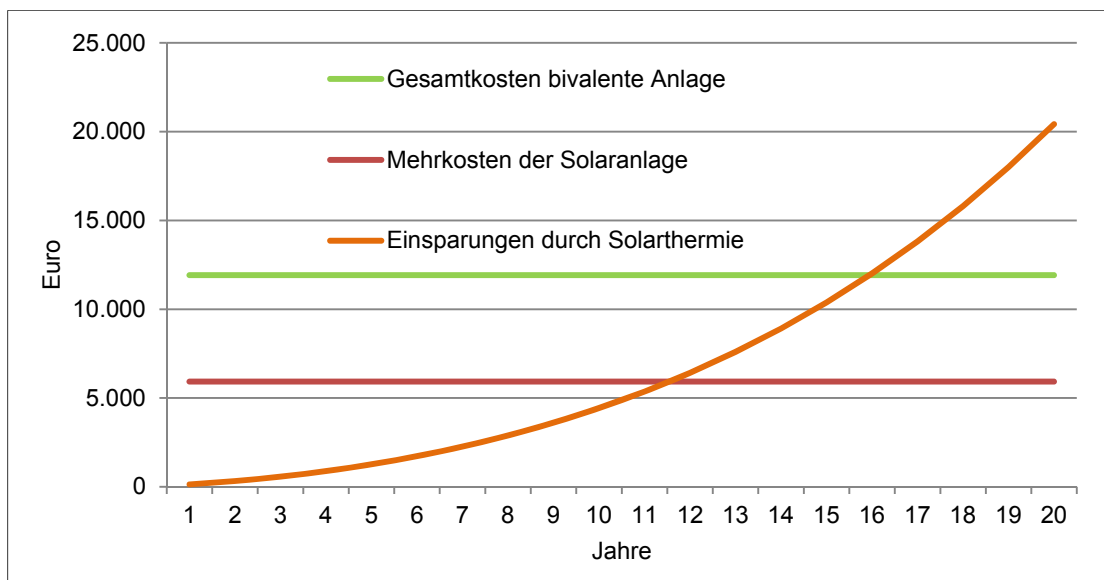


Abbildung 51: Amortisation Solarthermie – bivalentes System (EEB)

Um die Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten, ist es jedoch vorab nötig, die Situation vor Ort zu analysieren und entsprechende Planungen vorzunehmen. Generell lässt sich festhalten, dass das Potenzial in der StädteRegion Aachen grundsätzlich groß und vorhanden ist. Es muss aber immer eine genaue Überprüfung vor Ort zeigen, ob ein solarthermisches System von technischer wie ökonomischer Seite für ein entsprechendes Gebäude geeignet ist.

Um einen Überblick über die vorgefundenen Verhältnisse bezüglich des Nutzungsverhaltens und der Wirtschaftlichkeit geben zu können, soll an dieser Stelle ein Einblick in die Möglichkeiten der solarthermischen Warmwassergewinnung und -unterstützung gegeben werden. Dazu wurden die Vorgaben der DIN V 18599-100 auf den Modellraum angewendet.

Diese DIN Vornorm wurde hinsichtlich der interessantesten Verbrauchergruppen im Bereich des Warmwasserverbrauchs ausgewertet, wobei der Verbrauch in die Segmente „kWh je Person und Tag“, bei Unterkünften „kWh je Bett und Tag“ und im Bereich des Gewerbes „kWh je Beschäftigte und Tag“ unterteilt wurde.

Im Ergebnis zeigen sich folgende Verbraucher (Abbildung 52, Abbildung 53, Abbildung 54), bei denen Solarthermie aufgrund des hohen Warmwasserkonsums durchaus wirtschaftlich darstellbar ist.

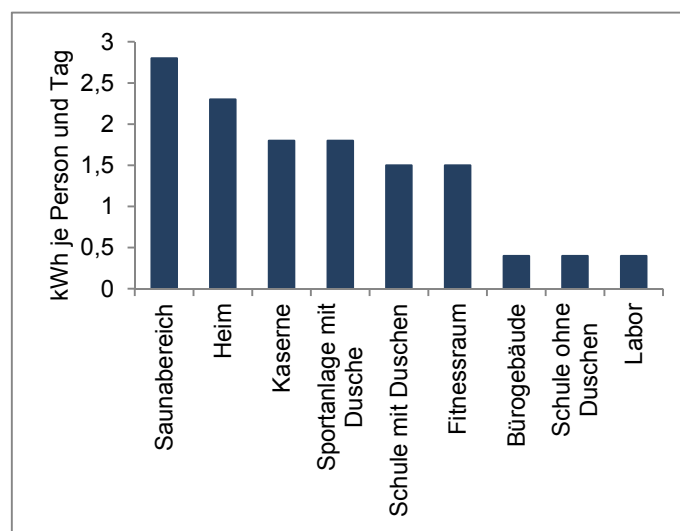


Abbildung 52: Spezifischer Warmwasserverbrauch allgemein (EEB)

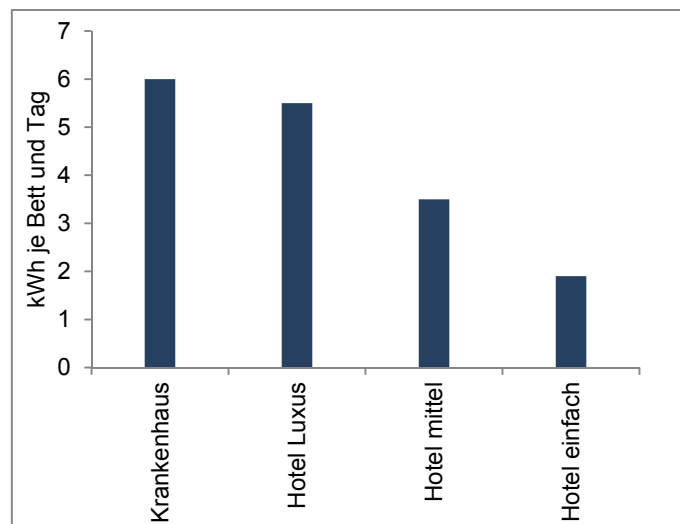


Abbildung 53: Spezifischer Warmwasserverbrauch Hotelgewerbe (EEB)

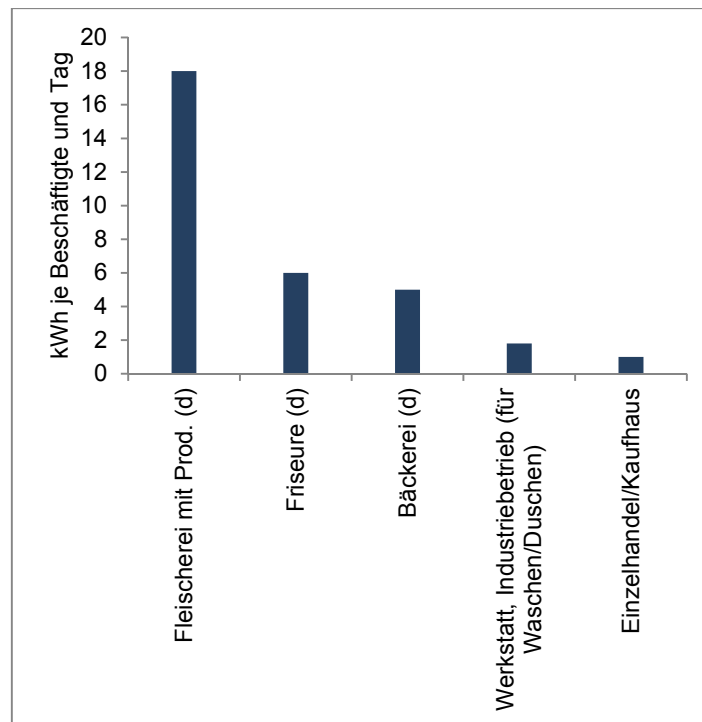


Abbildung 54: Spezifischer Warmwasserverbrauch Gewerbe allgemein (EEB)¹

Weiterführend soll die Wirtschaftlichkeit mithilfe von ausgesuchten Beispielen skizziert werden. Die Berechnungen wurden sowohl flächen- als auch nutzungsbezogen vorgenommen. Das heißt, dass beispielsweise für die Berechnung für Saunabereiche Bezug auf die insgesamt zur Verfügung stehende Fläche genommen wurde. Der nutzungsbezogene Fall liegt zum Beispiel bei der Betrachtung einer Wäscherei vor, da hier die Bezugsgröße kg-Wäsche und der damit verbundene Warmwasseraufwand ist.

Allgemein können hier die Ergebnisse stark variieren, da unterschiedliche Modellannahmen zugrunde gelegt werden können:

- Zins auf Fremdkapital (bei Anlage über 10.000 € Investition)
- Kollektorpreis
- Kosten für Leitungen, Pumpen, Regelungstechnik, Montage und Rohre
- Preisszenario der bisher eingesetzten Energieträger
- Grad der Bedarfsdeckung Warmwasser

In erster Linie hängt die Wirtschaftlichkeit jedoch von den Preisen ab, die für die Energie zu zahlen sind. Daher wurden in den folgenden Beispielen alle Parameter konstant gehalten und nur das Preisszenario angepasst. Dieses unterteilt sich in einen moderaten Preispfad und einen Hochpreispfad. Illustriert wird die Wirtschaftlichkeit anhand eines Saunabereichs (Fläche: 1.000 m²) und am Beispiel einer Wäscherei mit einer Jahreskapazität von 100t Wäsche.

¹ (d) Nutzenergiebedarf Trinkwasser für Produktionsprozesse

Moderater Preispfad

Rahmenparameter		
Nutzungsprofil		Saunabereich
bisheriger Energieerzeuger		Gasbrennwert
Grad der Bedarfsdeckung Warmwasser		20%
Preisszenario		moderater Preispfad
Energieverteuerung um		3%
Installierte Fläche	m ²	454
Flächenertrag spezifisch	kWh/m ²	450
Erzeugte Energie	kWh	204.400
Vergütung je kWh erzeugte Energie (Preis der ersetzen Energie)	€/kWh	0,07
Gesamte jährliche Vergütung	€ pro Jahr	13.553
Kosten der Investition	€	117.796
Turnusmäßige Kosten		
Zins auf die Investition (50% EK 50% FK)		
(Keine Kreditaufnahme bei Investition unter 10.000 €)	5% €/a	2.945
		50% FK finanziert
Betriebskosten (% der Investition)	2% €/a	1.741
Summe Kosten	€/a	4.686
Summe Erträge	€/a	13.553
Saldo		8.867
Statische Amortisation		13 Jahre
Quelle: EEB		

Tabelle 18: Wirtschaftlichkeit Solarthermie Saunabereich (moderater Preispfad)

Rahmenparameter			
Nutzungsprofil		Wäscherei (d)	
bisheriger Energieerzeuger		Gasbrennwert	
Grad der Bedarfsdeckung Warmwasser		10%	
Preisszenario		moderater Preispfad	
Energieverteuerung um		3%	
Installierte Fläche	m ²	1.333	
Flächenertrag spezifisch	kWh/m ²	450	
Erzeugte Energie	kWh	600.000	
Vergütung je kWh erzeugte Energie (Preis der ersetzen Energie)	€/kWh	0,07	
Gesamte jährliche Vergütung	€ pro Jahr	39.784	
Kosten der Investition	€	340.871	
Turnusmäßige Kosten			
Zins auf die Investition (50% EK 50% FK)			
(Keine Kreditaufnahme bei Investition unter 10.000 €)	5% €/a	8.522	
		50% FK finanziert	
Betriebskosten (% der Investition)	2% €/a	5.038	
Summe Kosten	€/a	13.559	
Summe Erträge	€/a	39.784	
Saldo		26.224	
Statische Amortisation			13 Jahre
(d) Nutzenergiebedarf Trinkwasser für Produktionsprozesse		Quelle: EEB	

Tabelle 19: Wirtschaftlichkeit Solarthermie Wäscherei (moderater Preispfad)

Wie die Ergebnisse in Tabelle 18 und der Tabelle 19 zeigen, stellt sich auch bei einer moderat angenommenen Energiepreisentwicklung eine Amortisation in weniger als 20 Jahren ein. Eine solarthermische Anlage würde sich somit in beiden Fällen rentieren. Die Amortisationszeit verkürzt sich stark, wenn die Verteuerung der Energiepreise weit über dem moderaten Preispfad liegt. Unterstellt wird hier der Fall einer Verdopplung der Energiepreise im Vergleich zum Jahr 2014 (Hochpreispfad).

Hochpreispfad

Die Beispiele aus der vorangegangenen Berechnung werden nun nochmals gewählt; allerdings mit dem Unterschied, dass ein Hochpreisszenario zugrunde gelegt wird. Im Ergebnis zeigen Tabelle 20 und Tabelle 21, dass durch die großen Einsparmöglichkeiten bei hohen unterstellten Energiepreisen entsprechend kurze Amortisationszeiten erreicht werden können – im hier vorliegenden Fall von weniger als zehn Jahren.

Rahmenparameter		
Nutzungsprofil		Saunabereich
bisheriger Energieerzeuger		Gasbrennwert
Grad der Bedarfsdeckung Warmwasser		20%
Preisszenario		Hochpreispfad
Energieverteuerung um		50%
Installierte Fläche	m ²	454
Flächenertrag spezifisch	kWh/m ²	450
Erzeugte Energie	kWh	204.400
Vergütung je kWh erzeugte Energie (Preis der ersetzen Energie)	€/kWh	0,10
Gesamte jährliche Vergütung	€ pro Jahr	19.737
Kosten der Investition	€	117.796
Turnusmäßige Kosten		
Zins auf die Investition (50% EK 50% FK)		
(Keine Kreditaufnahme bei Investition unter 10.000 €)	5% €/a	2.945
		50% FK finanziert
Betriebskosten (% der Investition)	2% €/a	1.741
Summe Kosten	€/a	4.686
Summe Erträge	€/a	19.737
Saldo		15.052
Statische Amortisation		8 Jahre
Quelle: EEB		

Tabelle 20: Wirtschaftlichkeit Solarthermie Saunabereich (Hochpreispfad)

Rahmenparameter		
Nutzungsprofil		Wäscherei (d)
bisheriger Energieerzeuger		Gasbrennwert
Grad der Bedarfsdeckung Warmwasser		10%
Preisszenario		Hochpreispfad
Energieverteuerung um		50%
Installierte Fläche	m ²	1.333
Flächenertrag spezifisch	kWh/m ²	450
Erzeugte Energie	kWh	600.000
Vergütung je kWh erzeugte Energie (Preis der ersetzen Energie)	€/kWh	0,10
Gesamte jährliche Vergütung	€ pro Jahr	57.938
Kosten der Investition	€	340.871
Turnusmäßige Kosten		
Zins auf die Investition (50% EK 50% FK)		
(Keine Kreditaufnahme bei Investition unter 10.000 €)	5% €/a	8.522
		50% FK finanziert
Betriebskosten (% der Investition)	2% €/a	5.038
Summe Kosten	€/a	13.559
Summe Erträge	€/a	57.938
Saldo		44.378
Statische Amortisation		8 Jahre
(d) Nutzenergiebedarf Trinkwasser für Produktionsprozesse		
Quelle: EEB		

Tabelle 21: Wirtschaftlichkeit Solarthermie Wäscherei (Hochpreispfad)

Schlussendlich bleibt festzuhalten, dass sich in vielen Fällen eine solarthermische Anlage zur Warmwassergewinnung rentiert. Auch wenn das hier angewandte Modell eine Vielzahl von Parametern einsetzt, um die Wirtschaftlichkeit zu prüfen, kann eine Überprüfung vor Ort nicht ersetzt werden.

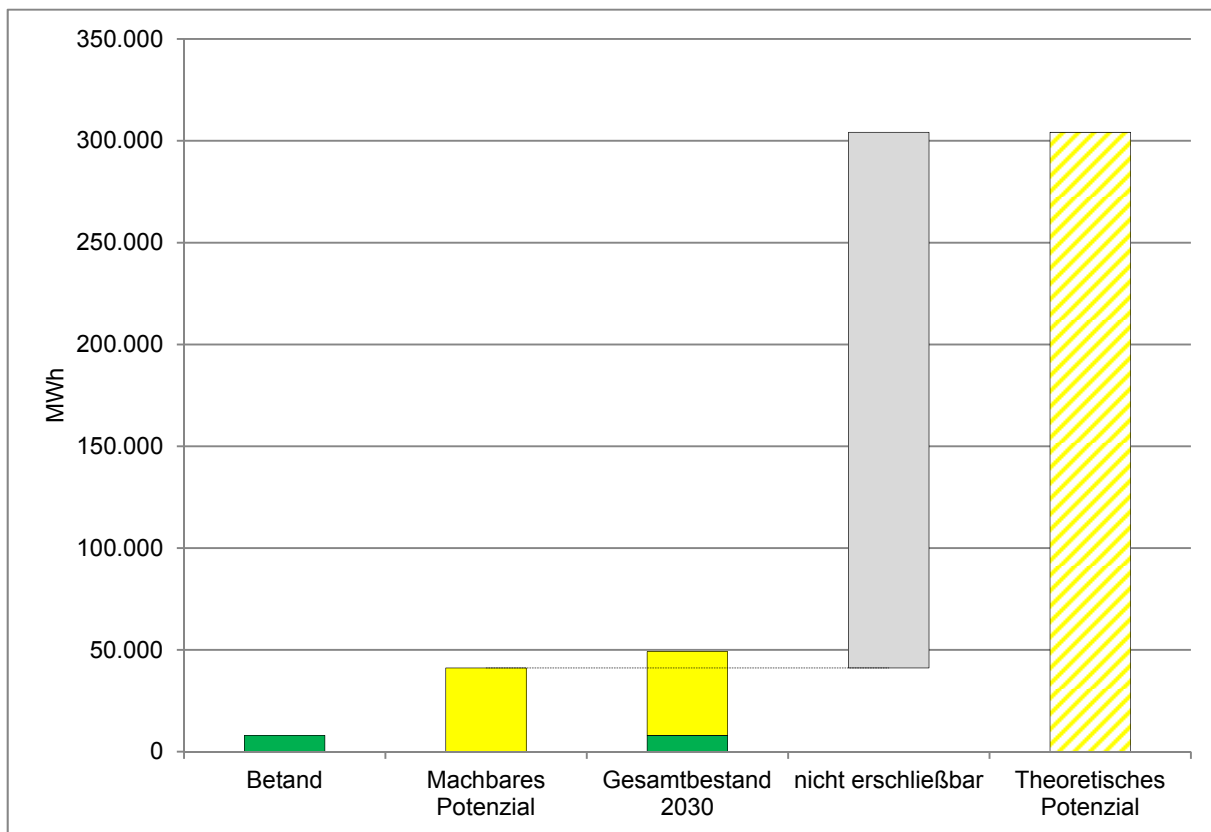
Die hier gewählten Bereiche zeichnen sich durch einen relativ hohen Flächenverbrauch für die Kollektoren aus. Nicht immer sind die Gegebenheiten so, dass ausreichend Aufstellfläche vorhanden ist. Durch den technologischen Fortschritt konnten jedoch Systeme entwickelt werden, welche direkt an der Gebäudehülle befestigt sind. Diese sogenannte Fassaden Solarthermie ist eine hervorragende Alternative zur Dachmontage. Die Vorteile liegen klar auf der Hand. Viele Gebäudebesitzer empfinden die reguläre Solarthermie störend für die Architektur. Auch, wie erwähnt, steht oftmals nicht ausreichend Fläche zur Verfügung. Konstruktionsbedingt bietet ein an die Fassade angebrachtes System Witterungsschutz. Auch kann ein Panel sehr gut als optisches Stilelement der Fassade genutzt werden. Beim Hausbau können durch Solarthermie Fassade oftmals auch Kosten eingespart werden, da die Kosten für eine klassische Gebäudefassade wegfallen. Unterschiede entstehen bei Kollektoren mit- oder ohne Hinterlüftung. Bei einer Solarthermie Fassade ohne Hinterlüftung integriert es sich bereits in die Wärmedämmung der Häuserwand und verbessert diese (SoAnIP, 2014).

Durch das Anbringen der Kollektorelemente an eine Fassade ergibt sich ein sehr steiler bis senkrechter Neigungswinkel. Dieser ergibt gerade im Winter durch den niedrigen Stand der Sonne einen sehr hohen Wirkungsgrad des Kollektors. Verstärkt wird dieser durch die Reflexion von Schnee. Ein Vorteil einer Fassaden Solarthermie ist auch, dass anfallender Schnee den Kollektor nicht abdecken kann. Der Kollektorwirkungsgrad ist im Sommerhalbjahr entsprechend des hohen Sonnenstandes und des flachen Einstrahlungswinkel allerdings geringer. Einen gleichmäßigeren Energieertrag auf das gesamte Jahr erzielt man, indem man die Kollektorfläche vergrößert (ebd.).

3.3.1.8 Zusammenfassung / Steckbrief der Energiegewinnung aus Photovoltaik

Steckbrief der Solarthermie

Potenziale der Solarthermie gesamt und kommunenscharf



Gesamtbestand 2030: 47 GWh (ohne AC)

CO₂-Minderung gesamt: 1.150 t/a

MWh	Theoretisches Machbares Gesamtbestand				CO ₂ -
	Bestand 2012	Potenzial	Potenzial	2030	Einsparungen in t/a
Aachen					
Alsdorf	1.008	39.826	5.156	6.164	145
Baesweiler	906	24.968	4.634	5.540	130
Eschweiler	1.218	54.097	6.232	7.450	175
Herzogenrath	1.262	44.648	6.455	7.717	181
Monschau	770	16.291	3.938	4.708	111
Roetgen	507	9.807	2.595	3.103	73
Simmerath	882	18.936	4.513	5.395	127
Stolberg	311	58.008	1.593	1.904	45
Würselen	1.169	37.590	5.979	7.148	168
Summe	8.033	304.170	41.095	49.128	1.154

<i>Bestimmende Kriterien der Umsetzung/Hemmnisse</i>
• Anpassung der Förderrichtlinien durch Gesetzgeber (z.B. BAFA Förderung) • Entwicklung der Anlagenpreise (Systempreise) ◦ Mangelnde Wirtschaftlichkeit • Energiepreisentwicklung (Brennstoffkosten) • Strompreisentwicklung • Vorschriften (EEWärmeG) • Investor/Nutzer Dilemma (siehe Maßnahmen) • Unerfahrenheit mit der Technik/zusätzlicher Planungsaufwand
<i>Nächste Schritte....</i>
<i>.... der Kommune, für eigene Flächen</i> • Feststellung der Priorität innerhalb des Kanons der Erneuerbaren Energien • Feststellung, ob eigene Dachflächen nutzbar sind • „sowieso“ Erneuerung von Heizanlagen prüfen – Solarthermie dann mitplanen • Ziele ◦ Steigerung der ges. installierten Leistung auf kommunalen Dachflächen • Monitoring zur Kontrolle der Ziele <i>...der Kommune, für alle übrigen Zielgruppen</i> • Analog Photovoltaik: Kampagnen bezüglich SOLARKATASTER • Fördermöglichkeiten seitens der Kommunen prüfen
<i>Erfolgsindikator</i>
Aus kommunaler Sicht • Voraussetzung Monitoring: Erreichung der Ausbauziele (machbares Potenzial) der installierten Leistung auf eigenen Flächen gemäß definierter Ziele Aus privater Sicht • Erreichung der Ausbauziele (machbares Potenzial) entlang der Zeitschiene bis 2030

3.3.1.9 Exkurs: Wärmesee

Bei einem „Wärmesee“ handelt es sich um Wärme, die unter einem Gebäude im Erdreich gespeichert wird. Heizwärme entweicht dem Gebäude horizontal nach unten aus beheizten Räumen über die Bodenplatte bzw. über im Erdboden befindliche Außenwände. Der Temperaturgradient, der sich unterhalb der Bauwerksohle einstellt, hängt von der Bodenbeschaffenheit und dem Wärmestrom in horizontaler Richtung zur Erdoberfläche in der Umgebung des Gebäudes ab (Mevenkamp & Zapke, 2009). An einem Gebäude sind die Wärmeverluste über das Erdreich mit rund 11% an den gesamten Transmissionswärmeverlusten beteiligt. Diese Verluste zu verringern ist das Ziel eines vollumfänglichen Gebäude-Wärmeschutzkonzeptes.

Prinzipiell existieren zwei Ansätze zur Nutzung eines Wärmesees. Beide sollen hier kurz beleuchtet werden. Zum einen kann die unter einem Gebäude „gelagerte“ Wärmeenergie dazu genutzt werden, um die Temperaturdifferenz zwischen Haus und Untergrund zu verkürzen. Die Verluste über die Bodenplatte können so verringert werden. Zum anderen besteht die Möglichkeit, die gespeicherte Wärmeenergie in den Heizperioden für den Heizbedarf nutzbar zu machen und über etwaige Wärmepumpen rückzuführen.

Eine mögliche innovative Lösung dazu bietet die sogenannte Perimeterdämmung, also die Dämmung erdberührter, vertikaler Bauteile (der Fundamente) an ihrer Außenseite. Dies führt dazu, dass sich die Wärme unter dem Gebäude staut, seitlich schlechter über die Erdoberfläche abfließen kann und über die Jahre die Erdtemperatur unter dem Haus auf ein höheres Temperaturniveau hebt. Gemäß dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik fließt Wärme aufgrund von Temperaturunterschieden zwischen zwei benachbarten Temperaturniveaus vom wärmeren hin zum kälteren Zustand. Fällt die Temperaturdifferenz geringer aus, z.B. durch ein wärmeres Erdreich unter einem Gebäude, ist der Wärmetransport durch eine geringere Wärmestromdichte geringer – weniger Wärme verlässt das Gebäude über die Bodenplatte bzw. die Außenwände im Bodenbereich. Untersuchungen bei der Perimeterdämmung einer Sporthalle zeigten bei einer Verringerung der Temperaturdifferenz von Halleninnentemperatur zu anschließender Erdbodentemperatur von 0,8°C eine Verringerung der Wärmeverluste über die Bodenplatte von 25% (DBU, 2013, S. 63).

Eine weitere Bedeutung könnte einem „Wärmesee“ zukommen, wenn das Erdreich unter einem Gebäude zur Speicherung von ungenutzter solarer Wärmeenergie aus einem Solarkollektor genutzt wird. Dazu wird die überschüssig erzeugte Wärmeenergie über Wärmeleitungen in das Erdreich transportiert und dort gespeichert.

Dieses Prinzip kann bei Passivhäusern sehr gut zur Anwendung kommen, da bei diesem Haustyp die Heizlast gering ist und auf die konventionelle Heizung in den häufigsten Fällen verzichtet werden kann. Jedoch benötigen auch Passivhäuser Wärme in den normalen Heizperioden. Diese Wärme kann beispielsweise im Sommer gewonnen werden. Dazu kann ein System, wie das des Wärmesees dienen. Im Sommer wird die überschüssige Wärme von Kollektoren in das Erdreich geleitet. In dieses wird mittels Rohrschlangen, wie von der Fußbodenheizung bekannt, Wärme in den Boden abgeleitet. Diese Rohrschlangen werden im Winter in umgekehrter Richtung zur Deckung des Restwärmebedarfs eines Passivhauses genutzt. Ein Vorteil ist u. a. die Kosteneinsparung bei der Auslegung der Bodenplatte, da diese weniger stark ausgelegt sein muss bzw. nicht gedämmt werden muss (Nordhoff, 2009).

Durch Simulationen konnte gezeigt werden, dass sich das Erdreich unter dem Haus kontinuierlich erwärmt und eine ausgeglichene Erdreichtemperatur von 18 °C bis 20 °C nach ca. fünf Jahren erreicht wird. Die Ergebnisse der Simulation sind in Abbildung 55 grafisch dargestellt. Ist dieses Temperaturniveau erreicht, lässt sich die so gespeicherte solare Energie mittels Wärmepumpen effizient entnehmen.

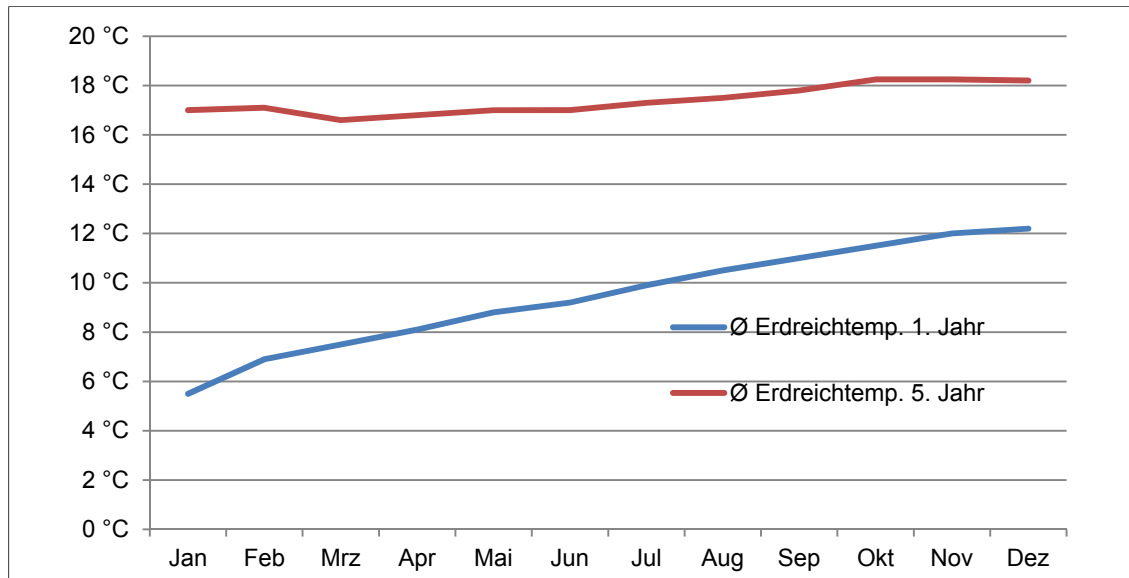


Abbildung 55: Wärmesee – mittlere Temperatur im Erdreich (EEB in Anl. IBN)

Die zuvor im Erdreich gespeicherte Energie kann dann beispielsweise in der Fußbodenheizung Verwendung finden.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Erzeugung und Nutzung eines „Wärmesees“ von der Forschungsphase in die tatsächliche Umsetzungsphase übergegangen ist und relevante Beispiele aus der Praxis zur Überprüfung der technischen Machbarkeit herangezogen werden können. So wurde die Technologie des Wärmesees beispielsweise beim Bau eines Pflegeheims in Dormagen erfolgreich umgesetzt. Allerdings liegen noch keine konkreten Aussagen und belastbare Zahlen zur Wirtschaftlichkeit vor. Diese jedoch sind Voraussetzung, damit sich innovative Techniken am Markt letztlich durchsetzen können. In den nächsten Jahren ist allerdings mit Erkenntnissen aus den begleitenden Forschungen zu rechnen, die dann langfristige Prognosen zu dieser Technologie ermöglichen.

3.3.2 Photovoltaik

Die in Deutschland vorkommende Globalstrahlung hat eine Bandbreite von 950 kWh/m² bis zu 1.175 kWh/m² und Jahr. Die Strahlungsintensität nimmt mit Nähe zum Äquator stetig zu, so dass Anlagen zur Gewinnung von Strom aus Photovoltaik in den südlichen Bereichen der Bundesrepublik mehr Strom gewinnen können als Anlagen, die im Norden Deutschlands gelegen sind.

Die StädteRegion Aachen liegt in einem Bereich, in dem um die 1.000 kWh/m² und Jahr Globalstrahlung erreicht werden. Dies sind gute Voraussetzungen, um auch hier die Sonnenenergie nutzen zu können.

Im Bereich der Photovoltaik (PV) gibt es durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz eine umfangreiche Förderung, die vor allem in den Jahren 2009 bis 2012 einen massiven Boom beim Neuanlagenbau ausgelöst hat. So sind in Deutschland 2009 3,8 GW Neuanlagen installiert worden, in 2010 rund 7,4 GW und in 2011 sogar 7,5 GW. Die erst im Vermittlungsausschuss von Bundestag und Bundesrat erzielte Einigung im Juni 2012 führte zu einer geplanten Deckelung bei 52 GW als Gesamtausbauziel. Der jährliche Ausbaukorridor von 2,5 bis 3,5 GW/a wurde beibehalten (BMU, www.bmu.de/pressemitteilungen, 2012). Im Jahr 2012 deckte die PV mit einer Stromerzeugung von 27,6 TWh rund 5,2% des Netto-Stromverbrauchs in Deutschland. An sonnigen Tagen ist eine Deckung von zeitweise 35% des momentanen Stromverbrauchs und damit eines Großteils der Tagespitze möglich. Ende 2012 waren in Deutschland laut Bundesnetzagentur ca. 1,3 Mio. PV-Anlagen mit einer Nennleistung von 32,4 GW installiert.

Das bedeutet, dass trotz der Novellierung des EEG im April 2012 ein Zubau von 7,6 GW für 2012 zu verzeichnen ist (Fraunhofer, 2013). Auch in der StädteRegion Aachen fand ein dementsprechender Ausbau statt (siehe Abbildung 21). Durch die Degression der EEG-Förderung ist für zukünftige Anlagen in der StädteRegion die Wirtschaftlichkeit eingeschränkter und wird sich auf die zukünftigen Ausbauraten auswirken. Für Anlagen, die im März 2013 in Betrieb gingen, werden je nach Anlagengröße und Bauart zwischen 11,27 und 16,28 ct/kWh für die kommenden 20 Jahre vergütet. Damit haben große Anlagen die „Grid parity“ (Vergütung nach EEG unter Strombezugspreis) bereits 2011, kleinere Anlagen Anfang 2012, unterschritten (Fraunhofer, 2013). Der sogenannte „atmende Deckel“ bezeichnet einen flexiblen Automatismus, nach dem die allmähliche Absenkung der Einspeisevergütung für Photovoltaikanlagen geregelt ist (Nau, 2014). Gedeckelt wird der jeweils aktuelle Zubau an Photovoltaikanlagen dadurch, dass höhere Zubauzahlen im Vorquartal eine höhere Absenkung der Einspeisevergütung nach sich ziehen. Atmend wird der Deckel genannt, weil er sich den Zubauraten anpasst – ohne den Zuwachs der Photovoltaik ganz zu unterbinden. Die automatisierte Reaktion auf den Zubau des jeweiligen Vorquartals bleibt flexibel, ohne den weiteren Zuwachs der Photovoltaik unnötig zu erschweren. Eine Übersicht der 2012 eingeführten Regelung zeigt die folgende Tabelle.

Jährlicher Zubau	Degression pro Jahr	Degression pro Monat
ab 7.500 MW	29%	2,8%
ab 6.500 MW	26%	2,5%
ab 5.500 MW	23%	2,2%
ab 4.500 MW	19%	1,8%
ab 3.500 MW	15%	1,4%
Ziel	11%	1,0%
unter 2.500 MW	9%	0,8%
unter 2.000 MW	6%	0,5%
unter 1.500 MW	0%	0,0%
unter 1.000 MW	-6%	-0,5%

Tabelle 22: „Atmender Deckel“ – Degressionsstufen der PV EEG Förderung (EEB)

Nahezu analog zur Degression der EEG-Vergütung sanken die spezifischen Investitionskosten der PV-Module. Die Stromgestehungskosten (Verhältnis aus Gesamtkosten und elektrischer Energieproduktion bezogen auf die Nutzungsdauer) werden bestimmt durch

- Anschaffungsinvestitionen für Bau und Installation der Anlage
- Finanzierungsbedingungen, Laufzeiten und Renditen
- Betriebskosten während der Nutzungszeit der Anlage
- Einstrahlungsangebot
- Lebensdauer der Anlage
- Wirkungsgrad der Anlage

Die Investitionskosten sind weiterhin der dominierende Kostenanteil. Durch technologischen Fortschritt und Skaleneffekte sanken diese in der Vergangenheit um ca. 15% pro Jahr. Laut einer aktuellen Studie des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme wird auch in Zukunft eine Preisdegression nach den Gesetzmäßigkeiten der Preis-Lernkurve (Verdopplung der gesamten installierten Leistung führt zur Senkung der Preise um den gleichen Faktor) erwartet (Fraunhofer, 2013, S. 7).

3.3.2.1 Methodisches Vorgehen und Randbedingungen

Im Rahmen der Untersuchung wurde auf aktuell erhobene Daten des Solarkatasters der StädteRegion Aachen zurückgegriffen. Das Kataster wurde von der Firma TETRAEDER im Auftrag der StädteRegion Aachen erstellt. Innerhalb des zugrundeliegenden Modells wurden Daten gebäudescharf erfasst. Zu allen Gebäuden in der StädteRegion existiert somit eine Aussage über die Eignung der Dachflächen. Die Flächen wurden in drei Gruppen unterteilt:

- Gut geeignete Dachfläche
- Geeignete Dachflächen
- Nicht geeignete Dachflächen

Auf den verschiedenen klassifizierten Flächen werden, laut Modell, unterschiedliche Technologien der Solarstromgewinnung verwendet. So werden beispielsweise auf „Gut geeigneten Flächen“ kristalline Module mit einer spezifischen Flächenleistung von ca. 124 W/m^2 in das Modell übernommen. Bei „geeigneten Flächen“ kommen Dünnschichtmodule zum Einsatz, die mit einer spezifischen Flächenleistung von ca. 80 W/m^2 angesetzt sind. Das Modell simuliert die konkrete Strahlungssituation und ermittelt somit eine optimale Potenzialfläche. Für die individuell errechnete Fläche ergibt sich bei entsprechender Auslegung mit Solarmodulen eine gesamte (mögliche) photovoltaische Peakleistung der Anlage eines Gebäudes. Entsprechend der individuellen globalen Bestrahlungsintensität (Modellsimulation) und daraus resultierenden Vollbenutzungsstunden ergibt sich ein Gesamtpotenzial der zu erwartenden Menge an Strom, der auf den jeweiligen Dächern produziert werden kann.

3.3.2.2 Potenzial der Photovoltaik

ENERKO hat die Daten des Solarkatasters adressscharf in das Gesamtmodell (Wärmeatlas) integriert und auf Kommunenebene aggregiert. Somit ergeben sich für die einzelnen Kommunen der StädteRegion Aachen Potenziale bezüglich der installierbaren Peakleistung und der dementsprechenden photovoltaischen Erträge. Innerhalb der Potenziale wird unterschieden in theoretische und machbare Potenziale (siehe 3.1). Das theoretische Potenzial der Photovoltaik beschreibt für die hier untersuchten Kommunen zum jetzigen Zeitpunkt, das theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot. Theoretische Potenziale sind im Bereich der PV diejenigen Potenziale, die technisch umsetzbar sind. Machbare Potenziale sind alle Potenziale, die wirtschaftlich umsetzbar sind (durch das EEG gesteuert). Bezüglich der StädteRegion Aachen ergibt sich für die theoretischen Potenziale folgendes Bild:

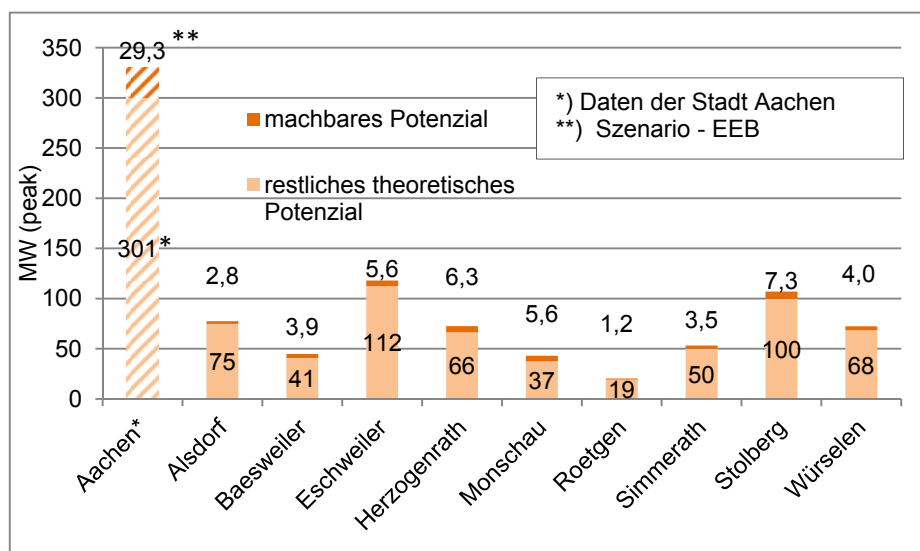


Abbildung 56: Theoretisches und davon machbares Potenzial der PV – Leistung (EEB)

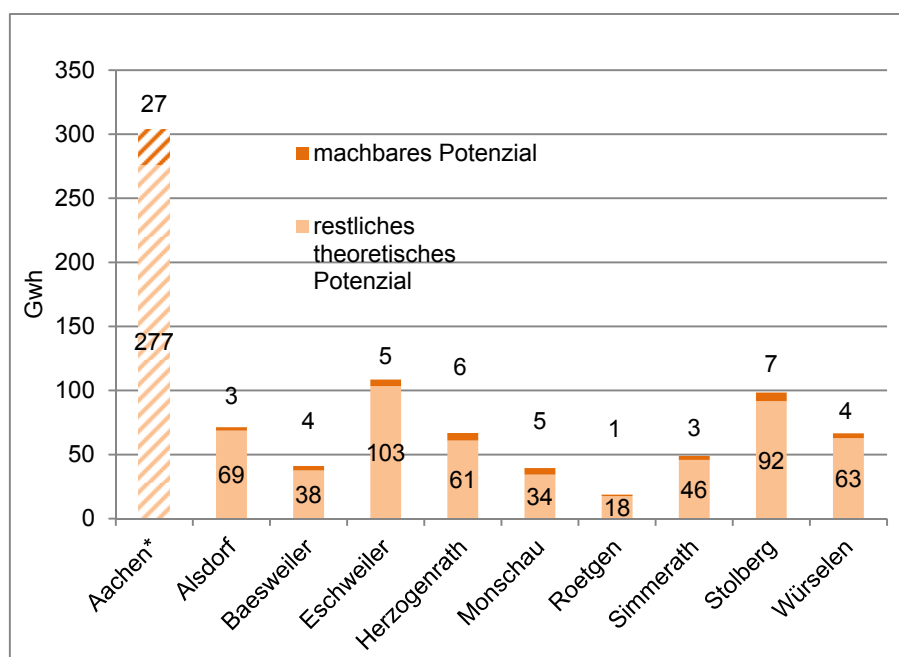


Abbildung 57: Theoretisches und davon machbares Potenzial der PV – Ertrag (EEB)

Insgesamt besteht ein theoretisches Potenzial von 864 GWh für Strom aus der Photovoltaik auf Grundlage einer potenziell installierbaren Leistung von 939 MW_{peak}. Darüber hinaus besteht weiteres Potenzial für Dachflächen, die laut Analyse weniger gut geeignet sind.

Unter <http://www.staedtereion-aachen.de/solarkataster> besteht für alle Bürger die Möglichkeit, das eigene Dach individuell auf Eignung für Solarthermie bzw. Photovoltaik zu prüfen. Mithilfe dieser Anlaufstelle kann eine erste Abschätzung über Ausrichtungsmöglichkeiten und solare Erträge vorgenommen werden.

Das ermittelte Potenzial entspricht einem CO₂-Reduktionsgesamtpotenzial (ohne Stadt Aachen) von rund 189.000 t/a mit CO₂-Faktoren des Jahres 2013. Die Verteilung auf einzelne Kommunen und Quartiere ist im Wesentlichen von der zur Verfügung stehenden Dachfläche abhängig und korreliert daher stark mit der Bebauungsdichte, wie Abbildung 58 deutlich zeigt. So haben die Gebiete innerhalb der StädteRegion Aachen, welche dichter besiedelt sind, mehr Dachflächen zur Verfügung, was dann in einem größeren Potenzial resultiert. Für die Stadt Aachen liegen ebenfalls Ergebnisse vor, die in einer eigenen Potenzialstudie der Stadt Aachen abgebildet sind.

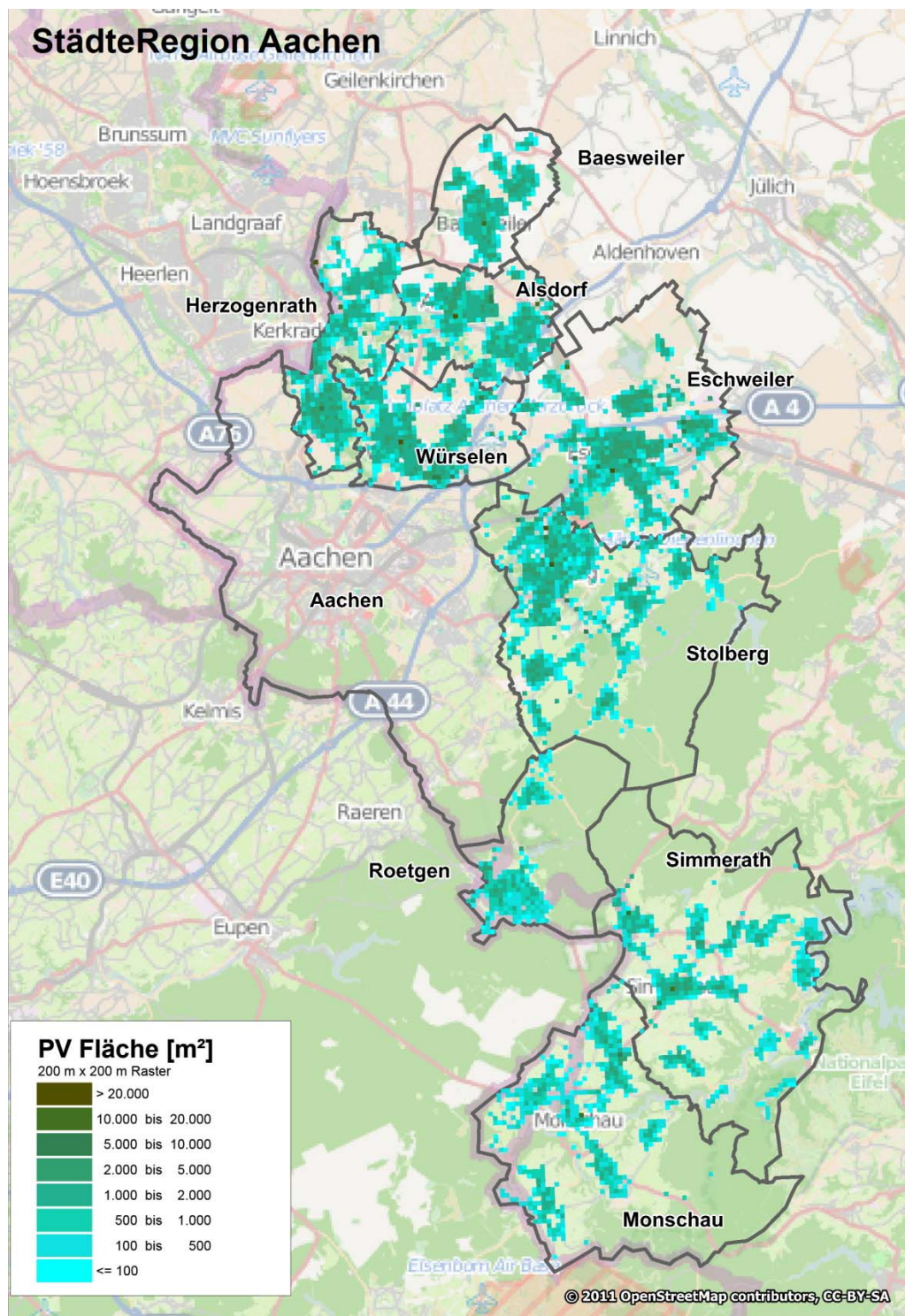


Abbildung 58: Potenzielle PV-Flächen in der StädteRegion Aachen (EEB)

Durch die oben benannten Rahmenbedingungen ist das genannte Potenzial als theoretisches Potenzial anzusehen, welches nur zum Teil umsetzbar ist. Das machbare Potenzial ist gekennzeichnet durch politische Restriktionen und die Abhängigkeit von der Entwicklung der Systempreise auf dem Weltmarkt. Auch spielt die Situation bei den Energiekosten eine entscheidende Rolle. Diese Faktoren wirken sich unmittelbar auf die Wirtschaftlichkeit und somit auf den Ausbaugrad, der erreicht werden kann, aus.

Hauptsteuerungsinstrument ist die gesetzliche Förderung von PV Anlagen und der damit verbundene Einspeisevorrang. Grundlage für die Vergütung ist insbesondere das EEG § 32 Abs. 2. Dort wird die Vergütung für Anlagen, die ausschließlich in, an oder auf einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand angebracht sind, geregelt. Für Nicht-Wohngebäude im Außenbereich nach § 35 des Baugesetzbuches gilt entsprechend das EEG § 32 Abs. 3.

Durch die Novellierung des EEG im April 2012 wurde für die Anlagenklasse zwischen 10 und 1.000 kW_{peak} die Vergütung nach § 32 EEG auf 90% des produzierten Stroms begrenzt. Dadurch ist unabhängig von der Erreichung der „Grid parity“ eine Eigenbedarfsdeckung durch den produzierten PV-Strom anzustreben. Alternativ ist auch eine Direktvermarktung möglich.

Allerdings beinhaltet die derzeitig (2014) geführte Diskussion um die Forcierung des Eigenstromverbrauchs auch kommunalpolitische Implikationen bezüglich kommunaler Daseinsfürsorge und der wirtschaftlichen Bewältigung dieses gesellschaftlichen Auftrags. Hier muss seitens der Kommunen die grundsätzliche Ausrichtung kommunaler Ziele bezüglich Klimaschutz versus Versorgung mit öffentlichen Dienstleistungen diskutiert werden. Eigenverbrauchsoptimierung der Anlagenbetreiber, bedeutet auch stets den Verzicht auf Einnahmen im heutigen Vergütungssystem der Netznutzung (energy-only-market) und der dafür zu zahlenden Entgelte. Im hier vorliegenden Sachverhalt der Verzicht auf Konzessionsabgaben, da selbst produzierter und eigenverbraucher Strom per Definition nicht aus dem Stromnetz bezogen wird und somit auch alle in den Netznutzungsentgelten beinhalteten Abgaben – u.a. die Konzessionsabgabe – vermieden werden. Technisch gesehen ist die Eigenstromverbrauchsoptimierung in der Zukunft sehr wahrscheinlich kein Problem mehr, wie nachfolgende Ausführungen kurz aufzeigen sollen.

Festzustellen ist (Stand November 2013), dass die Speicherung von PV-Strom zur Optimierung hinsichtlich der Eigenbedarfsdeckung zwar noch ein Nischendasein führt, jedoch von einem wachsenden Angebot gesprochen werden kann. Die KfW wirkt hier mit einem Förderprogramm für Speichertechnologie flankierend, um die Technik am Markt zu etablieren. Das Angebot reicht bereits vom schlichten Akkumulator bis zum Komplettsystem. Unter den 69 Solarspeichern auf dem deutschen Markt sind Blei- und Lithium-Ionen-Akkus die dominierenden Technologien (Krause, 2012). Ziel des KfW Programms ist die Ermöglichung einer Verdopplung des Eigenverbrauchs durch Speicher, die eine Nutzungsdauer von rd. 20 Jahren versprechen (BWK Energiefachmagazin, 2013).

Die derzeitige Entwicklung am Markt für Photovoltaik deutet darauf hin, dass der auf Bundesebene gewünschte Zubau an Photovoltaikleistung eingehalten wird. Unter dem gewünschten Korridor des Zubaus ist das gesetzlich gewünschte Maß an Zubau im Jahr zu verstehen. Der Korridor wurde eingeführt, da sich der Markt der Photovoltaik in den letzten Jahren überhitzte und es zu einem massiven (nicht in dem Ausmaß gewünschtem) Ausbau der Photovoltaik kam. Angelockt durch teils zweistellige Renditen wurde das EEG vom eigenen Erfolg überrollt und ein zu schneller und großer Ausbau war die Folge. Die Bundesregierung hat dies erkannt und das EEG novelliert. Investoren erhalten zwar noch immer eine attraktive Rendite auf das eingesetzte Kapital, jedoch ohne dass sich der Markt erneut überhitzt. Unter den jetzigen Bedingungen wird daher von einem gewünschten Ausbaupfad ausgegangen, welcher in Abbildung 59 (Zubaurate PV Δ Vorjahr – rechte Ordinatenachse) dargestellt ist.

Abbildung 59 zeigt die Verlangsamung des Ausbaus, bei einem gewünschten Ausbau von jährlich 3.000 MW_{peak}. Der sich ergebende Wert des Jahres stellt die Zubaurate im Vorjahresvergleich dar (Szenario „gewünschter Ausbau“). Aus der prozentualen Veränderung, leitet sich die gewünschte zu installierende Leistung an Photovoltaik in Deutschland ab.

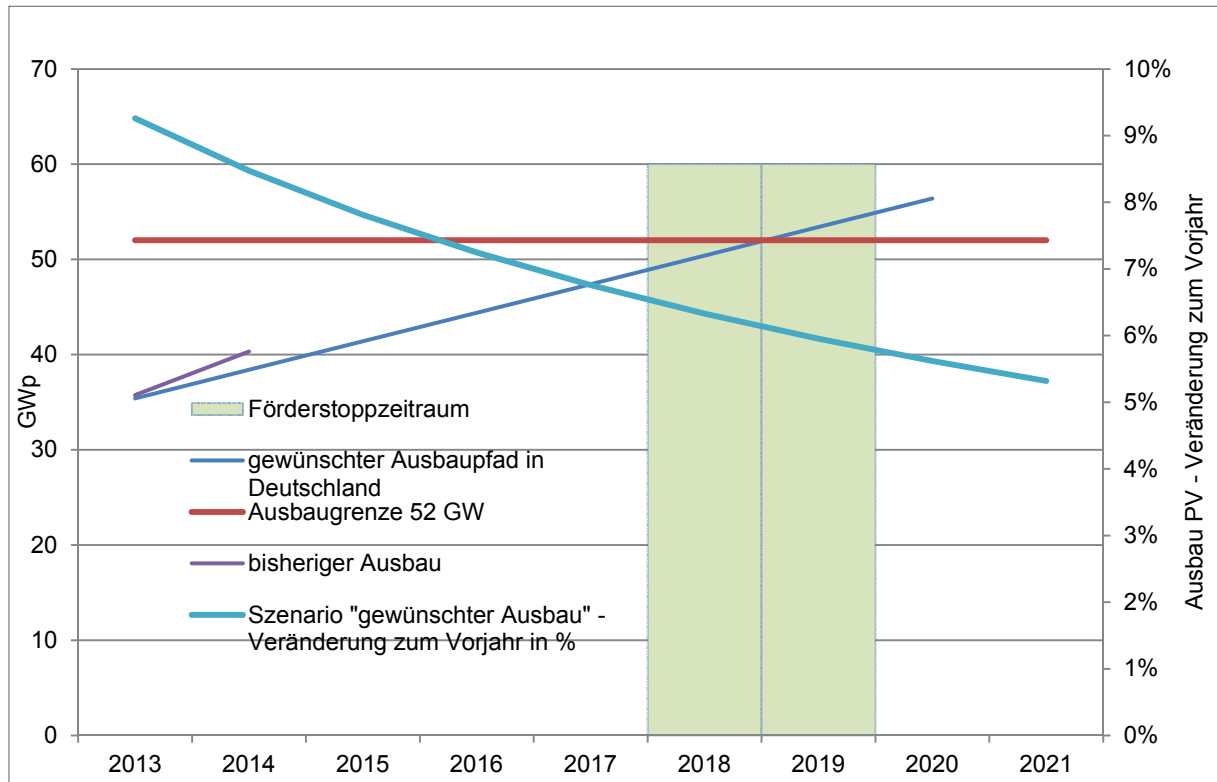


Abbildung 59: Ermittlung des ungefähren Zeitpunktes des Förderstopps von PV Anlagen (EEB)

Im Jahr 2018 bzw. 2019 werden nach dem Willen des Gesetzgebers voraussichtlich die letzten photovoltaischen Anlagen durch das zentrale Förderinstrument (Erneuerbare Energie Gesetz) gefördert. Wenn der Ausbaugrad von 52 GW_{peak} erreicht wurde, muss die Photovoltaik einen anderen Weg finden, um Erträge zu erwirtschaften. Die Eigenstromnutzung mit optimierter Speicherung kann hier wahrscheinlich eine große Rolle spielen, so lange der Eigenstromverbrauch „privilegiert“ und von Abgaben und Umlagen weitestgehend befreit bleibt. Auch die eingangs angedeuteten kommunalpolitischen Implikationen werden hier vermutlich eine bedeutende Rolle spielen. Der Gesetzgeber hat bei der Novellierung des EEG in 2014 explizit Kleinanlagen (max. 10 kW_p) aus der EEG Umlagepflicht bezüglich des Eigenverbrauchs ausgenommen, so dass Haushalte weiterhin die Chance haben trotz sinkender Vergütungen aus dem EEG die Wirtschaftlichkeit zu sichern. Solange diese Kleinsysteme von der Umlagepflicht beim eigenverbrauchten Strom ausgeklammert sind, lohnt sich der Eigenverbrauch ab der ersten Kilowattstunde, da diese quasi mit dem Bruttostrompreis des Versorgers (siehe Abbildung 11) (ca. 25ct. – 30 ct.) vergütet wird. Dies liegt deutlich über der aktuellen EEG Förderung für PV-Strom (siehe Tabelle 23).

Monat	Art der Anlage	Größe in kWp	Vergütung (Cent/kWh)	Degression	Vergütete Strommenge
Einspeisevergütung Juli 2014	Dachanlage	bis 10	12,88	1%	100%
		10 bis 40	12,22		90%
		40 bis 1.000	10,9		100%
		1.000 bis 10.000	8,92		100%
	Freiflächenanlage	bis 10.000	8,92		100%
Einspeisevergütung Juni 2014	Dachanlage	bis 10	13,01	1%	100%
		10 bis 40	12,34		90%
		40 bis 1.000	11,01		100%
		1.000 bis 10.000	9,01		100%
	Freiflächenanlage	bis 10.000	9,01		100%
Einspeisevergütung Mai 2014	Dachanlage	bis 10	13,14	1%	100%
		10 bis 40	12,47		90%
		40 bis 1.000	11,12		100%
		1.000 bis 10.000	9,1		100%
	Freiflächenanlage	bis 10.000	9,1		100%

Tabelle 23: Entwicklung der EEG Vergütung (Photovoltaik) 05/2014 bis 07/2014

Eigenverbrauchsoptimierung lohnt sich grundsätzlich für jeden Anlagenbesitzer. Waren bis vor kurzem noch Betreiber von Anlagen im Vorteil, die die Mittagsspitze der PV Produktion mit eigenem Verbrauch nutzen (verschneiden) konnten, helfen jetzt Speichersysteme diesen „Verbrauch“ zu generieren. Das bisherige Manko, dass Produktion und Abnahme von Strom in typischen Haushalten zeitlich nicht deckungsgleich ist, kann so beseitigt werden. Die Mittagsspitze der PV wird so in die entsprechenden Tageszeiten „gelenkt“ (siehe Abbildung 60).

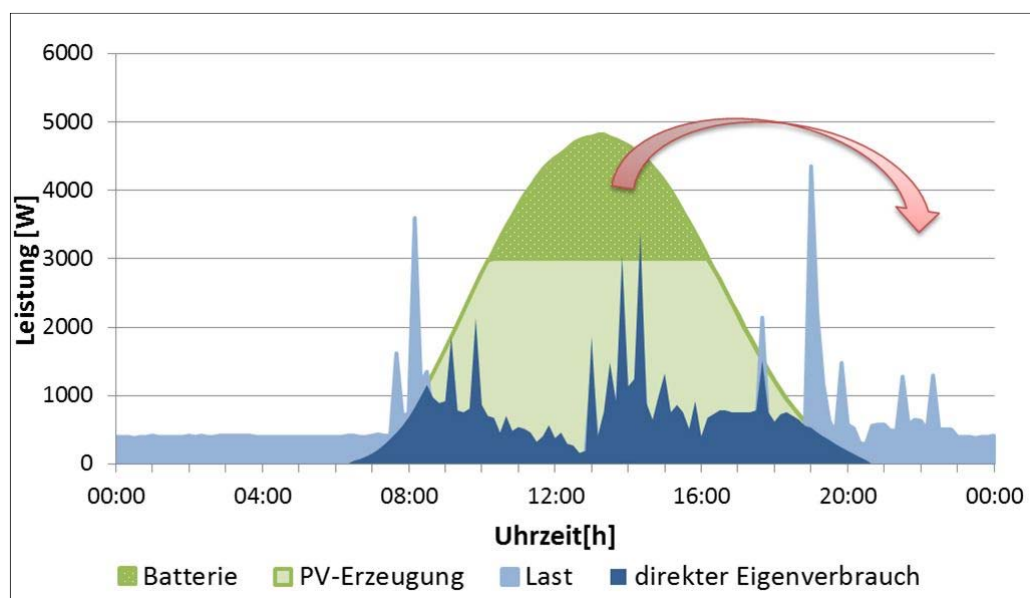


Abbildung 60: PV – Eigenverbrauch und Speicher (Struth, 2014)

Solange jedoch sich die Speichersysteme nicht weiter verbreiten (zu hohe Investitionskosten, Förderung zu niedrig, Wegfall der EEG-Umlagebefreiung für Anlagen <10 kW_p), ist die PV weiterhin auf das zentrale Fördersystem des EEG angewiesen.

Entsprechend der Herleitungen aus dem Gesamtsystem und den daraus resultierenden Parametern findet auch in der StädteRegion Aachen ein Ausbau gemäß den angenommenen Zubauraten statt. Nach Einstellung der Förderung durch das EEG ist anzunehmen, dass der Ausbau nicht nur auf Bundesebene, sondern auch in der StädteRegion Aachen moderater stattfindet als bisher. Ausgehend von einem Bestand an photovoltaischen Anlagen ergeben sich für die StädteRegion die in Abbildung 61 dargestellten Ausbaugrade. Abbildung 61 zeigt hierbei den jährlich abnehmenden Zuwachs der Photovoltaik unter der zentralen Annahme, dass das EEG das wirksamste Förderinstrument bleibt und der Zubau gemäß den Bundeszielen erfolgt. Die Abbildung gibt darüber Auskunft, wieviel Prozent des gesamten theoretischen Potenzials in der jeweiligen Kommune pro Jahr erschlossen werden können. Zusätzlich zu den eigenen Untersuchungen der vorliegenden Studie wurden auch von der Stadt Aachen zur Verfügung gestellte Daten integriert. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Methodik der Potenzialabschätzung unterschiedlich ist. Die Daten der Stadt Aachen (theoretische Potenziale) wurden in die Systematik des angenommenen Entwicklungspfades übernommen, sodass auch hier dem Ausbaupfad des EEG gefolgt wird.

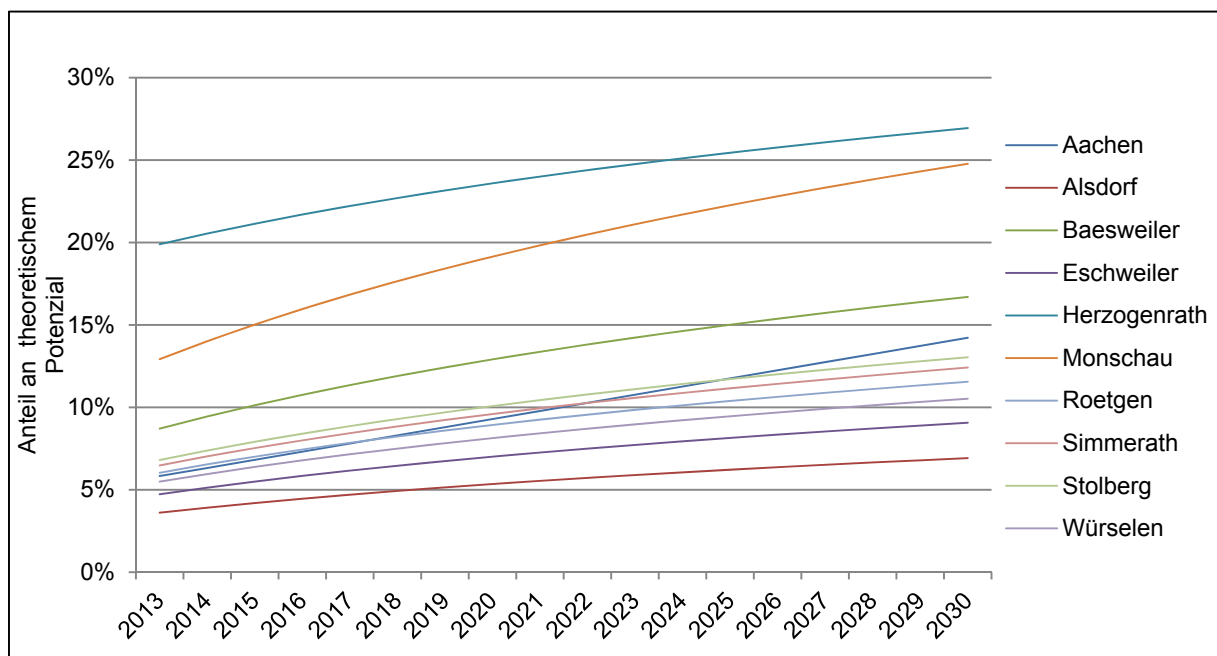


Abbildung 61: Photovoltaik (machbares / Anteil an theoretischem Potenzial) (EEB)

Die Unterschiede ergeben sich aus der Tatsache, dass Kommunen wie z.B. Herzogenrath, bei denen die Photovoltaik bereits gut ausgebaut ist, ein sehr hohes Ausgangsniveau haben. Im Fall Herzogenrath ist der Anteil an Photovoltaik besonders groß, da hier im Jahre 2012 der zweitgrößte Solarpark Nordrhein-Westfalens errichtet wurde. Mit weiteren, noch ambitionierteren Großprojekten ist weniger zu rechnen, da die Förderung durch das EEG als zentrales Anreizinstrument auf Parks bis maximal 10 MW_{peak} beschränkt ist. Die übrigen Kapazitäten der Photovoltaik in der StädteRegion Aachen liegen im Bereich kleinerer bis mittlerer Anlagen im Privat- und Gewerbesektor.

Die Zuwachsraten ergeben sich aus den Berechnungen des verwendeten Modells, welches durch das EEG gesteuert ist. Entwickelt sich die Photovoltaik in Deutschland weiterhin entlang des „gewünschten“ Korridors, können bis zum Jahr 2019 in der StädteRegion insgesamt ca. 4% des gesamten verfügbaren (theoretischen) Potenzials (installierte Leistung, mit Stadt

Aachen) ausgeschöpft werden. Da noch unklar ist, was politisch nach Erreichen der 52 GW_{peak} Schwelle geschehen wird, wird in vorliegender Studie von einem moderaten Zubau ab 2019 ausgegangen. Dies bedeutet, dass bis 2030 nochmals 4% Leistung Photovoltaik zugebaut und damit insgesamt 8% des gesamten Potenzials ausgeschöpft werden (inkl. Stadt Aachen). Ob dieser Anteil letzten Endes höher sein wird, entscheidet letztlich das Zusammenspiel von Politik und Wirtschaft und Investor.

Die folgende Abbildung zeigt, wie sich der Anteil der Photovoltaik an der gesamten Stromerzeugung in der jeweiligen Kommune im zeitlichen Verlauf voraussichtlich ändern wird. Dazu wurden je Kommune die relevanten Werte des Jahres 2012 mit den prognostizierten Werten des Jahres 2030 verglichen (siehe Abbildung 61). Der graue Balken zeigt hier den Anteil der Photovoltaik bezogen auf den gesamten Stromabsatz in Prozent (obere Achsbezeichnung). Der farbige Balken zeigt das Verhältnis von Gesamtstromerzeugung und Stromerzeugung aus Photovoltaik (untere Achsbezeichnung in GWh). Der Anteil der Photovoltaik wird durch das Heben der Potenziale mit den Jahren größer, sodass sich das Verhältnis zu Gunsten der PV verbessert. Insgesamt reduziert sich der Stromabsatz gemäß den Klimaschutzzielen der Bundesregierung (vgl. Tabelle 05).

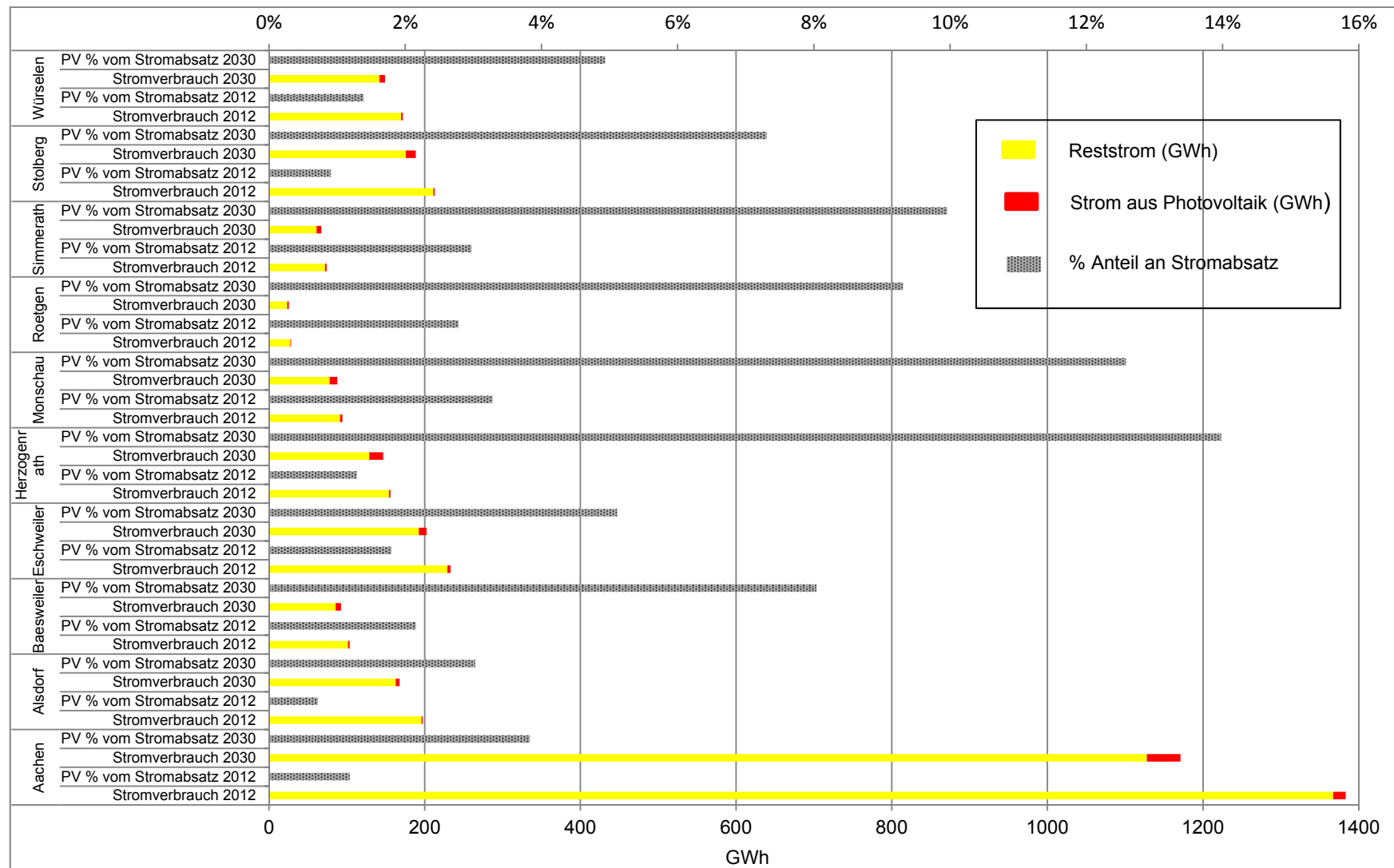


Abbildung 62: Anteil der PV an der Stromproduktion 2012 und 2030 (EEB)

Gemäß den Annahmen können maximal ca. 70 MW_{peak} (siehe Abbildung 56) bei einer maximal möglichen Arbeit von 64 GWh (machbares Potenzial bis 2030 mit Stadt Aachen, siehe Abbildung 57) erreicht werden. Die Kosten zur Installation von Photovoltaik sind zwar insgesamt rückläufig, jedoch spezifisch noch recht hoch. Dies bedeutet beispielsweise, dass ein Kilowatt installierte Leistung Photovoltaik ca. 1.600 Euro kostet. Die Windkraft hingegen weist spezifische Investitionskosten (je nach Nabenhöhe) von 1.000 Euro bis zu 1.300 Euro je Kilowatt installierte Leistung auf. Die Kosten einer vollständigen Anlage müssten im gleichen oder höheren Umfang fallen wie dies bei der Vergütung der Fall ist, um die Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten. Da Investoren sich eine möglichst hohe Förderung sichern wollen, bevor diese in der nächsten Periode abgesenkt wird, ist von einem weiterhin starken Ausbau und damit verbundene fallende Förderung auszugehen. In diesem Szenario werden die Investitionskosten nicht im gleichen Umfang fallen wie die abgesenkte Vergütung, sodass die Rendite sinkt. In der darauffolgenden Periode pendeln sich die Kosten der Investition auf ein erneutes Gleichgewicht zwischen Vergütungen und Investitionskosten ein, sodass sich eine gleichgewichtige Rendite ergibt. Die aggregierten Kosten (siehe Abbildung 63) sind, gemessen am überschaubaren Anteil von zukünftig (2030) knapp 6% am gesamten Stromaufkommen, sehr hoch. Zugrunde gelegt wurden hier die machbaren Ausbaupotenziale verbunden mit den Kosten der Investition einer PV Anlage unter der zusätzlichen Annahme, dass die Kosten in den kommenden Jahren weiter fallen werden. Für die StädteRegion Aachen im Jahr 2014 bedeutet dies beispielsweise Gesamtkosten aller Investitionen über 8,3 Millionen Euro.

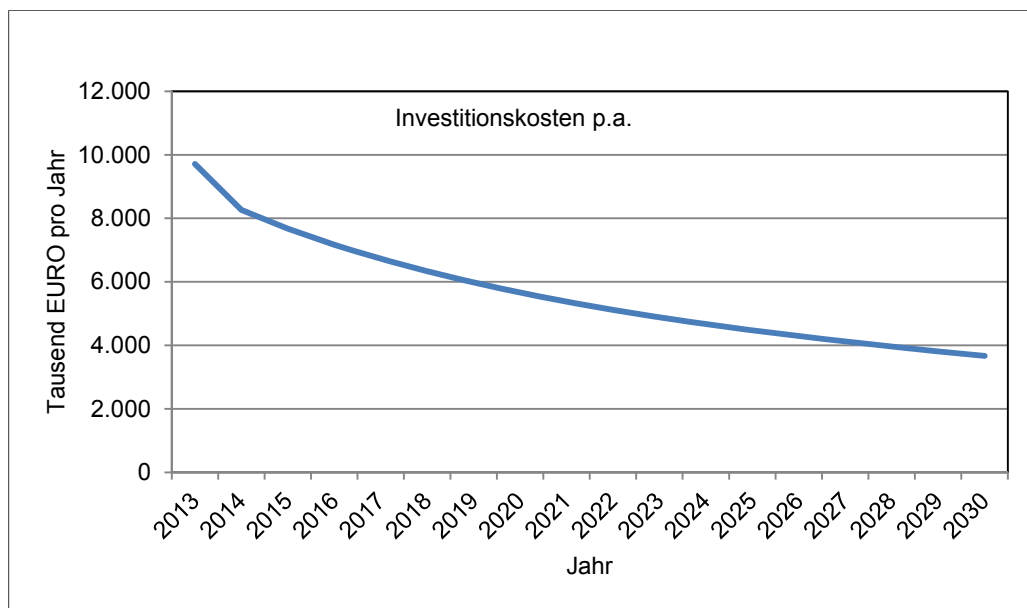


Abbildung 63: Jährlich notwendige Investition des PV Ausbaus (EEB)

In den Investitionen sind Kosten des Moduls, Kapitalkosten, Wartungs- und Instandsetzungskosten sowie Versicherungskosten (gesamt 1.700 €/kW_p) berücksichtigt. Fraglich ist, ob diese Volumina von den Einwohnern der StädteRegion Aachen ohne weitere zusätzliche Anreize getragen werden können und die bestehenden Förderinstrumente (Tabelle 05) ausreichen, um das Potenzial zu heben. Um die Photovoltaik für den Investor rentabel zu gestalten, muss der Eigenstromverbrauch optimiert werden; dies geschieht durch peakshaping bzw. den Einsatz von Akkus. Damit können Spitzen, die typischerweise in der Mittagszeit an-

fallen, in die Abendstunden verlagert werden. Zu dieser Zeit sind auch entsprechende Abnahmesituationen in Haushalten vorzufinden. Um die Technologie der Stromspeicherung zu etablieren, wurde seitens des Bundes ein entsprechendes Förderinstrument geschaffen. Seit Mai 2013 werden Solarstromspeicher durch die KfW in Form eines Tilgungszuschusses gefördert, um den Eigenverbrauch zu optimieren und damit die Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

In der StädteRegion Aachen liegt machbares Potenzial – mit Unterschieden zwischen den Kommunen – vor, wie Abbildung 64 beispielhaft zeigt. Im Bereich des photovoltaischen Leistungspotenzials liegt Stolberg an der Spitze aller Kommunen, da hier entsprechende Flächen zur Verfügung stehen.

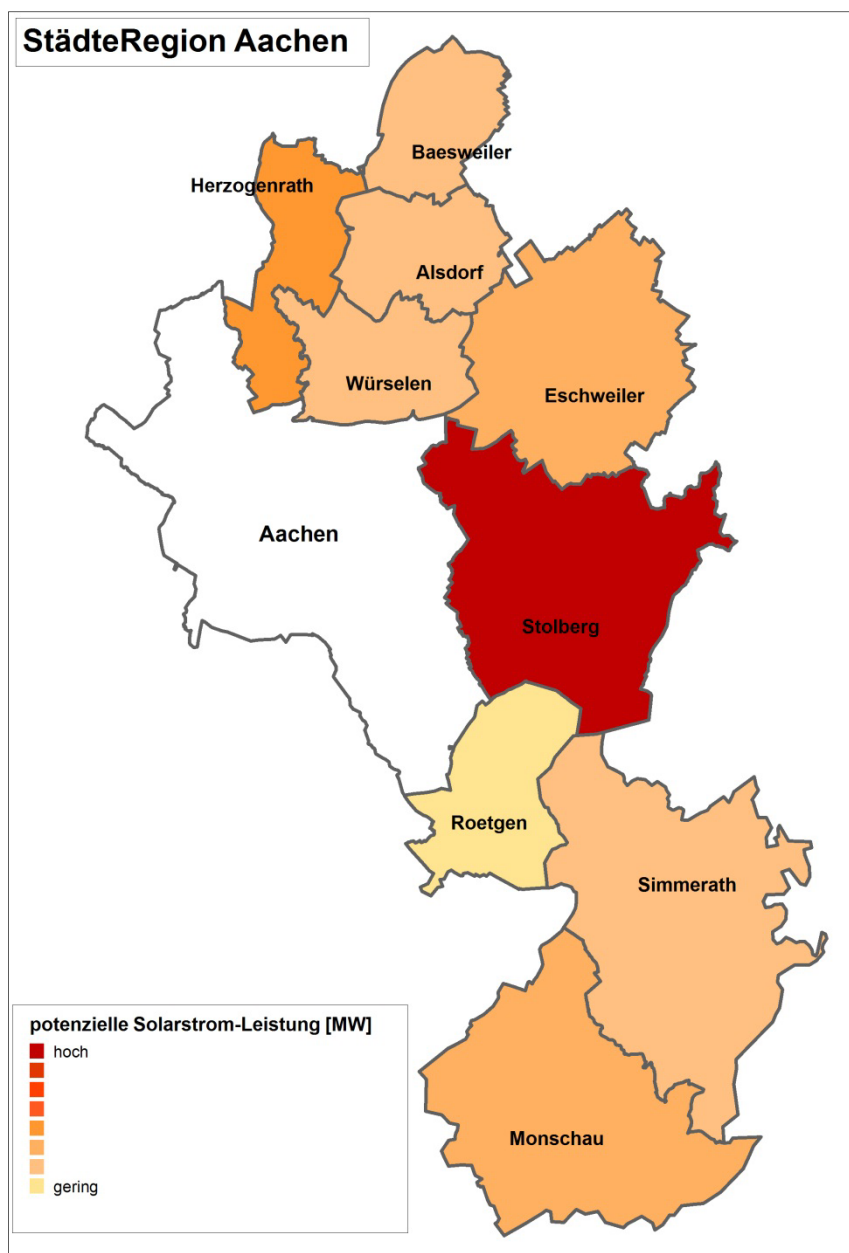


Abbildung 64: Machbares Potenzial der installierbaren Leistung (EEB)

Nicht überraschend ist, dass dichter besiedelte Gebiete der Region auch ein höheres Potenzial für die Photovoltaik aufweisen, da hier insgesamt mehr Dächer zur Verfügung stehen.

Die Bandbreite des machbaren Potenzials reicht von 11,2 MW_{peak} in Aachen bis hin zu 0,6 MW_{peak} in Roetgen.

3.3.2.3 CO₂-Minderung durch Photovoltaik

Wie auch bei anderen Energieträgern bzw. -erzeugern nehmen die Einsparpotenziale mit den Jahren ab, da der bundesdeutsche Strommix (BDEW, 2013) in der Zukunft „grüner“ wird und somit weniger CO₂ beispielsweise über Strom aus Kohle emittiert wird. Die folgende Abbildung 65 zeigt die jährlichen Einsparpotenziale an CO₂ unter den gemachten Ausbaubedingungen (machbares Potenzial) in der StädteRegion Aachen. Unter der Annahme, dass sich der Zubau entlang des gewünschten Korridors verringert, nehmen die Einsparpotenziale nach einem möglichen Förderstopp nur marginal ab, da mit weiterem Zubau zu rechnen ist. Nicht nur der leicht verlangsamte Ausbau wirkt sich auf die Abnahme der CO₂-Emissionen aus. In erster Linie wirkt hier der Mechanismus des sich ändernden Bundesstrommixes (siehe 3.2) aus. Eine Trendwende tritt daher dann ein, wenn der verdrängte Strom

Sollte der Gesetzgeber den Eigenstromverbrauch weiterhin privilegieren, so bestehen gute Chancen, dass der Ausbau der Photovoltaik stetig fortgeführt wird. Anzunehmen ist jedoch, dass zukünftige Anlagen kleiner dimensioniert werden, um diese optimal für eine Eigenstromkonfiguration auszulegen.

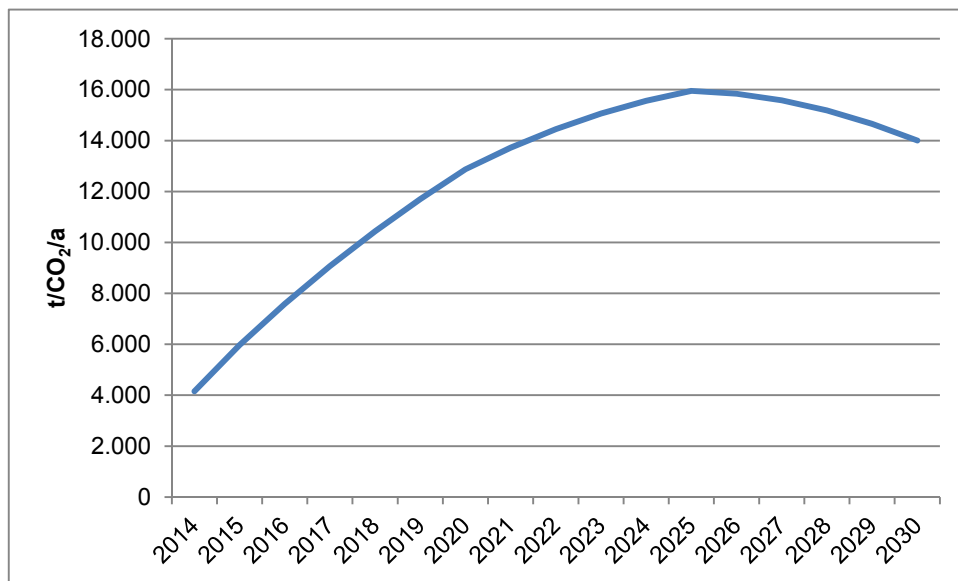


Abbildung 65: Jährliche CO₂-Einsparungen durch den Ausbau der Photovoltaik (EEB)

Dem gegenüber stehen die theoretischen Potenziale, die bestehen wenn alle zur Verfügung stehenden Flächen genutzt werden würden.

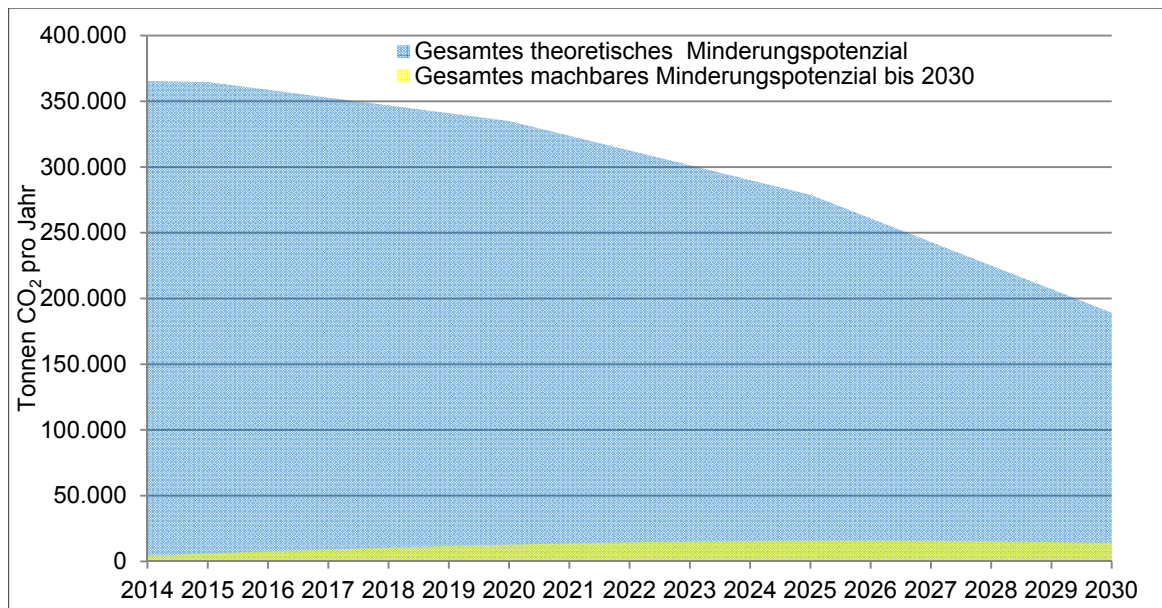


Abbildung 66: Vergleich der CO₂-Minderungspotenziale der Photovoltaik (EEB)

Wie Abbildung 66 aufzeigen kann, ist das Potenzial, welches tatsächlich machbar ist nur ein Bruchteil des theoretischen Potenzials unter den gemachten Annahmen. Im Jahr 2030 können ca. 14% des theoretischen Potenzials (siehe 3.3.2.2) genutzt werden. Es ist offensichtlich, welches große Restpotenzial zur Verfügung stehen würde. Unter der Bedingung, dass sich Förderbedingungen und/oder Energiepreise entsprechend ändern, könnte die Photovoltaik einen deutlich größeren Beitrag zum Umweltschutz leisten.

Bei diesen Überlegungen ist aber auch zu beachten, dass dies einer installierten Leistung von knapp einem Gigawatt entsprechen würde. Fraglich ist daher, wie und ob die Stromnetze eine solche Menge an Strom aufnehmen können.

3.3.2.4 Beispielhafte Wirtschaftlichkeitsrechnung der Photovoltaik

Um eine spezifische Aussage über die Eignung einer Dachfläche und die damit verbundene Wirtschaftlichkeit zu erhalten und um das Potenzial und die technischen Rahmenbedingungen abschätzen zu können, sei an dieser Stelle nochmals auf das Solarkataster der StädteRegion Aachen verwiesen. Dort kann für jede Adresse in der StädteRegion Aachen auch eine erste Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt werden, was auch für die folgenden Ausführungen zu Grunde gelegt wurde. Die Parameter und Durchführungsweise der Wirtschaftlichkeitsanalyse unterliegen dem Modell des Solarkatasters. Zu Vereinfachungszwecken wurde auf dieses Modell zurückgegriffen, da die Bürger ebenfalls die gleiche Berechnungsgrundlage nutzen. Es sollen im Folgenden drei Fälle von unterschiedlichen Anteilen des Eigenverbrauchs (10%, 25%, 50%) dargestellt werden. Alle Fälle basieren auf folgenden Annahmen:

- Haushaltsstromverbrauch: 4.400 kWh/a
- Anlagengröße: 6,5 kW_p
- 42,6 m² Solarpanelfläche
- Systemverluste: 24%; Degradation: 0,1%

- Strompreis (Quasivergütung Eigenverbrauch): 26 ct/kWh
- Strompreissteigerung: 3%
- Anteil Fremdkapital 60%
- Zins des Darlehens: 5%
- Inbetriebnahme der Anlage: Juli 2014
- Kosten:
 - o Versicherung 4,- Euro/kW/a
 - o Wartung: 20,- Euro/kW/a
 - o Inflation: 2,0%
 - o Modulkosten: 1.400 €/kW_p
- Vergütung: Basis → 03/2012 (Stand 11/2013)
 - o Vergütungssatz: 0,1275 Euro/kWh (gestaffelt, einschl. Degradation)

10% Eigenstromverbrauch

Im Falle eines sehr geringen Anteils des Eigenstromverbrauchs erscheint eine Investition nicht sinnvoll, da nur eine Rendite knapp unterhalb der Inflation erzielt werden kann. Auch die Amortisationsdauer ist mit 18 Jahren verhältnismäßig lang. Sollte ein entsprechender Eigenstromanteil realisiert werden, so ist eine Optimierung der Anlage durch Verkleinerung notwendig. Das Ergebnis zeigt sich in Tabelle 24 und Abbildung 67:

Photovoltaische Anlage	6,5 kWp, 26 Module, 42,6 m ² 5.528 kWh/Jahr
Baukosten	9.100 Euro
Investierter Betrag	3.640 Euro
Kredit	3.640 Euro Eigenkapital, Kredit über 5.460 Euro bei 5% über 12 Jahre.
Laufende Kosten	156 Euro/Jahr, 2,0% Inflation
Vorteile	5.196 Euro nach 20 Jahren 1,17% Rendite 18 Jahre bis zur Amortisation 2,5 Tonnen CO ₂ pro Jahr eingespart

Tabelle 24: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 10% Eigenverbrauch – 1 (Solarkastaster)

Die hier dargestellten Gesamtinvestitionen belaufen sich auf 9.100 €. Die Ausgaben werden zu 60% fremdfinanziert. Dies bedeutet, dass ein – im gewählten Beispiel – Eigenkapitalanteil von 3.640 € (40%) aufgebracht werden muss. Dieser wird in der folgenden Abbildung als „Konto“ dargestellt. Die in Tabelle 24 dargestellten „Vorteile“, stellen den Gesamtsaldo zwischen Erträgen und Aufwendungen nach 20 Jahren (Förderzeitraum EEG) dar.

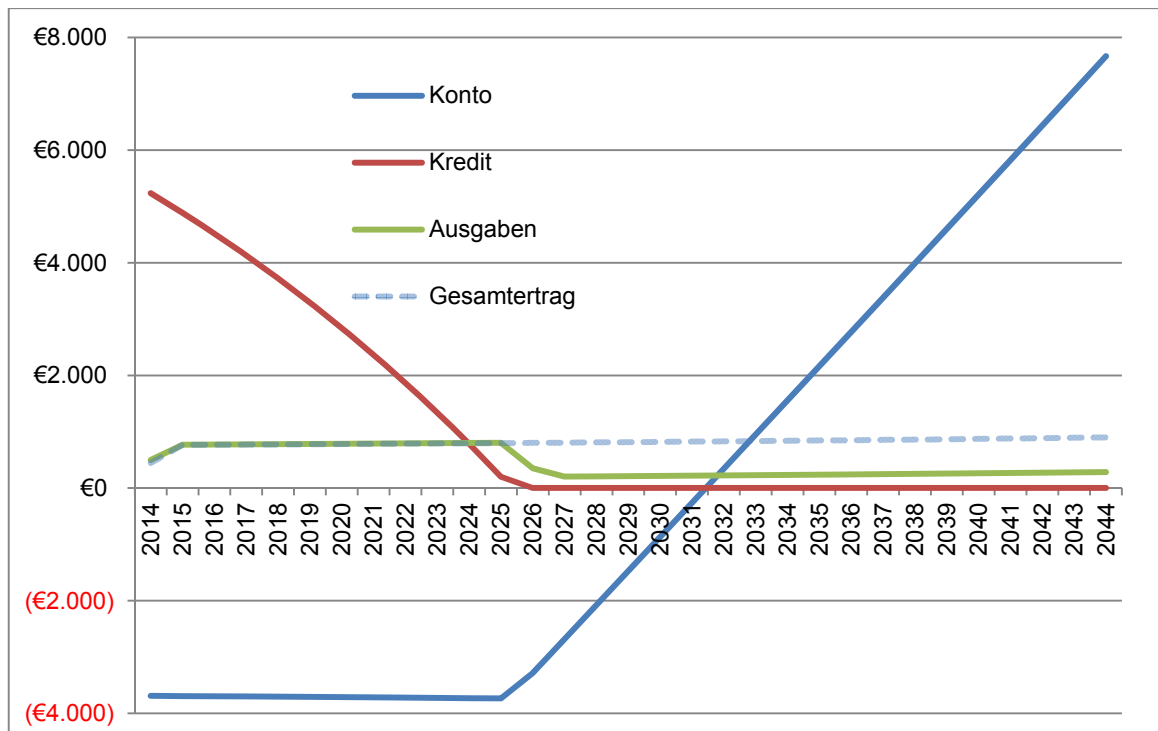


Abbildung 67: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 10% Eigenverbrauch – 2 (Solarkataster)

Die Erträge ergeben sich aus den EEG-Fördersätzen und dem eingesparten Strom. Aufwendungen sind vor allem die laufenden Kosten im Jahr und die Ratenzahlungen auf Fremdkapital (Annuitätendarlehen). Das Fremdkapital (Kredit, rote Linie) ist nach 12 Jahren zurückgezahlt, so dass bei leicht steigenden Erträgen und sinkenden Kosten die Gesamterlöse größer werden und sich somit die eigene Investition (3.640 €) amortisiert. Dieser Fall tritt im hier verwendeten Beispiel nach 18 Jahren ein. Das Konto, blaue Linie, scheidet die Abszisse und ist somit ausgeglichen.

25% Eigenstromverbrauch

Bei gleichen Parametern verbessert sich die Wirtschaftlichkeit deutlich, wenn der Anteil des eigenverbrauchten Stroms auf 25% erhöht werden kann:

Photovoltaische Anlage	6,5 kWp, 26 Module, 42,6 m ² 5.528 kWh/Jahr
Baukosten	9.100 Euro
Investierter Betrag	3.640 Euro
Kredit	3.640 Euro Eigenkapital, Kredit über 5.460 Euro bei 5% über 12 Jahre.
Laufende Kosten	156 Euro/Jahr, 2,0% Inflation
Vorteile	8.277 Euro nach 20 Jahren 3,65% Rendite 15 Jahre bis zur Amortisation 2,5 Tonnen CO ₂ pro Jahr eingespart

Tabelle 25: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 25% Eigenverbrauch – 1 (Solarkataster)

Je höher der realisierte Eigenstromanteil ist, desto größer sind die Ersparnisse gegenüber dem externen Strombezug aus dem Netz. Hinzu kommt die sich verbessernde wirtschaftliche Situation, wenn die Strompreise -wie angenommen- um 3% pro Jahr steigen. Die Erträge steigen und die Zeit bis zur Amortisation verkürzt sich. Die Anlage arbeitet wirtschaftlicher.

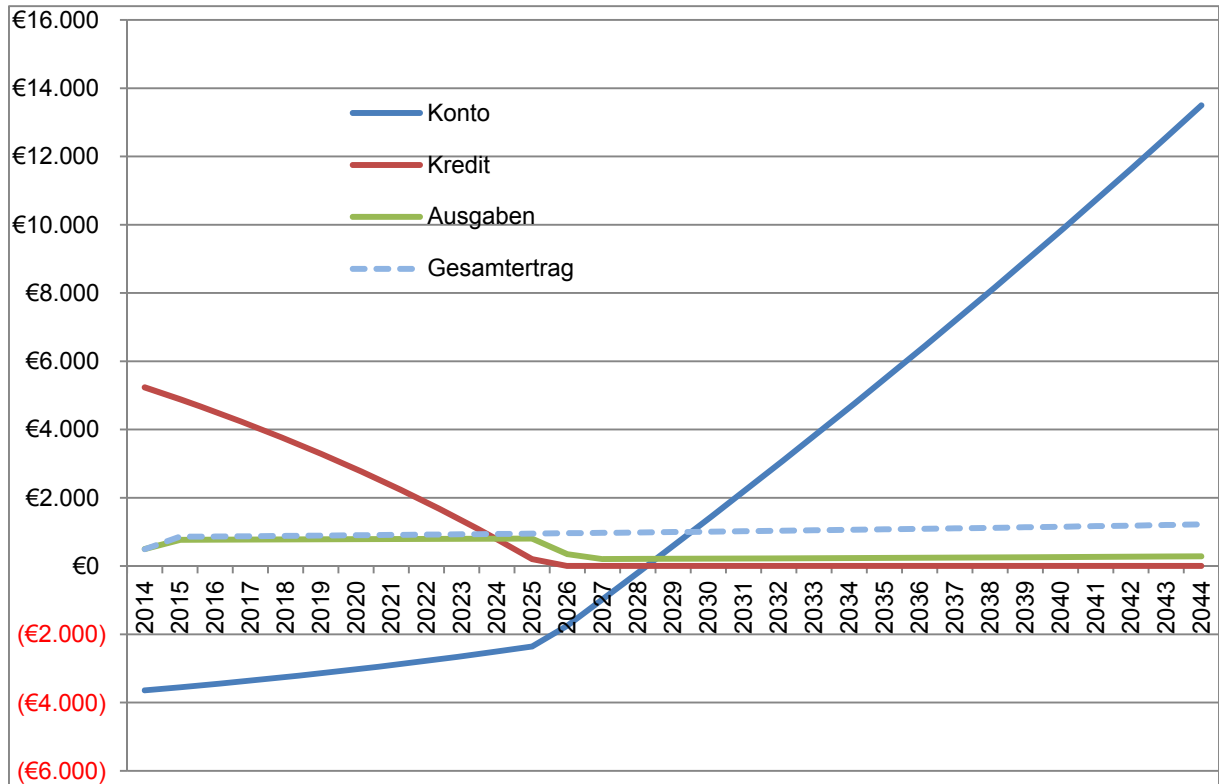


Abbildung 68: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 25% Eigenverbrauch – 2 (Solarkataster)

50% Eigenstromverbrauch

Sollte es durch Änderung des Nutzungsverhaltens (Verschiebung des Verbrauchs von Strom hinzu Zeiten mit hoher Stromproduktion) oder durch den Einsatz von Stromspeichern realisierbar sein, den Eigenstromanteil bis auf 50% zu erhöhen, stellt sich eine Wirtschaftlichkeit schon sehr früh ein, wie die Dauer der Amortisation in Tabelle 26 zeigt.

Photovoltaische Anlage	5,3 kWp, 21 Module, 34 m ² 4.504 kWh/Jahr
Baukosten	9.100 Euro
Investierter Betrag	3.640 Euro
Kredit	3.640 Euro Eigenkapital, Kredit über 5.460 Euro bei 5% über 10 Jahre.
Laufende Kosten	156 Euro/Jahr, 2,0% Inflation
Vorteile	13.411 Euro nach 20 Jahren 6,24% Rendite 12 Jahre bis zur Amortisation 2,5 Tonnen CO ₂ pro Jahr eingespart

Tabelle 26: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 50% Eigenverbrauch – 1 (Solarkataster)

Bereits nach 12 Jahren hätte sich eine solche Investition bezahlt gemacht. Auch die zu erzielende Rendite liegt deutlich über der Inflation und weit über den derzeit möglichen Renditen vergleichbarer sicherer Anlageformen. Die Ergebnisse nochmals in grafischer Form zeigt Abbildung 69:

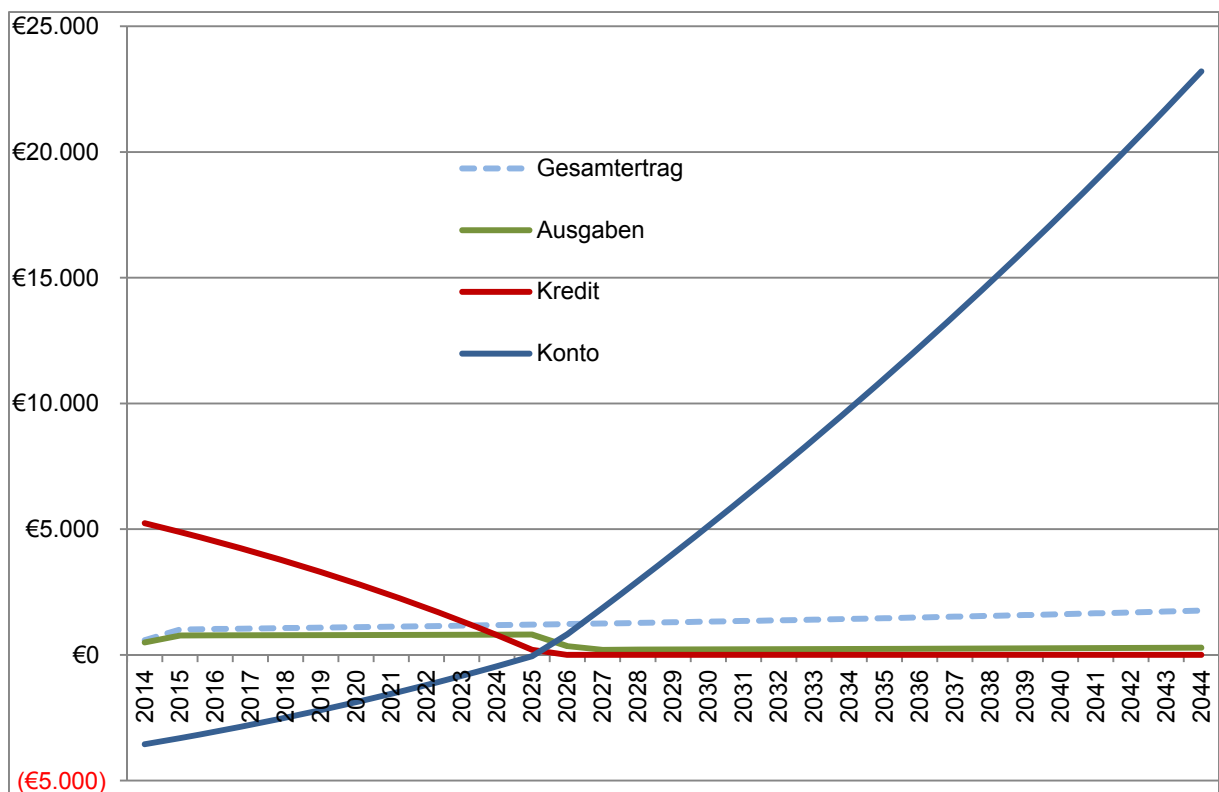


Abbildung 69: Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik bei 50% Eigenverbrauch – 2 (Solarkataster)

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Eigenstromverbrauch mit zunehmender Absenkung der EEG Vergütung an Bedeutung zunimmt. Unter Beachtung einer optimierten Auslegung der Anlage, können jedoch auch kleine Eigenstromanteile (Einsatz von Smart

Home, Speichereinsatz, Änderung des Nutzerverhaltens) zu wirtschaftlichen Ergebnissen führen.

3.3.2.5 Potenziale der Photovoltaik auf kommunalen Gebäuden

Wie in der Einleitung bereits erwähnt, haben die Kommunen schon früh das Potenzial der kommunalen Dachflächen erkannt und genutzt. Nicht in allen Fällen konnten sie dabei selbst als Investor bei der Errichtung von Photovoltaikanlagen auftreten, da die Haushaltslage dies nicht zuließ. Daher stellten einige Kommunen die eigenen Dachflächen potenziellen Investoren nach Prüfung der statischen Eignung zur Verfügung. Teilweise verlangten die Kommunen dafür Pacht, teilweise bekamen und bekommen Erbauer von PV-Anlagen die Flächen kostenlos. Auf diese Art wurde in den letzten Jahren systematisch versucht, Dachflächenpotenziale öffentlicher Liegenschaften zu nutzen. Eine Übersicht der Kommunen liefert folgende Tabelle.

	Kostenlose Fläche	Verpachtung	Projekte realisiert?
Aachen	nein	ja	ja (7 Anlagen)
Alsdorf	ja *)	ja	ja
Baesweiler	nein	nein	nein **)
Eschweiler	nein	ja	ja
Herzogenrath	nein	ja	ja (8 Anlagen)
Monschau	nein	ja	ja
Roetgen	nein	ja	ja
Simmerath	nein	ja	ja (1 Anlage, weitere in Planung)
Stolberg	nein	ja	ja (10 Anlagen)
Würselen	nein	ja	ja (2 Anlagen)

*) symbolische Pacht 1,- an Kommune
 **) gedachte Umsetzung nach IKSK

Tabelle 27: Nutzung der Photovoltaik auf kommunalen Dächern (EEB)

Um zu verdeutlichen, welches Potenzial der Photovoltaik die Kommunen selbst haben, wurden die öffentlichen Liegenschaften auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Daten hinsichtlich ihrer Eignung untersucht. Von den sich ergebenden theoretischen Potenzialen wurden die bereits bestehenden Anlagen (soweit diese Information vorlag) abgezogen. Im Ergebnis zeigt sich somit das Potenzial, welches die Kommunen auf eigenen Liegenschaften noch zur Verfügung haben (Abbildung 71). Um den Vorteil einer selbst erbauten und durch die Kommune betriebenen Anlage zu vergrößern, lohnt auch hier der Blick auf die Eigenverbrauchsoptimierung. Welches Potenzial im Eigenverbrauch liegt, lässt sich nur nach eingehender Analyse des Nutzungsprofils bestimmen. Grundsätzlich passt die Stromabnahmestruktur jedoch in das Stromerzeugungsprofil einer Photovoltaikanlage, wie Abbildung 70 (synthetisches Profil eines typischen Verwaltungsgebäudes in der StädteRegion Aachen) zeigt:

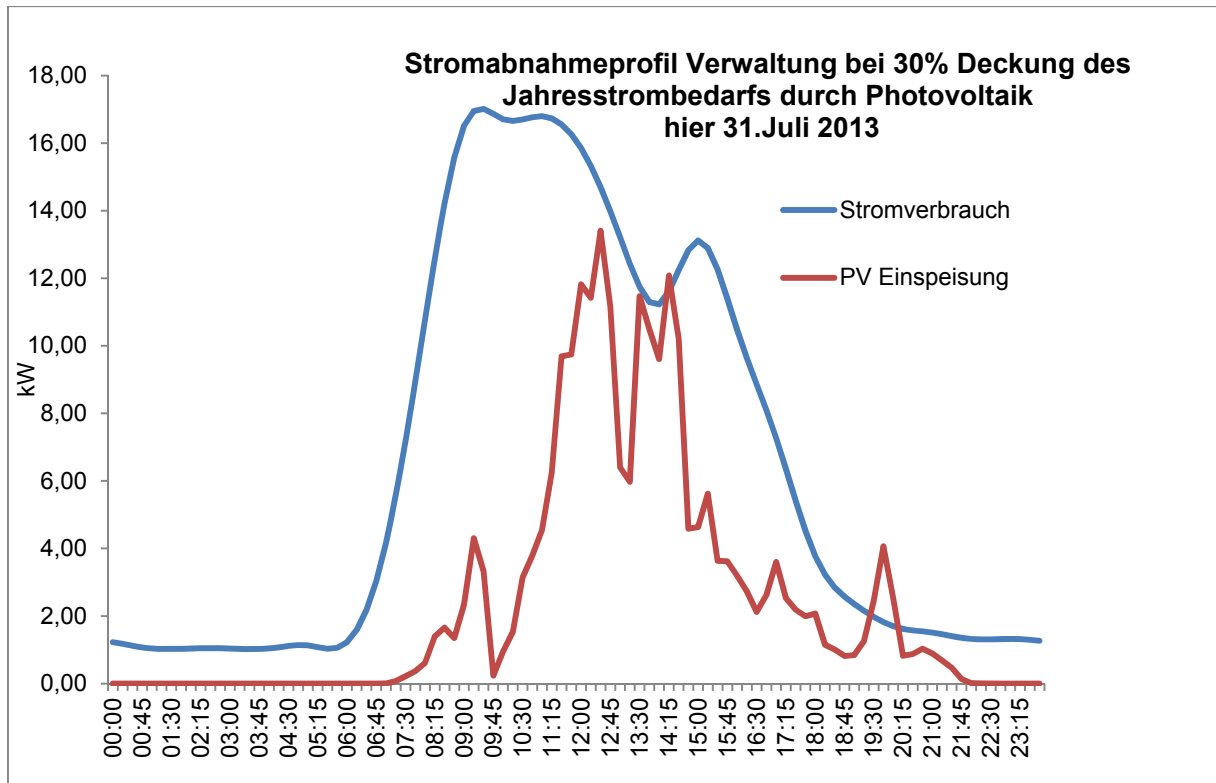


Abbildung 70: Stromabnahme und PV Einspeisung eines öffentlichen Verwaltungsgebäudes (EEB)

Im Gegensatz zu den meisten privat genutzten Gebäuden, die in der Mittagszeit zum optimalen Einspeisezeitraum wenig oder nicht genutzt werden, zeichnen sich die öffentlichen Gebäude dadurch aus, dass hier in der Mittagszeit Strombedarf besteht. Dieser nimmt zwar auch in dieser Zeit etwas ab, verbleibt aber grundsätzlich auf hohem Niveau. Während in Privathäusern und Privatgebäuden an dieser Stelle nur der Einsatz von Speichertechnik (Akku oder Power-to-Heat) Abhilfe schafft, um den überschüssigen Strom selbst zu nutzen, kann in der Mehrzahl der öffentlichen Gebäude mit einer Tagesnutzung der Strom aus Photovoltaik direkt selber verbraucht und damit der Eigenstromanteil optimiert werden. Bei den derzeitigen Strompreisen (2014) von ca. 26 ct/kWh (brutto) besteht für die Kommunen ein nicht unerheblicher Anreiz, das Potenzial entweder gewinnbringend zu verpachten, oder Strombezugskosten mit einer eigenen Anlage einzusparen, wobei der wirtschaftliche Nutzen bei letzterem größer ist.

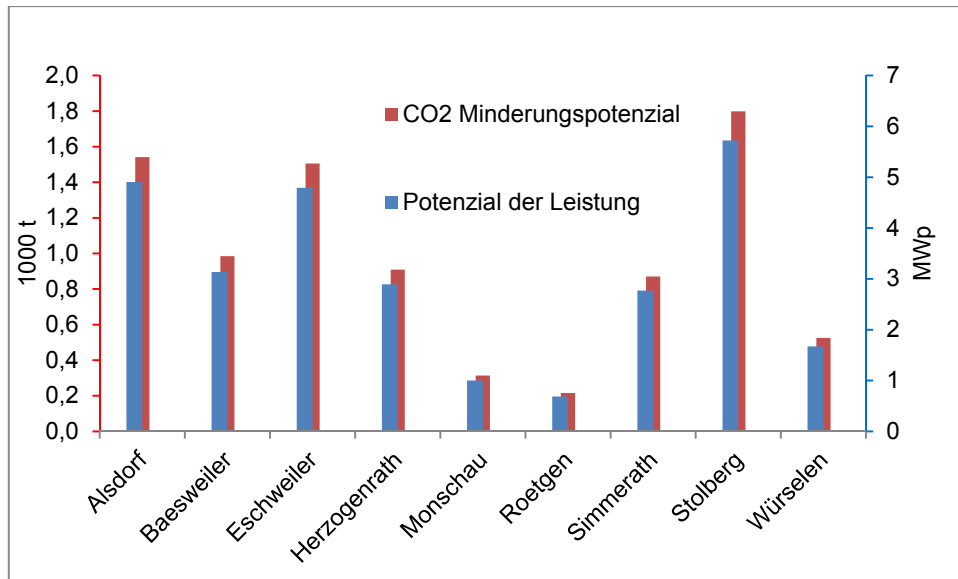


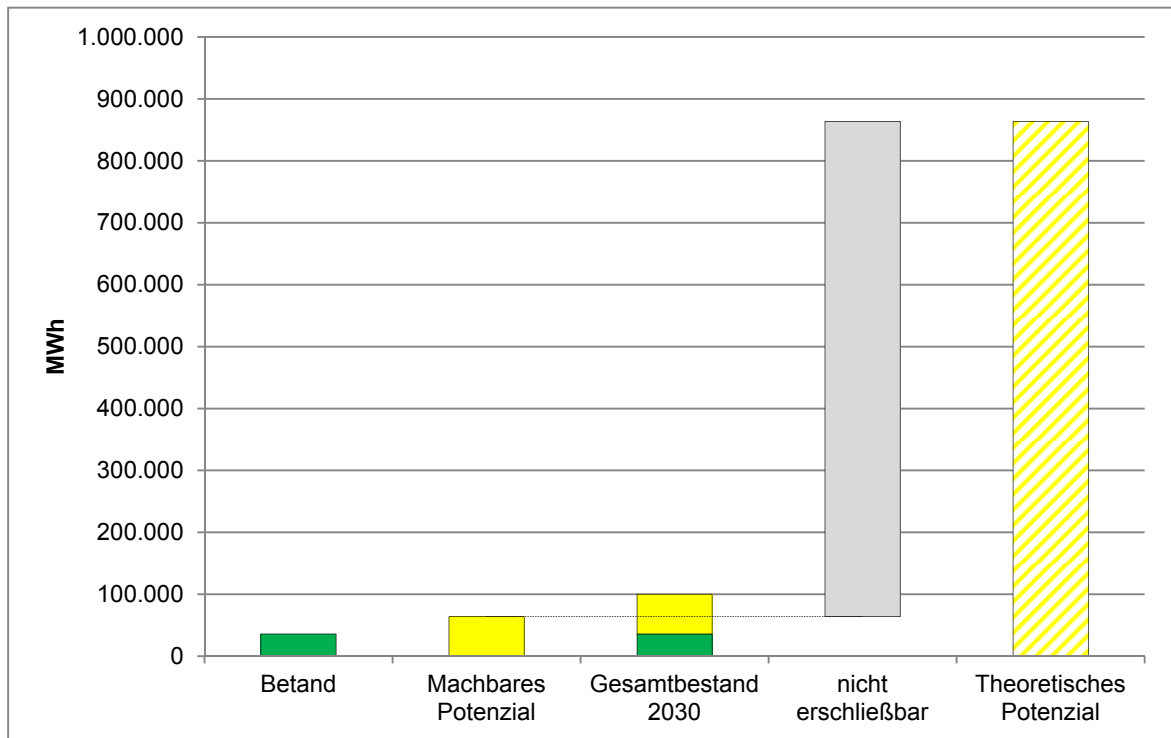
Abbildung 71: Theoretisches Potenzial der Photovoltaik auf öffentlichen Liegenschaften (Gesamt 27,6 MW_p)(EEB)

Abbildung 71 zeigt die maximal möglichen CO₂-Einsparungen pro Jahr, wenn das gesamte zur Verfügung stehende theoretische Potenzial (27,6 MW) auf öffentlichen Liegenschaften ausgenutzt werden würde. Auch hier werden die Einspareffekte geringer, da der verdrängte Strom im zeitlichen Verlauf sauberer wird (vgl. Abschnitt 3.2). Den Kommunen wird empfohlen, die vorhandenen Flächen zu nutzen und aktiv nach Investoren zu suchen bzw. selber aktiv im Bau von photovoltaischen Anlagen zu werden, so es denn die kommunale Haushaltssituation zulässt.

3.3.2.6 Zusammenfassung / Steckbrief der Energiegewinnung aus Photovoltaik

Steckbrief der Photovoltaik

Potenziale der Photovoltaik gesamt und kommunenscharf



Gesamtbestand 2030: 100 Gwh

Ausschöpfung des theoretischen Potenzials: 7%

MWh	Bestand 2012	Theoretisches Potenzial	Machbares Potenzial	Steigerung des Anteils um %	Gesamtbestand 2030	CO ₂ - Einsparungen
Aachen	16.192	303.600	26.987	167%	43.179	5.910
Alsdorf	1.405	71.298	2.578	183%	3.983	565
Baesweiler	2.189	41.164	3.594	164%	5.783	787
Eschweiler	4.121	108.550	5.142	125%	9.263	1.126
Herzogenrath	1.987	66.796	5.833	294%	7.821	1.277
Monschau	2.999	39.537	5.120	171%	8.119	1.121
Roetgen	766	18.796	1.135	148%	1.901	249
Simmerath	2.140	49.044	3.183	149%	5.323	697
Stolberg	1.917	98.457	6.710	350%	8.627	1.470
Würselen	2.360	66.555	3.661	155%	6.021	802

Bestimmende Kriterien der Umsetzung/Hemmnisse

- Strompreisentwicklung (führt zur Vorteilhaftigkeit des Eigenverbrauchs)
- Anpassung der Förderrichtlinien durch Gesetzgeber (z.B. EEG)
- Entwicklung der Anlagenpreise
- Entwicklung der Preise für Speichertechnologien

Nächste Schritte....**.... der Kommune, für eigene Liegenschaften**

- Feststellung der Priorität innerhalb des Kanons der Erneuerbaren Energien
- Attraktivste Liegenschaften auswählen
- Verbrauchsverhalten analysieren (siehe Abbildung 70)
- Technische Umsetzbarkeit prüfen (Statik, E-Technik)
- Finanzierung prüfen (Finanzierungsmodelle wählen)
 - o Contracting, eigenfinanziert, Verpachtung
- Ziele
 - o Anteil der PV am Gesamtstrombedarf kommunaler Liegenschaften oder
 - o Steigerung der gesamten installierten Leistung
- Monitoring (Gesamtenergiedatenerfassung) zur Kontrolle der Ziele

...der Kommune, für alle übrigen Zielgruppen

- Informationskampagnen der Kommune mit Hinweis auf SOLARKATASTER
- Informationsveranstaltungen, um die weiterhin bestehende Attraktivität aufzuzeigen mit Hinweis auf zusätzliche Fördermöglichkeiten

Erfolgsindikator

Aus kommunaler Sicht

- Erreichung der Ausbauziele (machbares Potenzial) der installierten Leistung oder
- Jährliche Prüfung des Anteils PV an Gesamtstrombedarf gemäß Zielmarke

Aus privater Sicht

- Erreichung der Ausbauziele (machbares Potenzial) entlang der Zeitschiene bis 2030

Der Steckbrief dient der schnellen und kompakten Übersichtserstellung für die an der Studie teilnehmenden Kommunen. Entscheidungsträger und interessierte erhalten somit eine kurze und knappe Übersicht der Dargestellten Technologie, ihrer theoretischen Potenziale, der daraus abgeleiteten machbaren Potenziale und Empfehlungen für die nächsten Schritte, gefolgt von den ermittelten Erfolgsindikatoren.

Hervorzuheben für das Forcieren des Ausbaus der Photovoltaik ist:

Die Kommunen besitzen bereits ein sehr wirksames Instrument zur Unterstützung des Ausbaus der Photovoltaik:

Das SOLARKATASTER der StädteRegion Aachen für jede Kommune!

1. Die Existenz dieses Katasters sollte kommuniziert werden.
2. Die Bedienung des Katasters sollte geschult werden.

Die Kommunikation der Existenz des Solarkatasters kann über die örtlichen EVU erfolgen. Hierzu wäre es bereits hilfreich einen Hinweis z.B. auf der Stromrechnung zu platzieren. Derlei Maßnahmen sind relativ schnell und kostengünstig umzusetzen. Es ist davon auszugehen, dass die Mehrheit der Bewohner in der StädteRegion Aachen keine Kenntnis über das SOLARKATASTER hat. Umsetzungsfördernd kommt hinzu, dass die Kommunen in einer Vielzahl von Fällen Anteilseigner mit direkter *Einflussnahmemöglichkeit* bei den EVU sind und daher die Umsetzung einer solchen Maßnahme erleichtert wird.

3.3.2.7 Exkurs: Warmwasserbereitung mit Solarstrom

Üblicherweise wird unter Solarenergienutzung die Stromerzeugung aus Solarzellen und die Wärmeerzeugung aus Solarkollektoren verstanden. Aus rein technischer Sicht ist auch eine Mischform, nämlich die Umwandlung solar erzeugten Stroms in Raumwärme und Warmwasser, möglich. Die dafür notwendigen Energiewandler sind dabei eine Elektro-Wärmepumpe oder ein Elektroheizstab.

Die Funktionsweise ist einfach: Solar erzeugte elektrische Energie wird, statt diese in das Stromnetz einzuspeisen oder für sonstige elektrische Geräte zu verwenden, zur Erzeugung von Heizenergie genutzt. Gespeist werden damit elektrisch betriebene Wärmepumpen in verschiedenen Ausführungen (Luft-Wasser, Wasser-Wasser, Sole-Wasser) oder eine Heizpatrone, welche, vereinfacht dargestellt, wie ein Tauchsieder funktioniert. Aufgrund des in erster Linie im Sommer anfallenden Solarangebots kommt vor allem eine Warmwassernutzung in Frage.

Im Folgenden sollen kurz die Vor- und Nachteile einer Heizenergieerzeugung mittels Photovoltaik gegenüber der „klassischen“ Erzeugung im Solarkollektor erläutert werden.

- Die Flächeneffizienz (Wärmeerzeugung je m^2 Dachfläche) ist bei der solarelekttrischen Wärmeerzeugung (rund $250 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$) geringer als bei der solarthermischen (rund $350 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$). Die Ursache dafür liegt in dem immer noch geringen elektrischen Wirkungsgrad von PV-Dünnschichtmodulen (rund 10%) und den in der Praxis erreichbaren Jahresarbeitszahlen (Grad der energetischen Effizienz, welcher Output an Wärme mit dem Input von einer Einheit Strom erzeugt werden kann) von unter 2,5 für reine Warmwasser-Wärmepumpen.

- Von großer Vorteilhaftigkeit ist die Entzerrung von Angebots- und Nachfragezeitpunkt. Da Strom innerhalb eines Haushalts oftmals nicht zum selben Zeitpunkt abgenommen werden kann wie er durch PV produziert wird, besteht die Möglichkeit den Strom in Form von Wärme zu speichern. Je nach COP (Verhältnis zwischen nutzbarer Wärme und der dafür aufgewendeten elektrischen Leistung) der Wärmepumpe kann somit zu gleichen Gestehungskosten Wärme bereitgestellt werden, wie sonst über den Kessel des Systems.
- Als vorteilhafter ist dagegen aus ästhetischen und konstruktiven Gesichtspunkten die PV-Wärmepumpe zu sehen. Bei deren Einsatz kann die Installation zweier unterschiedlicher Systeme vermieden werden. Da sich die Größe einer solarthermischen Anlage am Warmwasserverbrauch orientiert, der abhängig vom Gebäudetyp und von der Anzahl der Haushalte ist, blieben bei einer Installation auf dem Süddach eines durchschnittlich großen Ein- bzw. Zweifamilienhauses noch Dachflächen frei, welche dann mit PV-Modulen bestückt werden könnten.
- Durch eine größere Marktdurchdringung durch PV-Anlagen sind die Preise für Dachanlagen in den letzten Jahren kontinuierlich gesunken auf zurzeit bis zu 1.400€/kW_{peak}. Durch einen weniger massenhaften Einsatz betragen sie bei Solarkollektoren rund 2.500 €/kW_{th}, was im Umkehrschluss für einen relativ hohen Wärmepreis sorgt.
- Eine starke Durchdringung mit PV-Warmwasserwärmepumpen beeinflusst die Stabilität des Stromnetzes in beide Richtungen. Zum einen sorgt sie an trüben und kalten Wintertagen für eine starke Netzbelastung, zum anderen kann jedoch auch das Netz entlastet werden, wenn die Wärmepumpen bevorzugt bei einem Überangebot von Wind- und Sonnenstrom vom Netz entkoppelt betrieben werden. In jedem Fall ist hierzu ein leistungsfähiges Lastmanagement seitens Anlagen- und Netzbetreibern gefragt.
- Verschattungen wirken sich auf die Performance von PV-Anlagen mehr als auf die von Solarkollektoren aus, da letztere auch diffuses Licht ausnutzen können. Andererseits ist der Transport von Wärme mit mehr Verlusten verbunden als der von Strom, sodass der Kollektor möglichst in Nähe der Heizungsanlage und nahe an den Verbrauchsstellen montiert werden sollte. Dies ist bei einem PV Modul nicht zwingend erforderlich, da bestehende Stromleitungen (Hausinfrastruktur) genutzt werden können.

Entscheidend für eine Zukunftsprognose hinsichtlich der Präferenz zu einer Technik werden folgende Themen sein: Entwicklung des Preises für fossile Energieträger und damit auch der Strompreise, Entwicklung der Modul- und Kollektorkosten, technischer Fortschritt (Wirkungsgrade, Jahresarbeitszahlen Wärmepumpe) sowie Förder- und Vergütungsregime (EEG, Marktanreizprogramm für Solarenergie).

Hinsichtlich der Entwicklung der Strompreise kann nur eine Abschätzung gegeben werden, da hier viele Faktoren eine entscheidende Rolle spielen. Der Endverbraucherstrompreis setzt sich aus etlichen Komponenten zusammen; unter anderem aus dem eigentlichen Strompreis für den an der Börse gehandelten Strom und einer Vielzahl von Umlagen sowie nicht zuletzt der Steuer auf das Produkt Strom. Für die Jahre 2015 bis 2040 ergeben sich in einem Basisszenario folgende Preise für die Produkte Base und Peak an der Strombörse (siehe:

Abbildung 72). Bei dem Produkt Base handelt es sich um börsengehandelte Baseload-Blöcke (Grundlast), die die Grundlast der Stromversorgung abdecken. Dieses Produkt wird für 24h gehandelt und hat als kleinste Handelseinheit 1MW. Somit hat das kleinste Band eine Arbeit von 24MWh. Um die stärkere Nachfrage am Tag gegenüber der Nacht zu berücksichtigen, werden zwischen 8:00 Uhr und 20:00 Uhr *Peakload*-Blöcke (Spitzenlast) angeboten mit einer Handelseinheit von 12 MWh, was wiederum 1 MW konstanter Leistung entspricht. Um noch feinere Abstufungen in der Tageslastlinie zu ermöglichen, können zusätzlich noch Einzelstundenkontrakte gehandelt werden. Als *Off-Peak* bezeichnet man die Blöcke vor und nach einem Peakload Block, zeitlich betrachtet also von 0:00 Uhr bis 8:00 Uhr und von 20:00 Uhr bis 24:00 Uhr (Wikipedia, 2014).

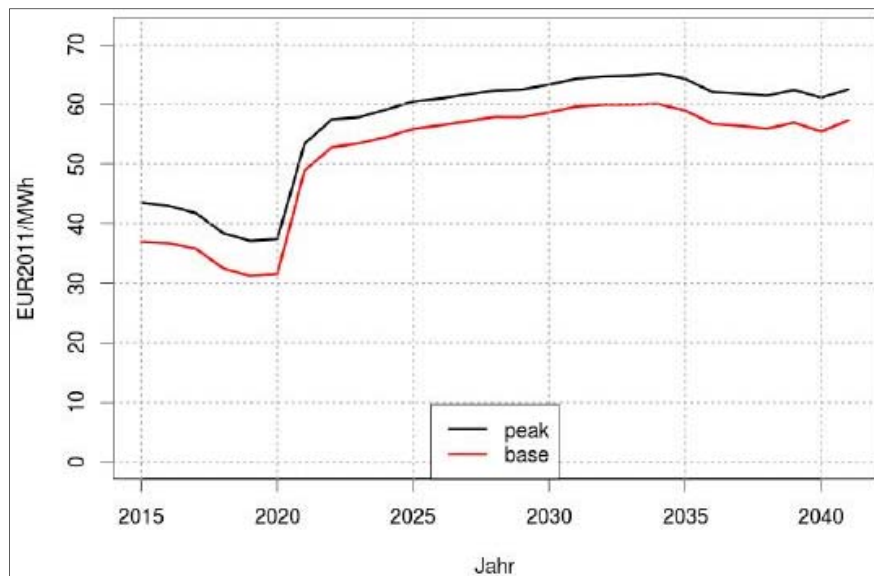


Abbildung 72: Strompreisentwicklung bis 2040 – Prognose (ZNES, 2013)

Es zeigt sich, dass die Strompreise bis ca. 2020 durch den weiterhin anhaltenden Ausbau der Erneuerbaren weiter fallen werden. Auch die bis dahin noch immer preiswerten Verschmutzungsrechte wirken preisdämpfend. Der Preisanstieg nach 2020 beruht auf der Tatsache, dass sich die Preise für CO₂-Zertifikate signifikant erhöhen werden, so dass im Bereich des Braunkohleblocks eine Verdreifachung des Preisniveaus stattfindet (Bunke & Wingenbach, 2013).

Auch die Entwicklung der Wirkungsgrade spielt für die Wirtschaftlichkeit eine große Rolle. Hier ist insbesondere ein Unterschied in der Technologie zu machen. Polykristalline Silizium-Solarzellen haben derzeit einen Wirkungsgrad um die 19%. Monokristalline Zellen weisen einen höheren Wirkungsgrad auf, dies jedoch zu höheren Kosten. So kann der Wirkungsgrad bis auf 22% bis 23% erhöht werden. Allerdings weisen Zellen aus Silizium einen theoretisch maximal erreichbaren Wirkungsgrad von 29% auf. Es liegt somit großes Potenzial in der Technologie der organischen Photovoltaik, welche sich allerdings noch in der Forschungsphase befindet und erst in den nächsten Jahren aufkommen wird. Wann dies der Fall sein wird, kann heute noch nicht abgeschätzt werden.

Letztlich haben auch die Anlagen- bzw. Systempreise einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Investition in die Photovoltaik. Die Systempreise sind in den letzten Jahren durch den starken Ausbau der Herstellungskapazitäten in China stark gefallen. Seit 2012

hat sich dieser Trend etwas abgemildert. Die Abbildung 73 zeigt die Entwicklung der Preise für eine 10 kW Aufdachanlage (netto).

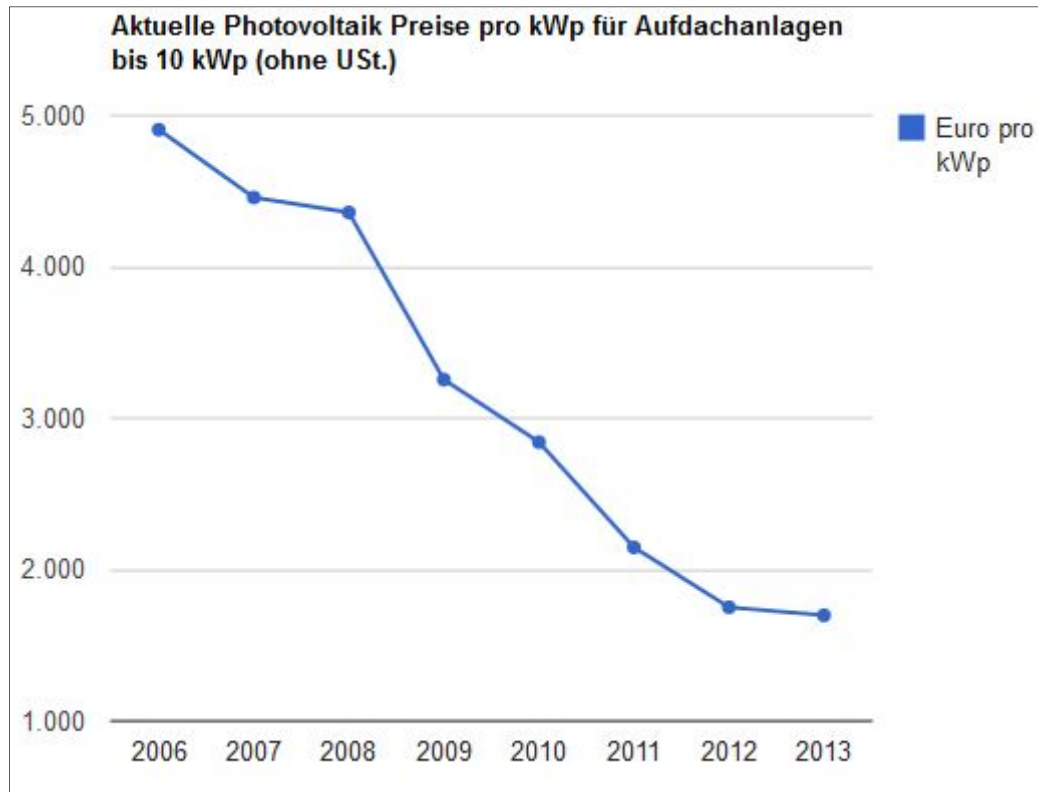


Abbildung 73: PV-Anlagenpreise – Entwicklung (BSW, 2014)

3.4 Förderung der Sonnenenergie

Die Förderung der Technologien soll an dieser Stelle grob in zwei Möglichkeiten aufgeteilt werden. Zum einen existiert die monetäre Förderung der Solarthermie, auf welche im zweiten Teil dieses Abschnitts kurz eingegangen werden soll, und zum anderem eine Art indirekte monetäre Förderung. Die Förderung der Photovoltaik erfolgt zentral über das EEG und indirekt, analog der Solarthermie.

Indirekt monetär wird die Solarthermie und Photovoltaik gefördert, in dem die StädteRegion Aachen ein Solardachkataster zu Verfügung gestellt hat (<http://www.solare-stadt.de/staedteregion-aachen/Solarpotenzialkataster>). Hier können interessierte Bürger und potenzielle Investoren einen ersten Überblick über die Möglichkeit der Installation der Solarthermie und der Photovoltaik auf Dächern erhalten. Es wird ein Ausblick gewährt, der es bereits in einem sehr frühen Stadium ermöglicht, die technischen und wirtschaftlichen Parameter zu prüfen. Eine Prüfung der eigenen Situation ist somit schnell und kostenlos möglich.

Eine direkte Förderung erfährt die Solarthermie durch finanzielle Anreize. Wie andere innovative Technologien zur Gewinnung von Strom und Wärme aus Erneuerbaren auch, bedarf es am Anfang einer Entwicklung zu einem Mehr an Technik in Gesamtbestand der StädteRegion Aachen einer gewissen Förderung bzw. finanziellen Unterstützung.

Eine Übersicht über die vielfältigen Fördermöglichkeiten liefert der im Anhang A4 abgebildete Informationsflyer der StädteRegion Aachen. Auf diesem sind alle aktuell möglichen Informationen übersichtlich dargestellt.

Als Region, die sich voll und ganz dem Klimaschutz verschrieben hat, fördert die StädteRegion Aachen darüber hinaus innovative Technologien mit dem „Förderprogramm Regenerative Energien“. Ziel der Förderung ist es, die Installation von Solarkollektoranlagen sowie von Heizungsanlagen mit regenerativer Energienutzung in der StädteRegion Aachen zu unterstützen und damit einen Beitrag zum Umweltschutz und zur CO₂-Reduzierung zu leisten. Um dieses Ziel zu erreichen, gewährt die StädteRegion Aachen nach Maßgabe der am 19.03.2010 in Kraft getretenen „Richtlinie der StädteRegion Aachen zur Förderung von Solarkollektoranlagen und von Heizungsanlagen mit regenerativer Energienutzung vom 18.03.2010“ eine Zuwendung (StädteRegion-Aachen, 2010).

3.5 Energie aus Wind

Die Windenergie ist ebenfalls eine erneuerbare Energiequelle. Dabei wird die kinetische Energie von Wind, also bewegten Luftmassen der Atmosphäre, technisch genutzt. Die Windenergie wird seit dem Altertum genutzt, um Energie aus der Umwelt für technische Zwecke verfügbar zu machen. Während sie in der Vergangenheit vor allem mit Windmühlen oder Segelschiffen genutzt wurde, ist heute die Stromerzeugung mit Windkraftanlagen die mit großem Abstand wichtigste Form der Windenergienutzung. An guten Standorten ist mittlerweile die Wettbewerbsfähigkeit mit konventionellen Wärmekraftwerken gegeben.

3.5.1 Windkraft aus Großanlagen

Die Windkraft ist elementarer Bestandteil der Energiewende und hat in den Kommunen der StädteRegion Aachen, trotz des bereits begonnenen Ausbaus, noch bedeutende Potenziale. Die Landesregierung von Nordrhein-Westfalen hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahre 2025 den Anteil der Windkraft von heute ca. 4% auf 25% zu steigern. Zur Erreichung dieses Ziels spielt auch die StädteRegion eine wichtige Rolle. Auch wenn das untersuchte Gebiet nur rund 2,1% der gesamten Landesfläche Nordrhein-Westfalens ausmacht, ist doch jede Region in NRW für sich ein elementarer Bestandteil bei den Bestrebungen zur Energiewende in diesem Bundesland. Die Kommunen könnten, bei rascher Umsetzung der Potenziale, bereits 2020 die Ziele erreichen, die die Landesregierung für 2025 ins Auge gefasst hat.

Das Potenzial hängt in erster Linie von den vorherrschenden Windbedingungen ab. In der StädteRegion Aachen herrschen ausgezeichnete Windverhältnisse aufgrund durchgängig hoher Windgeschwindigkeiten von über 6 m/s ab einer Höhe von 135m über Grund (siehe folgende Abbildung).

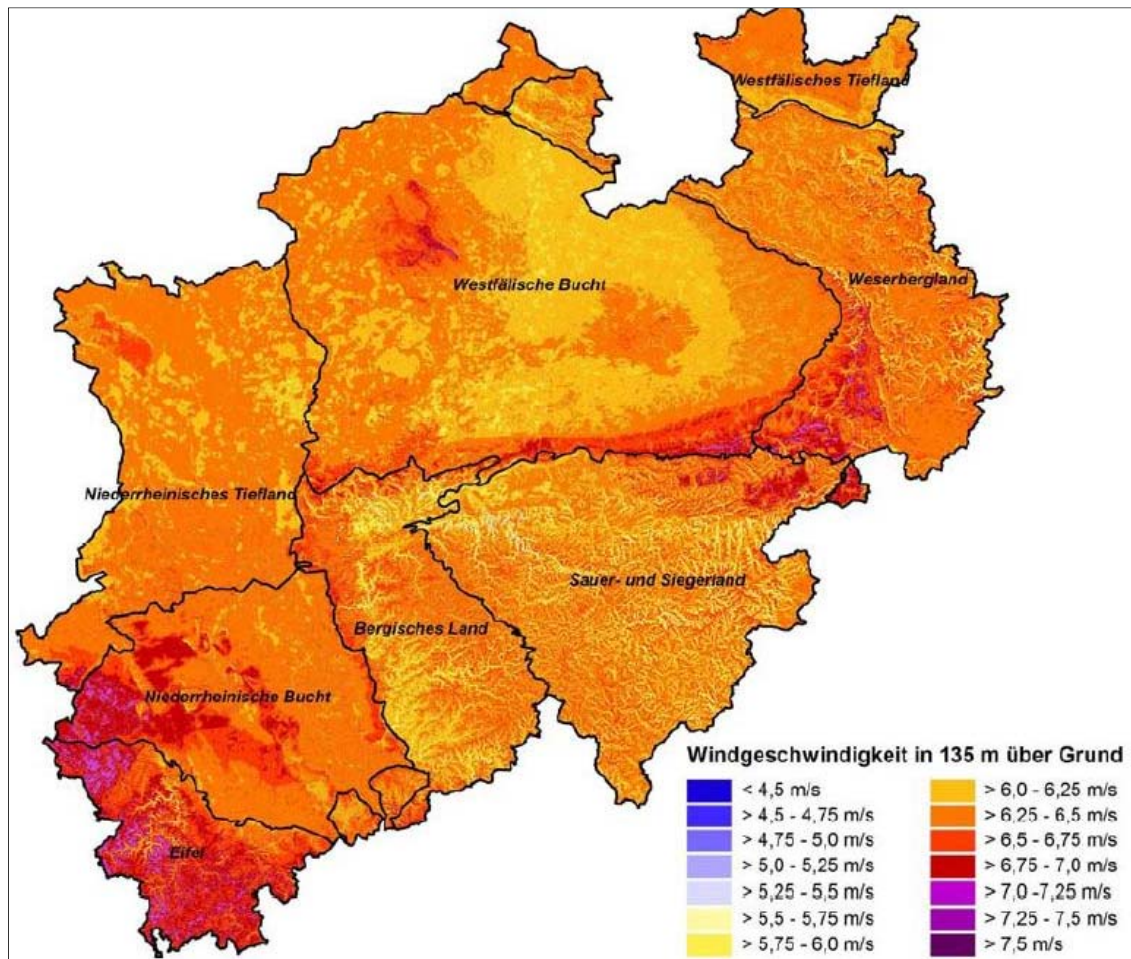


Abbildung 74: Windgeschwindigkeiten NRW 135m ü.G. (LANUV, 2012)

3.5.1.1 Methodisches Vorgehen und Randbedingungen

Der Potenzialstudie NRW sind 3 Szenarien zugrunde gelegt, die aufgrund unterschiedlicher Ausschluss- und Einzelfallprüfungsbereiche unterschiedliche potenzielle Flächen zur Nutzung von Windenergie identifizieren. So werden beim NRW_{alt} Szenario Nadelwald- und (Kyrill-) Windwurfflächen als Einzelfallprüfungsbereich ausgeschlossen, die im NRW-Leitszenario bereits als Potenzialflächen gelten. Beim Szenario NRW_{plus}, welches in dieser Studie verwendet wird, werden alle Waldflächen (Laub-, Misch-, Nadelwald und Windwurfflächen) mit in die Potenzialermittlung aufgenommen. Aufgrund dessen fällt nur noch 1% der Waldflächen in die Kategorie Ausschlussbereiche und keine Waldflächen in die Einzelfallprüfungsbereiche, so dass 10% als Potenzialfläche im Land Nordrhein-Westfalen verbleiben. Nach einer schalloptimierten Berechnung reduziert sich dieser Wert auf 4,3% der gesamten Landesfläche (LANUV, 2013).

Aufbauend auf dem NRW_{plus} Szenario wurden die Flächen in der StädteRegion auf kommunaler Ebene systematisch anhand lokaler Kenntnisse der zuständigen Fachbereiche, Raumnutzungsdaten und bereits vorliegender Untersuchungen zur Windkraftnutzung der jeweiligen Kommunen überarbeitet und angeglichen.

In der Potenzialstudie NRW bleiben zum Beispiel Liegenschaften alliierter Streitkräfte, Konversionsflächen, Flächen von Flugplätzen und Gewerbeflächen, die grundsätzlich auch als theoretische Potenzialfläche in Frage kommen, unberücksichtigt. Aufgrund des vermeintli-

chen Potenzials wurden die Gewerbeflächen in der Potenzialabschätzung für die StädteRegion mit aufgenommen.

Grundsätzlich werden die zur Verfügung stehenden Prüfflächen (in der folgenden Abbildung gelb) sukzessive durch einschränkende Kriterien verringert, bis nur noch die resultierenden, grundsätzlich geeigneten Flächen verbleiben wie in Abbildung 75 illustriert ist. Einzelfallprüfungsbereiche (Prüfflächen) sind Bereiche, in denen hinsichtlich bestimmter Aspekte eine gesonderte Untersuchungen durchzuführen sind. Die Definition was im Einzelfall zu prüfen ist, beruht auf den bestehenden Rahmenbedingungen und Regelungen, insbesondere auf dem Windenergieerlass 2011 (MKULNV, 2011) (z.B. Waldgebiete Gewerbe- und Industrieansiedlungsbereiche, Halden, regionale Grünzüge oder Überschwemmungsbereiche). Tabuflächen (in der Abbildung rot) sind Ausschlussbereiche, die grundsätzlich aufgrund von bestimmten Restriktionen nicht in Frage kommen (z.B. allgemeine Siedlungsbereiche oder Naturschutzbereiche). Die übrigen Farben ergeben sich aus der Überlappung nach Verschneiden der Layer. Im nächsten Schritt wurden die so gewonnenen Potenzialflächeninformationen mit dem Winddargebot in den entsprechenden Gebieten verschritten.

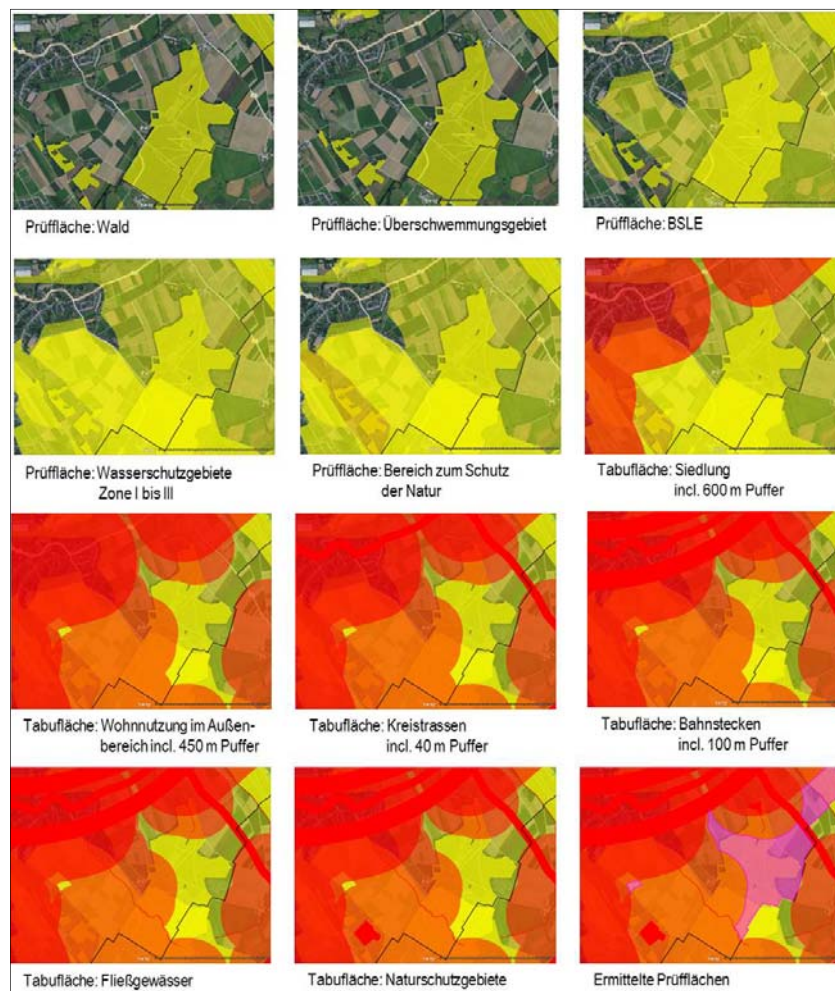


Abbildung 75: Vorgehensweise Ableitung Windpotenzialflächen am Beispiel Eschweiler (EEB)

Um die entsprechenden Windfelder zu simulieren, wurde auf die Daten und Ergebnisse des Energieatlas NRW zurückgegriffen. Hier wurden zunächst Windfelder in 100m, 125m 135m

und 150m Höhe analysiert. Die Auswertung der Ergebnisse ergab, dass für das Gebiet der StädteRegion Aachen Windfelder in 100m und 125m über Grund technisch nicht attraktiv sind, da die hier vorgefundenen mittleren Windgeschwindigkeiten im Mittel unter den technisch erforderlichen 6m/s bleiben. Erst ab einer Höhe von 135m über Grund liegen für den hier untersuchten Modellraum hinreichend gute Windgeschwindigkeiten vor, die ein wirtschaftliches Betreiben von Windkraftanlagen zulässt.

Mittlere Windgeschwindigkeiten und Energieerträge korrelieren nicht zwingend miteinander. So spielt auch die Windstärkeverteilung eine wesentliche Rolle bei einer Standortbewertung. Zur Ermittlung der machbaren Potenziale in der StädteRegion Aachen wurden daher folgende Kriterien zugrunde gelegt:

- Flächen mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von mindestens 6 m/s
- Flächen mit einer Energieleistungsdichte von mindestens 250 W/m², die gemäß den Kriterien zur allgemeinen Bewertung der Energieleistungsdichte ein hinreichend gutes Potenzial implizieren
- Untersuchtes Windfeld in einer Höhe von 135 m über Grund

Die beschriebene Vorgehensweise zur Ermittlung der Potenziale ist Abbildung 76 zu entnehmen.

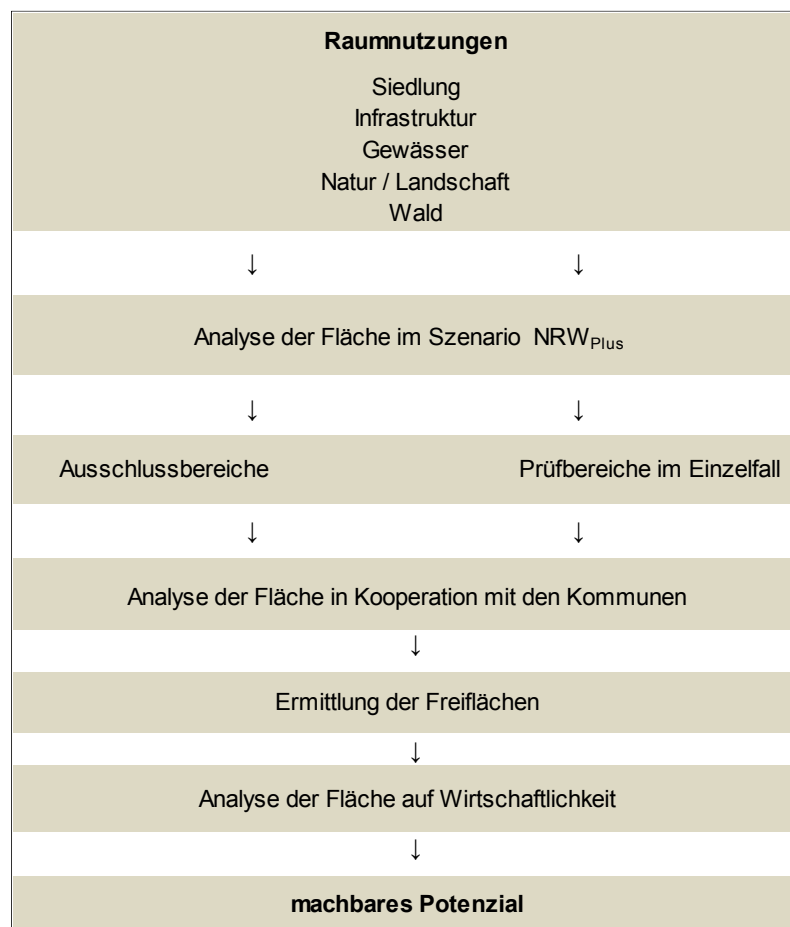


Abbildung 76: Ablaufschema Flächenanalyse (EEB)

3.5.1.2 Potenzial der Windkraft

Die Analyse ergibt ein typisches Bild für den untersuchten Modellraum. Dicht besiedelte Kommunen weisen nur wenige zur Verfügung stehende Potenzialflächen auf.

Im Detail bleiben nach dem Abzug der nicht verfügbaren (Tabu-)Flächen Prüfflächen zur genaueren Betrachtung und Freiflächen/Gunstflächen übrig, wie Abbildung 77 beispielhaft für Baesweiler zeigt.

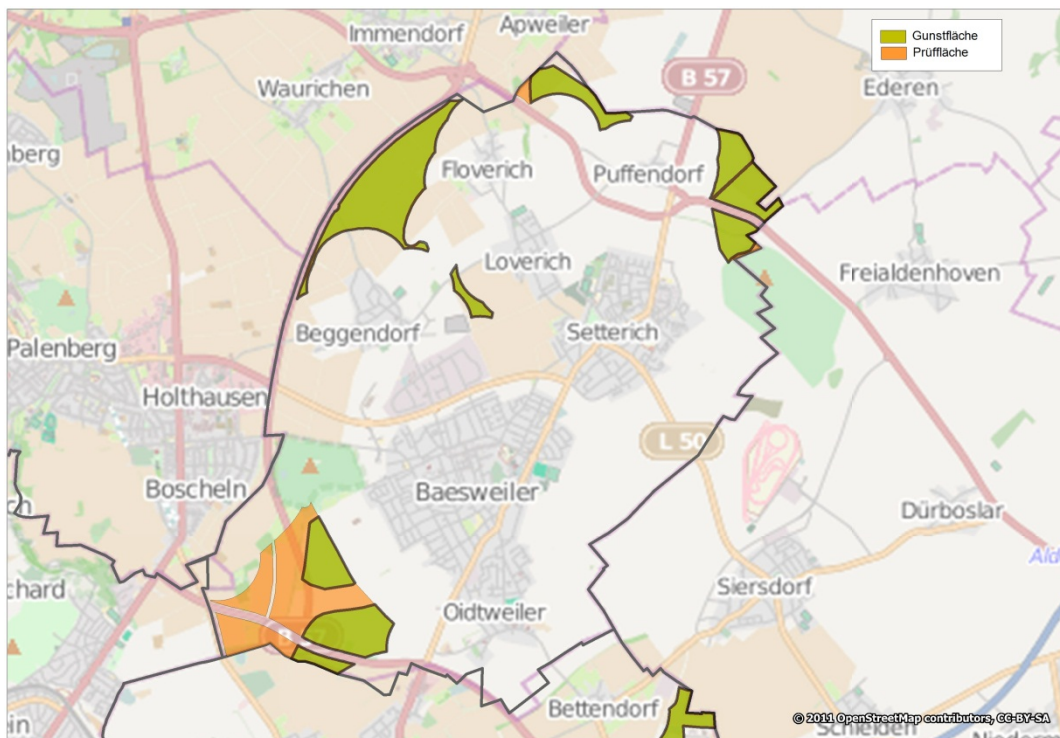


Abbildung 77: Prüfflächen und Freiflächen am Beispiel Baesweiler (EEB)

Die grünen Flächen sind in diesem Beispiel die Freiflächen, welche keinerlei Einschränkungen bezüglich der im Windenergieerlass 2011gemachten Kriterien für den Bau von Windkraftanlagen ausweisen. Die restlichen gelben Flächen sind Prüfflächen.

Diese Flächen wurden, wie in Abschnitt 3.5.1.1 erläutert, weiter reduziert auf Flächen, die uneingeschränkt mit Windkraftanlagen bebaut werden können. Da Flächen wie LSG, BSLE, TWSZ III und III A sowie Bereiche an Straßen im Energieatlas NRW unberücksichtigt bleiben; wurden diese in einem nächsten Schritt wieder aufgenommen und als Potenzialfläche behandelt, da davon ausgegangen werden muss, dass diese Flächen unter bestimmten Bedingungen für die Windenergie genutzt werden können (LANUV, 2013).

Unter Berücksichtigung des Windfeldes in 135m Höhe ergeben sich für die StädteRegion Aachen machbare Gesamtpotenziale von 546 MW mit der Stadt Aachen und 450 MW ohne die Stadt Aachen.

Um die Ergebnisse veranschaulichen zu können, wurden die ermittelten Flächen in Abbildung 78 dargestellt. Nennenswerte Potenziale sind analog u.a. in Eschweiler, Simmerath, Baesweiler und Monschau vorzufinden. Um die Potenzialflächen bezüglich ihrer technischen Möglichkeiten zu interpretieren, wurden die gezeigten Flächen mit den unterschiedlichen

Windgeschwindigkeiten in unterschiedlichen Höhen über Grund und den vorgefundenen Leistungsdichten verschnitten, wie im Anhang A1 dargestellt.

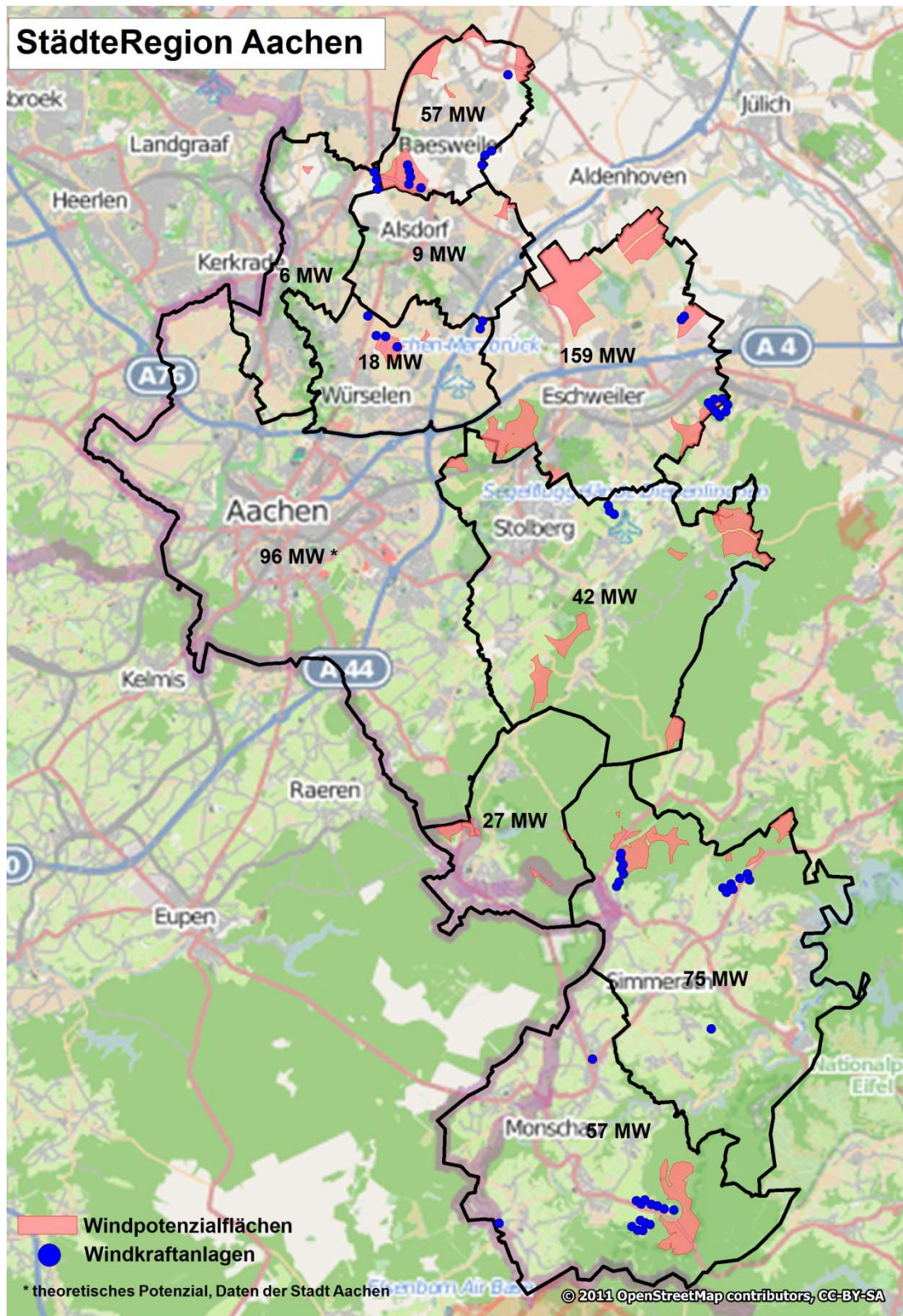


Abbildung 78: Übersicht der machbaren Windpotenzialflächen in der StädteRegion Aachen (EEB)

Für die Kommunen Stolberg, Roetgen, Herzogenrath, Simmerath und Monschau liegen bereits Studien bezüglich der Thematik Windkraft und derer Umsetzung vor. In diesen Studien ergeben sich Gebiete, die u.a. für die Kommunen Herzogenrath und Roetgen differenzierte Ergebnisse, abweichend von den hier dargestellten Potenzialen für Windkraft in der Städte-Region Aachen, welche von Flächen ausgehen, die weder Einzelfallprüfungsflächen noch andere umsetzungsverhindernde Restriktionen ausweisen. Der Hauptunterschied besteht darin, dass beispielsweise in Herzogenrath bestimmte Standorte weiterführend untersucht wurden.

Unter der Annahme, dass das gesamte Potenzial bis 2020 erschlossen werden kann, würden sich, gemessen an der installierten Leistung, folgende Ausbaupotenziale ergeben.

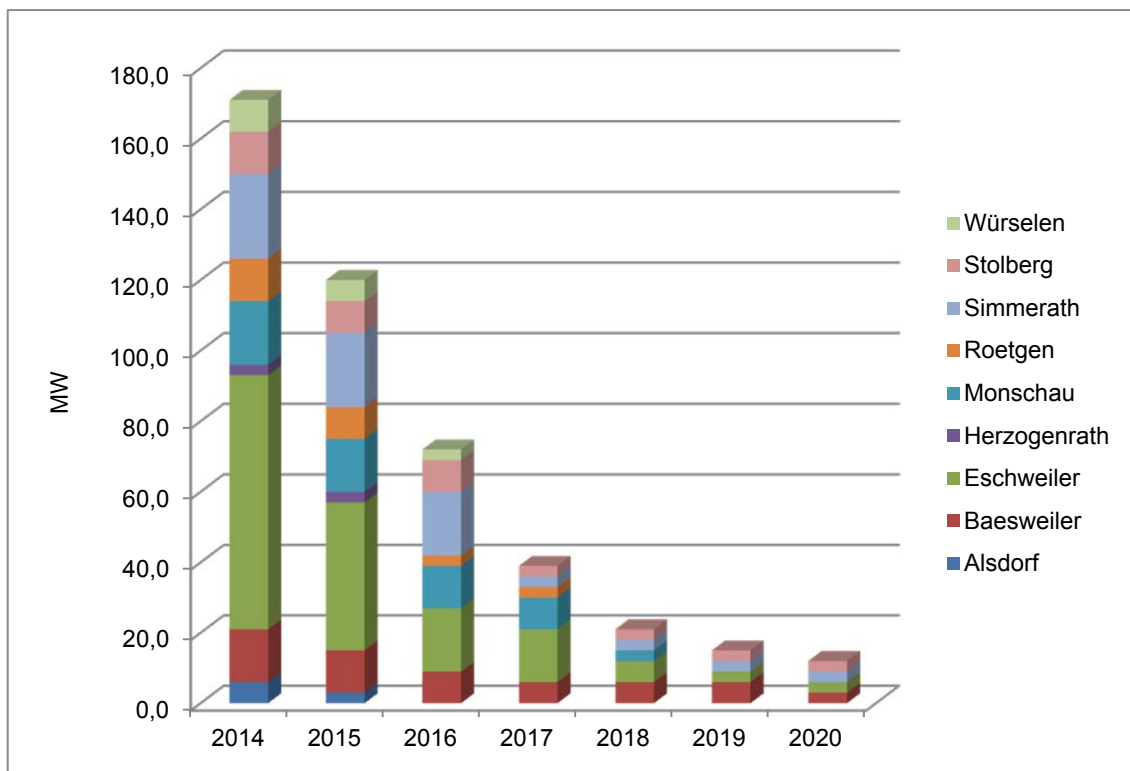


Abbildung 79: Zubau der Windkraft in der StädteRegion Aachen bis 2020 (EEB)

Um das Potenzial abbilden zu können, wurde eine feste Anlagenklasse definiert und ein Windparkmodell entwickelt. Innerhalb des Modells wurden Faktoren wie Leistungsklasse, Nabenhöhe, Winddargebot sowie Abschattungen und Turbulenzen bei Windparks definiert. Als Anlagenklasse wurden in Anlehnung an den Energieatlas NRW (LANUV, 2013) angenommen:

- 3 MW elektrische Leistung
- Nabenhöhe: 135m
- Durchmesser des Rotors: 101m

Die Simulation liefert im Ergebnis:

- Maximal mögliche Anlagenanzahl in der StädteRegion je Potenzialfläche und Kommune

- Aggregierte Erträge der Anlagen unter Modellannahmen (Nabenhöhe, Leistungskennlinie, Windgeschwindigkeiten, Windparkeffekte)
- Ausbaupfad (Abbildung 79) unter Berücksichtigung der politischen und gesetzlichen Randbedingungen

In Abhängigkeit der Anzahl der Windkraftanlagen in Windparks verringern sich maximal mögliche Erträge aufgrund von Abschattungen und Turbulenzen. Innerhalb der StädteRegion Aachen (ohne Stadt Aachen) wurden daher Abschläge bis zu 10% auf die potenzielle Bruttostrommenge vorgenommen (siehe Abbildung 80).

Unter den aktuellen Bedingungen des EEG würde der Ausbau der Windkraft auf allen potenziellen Flächen im Jahre 2020 beendet sein, so dass bis 2030 mit keinem Zuwachs zu rechnen ist. Dies kann sich jedoch im Rahmen politisch motivierter Anpassungen jederzeit ändern (z.B. Bebauungsgrenzen, Abstandsflächen und Flächennutzung). Eine weitere Möglichkeit besteht im Repowering von Windkraftanlagen. Auch hier besteht noch gewisses Potenzial in der Zukunft. Um eine erste Abschätzung dieses Potenzials vorzunehmen, wurden die bestehenden Windkraftanlagen auf ihr Alter und die aktuelle Leistung hin untersucht (siehe Abschnitt 3.5.1.5)

3.5.1.3 CO₂-Minderung durch Windkraft

Ausgehend von der möglichen Stromproduktion aller potenziellen Windkraftanlagen ergeben sich bei der Windkraft große CO₂-Einsparpotenziale, welche jedoch wie bei den anderen Potenzialen bis 2030 abnehmen.

Es zeigt sich, dass der erzeugte Strom stetig „grüner“ wird (siehe 3.2). Dies ist unmittelbare Folge der Energiewende in Deutschland. Der verdrängte Strom wird von Jahr zu Jahr sauberer in der Art seiner Produktion. Daher nehmen die Einsparpotenziale mit zunehmenden Ausbaugrad der Erneuerbaren stetig ab. Zusätzlich folgt aus dem zugrunde gelegten Modell, dass der Ausbau der Windkraft bis zum Jahr 2020 abgeschlossen ist.

Aus der installierten Leistung und der damit verfügbaren Arbeit lässt sich das CO₂-Einsparpotenzial ableiten, wie folgende Abbildungen zeigen. Abbildung 80 zeigt den jährlichen kumulierten Zubau an Windleistung bis zum angenommenen Ausbauziel 2020.

Die darauf folgende Abbildung 81 skizziert die mit dem Ausbau der Windkraft verbundenen CO₂-Einsparpotenziale pro Jahr im Verlauf bis zum Jahr 2030 mit seinen abnehmenden Werten.

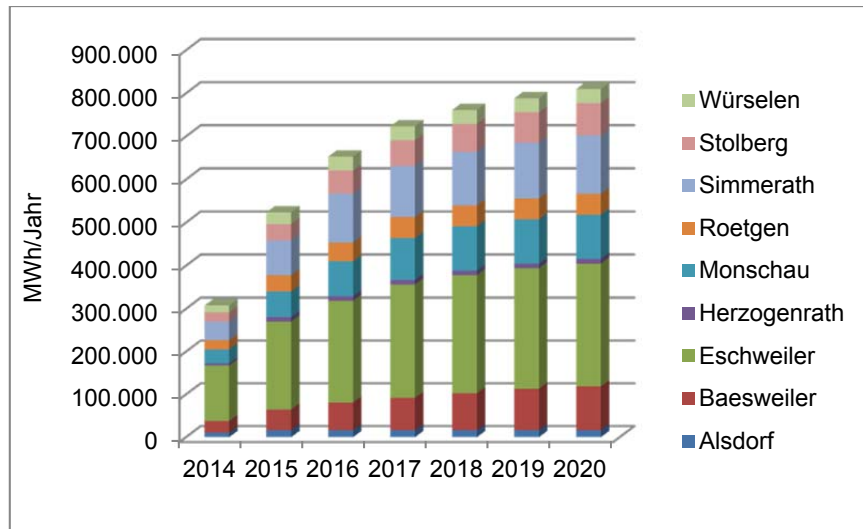


Abbildung 80: Stromerzeugungspotenzial (kumuliert) aus Windkraft bis 2020 (EEB)

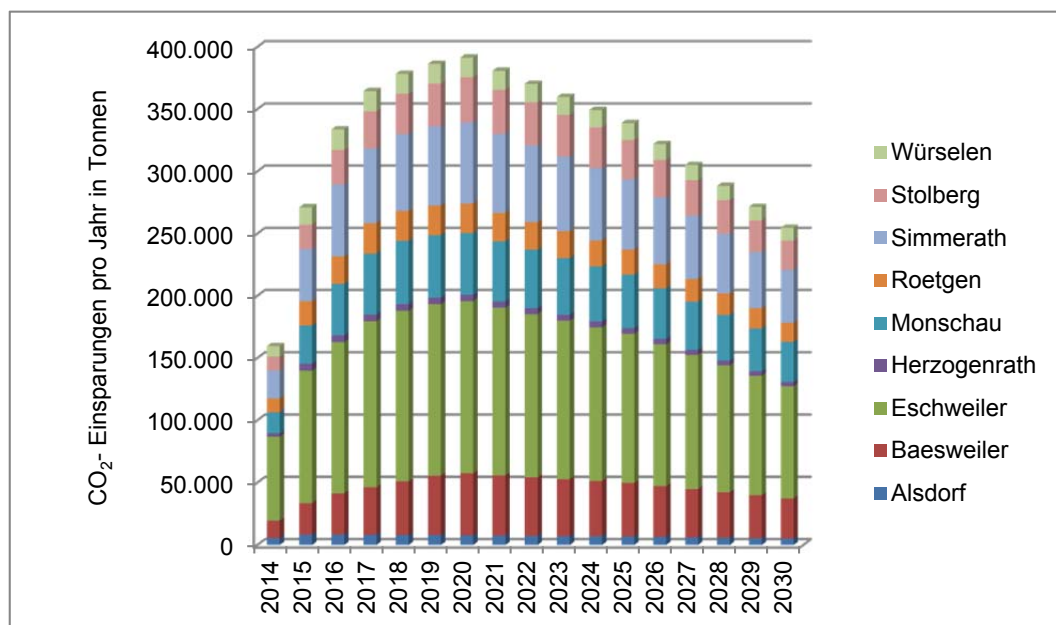


Abbildung 81: CO₂-Vermeidung durch Windkraft bis 2030 (EEB)

Im Abschnitt „Gesamtes CO₂-Minderungspotenzial“ werden diese Werte in den Kontext der StädteRegion Aachen gesetzt, um einordnen zu können, welchen Anteil die Windkraft am gesamten Minderungspotenzial hat.

3.5.1.4 Beispielhafte Wirtschaftlichkeitsrechnung von Windkraftanlagen

Die Wirtschaftlichkeit einer Windkraftanlage hängt in großem Maße von ihrem Standort und den damit gegebenen zahlreichen Umgebungsvariablen ab. Diese müssen vor einem Bau sehr exakt und eingehend untersucht werden. Schon geringste Abweichungen beispielsweise in der Analyse des Winddargebots können die Wirtschaftlichkeit gefährden bzw. das Projekt gänzlich unwirtschaftlich für den Investor werden lassen. Im Rahmen dieser Studie werden zum einen die Potenzialflächen ermittelt und zum anderen durch Randbedingungsuntersuchungen (worst case bis best case) die Wirtschaftlichkeit exemplarisch untersucht. Die Stu-

die kann jedoch eine exakte Untersuchung des gesamten Prozesses nicht ersetzen und soll lediglich aufzeigen, wie eine Wirtschaftlichkeit unter guten und weniger guten Bedingungen aussehen kann. Folgende Annahmen wurden daher gemacht:

Annahmen	worst case	Basisfall I	Basisfall II	best case
Vollbenutzungsstunden [h/a]	1.600	1.800	2.000	2.200
Anlagenklasse	3 MW	3 MW	3 MW	3 MW
Investitionskosten [€/kW]	1.400	1.200	1.300	1.200
Verluste Anbindung und Instandhaltung [% von Netzeinspeisung]	5%	4%	5%	4%
Pachtkosten [€/Anlage*a] 1.-11. Jahr / 12.-21. Jahr	25.000 / 30.000	20.000 / 25.000	22.000 / 27.000	18.000 / 23.000
Inbetriebnahme	Oktober 2014			
Art der Vermarktung	EEG-Vergütung			

Tabelle 28: Windkraft Annahmen der Wirtschaftlichkeitsanalyse (EEB)

Das Winddargebot wurde über die Vollbenutzungsstunden abgebildet und hat eine Spanne von 1.600 Stunden (sehr schlechtes Winddargebot) bis hin zu 2.200 Vollbenutzungsstunden (sehr gutes Winddargebot). Als Anlagenklasse wurde eine heute typischerweise verbaute 3,0 MW Windkraftanlage (WKA) angesetzt. Die Investitionskosten variieren u.a. mit der Erschließbarkeit des Standortes einer Windkraftanlage. Ferner determinieren auch die Verluste des Transports von Strom bis zur nächsten Anschlussmöglichkeit an das Verteilnetz und die Kosten der Instandhaltung die Wirtschaftlichkeit. Von großer Tragweite sind auch die Kosten, die anfallen können, wenn die Grundstücksfläche für die Errichtung einer Windkraftanlage gepachtet werden muss. Zentrales Refinanzierungsinstrument ist das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG). Andere Formen wie beispielsweise die Direktvermarktung werden an dieser Stelle nicht betrachtet. Aufgrund der hier abgebildeten Annahmen ergeben sich verschiedene Ergebnisse, wobei hier mit dem „worst case“ begonnen werden soll. Tabelle 29 zeigt, dass kein positiver Barwert realisiert werden kann und sich die Investition so als nicht vorteilhaft für den Investor darstellt. Der interne Zinsfuß zeigt an, dass die Investition die angesetzten Fremdkapitalkosten nicht erwirtschaftet. Die hier gezeigte Anlage erwirtschaftet zu keinem Zeitpunkt Jahresüberschüsse und ist damit nicht rentabel.

Kennzahlen vor Steuer			
Zeitraum	Barwert/NPV	Interner Zinsfuß = Geamtkapitalrentabi (Free CF)	Interner Zinsfuß = Eigenkapitalrentabilität Cashf Flow to Equity
10 Jahre	-2.110 TEUR/a	-5,6%	-11,6%
15 Jahre	-1.605 TEUR/a	0,7%	-3,1%
20 Jahre	-1.281 TEUR/a	3,3%	3,8%

Kennzahlen nach Steuer				
Zeitraum	Barwert/NPV	Interner Zinsfuß = Geamtkapital- rentabilität (Free CF)	Interner Zinsfuß = Eigenkapitalrentabilität Cashf Flow to Equity	Mittelerer Jahres- überschuss
10 Jahre	-1.890 TEUR/a	-5,6%	-11,6%	-26 TEUR/a
15 Jahre	-1.226 TEUR/a	0,7%	-3,1%	-18 TEUR/a
20 Jahre	-834 TEUR/a	2,9%	3,8%	21 TEUR/a

Tabelle 29: worst case Windkraft- Wirtschaftlichkeit (EEB)

Das Ergebnis spiegelt die schlechten Standortbedingungen wider. Ein potenzieller Investor würde unter gegebenen Bedingungen und Kalkulationsansätzen nicht die gewünschte Verzinsung des eingesetzten Kapitals erhalten. Das Projekt wäre demnach unwirtschaftlich, eine Amortisation der Investition innerhalb des angestrebten Zeitrahmens wäre nicht gewährleistet, wie folgende Abbildung deutlich zeigt:

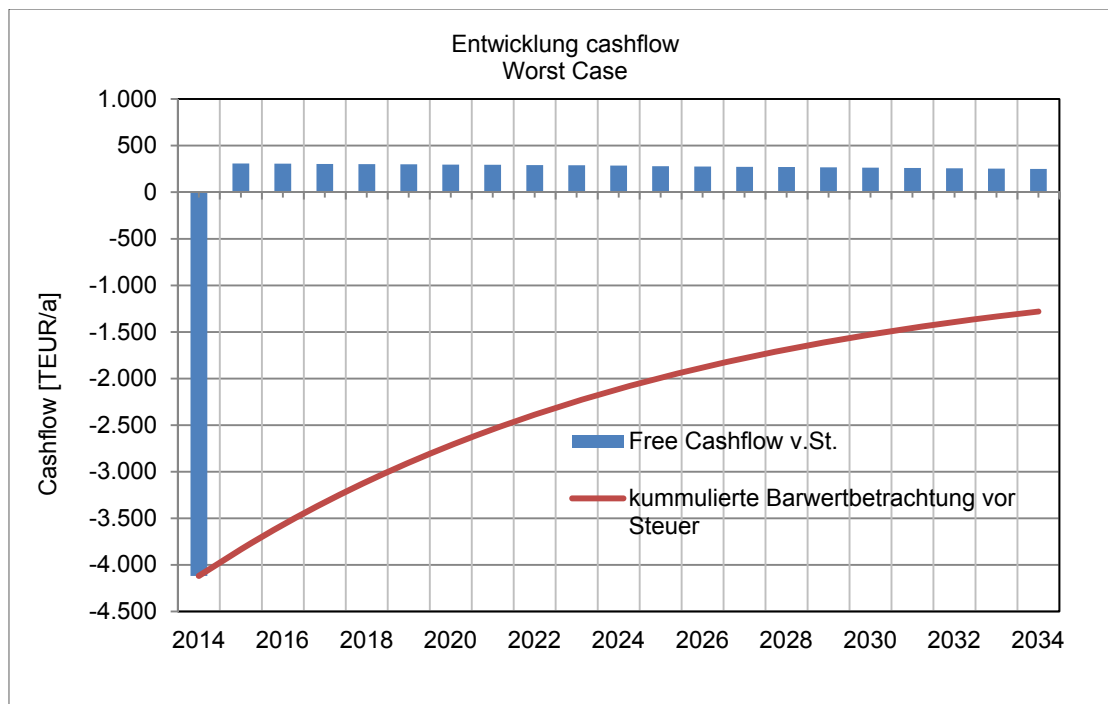


Abbildung 82: Entwicklung des Cashflow „worst case“ Windkraft (EEB)

Dem gegenüber stehen Fälle, bei denen die Randbedingungen hervorragend sind und sich eine Wirtschaftlichkeit schnell einstellt. In der StädteRegion Aachen erfüllen, nach einer ersten Potenzialabschätzung, alle Fälle in 135m über Grund diese Bedingungen. Die Fälle zwischen dem besten und dem schlechtesten Fall werden aus Gründen der Übersichtlichkeit

nicht dargestellt. Um aufzuzeigen, dass Windkraftanlagen durchaus hochrentabel sind, wurden die besten Standortbedingungen als Rahmenparameter verwendet und analysiert. Tabelle 30 zeigt, dass in allen Zeiträumen positive mittlere Jahresüberschüsse erzielt werden, die zu einer schnellen Amortisation, wie in Abbildung 83 gezeigt wird, führen.

Kennzahlen vor Steuer			
Zeitraum	Barwert/NPV	Interner Zinsfuß = Geamtkapital- rentabilität (Free CF)	Interner Zinsfuß = Eigenkapitalrentabilität Cashf Flow to Equity
10 Jahre	-193 TEUR/a	5,8%	19,3%
15 Jahre	727 TEUR/a	10,2%	22,3%
20 Jahre	1.079 TEUR/a	11,2%	22,9%

Kennzahlen nach Steuer				
Zeitraum	Barwert/NPV	Interner Zinsfuß = Geamtkapital- rentabilität (Free CF)	Interner Zinsfuß = Eigenkapitalrentabilität Cashf Flow to Equity	Mittelerer Jahes- überschuss
10 Jahre	-274 TEUR/a	3,3%	13,2%	118 TEUR/a
15 Jahre	743 TEUR/a	8,1%	16,9%	127 TEUR/a
20 Jahre	1.113 TEUR/a	9,1%	17,8%	33 TEUR/a

Tabelle 30: best case Windkraft- Wirtschaftlichkeit (EEB)

Die Wirtschaftlichkeit wird unter gegebenen Kalkulationsansätzen bereits nach dem zehnten Jahr der Investition erreicht. Das Kapital wird entsprechend entlohnt. Somit ist dieser Fall für einen Investor sehr lukrativ, wie auch folgende Grafik zeigt.

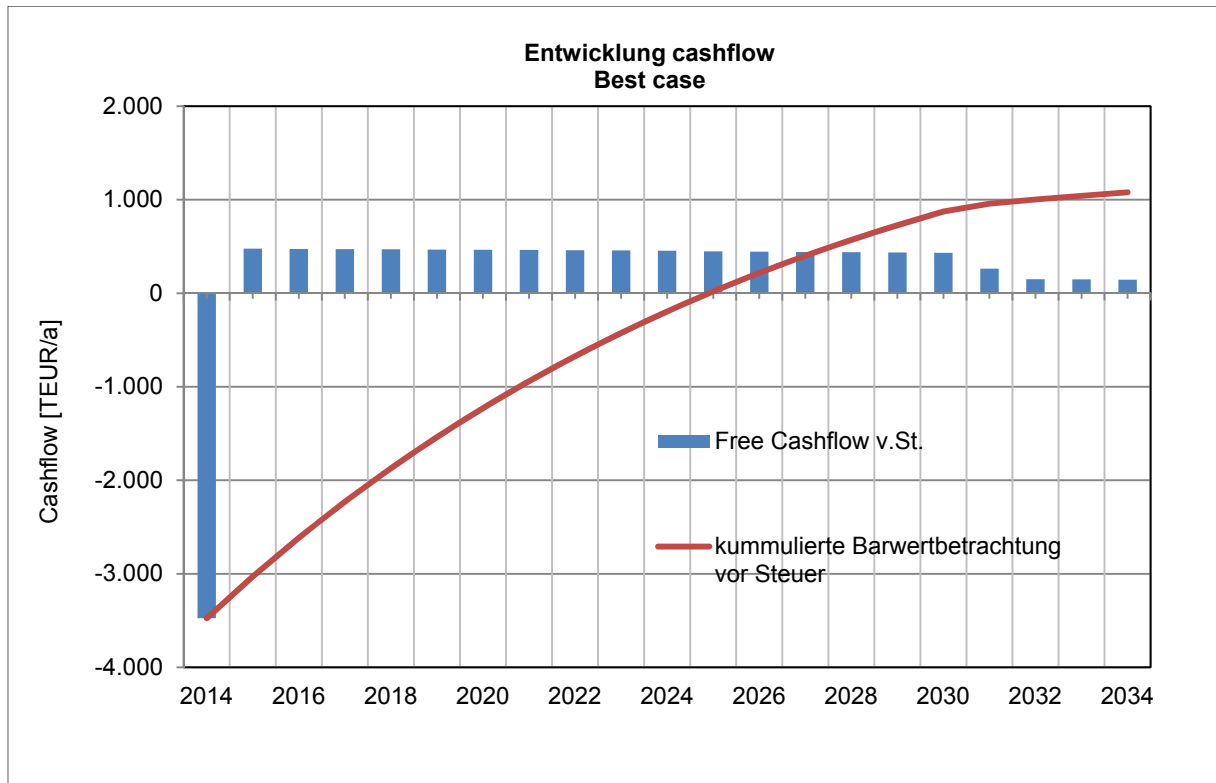


Abbildung 83: Entwicklung des Cashflow „best case“ Windkraft (EEB)

Der ökonomische Erfolg einer Windkraftanlage hängt von vielen Faktoren (u.a. Winddargebot, Pachtzahlungen, Höhe der Förderung) ab, wie die Wirtschaftlichkeitsrechnung zeigen konnte. Um die Potenziale seitens der Kommunen einschätzen zu können, zeigen die Abbildungen im Anhang 1 zum einen die Windgeschwindigkeit und zum anderen die Leistungsdichte der ermittelten Potenzialflächen in der StädteRegion Aachen. Eine Auswertung anderen Höhen und Klassen innerhalb dieses Themenbereichs befindet sich ebenfalls in Anhang 1 (A1).

Um den (hohen) Stellenwert der Windkraft darzustellen, müssen die Potenziale in ein Verhältnis zum gesamten Stromverbrauch der Kommunen gesetzt werden. Gemessen am heutigen Strombedarf der untersuchten Kommunen hat die Windenergie das größte Potenzial, umweltschädliche Treibhausgase zu verdrängen.

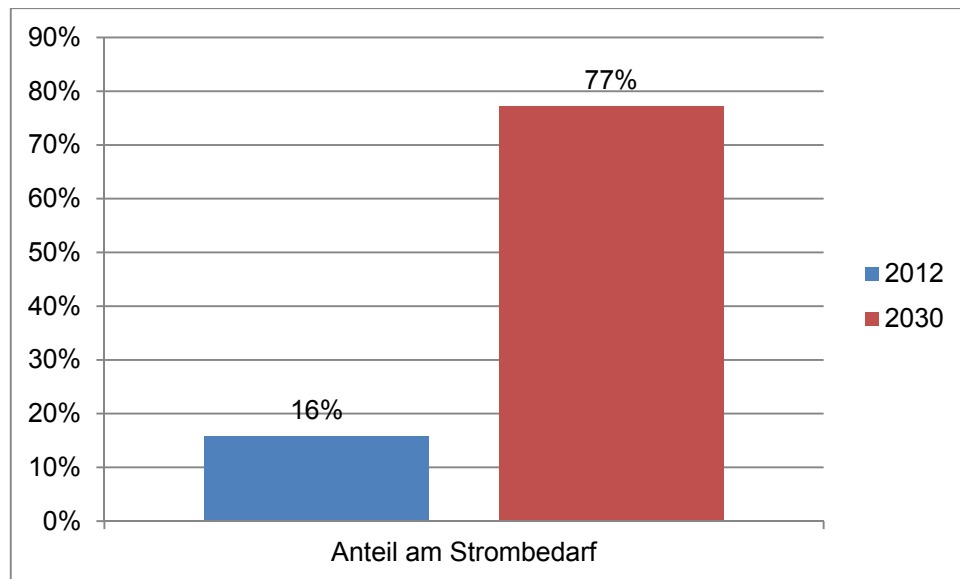


Abbildung 84: Deckungsgrad des Stromverbrauchs durch Windkraftpotenzial (EEB)

In absoluten Jahreswerten könnte die StädteRegion Aachen (mit der Stadt Aachen) im Jahre 2030 nahezu energieautark (bilanziell stromseitig) werden; mit einem Windkraftanteil der machbaren Potenziale von 77% (Abbildung 84) an der Deckung des Energiebedarfs (Strom). Dazu müssten alle Potenziale in den Kommunen vollständig ausgeschöpft werden. Dabei wurde im Modell eine moderate Anlagenklasse von jeweils 3 MW_{el} unterstellt. Eine Technologieverbesserung ist hier noch nicht unterstellt. So könnte eine vollkommene Autarkie durch leistungsstärkere Anlagen bereits wesentlich früher erreicht werden.

Erwähnt werden muss aber auch, dass Abbildung 84 lediglich die bilanzielle (beinahe) Autarkie darstellt, da der Wind nicht immer weht und somit auch andere Erzeuger eingesetzt werden müssen, um den gewünschten Strom zu jeder Zeit in der StädteRegion Aachen bereitzustellen. Im Zusammenspiel mit den übrigen Erneuerbaren Energien ist eine regionale Energiewende in verhältnismäßig kurzer Zeit möglich. Ein weiterer Ausbau über die festgestellten Potenziale hinaus ist eher unwahrscheinlich, da bereits sensible Flächen, wie Waldflächen mit in Betracht gezogen worden sind. Ein zusätzlicher Ausbau würde dann zu Lasten der Abstände zu Flächen mit Wohnbebauung, für Naherholung und Naturschutzflächen gehen.

Auch das CO₂-Einsparpotenzial, wie Abbildung 81 bereits zeigen konnte, ist enorm hoch. Gemessen an allen CO₂ emittierenden Sektoren können 2020 ca. 16% der jährlichen Treibhausgasemissionen (ca. 381.000 t/a) eingespart werden.

Klar ist daher, dass der Ausbau der Windenergie in der StädteRegion oberste Priorität haben sollte, um die städtereionalen Ziele zu erreichen. Diese besagen, dass bis 2020 mindestens 40% der CO₂-Emissionen eingespart werden sollen. Darüber hinaus sollen bis 2050 80% der CO₂-Emissionen eingespart werden (SRAC, 2014). Wenn das maximal mögliche Potenzial der Windkraft ausgeschöpft werden könnte, würde die Region einen wichtigen Beitrag leisten, um den Klimaschutz in Nordrhein-Westfalen maßgeblich zu unterstützen.

Wie Abbildung 84 zeigen konnte, ist es möglich ca. 77% des benötigten Stroms in der StädteRegion Aachen (mit der Stadt Aachen) durch Windkraft (bilanziell) zur Verfügung zu stellen. Dieser Grad der Deckung ist jedoch das Mittel der gesamten Region. Je nach Größe der

Kommune und den vorzufindenden Windkraftpotenzialen ist der Grad der möglichen Deckung des Stromverbrauchs durch Windkraft innerhalb der Kommunen sehr unterschiedlich.

So könnten beispielsweise Kommunen wie Roetgen mit einem relativ kleinem Windkraftpotenzial über 200% des benötigten Stroms aus Windkraft bereitstellen, wie Abbildung 85 für Roetgen zeigt. Hervorzuheben ist die Kommune Simmerath. Diese Kommune hat ein Potenzial von ca. 135 GWh, verbraucht jedes Jahr jedoch deutlich weniger Strom (74 GWh 2013). Insgesamt können nahezu 87% des Stroms 2030 aus Windkraft kommen (ohne Stadt Aachen). Sollten also alle Potenziale gehoben werden, könnten einzelne Kommunen (bilanziell) Stromautark werden. Ob dieses Ziel letztlich erreicht wird, hängt von den genauen Prüfungen der jeweiligen Standorte für Windkraft ab.

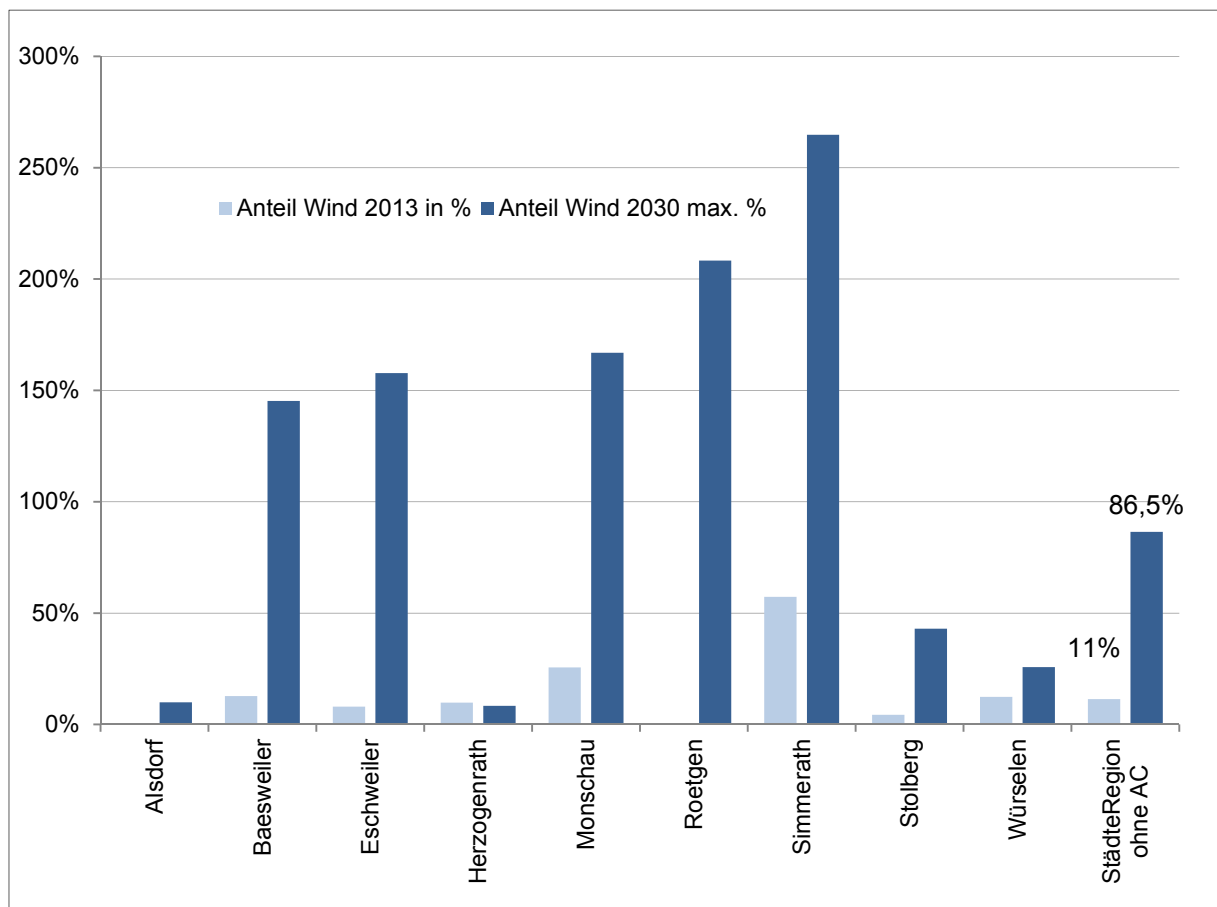


Abbildung 85: Anteil des Windkraftpotenzials (inkl. Repowering) an Gesamtstromverbrauch 2013/2030 (EEB)

3.5.1.5 Potenzial der Windkraft durch Repowering

Durch die rasante Entwicklung im Bereich der Windkraft konnte die Leistung der Anfänge der Windkraft von rund 300 kW auf heute bis zu 7.500 kW je Anlage gesteigert werden. Hinsichtlich der Effizienz und Leistungsfähigkeit haben die heutigen modernen Anlagen mit den Vorgängeranlagen nur noch wenig gemein (BWE, 2012). Daraus folgt unmittelbar die Konsequenz, dass ältere Anlagen bei gleichzeitiger Reduzierung ihrer Anzahl mittelfristig durch neue moderne Anlagen ersetzt werden könnten, um die gleichen oder höhere Erträge zu erzielen.

Unter den derzeit geltenden gesetzlichen Rahmenbedingungen wird dies durch einen Bonus im EEG auch angereizt. So wird für Anlagen, die solche ersetzen, die vor dem 1.1.2002 in Betrieb gegangen sind, ein Bonus von 0,05 € je Kilowattstunde gewährt. Allerdings werden in diesem Bereich im Zuge der Novellierung des EEG Änderungen erwartet. Unter anderem ist die Einführung eines Ausbaupfades, ähnlich dem der Photovoltaik geplant. Hinzukommen soll eine weitere Absenkung der bestehenden Förderung, um die Gesamtkosten des EEG zu reduzieren. Hiermit wird ein geringer Anstieg der EEG Umlage für den Stromkunden angestrebt. Auch ist eine verpflichtende Direktvermarktung des Windstroms angedacht, um so ebenfalls die hohen Kosten der Direktvergütung durch das EEG zu kompensieren. Mit der angestrebten Reform des EEG im Jahre 2014 soll auch der oben genannte Bonus entfallen. Argumentiert wird hier damit, dass es diesen Bonus im Zeitraum 2004 bis 2008 nicht gab und dennoch Repowering-Projekte realisiert wurden (BMWi, 2014).

Nichtsdestotrotz ist noch großes Potenzial vorhanden. Zum Vergleich wurden im gesamten Bundesgebiet im Jahre 2011 nur 170 alte Anlagen ersetzt. Auf Bundesgebiet existierten 2012 rund 22.000 Anlagen, von denen gut die Hälfte älter als zehn Jahre war. Bezüglich der StädteRegion Aachen ist die Struktur der Anlagenaltersklassen ähnlich. So sind 74% der aktuell existierenden Anlagen älter als 10 Jahre. Eine recht große Anzahl der Anlagen (47%) ist sogar älter als 15 Jahre. Diese Anlagen verlieren in der nächsten Zeit ihre Förderung. Nur 26% der Anlagen haben ein Alter, welches unter zehn Jahren liegt. 62% der aktuellen Windkraftanlagen sind älter als zehn Jahre und haben weniger als 3.000 kW installierte Leistung. Diese Informationen fließen in die Potenzialabschätzung für Repowering-Maßnahmen in der StädteRegion ein.

Unter der Annahme, dass alle Anlagen, die länger als zehn Jahre in Betrieb sind gegen Anlagen der 3 MW Klasse ausgetauscht werden, ergibt sich das folgende Bild für die StädteRegion Aachen. Ferner wird auch unterstellt, dass aufgrund der Knappheit von geeigneten Flächen die Anlagenstandorte nicht reduziert werden. Im Einzelfall jedoch gilt es, die technischen Rahmenbedingungen (u.a. Mindestabstände der Anlagen untereinander) zu beachten.

	Σ Aldorf	Σ Baesweiler	Σ Eschweiler	Σ Herzogenrath	Σ Monschau*	Σ Simmerath*	Σ Stolberg	Σ Würselen	Σ StädteRegion AC
Anzahl der Anlagen für Repowering IST gesamt installiert MW IST	0 0	6 5,6	5 5	0 0	4 7,2	5 9,4	0 0	2 3,6	22 31
Ist Strom aus Wind MWh	0	9.800	8.750	0	12.600	16.450	0	6.300	53.900
Leistung nach Repowering 3 MW installierte Leistung nach Repowering Arbeit nach Repowering MWh	0 0	18 31.500	15 26.250	0 0	12 21.000	15 26.250	0 0	6 10.500	66 115.500
Mehrmenge Strom nach Repowering MWh	0	21.700	17.500	0	8.400	9.800	0	4.200	61.600
zusätzl. CO ₂ Einsparung bezogen auf das Jahr 2014 in t	0	6.812	5.493	0	2.637	3.076	0	1.318	19.336

Abbildung 86: Repowering-Potenzial in der StädteRegion Aachen (EEB)

Bezogen auf die Emissionsfaktoren des Jahres 2014 können durch Maßnahmen im Bereich des Repowerings rund 20.000 t CO₂ pro Jahr eingespart werden. Die Menge an erneuerbarem Strom könnte nahezu verdoppelt werden von 53 GWh auf 115 GWh, wie aus Abbildung 86 und Abbildung 87 ersichtlich wird.

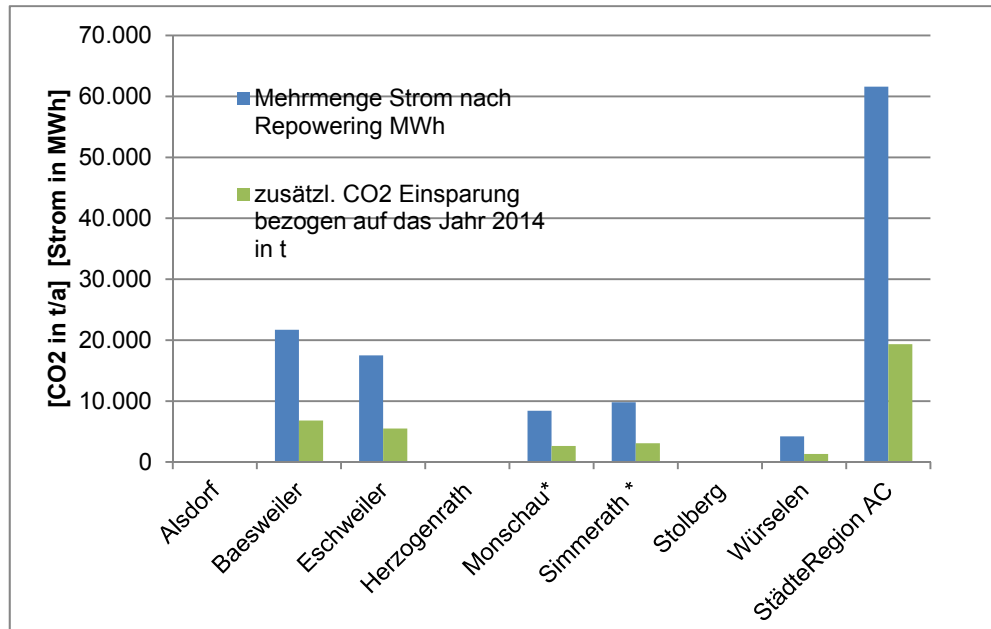


Abbildung 87: Repowering Potenziale (EEB)

Hier zeigt sich das meist unterschätzte Potenzial des Repowerings. Da der Standort bereits entwickelt wurde, sind die Hemmnisse zum Bau einer modernen Anlage, welche effizienter und leistungsfähiger ist, deutlich kleiner einzuschätzen, als bei der Projektierung von noch nicht erschlossenen Standorten. Setzt man die installierbare Leistung durch Repowering ins Verhältnis zum allgemeinen Windkraftpotenzial, kann die Bedeutung zusätzlich unterstrichen werden. Das gesamte Potenzial (Leistung) für Windkraft auf neuen, nicht erschlossenen Flächen beträgt 450 GW (ohne Stadt Aachen, siehe Abbildung 78). Das Potenzial durch Repowering beträgt 35 GW an zusätzlich möglicher Leistung (Bestand + Repowering). Dies ist ein Anteil von rund 8% gemessen an den 450 GW des machbaren Potenzials. Dies sollte seitens der Windkraftanlagenbetreiber beachtet werden. Die Standorte sind daher erneut auf Wirtschaftlichkeit zu prüfen. So kann es sein, dass sich eine Repowering Maßnahme rentiert, obwohl noch verbleibende Jahre der damals recht hohen EEG-alt Förderung bestehen. Weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet sind daher zu empfehlen.

• Abstandsvorschriften (Raumnutzung) • Strompreisentwicklung
Nächste Schritte....
.... der Kommune, für eigene Flächen • Feststellung der Priorität innerhalb des Kanons der Erneuerbaren Energien • Feststellung, ob eigene Flächen nutzbar sind • Ggf. FNP Änderung • Ggf. Umsetzungspartner suchen • Finanzierung prüfen (Finanzierungsmodelle wählen) - o Contracting, eigenfinanziert, Verpachtung • Ziele - o Steigerung der gesamten installierten Leistung auf kommunalen Flächen - o Steigerung der installierten Leistung auf machbares Potenzial • Monitoring zur Kontrolle der Ziele ...der Kommune, für alle übrigen Zielgruppen • Unterstützung von Investoren bei der Umsetzung (Genehmigungsverfahren) • Vermittlung bei evtl. Konflikten zwischen Betroffenen und Investoren
Erfolgsindikator
Aus kommunaler Sicht • Voraussetzung Monitoring: Erreichung der Ausbauziele (machbares Potenzial) der installierten Leistung auf eigenen Flächen gemäß eigener Ziele Aus privater Sicht • Erreichung der Ausbauziele (machbares Potenzial) entlang der Zeitschiene bis 2030

3.5.2 Energie aus Kleinwindkraftanlagen (Exkurs)

Unter Kleinwindanlagen werden Anlagen unterhalb einer Anlagengesamthöhe von 50 m Höhe verstanden, die entsprechend der Regelungen der 4. BImSchV nicht unter die immissionsschutzrechtliche Genehmigungspflicht fallen. In Deutschland existieren zwei Anhaltspunkte für die Definition einer kleinen Windkraftanlage. Zum einen das Genehmigungsrecht und zum anderen die Förderung durch das EEG. Im engeren Sinne des Gesetzes (Genehmigungsrecht, Windenergie-Erlass 2011 NRW) versteht man unter Kleinwindkraftanlagen Systeme mit einer Anlagengesamthöhe von nicht mehr als 50m über Grund, die entsprechend der Regelung der 4. BImSchV nicht unter die immissionsschutzrechtliche Genehmigungs-

pflicht fallen (MKLNV, 2011). Das EEG unterscheidet bei der Förderung von Windkraftanlagen zwischen Anlagen über und unter 50kW Leistung. Daher kann allgemein gesagt werden, dass Kleinwindkraftanlagen in Deutschland eine Gesamthöhe von weniger als 50m haben und eine Leistung geringer als 50kW (KWA, 2012). Schon seit vielen Jahren sichern kleine Windturbinen dieser Leistungsklasse in netzfernen Gebieten ein Minimum an elektrischer Grundversorgung, etwa zum Betrieb von autonom arbeitenden Wasserpumpen oder versorgen in Urlaubsregionen abseits gelegene Ferienhäuser mit Strom.

Zusätzlich können derartige Anlagen aber auch innerstädtisch auf geeigneten Dachflächen oder frei aufgestellt montiert werden. Bei den derzeit marktüblichen Anlagen liegt die Leistung zwischen einem und zehn Kilowatt. Während große Windkraftanlagen im Megawattbereich bereits weit verbreitet sind, ist der Markt kleinerer Anlagen noch im Aufbau. Es sind zwar Anlagen von mehreren Anbietern erhältlich, letztlich aber wesentlich investitionsintensiver als Großanlagen, ohne dass dies durch einen Bonus bei der Einspeisevergütung nach dem EEG ausgeglichen wird (Bundesverband-WindEnergie-e.V., 2011).

Bei derzeitigen spezifischen Investitionskosten (rd. 10.000 EUR/kW für eine 1 kW-Anlage bzw. 7.000 EUR/kW für eine 5 kW-Anlage, jeweils inkl. Installation und Nebenkosten) und Fördersätzen nach EEG liegen die Gestehungskosten für Strom aus kleinen Windkraftanlagen bei 40 bis 60 ct/kWh und damit circa fünf- bis siebenmal so hoch wie die Stromvergütung nach EEG und etwa zwei bis dreimal so hoch wie die Strombezugskosten privater Haushalte aus dem Netz (Arbeitspreis netto rd. 20-25 ct/kWh). Zum Vergleich sollen hier die Stromgestehungskosten großer onshore-Windkraftanlagen von 5 bis 11 ct/kWh genannt werden (FISE, 2013).

Untersuchungen zeigen, dass Dachwindkraftanlagen (DWKA) nicht einfach nur kleine Windkraftanlagen sind, sondern sich hinsichtlich Technik und Wirtschaftlichkeit wesentlich unterscheiden. Allgemein gesprochen ist eine Wirtschaftlichkeit sehr viel schwieriger zu erreichen ist als bei Großwindkraftanlagen, zum heutigen Zeitpunkt nicht möglich und auch in absehbarer Zeit wenig wahrscheinlich. Probleme und Hemmnisse bestehen unter anderem in:

- Mangel an Erfahrung,
- kleinräumige Windverhältnisse sind sehr viel ungleichmäßiger als in größeren Höhen (u.a. wegen hoher Windscherung, lokaler Turbulenzen, geringer Auslastung),
- zu große Erwartungen an zu kleine Anlagen,
- professionelle Windmessung ist zu teuer, daher Gefahr großer Ertragsabweichungen (Messfehler von drei Prozent können zehn Prozent Ertragsabweichung bedeuten),
- Wirtschaftlichkeit nicht zu erreichen, da die Einspeisetarife des EEG Kleinwindkraftanlagen nicht separat berücksichtigen; Investitionen sind selbst für wirtschaftliche Eigenbedarfsdeckung noch erheblich zu hoch,
- genehmigungsfrei nur außerhalb von reinen, allgemeinen und besonderen Wohngebieten, sowie Mischgebieten (und unter 10m Höhe)
- technisch anfälliger, da z.T. noch nicht ausgereifte Technik.

Zwar gibt es wegen des grundsätzlichen hohen technischen Potenzials (auf nahezu jedem Hausdach) und den noch möglichen Kostendegressionen in der Herstellung und Montage

durch eine mögliche dynamische Marktentwicklung auch Perspektiven – unter heutigen Randbedingungen ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis jedoch eindeutig negativ. Die Rahmenbedingungen müssten sich in zweierlei Richtungen ändern: Zum einen müsste der Gesetzgeber den höheren Anlagenpreisen Rechnung tragen und die Vergütungen für Kleinwindkraft stark anheben. Des Weiteren müssten die Anlagenpreise stärker fallen, um eine bessere Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Im Gebiet der StädteRegion ist die hauptsächliche Windrichtung Südwest, die Windgeschwindigkeiten liegen in 50 m Höhe zwischen 3,2 m/s bis 5,1 m/s, wobei der größte Teil des Gebietes Windgeschwindigkeiten von 4 bis 4,3 m/s aufweist und die höheren Geschwindigkeiten ab 4,8 m/s nur in einigen wenigen Gebieten der StädteRegion vorherrschen.

Diese Rahmenbedingungen befinden sich am unteren Ende der Voraussetzungen zum Betrieb einer kleinen Windkraftanlage (Kroemer, 2012). Somit sind die Windbedingungen in den meisten Gebieten für derartige Anlagen als nicht optimal anzusehen, was zusätzlich die Wirtschaftlichkeit erschwert. In weiteren Untersuchungen (Kroemer, 2012) hat sich gezeigt, dass selbst bei wesentlich besseren Windbedingungen die Wirtschaftlichkeit nicht erreicht werden konnte. Die Windverhältnisse innerhalb von städtischer Bebauung verschlechtern sich in geringer Höhe drastisch, da der Wind das Gelände aufgrund der Verhältnisse und damit verbundener Rauheit nicht mehr gleichmäßig überstreichen kann. Zusätzlich negativen Einfluss haben Turbulenzen innerhalb der Bebauung. Nicht zuletzt minimieren die un stetigen Windverhältnisse den Ertrag einer derartigen Windkraftanlage.

Unter der Annahme, dass sich die tatsächlichen Windgeschwindigkeiten zwischen den Minimal- und Maximalwerten einstellen, folgt der Schluss, dass ein Betreiben von DWKA schwierig ist (Kroemer, 2012). Dies liegt nicht zuletzt an der vorgegebenen Startwindgeschwindigkeit solcher Anlagen, welche im Bereich von 3,5 m/s liegt. weshalb es nicht selten der Fall sein kann, dass schon allein die Startbedingungen nicht erreicht werden. Werden sie doch erreicht, laufen DWKA typischerweise nur im Teillastbereich, da die Nennleistung erst bei deutlich höheren Geschwindigkeiten erreicht wird. Neben diesen Aspekten gilt es aber auch den ordnungsrechtlichen Rahmen zu beachten. Dieser wird in Nordrhein-Westfalen durch den Windenergieerlass 2011 gegeben. Sowohl die technische Weiterentwicklung der Anlagen als auch das Ziel einer ökologischen und dezentralen Energieversorgung sprechen im allgemein für die zunehmende Aufstellung von Anlagen in Wohngebieten. Eine Untersagung trotz vorheriger Baugenehmigung kann jedoch im Einzelfall erfolgen, wenn das Windrad eine nachweisbar störende Wirkung auf die Umgebung hat (Köck, 2012).F

Um das dennoch vorhandene Potenzial der Kleinwindkraft nutzen zu können, bedarf es einer eingehenden Analyse der räumlichen Bedingungen in der StädteRegion Aachen. Es ist vorstellbar, dass ein (Wind) Kataster analog dem Solarkataster der Region erstellt wird. Dieses Kataster kann dann dazu dienen, die exakten Windverhältnisse, zugeschnitten auch auf die Anforderungen einer Kleinwindkraftanlage, vor Ort wiederzugeben, um möglichen Investoren eine erste Einschätzungsmöglichkeiten zu geben, ob Kleinwindkraft an unterschiedlichen Stellen der StädteRegion möglich und sinnvoll ist. Anläufe zur Erstellung eines solchen Windkatasters hat es bereits gegeben. So entwickelte beispielsweise ein Forscherteam der Fachhochschule Frankfurt eine auf Geodaten basierende Potenzialanalyse. Dazu wurden Windströmungen und ihr Verhalten im Bereich von Hindernissen genau modelliert und damit die wenigen, vom wirtschaftlichen Standpunkt her sinnvollen Standorte selektiert (FH-Frankfurt, 2014). Diese wissenschaftliche Vorgehensweise könnte auf das Gebiet der StädteRegion übertragen werden. Die Umsetzung sollte dann allerdings übergeordnet organisiert

werden (siehe Solarkataster, Windpotenzialstudie NRW), um einen möglichst großen Raum untersuchen und hinsichtlich der entsprechenden Potenziale einschätzen zu können. Die Kommunen selbst können hinsichtlich des Genehmigungsverfahrens fördernd auf diesen Prozess einwirken, indem sie eventuelle Projekte nicht durch zu hohe Hürden während der Phase der Genehmigung einschränken. Dies bezieht sich auf Anlagen jeder Höhe innerhalb von reinen, allgemeinen und besonderen Wohngebieten sowie Mischgebieten.

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass kleine Windkraftanlagen für Standorte in der StädteRegion unter heutigen Rahmenbedingungen keinen Beitrag zur regenerativen Stromerzeugung leisten können. Voraussetzung wäre eine massive Anhebung der Förderung gemäß dem EEG auf Fördersätze weit oberhalb der heutigen Förderung der PV-Anlagen sowie eine deutliche Preisdegression der Anlagen. Die derzeitigen Preise für Kleinwindkraftanlagen beginnen bei Preisen von min. 3.000€ und je Kilowatt Leistung (ESIH, 2014). Beide obere Annahmen halten die Autoren für sehr unwahrscheinlich. Die Bereitstellung entsprechender Förderung durch die StädteRegion Aachen oder den Energieversorger ist finanziell nicht leistbar und angesichts des ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnisses auch nicht sinnvoll. Aus diesen Gründen wird für die Technik im Verlauf keine quantitative Potenzialbewertung vorgenommen.

3.6 Wasserkraft

3.6.1 Potenziale der Wasserkraft

Zusätzliche Potenziale finden sich an den Querbauwerken in Fließgewässern bei entsprechender Eignung und Genehmigungsfähigkeit. Folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus ELWAS für den Bereich der StädteRegion Aachen mit Darstellung der potenziellen Querbauwerke.

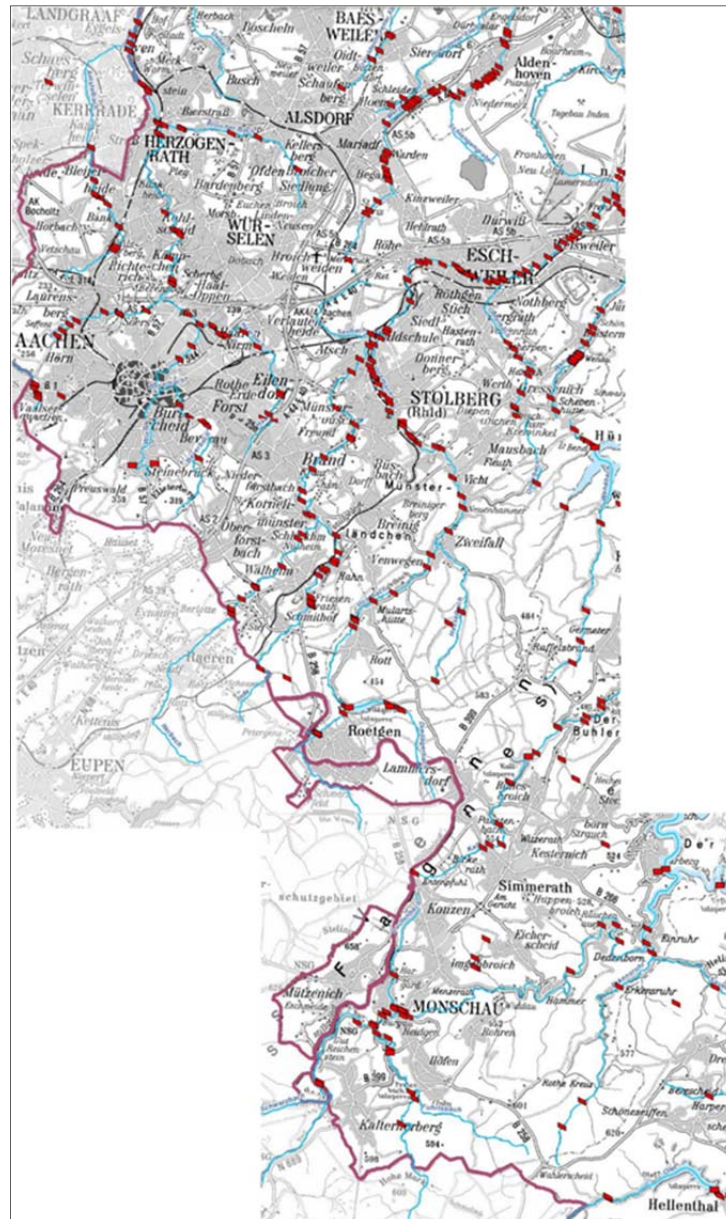


Abbildung 88: Querbauwerke an Fließgewässern (ELWAS, 2013)

Zur Potenzialermittlung dieser wurden alle Querbauwerke in der StädteRegion untersucht. Als theoretisch geeignet wurden alle Querbauwerke mit einer Fallhöhe von größer 1m und einem mittleren jährlichen Abfluss von $1\text{m}^3/\text{s}$ betrachtet und in Bezug auf das machbare Ausbaupotenzial hin untersucht. Der ökonomische Betrieb ist gegeben, wenn die Jahreseinnahmen $\frac{1}{35}$ der erforderlichen Investitionskosten übersteigen. Den hier gemachten Berechnungen

nungen wurde eine mittlere Anzahl Volllaststunden von 4.500, eine Einspeisevergütung von 12,7 ct/kWh (Anlagen ≤ 500 kW) und spezifische Investitionskosten für Kleinwasserkraftwerke von 5.000 €/kW zugrunde gelegt.

Das Ergebnis der Schätzung ist in nachstehender Abbildung zusammengefasst. Es ergibt sich ein zusätzliches machbares Potenzial von insgesamt 604 kW (Leistung) und 2.718 MWh/a (Ertrag). Auch bei den Kleinwasserkraftanlagen zeigt sich ein Nord-Süd-Gefälle, das jedoch nicht so eindeutig wie bei den bestehenden Stauanlagen ausfällt. Zwar ist auch hier der Anteil, der auf Monschau entfällt mit 37% am höchsten. Jedoch haben auch Eschweiler mit 33%, Stolberg mit 14% und Herzogenrath mit 10% ein vergleichsweise hohes Potenzial. Simmerath hingegen besitzt mit knapp 5% nur ein geringes Potenzial, Roetgen, Baesweiler, Würselen und Alsdorf gar keines. In der folgenden Abbildung sind nur die Gemeinden mit einem wirtschaftlichen Potenzial an Querbauwerken dargestellt. Für die Stadt Aachen liegen keine entsprechenden Daten vor.

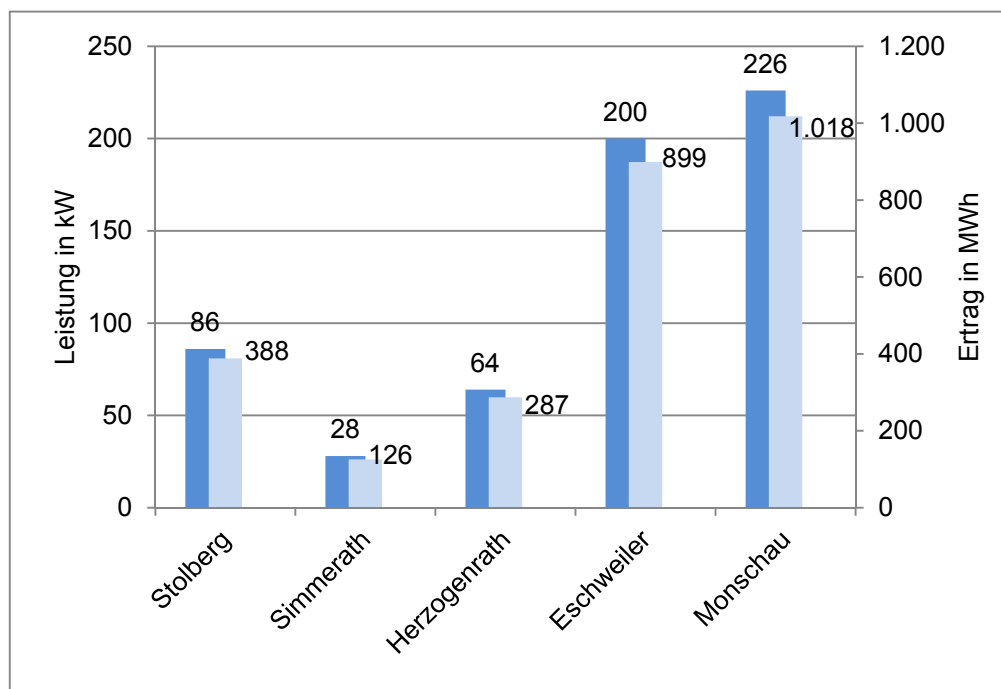


Abbildung 89: Machbares Potenzial der Nutzung von Kleinwasserkraftanlagen an Querbauwerken in Fließgewässern (AVISO)

Das ausgewiesene machbare Potenzial muss im Einzelfall noch unter ökologischen Randbedingungen geprüft werden. Es stellt also das maximal machbare Ausbaupotenzial dar.

Fasst man das an Stauanlagen realisierte und das an Querbauwerken zusätzlich machbare Potenzial zusammen, so ergeben sich als realisierbare Leistung 2.119 kW bei einem Jahresertrag von 8.829 MW/a. Bei der räumlichen Verteilung des Gesamtertrags (ohne Aachen) sticht Monschau mit knapp 38% heraus, gefolgt von Stolberg (22%), Simmerath (16%), Roetgen (12%), Eschweiler (9%) und Herzogenrath (3%). Alsdorf, Baesweiler und Würselen besitzen kein Wasserkraftpotenzial.

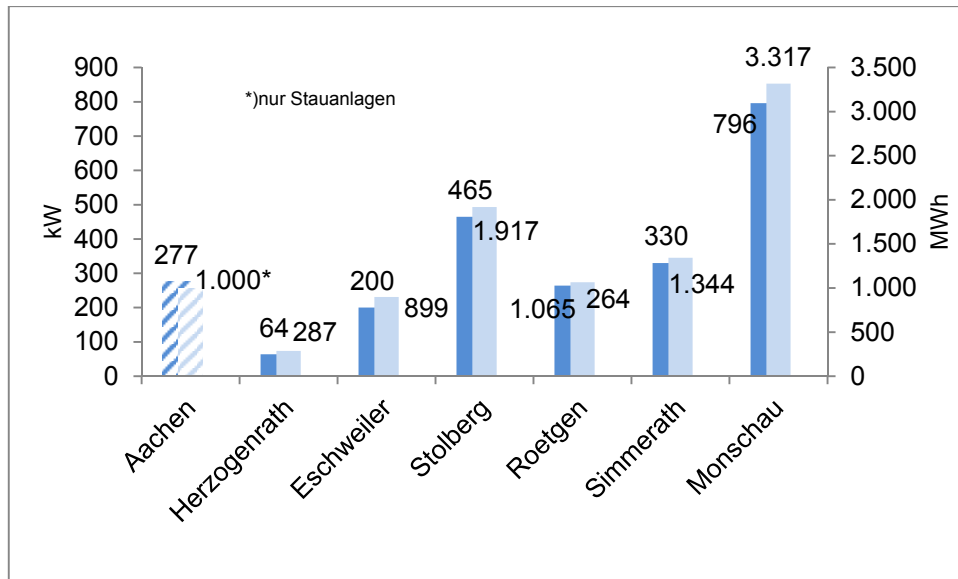


Abbildung 90: Gesamte Wasserkraft in der StädteRegion Aachen – Bestand und zusätzliche Potenziale; (ELWAS, 2013) (LANUV, 2012) und AVISO

3.6.2 CO₂-Minderung durch Wasserkraft

Durch einen raschen, konsequenten Ausbau des wirtschaftlichen Potenzials von Kleinwasserkraftanlagen an Querbauwerken können jährliche CO₂-Einsparungen wie folgt erzielt werden.

Durch den zukünftig veränderten Strommix werden sich die anfänglich möglichen CO₂-Minderungen von 1.450 t/a bis 2030 auf knapp 900 t/a reduzieren, wie der Verlauf in Abbildung 91 deutlich zeigt.

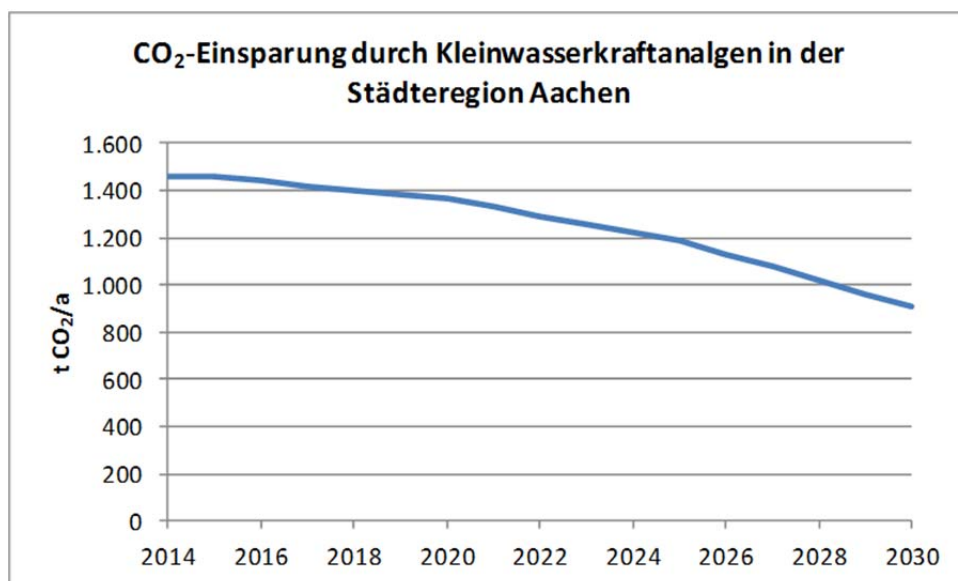


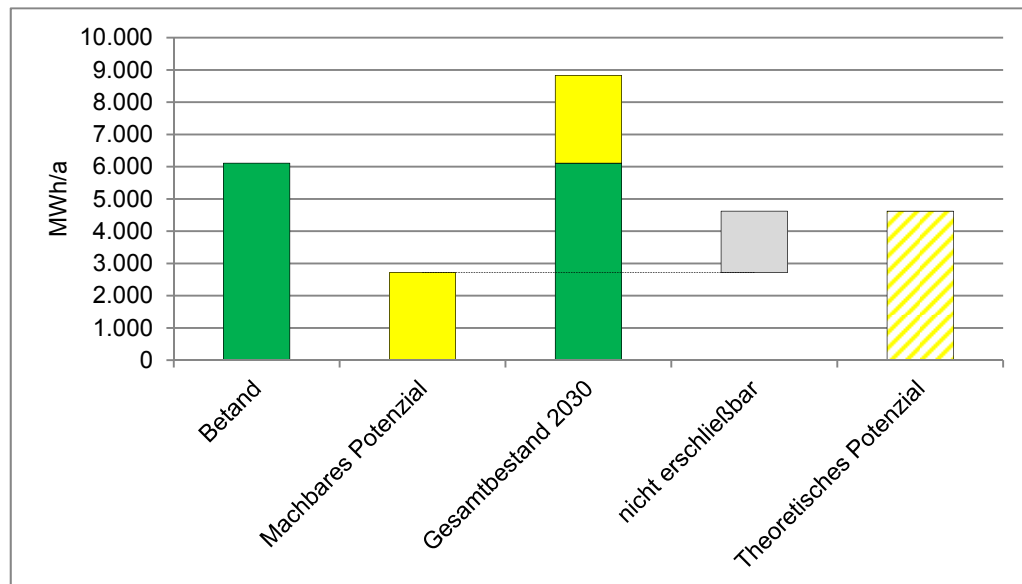
Abbildung 91: Jährliche CO₂-Einsparungen durch Ausbau der Kleinwasserkraft an Querbauwerken, ohne Aachen (AVISO)

Festzuhalten bleibt, dass die Wasserkraft nur einen bescheidenen Anteil an Klimaschutzlösungen haben kann. Dies auch nur, wenn alle Potenziale konsequent umgesetzt werden und sich die Kommunen dieser kleinteiligen Herausforderung stellen.

3.6.3 Zusammenfassung / Steckbrief der Energiegewinnung aus Wasserkraft

Steckbrief der Wasserkraft

Potenziale der Wasserkraft gesamt und kommunenscharf



Gesamtbestand 2030: 9 GWh

Ausschöpfung des theoretischen Potenzials: 59%

	Theoretisches Machbares				Gesamtbestand	CO ₂ -
	Bestand 2012	Potenzial	Potenzial	Steigerung des	2030	Einsparungen
	MWh/a					t/a
Aachen	1.000	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Alsdorf	0	9	0	-	0	0
Baesweiler	0	0	0	-	0	0
Eschweiler	0	1.333	899	-	899	265
Herzogenrath	0	446	287	-	287	85
Monschau	2.299	1.335	1.018	44%	3.317	300
Roetgen	1.065	43	0	0%	1.065	0
Simmerath	1.218	216	125	10%	1.343	37
Stolberg	1.529	1.207	388	25%	1.917	114
Würselen	0	31	0	-	0	0
Summe (o. AC)	6.111	4.620	2.717	-	8.828	801

Bestimmende Kriterien der Umsetzung/Hemmnisse

- Strompreisentwicklung (führt zur Vorteilhaftigkeit des Eigenverbrauchs)
- Anpassung der Förderrichtlinien durch Gesetzgeber (z.B. EEG)
- Entwicklung der Anlagenpreise
- Eigentums-, Wasser-, Fischereirechte
- Ökologische Rahmenbedingungen, Wasserrahmenrichtlinie
- Anschlusspunkte an das Stromverteilnetz

Nächste Schritte....**...der Kommune, für die Zielgruppe**

- Informationskampagnen der Kommune
- Direkte Gespräche mit potenziellen Betreibern / Rechteinhaber

Erfolgsindikator

Aus kommunaler Sicht

- Erreichung der Ausbauziele (machbares Potenzial) der installierten Leistung

Aus privater Sicht

- Wirtschaftlichkeit

3.6.4 Exkurs: Energiegewinnung aus der Trinkwasserversorgung

In der Trinkwasserversorgung steckt aufgrund der Höhenunterschiede zwischen Quelfassung und Reservoir (Hochbehälter), wo in der Regel eine (Pelton)Turbine oder eine rückwärts laufende Pumpe eingebaut wird (siehe nachstehende Abbildung), ein grundsätzliches Potenzial für die Stromgewinnung. Insbesondere können Standorte in Berggebieten, wo große Höhenunterschiede zwischen Quelfassung und Reservoir auftreten, aber auch in Mittelgebirgsregionen für die Stromgewinnung aus Trinkwasser geeignet sein.

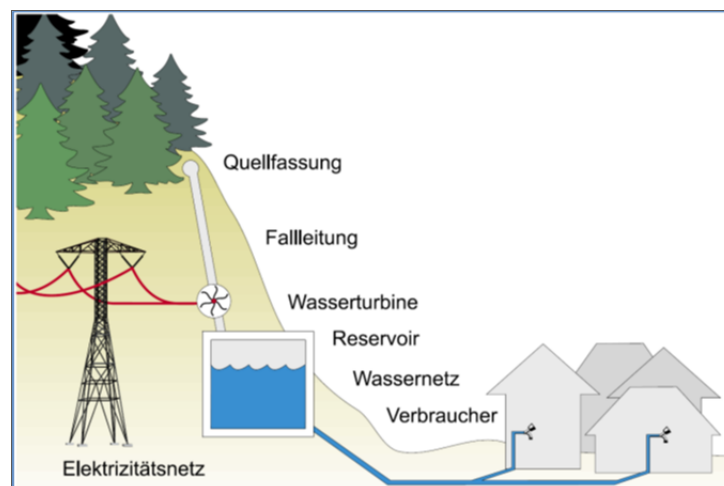


Abbildung 92: Jährliche CO₂-Einsparungen durch Ausbau der Kleinwasserkraft an Querbauwerken (BFE, 2003)

Nach Schweizer Angaben können schon 50 m Druckhöhe und eine Trinkwassermenge von 500 l/min für eine wirtschaftliche Stromerzeugung ausreichen. Darüber hinaus kommen neben Quellwasserleitungen auch Verbindungsleitungen zwischen unterschiedlichen Druckzonen in Frage. Hier werden dann Druckverminderer durch Turbinen/Rücklaufpumpen ersetzt.

Der Energieertrag lässt sich überschlägig wie folgt schätzen: Energieertrag (kWh/a) = Trinkwassermenge (l/min) * Fallhöhe (m) (BFE, 2003).

In der StädteRegion betreibt die STAWAG in der Druckregelanlage Schmithof und in der Aufbereitungsanlage Hiltfeld 2 Wasserkraftanlagen, die das gesamte Strompotenzial aus dem Versorgungsgebiet ausnutzen. In der nachstehenden Abbildung und Tabelle sind die hydraulischen Verhältnisse sowie die wesentlichen Kenngrößen der Anlage Schmithof dargestellt. Der jährliche Stromertrag beläuft sich hier auf 1,2 Mio. kWh bei einer maximalen Leistung von 270 kW (STAWAG 2014).

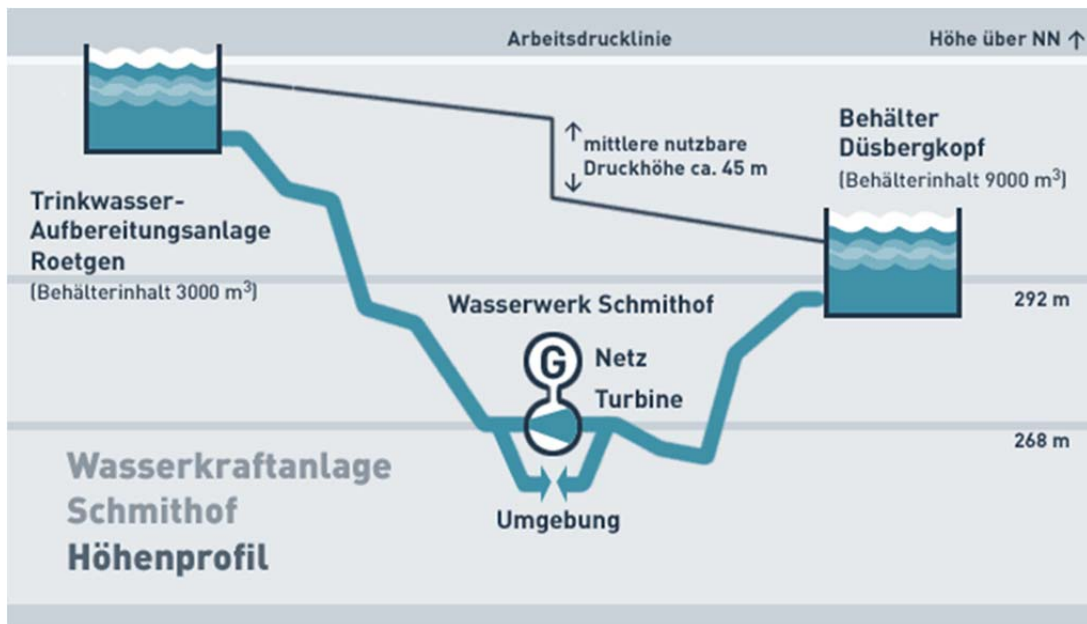


Abbildung 93: Hydraulisches Profil der Wasserkraftanlage Schmithof

jährlich erzeugte elektrische Energie	1.200.000 kWh
jährliche erzeugte verfügbare Wassermenge	ca. 12 Mio. m³
Energie deckt den Bedarf für	400 Haushalte
Maximalleistung (elektrisch)	270 kW
mittlere nutzbare Druckhöhe	45 m
Turbinentyp	Francis-Spiralturbine
Generator	Synchronmaschine
Durchgangsdrehzahl	1.800 U/min
Inbetriebnahme	2004

Tabelle 31: Stromertrag und sonstige Kennwerte der Wasserkraftanlage Schmithof

Des Weiteren existiert ein weiteres, wenn auch kleines Trinkwasser-Leitungs-Kraftwerk in Stolberg-Breinig, welches vom Versorger ENWOR betrieben wird. An dieser Stelle treibt das Wasser einer größeren Transportleitung zwischen Eifel und Aachen eine Turbine an.

Im südlichen Teil der StädteRegion wird die Wasserversorgung vom Wasserversorgungszweckverband Perlenbach sichergestellt. Nach Angaben des Wasserwerks Perlenbach werden auf das auf die StädteRegion bezogene Druckgefälle im Pumpwerk DEA WdKA in Roet-

gen per Druckminderer 20 kW abgebaut, die durch einen alternativen Einbau einer Wasserkraftanlage mit einem jährlichen Stromertrag von 0,0365 Mio. kWh energetisch genutzt werden könnten. Diese Überlegungen werden derzeit vom Verband nicht weiter verfolgt.

3.7 Grubengas und Grubenwärme

Die Geschichte der StädteRegion Aachen ist eng verbunden mit dem Bergbau, welcher über viele Jahrzehnte stattfand und der Region Arbeit und Wohlstand bescherte. Wie in anderen Revieren Nordrhein Westfalens wurde jedoch auch in der StädteRegion der Bergbau in den letzten Jahrzehnten so gut wie eingestellt. Die in diesem Zusammenhang stillgelegten Gruben haben jedoch in vieler Hinsicht energetisches Potenzial, welches es zu untersuchen gilt – vor allem in Hinblick auf Grubengas und Grubenwärme. Grubengas ist ein Gas, welches beim Prozess der Inkohlung entstand und dann in Folge des Abbaus von Steinkohle freigesetzt wurde, sodass nun in stillgelegten Bergwerken der Gehalt an Methan, dem Hauptbestandteil des Grubengases, zwischen 30% und 95% liegt. In der StädteRegion Aachen hat man bereits schon einmal mit der Nutzung des Grubengases experimentiert. In der Grube Anna wurde 2002 begonnen, systematisch austretendes Gas energetisch zu nutzen. Ein BHKW mit einer Leistung von 2,7 MW_{el} wandelte an Ort und Stelle das zur Verfügung stehende Gas in Wärme und Strom um. Durch eine Absauganlage gelangte das Grubengas direkt zu den Motoren und die gewonnene Energie wurde anschließend in Form von Strom direkt in das Netz des hiesigen Netzbetreibers eingespeist. Die Wärme, welche wiederum durch die Nutzung des Grubengases in einem BHKW anfällt, wurde direkt zur Wärmeversorgung des Bergbaumuseums genutzt. Insgesamt wurden somit jährlich ca. 100.000 t CO₂ bei der Strom- und Wärmeversorgung eingespart, womit ein wichtiger Umweltbeitrag geleistet werden konnte. Aufgrund des abnehmenden Methangehalts im ausströmenden Gas wurde die Nutzung jedoch eingestellt.

Nichtsdestotrotz ist die Wärmegewinnung an diesem Standort weiterhin möglich. Die Kommune Alsdorf hat sich dieses Potenzials angenommen und fördert die geothermische Nutzung der Energie, welche im Grubenwasser enthalten ist. Im 860 m tiefen Schacht Eduard steht ca. 26° C warmes Grundwasser zur Verfügung, welches zur Wärmeversorgung des benachbarten „Energeticon“-Gebäudes genutzt werden soll. Dies geschieht über ein Wärmepumpensystem, das die Temperatur auf das gewünschte Niveau anhebt. Das Land NRW fördert dieses Projekt derzeit mit 700.000 €.

Darüber hinaus konnte kein Potenzial, weder für Grubengas noch für die Abwärmenutzung aus Grubenwasser, identifiziert werden.

3.8 Faulgas aus Kläranlagen

Faulgas ist ein Gemisch aus zumeist brennbaren Gasen, welche bei der Gärung unter Luftausschluss entsteht. Unter anderem zersetzen hierbei Bakterien kohlenwasserstoffreiche Stoffe. Das entstehende Gasgemisch besteht hauptsächlich aus Methan, welches – wie auch beim Grubengas – wiederum energetisch verwertet werden kann. Die potenzielle Menge an Gas ist hierbei abhängig von der Menge an organischem Material und anderen Parametern, die beim Faulprozess eine Rolle spielen. Überschlägig kann von einem Aufkommen von 15 bis 20 Litern Faulgas pro Einwohner und Tag ausgegangen werden, was zum Beispiel für die StädteRegion Aachen etwa 4,6 Mio. Liter Faulgas pro Tag bedeuten. Das daraus

abzuleitende Potenzial ist allerdings ein rein theoretisches, da technische Restriktionen eine vollständige Verwertung des Faulgasaufkommens verhindern, schon allein weil die Nutzung von Faulgasen nicht in allen Klärwerken möglich ist.

Kläranlagen haben, wie bereits in Abschnitt 2.5.1.3 erläutert, einen über das Jahr gleichbleibenden Wärmebedarf für Prozesse zur Aufbereitung, Reinigung und Klärung von Wasser. Betreiber von Kläranlagen haben daher schon recht früh das Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplung für sich entdeckt. Die elektrische Energie, die bei der Wärmebereitstellung durch ein BHKW „abfällt“ kann wiederum in das Stromnetz eingespeist werden und bietet nahezu den Vorteil einer Grundlast, auch wenn diese gemessen am gesamten Einspeisevolumen nur sehr klein ausfällt.

Für dieses Konzept wurden alle 20 Klärwerksstandorte in der StädteRegion Aachen in Zusammenarbeit mit dem Wasserverband Eifel-Ruhr (WVER) untersucht. Die Ergebnisse lassen sich folgender Tabelle 32 entnehmen.

	Kommune/ Anzahl Standorte	Übernahme dr. WVER	Versorgte EW	Anzahl Module	BHKW (kW _{el})	ges. BHKW (kW _{el})	BHKW in Planung/Bau (kW _{el})	Gesamt P _{el} mit Planung/Bau	geschätzte Menge Strom kWh
Betrieb Nord	Alsdorf	1996	30.000						
	Alsdorf	1996	50.000				75	75	300.000
	Baesweiler	1994	50.000	1	75	75		75	300.000
Betrieb Ost									
	Eschweiler	1998	157.000						
Betrieb Süd									
	Monschau	1998	2.500						
	Monschau	1998	5.000						
	Monschau	1998	19.000						
	Simmerath	1998	2.800						
	Simmerath	1998	4.000						
	Simmerath	1998	15.000						
	Roetgen	1999	3.500						
	Roetgen	1999	7.500						
Betrieb West	Stolberg	1998	120.000	4	115	460		460	1.840.000
	Aachen	2003	34.400						
	Aachen	2003	41.910				50	50	200.000
	Aachen	2003	87.000	1	120	120		120	480.000
	Aachen	2003	458.000	3	330	990		990	3.960.000
	Herzogenrath	1997	32.000				50	50	200.000
	Herzogenrath	2003	50.000				50	50	200.000
	Würselen	1999	40.000						
	Summen	20 (Anzahl)	1.209.610			1.645	225	1.870	7.480.000

Tabelle 32: Untersuchte Kläranlagen in der StädteRegion Aachen (WVER)

Hieraus wird ersichtlich, dass für die StädteRegion Aachen kein zusätzliches Potenzial besteht. Bestehende Potenziale sind den Anlagenbetreibern allgemein bekannt und werden, sofern wirtschaftlich vertretbar, kurz- bis mittelfristig genutzt.

3.9 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Die Technologie der sogenannten Kraft-Wärme-Kopplung hat sich als Umwandlungstechnik zur Strom- und Wärmeerzeugung mit einer sehr effizienten Brennstoffausnutzung (mittlerweile Gesamtwirkungsgrade von mehr als 90%) seit Jahrzehnten in der Energiewirtschaft etabliert. Die Weiterentwicklung kleinerer KWK-Anlagen – hier im Wesentlichen erdgasgefeuerte

Blockheizkraftwerke – ermöglichte den zunehmenden Einsatz auch in der dezentralen Wärmeversorgung.

Besonders in erdgasversorgten Gebieten, in denen eine Fernwärmenutzung auf Basis großer KWK-Anlagen aus technischer und wirtschaftlicher Sicht nicht machbar ist, hat sich die dezentrale Stromerzeugung mit Wärmeauskopplung bewährt. Eine Übersicht über das Grundprinzip der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung (bei idealer Auslegung) durch KWK gegenüber der getrennten Erzeugung in einem Kraftwerk (Strom) bietet die folgende Abbildung. In der Praxis fällt die Einsparung hingegen oftmals durch kleinere Auslegung des BHKW bzw. wirtschaftliche Zwänge etwas geringer aus.

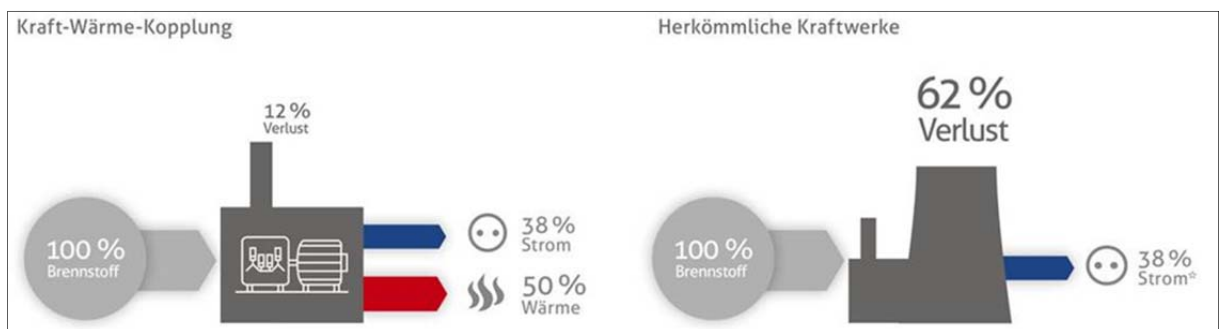


Abbildung 94: Grundprinzip KWK und effizientere Brennstoffausnutzung bei gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung (BKWK, 2013)

Um die Potenziale für einen weiteren Ausbau der dezentralen KWK zu bewerten, wurden die Daten des Wärmeatlas (vgl. Abschnitt 2.6) ausgewertet. Da es bei privaten Gebäuden weniger Einflussmöglichkeiten durch die Kommunen bzw. die StädteRegion gibt, wurden zunächst öffentliche Liegenschaften ausgewertet, deren Verbrauchsdaten weitgehend vorlagen:

- Es wurden nur Objekte in die Bewertung einbezogen, die bereits gasversorgt sind. Ausgeschlossen blieben ölversorgte Gebäude (selbst wenn im Einzelfall ein Gasanschluss möglich ist) sowie fernwärmeversorgte Gebäude. Auch die wenigen Gebäude, die Flüssiggas als Energieträger nutzen, wurden mit einbezogen, allerdings ist hier trotz der technischen Machbarkeit eine KWK-Anlage aufgrund des deutlich höheren Preisniveaus von Flüssiggas (vergleichbar mit Heizöl) meist nicht wirtschaftlich einsetzbar.
- Ausschluss der Gebäude mit einem Wärmebedarf von $< 20 \text{ MWh/a}$, da hier die Auslastung selbst für Mikro-BHKW mit 1 kW_{el} nicht ausreichend ist.
- Unterteilung je nach Höhe des Strombedarfes in geeignete (niedriger Strombedarf, weniger als 20% des Wärmebedarfes) und gut geeignete Objekte (höherer Strombedarf mit größerem Anteil Eigennutzung möglich)
- Einteilung der BHKW Größenklassen je nach Wärmebedarfssituation:

Entscheidend für die Dimensionierung und Auslastung von KWK-Anlagen ist der Wärmebedarf der einzelnen Gebäude, da dezentrale KWK-Anlagen aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen i.d.R. wärmegeführt betrieben werden. Auf Basis der vorliegenden Verbrauchsdaten der Liegenschaften wurde jeweils das KWK-Wärmepotenzial bei einem

60%igen KWK-Anteil ermittelt. Dies ist ein üblicher Auslegungswert, der einen guten Kompromiss zwischen hohem KWK-Anteil und guter BHKW-Auslastung (zwischen 4.000 und 6.000 h/a) darstellt (vgl. (Suttor, 2009)).

Die Abbildung 95 zeigt die Ableitung des KWK-Potenzials. Der gesamte Wärmebedarf aller kommunalen Liegenschaften inklusive der Gebäude der StädteRegion selbst liegt bei 109 GWh. Von dieser Gesamtmenge wurden 148 Liegenschaften mit 64 GWh in die Detailauswertung einbezogen. Die fehlende Menge entfällt auf Gebäude, die keinen nennenswerten Energiebedarf haben (Sportplätze, Parkhäuser), zu denen keine Daten vorlagen (z.B. Alsdorf) oder die bereits voruntersucht worden sind (alle Liegenschaften in Stolberg).

Von den erfassten Liegenschaften wurden im zweiten Schritt diejenigen ausgenommen, die entweder bereits über BHKW versorgt werden, fernwärme- oder ölversorgt sind. In diese Gruppe fallen auch viele große, grundsätzlich gut geeignete Objekte wie das Verwaltungsgebäude der StädteRegion in Aachen (Fernwärme), die Schwimmbäder in Kohlscheid oder Würselen (Nahwärme), die Schwimmhalle in Eschweiler und Stolberg (BHKW) sowie etliche Schulen und Kindergärten (Mikro-KWK oder Ölkessel).

Das resultierende noch erschließbare KWK-Wärmepotenzial liegt bei rd. 30 GWh und damit bei rd. 27% des Gesamtbedarfes. In vielen Fällen ist allerdings der Strombedarf gering, so dass der KWK-Strom nur eingeschränkt vor Ort genutzt werden kann. Dies wirkt sich auf die Wirtschaftlichkeit bzw. die Auslegung der KWK-Anlage aus.

Begrenzt man den KWK-Ausbau aus wirtschaftlichen Gründen auf Gebäude mit mehr als 50 MWh Bedarf und einem Stromanteil von mindestens 20% (bezogen auf Wärmebedarf), fallen viele Liegenschaften, vor allem kleinere wie Feuerwehrgebäude, Sportanlagen oder Kindergärten heraus.

Das verbleibende Potenzial liegt bei rd. 11 GWh Wärmeerzeugung (KWK+Spitzenkessel) bei einer KWK-Stromproduktion von 3,5 GWh.

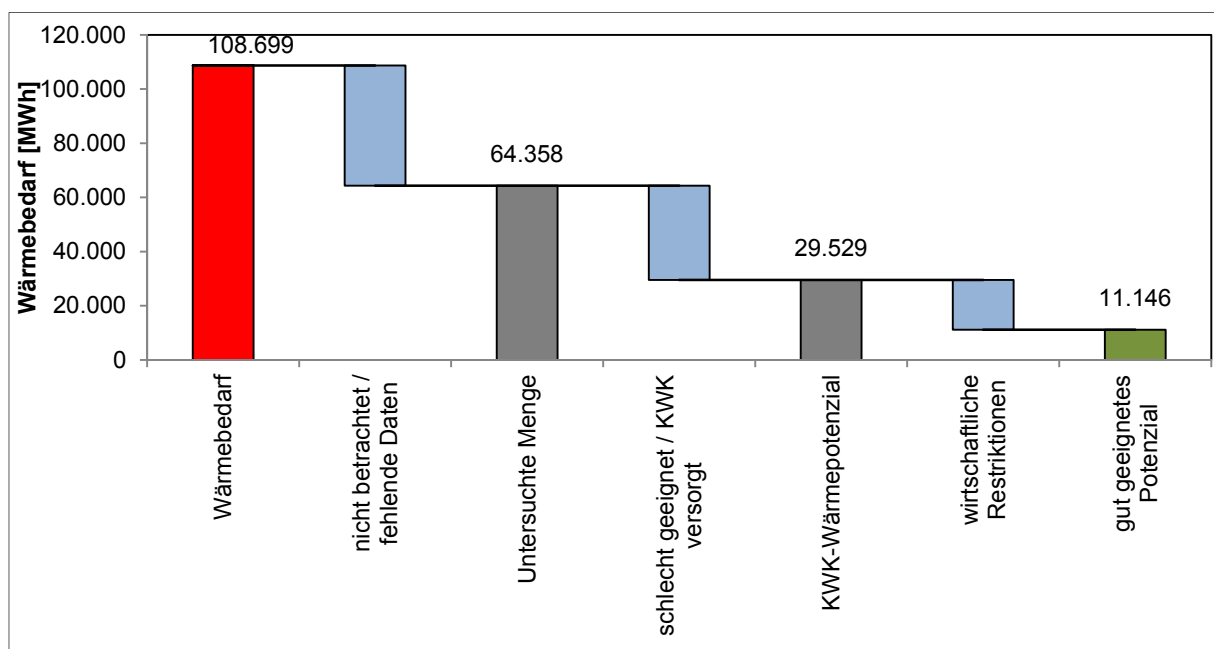


Abbildung 95: Ableitung des KWK-Potenzials in öffentlichen Liegenschaften (EEB)

Zu den größeren wirtschaftlich interessanten Potenzialobjekten gehören u.a. (elektrische Auslegungsleistung in kW):

- In Herzogenrath Rathaus (50 kW) sowie Hallenbad Herzogenrath und Feuerwehrehauptwache (je 30-50 kW)
- In Eschweiler Waldschule (200 kW) und Feuerwehr (50 kW) sowie das Rathaus (100 kW),
- In Würselen Grundschule Wilhelmstein sowie Feuerwache (rd. 30 kW)
- Bei den städteregionalen Liegenschaften die Kleebachschule (50 kW) und das Berufskolleg in Aachen (20 kW)

Eine detaillierte Aufstellung der Liegenschaften mit der jeweiligen BHKW-Auslegung ist im Anhang A5 enthalten, Abbildung 96 zeigt die Aufteilung auf die Gemeinden.

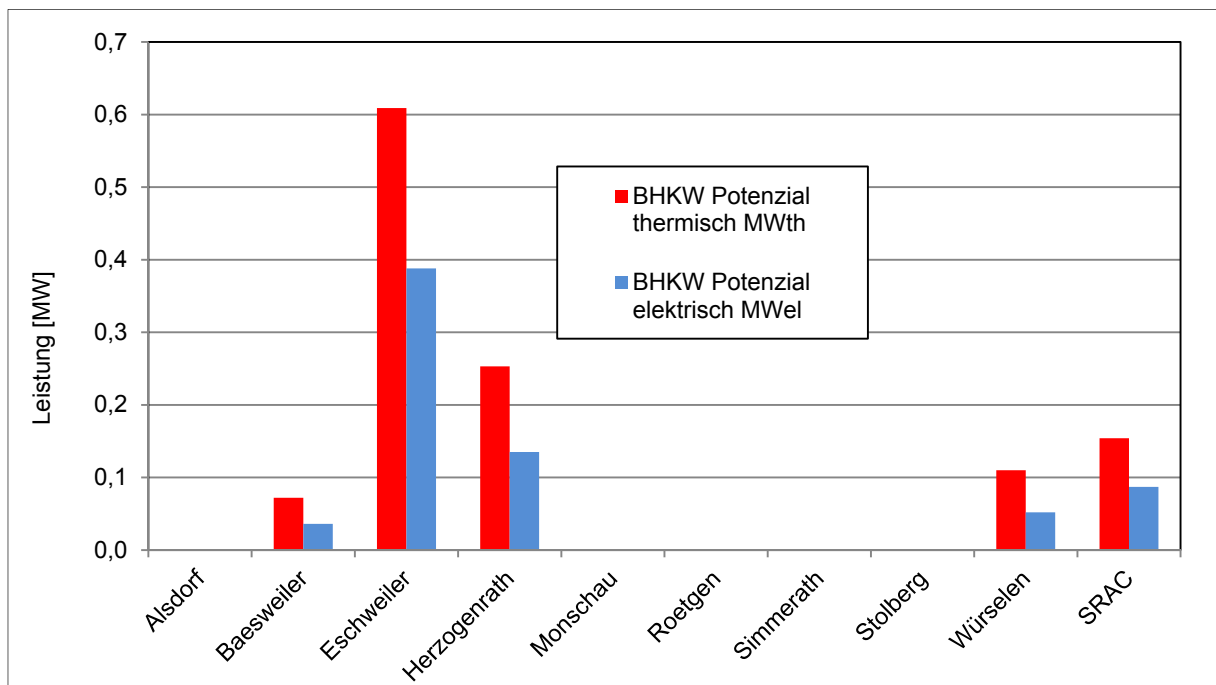


Abbildung 96: Aufteilung des dezentralen KWK-Potenzials (el. und thermische Leistung) in öffentlichen Liegenschaften (nur Kategorie „gut geeignet“) (EEB)

Eine mögliche Erschließung dieser Objekte muss natürlich im Einzelfall weiter auf technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit geprüft werden. Dabei sind folgende Aspekte zu prüfen:

- Platzverhältnisse ausreichend (möglichst noch Stellplatz für BHKW und Pufferspeicher im Heizraum vorhanden), Prüfung der Einbringmöglichkeiten
- Weiternutzung der Kesselanlage als Spitzenkessel
- Abgasführung möglich bzw. nachrüstbar
- Erfüllbarkeit der Schallschutzanforderungen
- Vorlauftemperaturen Heizkreis unter 95°C, Rücklauftemperaturen unter 70°C

- Sanierungsstand und Wärmebedarfsprognose der Liegenschaft (sollte möglichst für 10 Jahre konstant sein, ansonsten erst Bausanierung und dann Nachrüstung KWK)
- Klärung der elektrischen Anbindung und Stromverwendung (möglichst nur ein Nutzer, der auch als Betreiber fungiert)

Hinzukommen ggf. weitere Potenziale bei ölversorgten Gebäuden, die ggf. auch an das Gasnetz angeschlossen bzw. per Flüssiggas versorgt werden können und damit auch einer BHKW-Versorgung offenstehen. Geprüft wurden hier das Gymnasium und die Grengrachtsschule in Baesweiler, die Grundschule in Eschweiler Kinzweiler sowie die Gemeinschaftshauptschule in Monschau (bisher stromversorgt).

Das resultierende zusätzliche CO₂-Einsparpotenzial der Liegenschaften in der StädteRegion in der Kategorie „gut geeigneten“ durch KWK wird mit 870 t/a abgeschätzt.

Die Wirtschaftlichkeit von KWK-Systemen kann natürlich nur im Einzelfall in Kenntnis der jeweiligen Einbausituation (Platzbedarf, Schornstein, Gasanschluss) und des Bedarfslastgangs (Nutzungszeiten, Ferienzeiten, Warmwasserbedarf im Sommer etc.) bewertet werden. Positiv für die Wirtschaftlichkeit sind:

- Gleichmäßiger Wärmebedarf (z.B. Nachmittagsnutzung und Vereinssport am Abend und Wochenende bei Schulen)
- Möglichst auch Wärmebedarf im Sommer (z.B. zentrale Trinkwarmwasserbereitung, Duschbetrieb oder sonstiger Warmwasserbedarf z.B. für Küche oder Reinigung auch im Sommer)
- Möglichst gleichzeitig anfallender Wärme- und Strombedarf
- Nur ein Nutzer, bei mehreren Gebäude internes Stromnetz, in das eingespeist werden kann.
- Günstige Einbauverhältnisse

Um dennoch einen Überblick über typische Nutzungssituationen zu geben, werden im Folgenden drei typische Nutzungsfälle exemplarisch dargestellt. Die Verbrauchsdaten entsprechenden Mittelwerten der jeweils untersuchten Nutzungstypen, das heißt es wurden aus allen Einzelobjekten (z.B.: Kindergarten) mittlere Nutzungsprofile gebildet.

	Wärmebe- darf [MWh]	Strombedarf [MWh]	Relation Strom/Wärme	Typ. BHW- Auslegung	Anteil Eigen- nutzung am KWK-Strom
Kindergarten	140	20	14%	7 kW _{el}	33%
Weiterf. Schule	950	170	18%	100 kW _{el}	21%
Verwaltung	345	104	31%	30 kW _{el}	68%

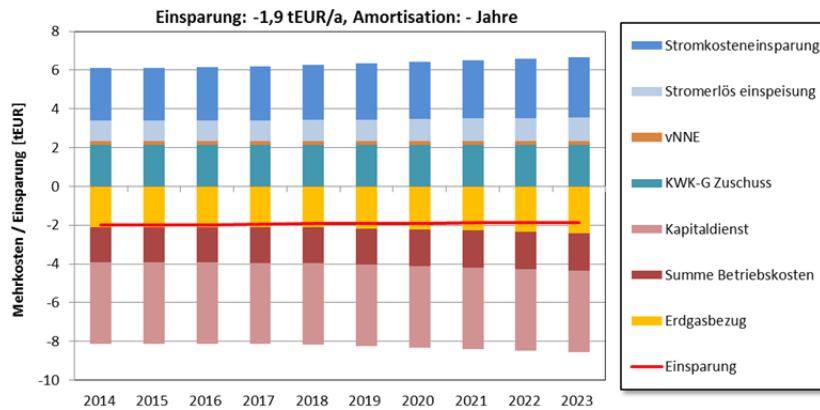
Tabelle 33: Fallbeispiele BHKW in kommunalen Liegenschaften (EEB)

Die Wirtschaftlichkeitsrechnungen für diese Liegenschaftstypen wurden unter Maßgabe eines mindestens 60%igen KWK-Anteils und typischer Gas- und Strompreisrelationen (Strom: 20-22 ct/kWh netto, Gas: 5-6 ct/kWh netto) durchgeführt. Die Ergebnisse in Abbildung 97 zeigen, dass auf der Kostenseite (negative Balken) die Kapitalkosten neben den höheren Erdgasbezugskosten und dem Wartungsaufwand eine wesentliche Rolle spielen. Erlöse bzw. Kostenreduktionen sind durch Einsparung am Strombezug durch Eigenerzeugung, Vergütung des Überschussstroms sowie die KWK-Förderung und die Erstattung vermiedener Netzentgelte (vNNE) zu finden.

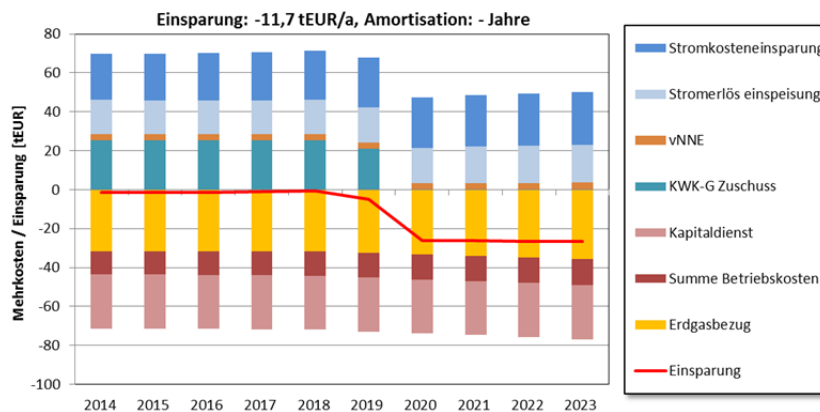
Der Saldo aus jährlichen Kosten und Erlösen ist durch die rote Linie dargestellt, ein positiver Wert steht also für einen Überschuss nach Kapitaldienst.

In den drei Fallbeispielen stellt sich das Verwaltungsgebäude am besten dar, obwohl hier nur ein mittlerer Wärmebedarf vorliegt. Dies liegt zum einen an dem vergleichsweise hohen und gleichmäßigeren Strombedarf, der eine effizientere Nutzung des KWK-Stroms erlaubt. Zum anderen spielt auch die KWK-Förderung eine Rolle, die bei Anlagen unter 50 kW über 10 Jahre gewährt wird. Der Kindergarten hingegen ist weniger wirtschaftlich, weil hier bei einer sehr kleinen KWK-Anlage hohen spezifische Anschaffungs- und Betriebskosten geringere Einspareffekte gegenüber stehen.

Kindergarten: 7 kW_{el}



Weiterführende Schule: 100 kW_{el}



Verwaltung: 18 kW_{el}

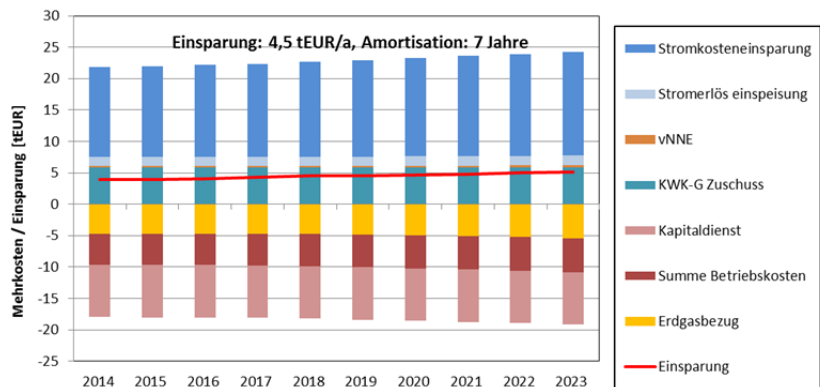


Abbildung 97: Beispielrechnungen BHKW für unterschiedliche Liegenschaftstypen (EEB)

Neben den hier exemplarisch betrachteten öffentlichen Gebäuden gibt es auch im privaten und gewerblichen Bereich wirtschaftlich interessante Einsatzmöglichkeiten für BHKW.

- Produktionsstätten mit hinreichendem Strom- und Wärmebedarf (Niedertemperatur), z.B. Wäschereien, Fleischereien oder Bäckereien.
- Gewerbeobjekte mit Trinkwarmwasserbedarf wie Gaststätten oder Fitnesscenter

- Übernachtungsgewerbe wie Hotels, Jugendherbergen und Seniorenheime

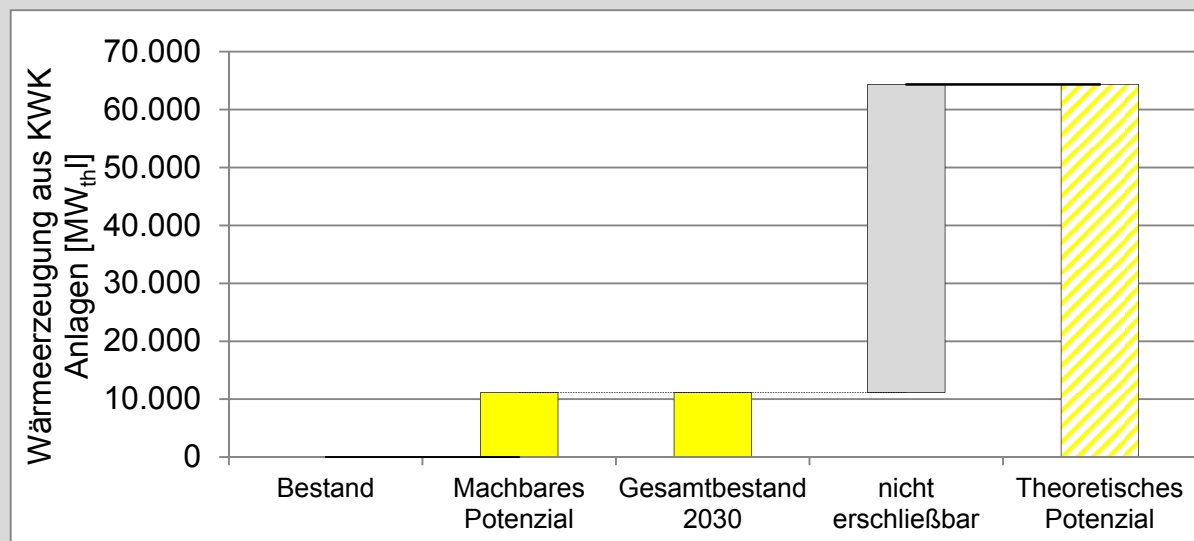
Im Wohnbereich gibt es vielfach auch bei Ein- und Mehrfamilienhäusern die Möglichkeit, Mikro-KWK-Anlagen ab 1 kW elektrischer Leistung einzusetzen. Diese sind allerdings noch recht teuer, sodass ein flächendeckender Einsatz von sinkenden Anschaffungskosten bzw. zusätzlicher Förderung abhängt. Durch das Mikro-KWK-Programm des Bundes sind Zuschüsse von bis zu 3.500 EUR (bei 20kW elektrischer Leistung) möglich. Auch bieten einige Energieversorger in der Region (z.B. Envor oder STAWAG) Mietmodelle an, mit denen Mikro-KWK Anlagen mit Vollwartungsvertrag gemietet werden können.

Generell sind im Wohnbereich oftmals Informationsdefizite und Hemmnisse vorhanden, die durch Informationskampagnen (z.B. KWK-Infotage, Schulaktionswochen, Informationen in Kundenzeitschriften der Gasversorger) gemindert werden können. Neben den Kommunen sind hier auch Energieversorger und Handwerk mit direktem Kundenkontakt zu den Eigentümern gefragt. Auch im Bereich der bestehenden KWK-Versorgungssysteme (vgl. 2.4.3) gibt es Ausbaupotenziale sowohl auf der Absatzseite (Verdichtung, Netzerweiterungen) als auch der Erzeugungsseite (Erhöhung des KWK-Anteils der Erzeugung). Beispiele für mögliche Einzelmaßnahmen in den Gemeinden sind:

- Erweiterung des Nahwärmegebietes in Würselen in Richtung Grundschule Friedrichstr. (180 MWh) und Realschule (900 MWh) , Anschluss weiterer Kunden (Sparkasse, Kindergarten Grevenberger Str., Antoniusheim, MFH) mit weiteren rd. 1-2 GWh Wärmeabsatz.
- Verdichtung des Fernwärmenetzes in Herzogenrath Kohlscheid
- Aufbau von KWK-Nahwärmelösungen in Eschweiler Dürwiß mit rd. 8 GWh Absatzpotenzial
- Ausbau der Fernwärmenutzung in Baesweiler (Verdichtung in Setterich, Industrie- und Gewerbepark)
- Bei vollständiger Erschließung bestünde ein zusätzliches Minderungspotenzial von 2.500 t CO₂.

Diese Nahwärmeausbaupotenziale sind allerdings mit erheblichen Erschließungskosten im Bereich des Leitungsbaus und der Gebäudestationen verbunden, so dass mögliche Ausbauvarianten im Detail zu prüfen sind.

In vielen Fällen dürfte ein weiterer Ausbau über das heutige Maß bei gleichbleibenden Randbedingungen ohne weitere Förderung nur bedingt oder gar nicht möglich sein. Für den Nahwärmeausbau in Eschweiler Dürwiss wurde dies in einem KWK-Feinkonzeptdetailliert untersucht; mit dem Ergebnis, dass ohne zusätzliche Förderung keine positive Rendite zu erreichen ist.

Steckbrief KWK in öffentlichen Liegenschaften**Potenzielle KWK gesamt und kommunenscharf (sofern Datengrundlage vorhanden)****Gesamtbestand 2030: 11 GWh****Ausschöpfung des theoretischen Potenzials: 17%**

	Bestand 2012	Theoretisches Potenzial kW _{el}	Machbares Potenzial kW _{el}	Steigerung des Anteils um %	Gesamtbestand 2030	CO ₂ -Einsparungen t/a
Alsdorf	nicht erfasst	nicht bewertet				
Baesweiler		7.060	791			60
Eschweiler		16.500	5.510			539
Herzogenrath		11.872	2.478			190
Monschau		2.050	0			0
Roetgen		536	0			0
Simmerath		1.494	0			0
Stolberg		nicht bewertet				
Würselen		5.525	986			80
SRA		19.321	1.380			135
Summe	0	64.358	11.146	0	0	868

Bestimmende Kriterien der Umsetzung/Hemmnisse

- Strompreisentwicklung (führt zur Vorteilhaftigkeit der Eigenerzeugung)
- Regelungen im EEG zur Belastung der Eigenstromerzeugung durch Umlagen und Novellierung der KWK -Förderung in 2015
- Gleichzeitigkeit von Strom- und Wärmebedarf
- Einbausituation / Platzverhältnisse / Geräusch und Vibrationsempfindlichkeit

Nächste Schritte....

- Größere Liegenschaften auf Eignung prüfen (siehe auch Liste im Anhang)

3.10 Umweltwärme in der StädteRegion Aachen

Bei der Nutzung der Erdwärme wird zwischen Tiefengeothermie und oberflächennaher Geothermie unterschieden. Bei der Tiefengeothermie wird ausgenutzt, dass die Temperatur zum Erdinneren hin zunimmt; so herrschen beispielsweise in 5.000 m Tiefe durchschnittlich 160°C. Tiefengeothermische Anlagen können sowohl zur Wärme- als auch zur Stromerzeugung eingesetzt werden, wobei allerdings Bohrungen ab 1.000 m Tiefe erforderlich sind.

Die oberflächennahe Geothermie nutzt dagegen die im Erdreich gespeicherte Sonnenenergie. In 50 m Tiefe herrschen ganzjährig Temperaturen von ca. 10°C, darunter nimmt die Temperatur um 3°C pro 100 m zu. Mit Hilfe von Wärmepumpen lässt sich diese Energie zur Heizung und Warmwasserversorgung, aber auch zur Kühlung in Klimaanlage nutzen.

Da für die Stadt Aachen wesentliche Grundlagen für eine umfassende Potenzialabschätzung nicht vorlagen, werden die folgenden Abschätzungen durchgängig nur für die StädteRegion ohne die Stadt Aachen durchgeführt. Wo vorhanden, werden die Daten für Aachen nachrichtlich mit angegeben.

3.10.1 Potenzial der Tiefengeothermie

Die Nutzung der Tiefengeothermie mittels Bohrungen von mindestens 1.000 m Tiefe ist technisch schwierig und kann nur im Rahmen von Großprojekten umgesetzt werden. In NRW ist nach Angaben des Bundesverbands Geothermie (www.geothermie.de) derzeit lediglich eine Anlage in Betrieb (Arnsberg: Inbetriebnahme 2012, Bohrtiefe 2.835 m, thermische Leistung 0,35 MW).

Eine weitere Anlage wurde 2010 vorläufig in Betrieb genommen (SuperC, RWTH Aachen). Aufgrund technischer Probleme konnte das Sondeninnenrohr nur bis 2.000 m Tiefe statt der geplanten 2.500 m Tiefe eingebracht werden. Da sich außerdem das Gestein durch die Wärmeentnahme stärker als geplant abkühlt, bleibt die Wärmeleistung der Anlage deutlich hinter den Erwartungen zurück.

In Thermalbädern genutzt werden die Aachener heißen Quellen. Diese liefern in Summe bei einer thermischen Leistung von 5,5 MW jährlich 47,9 GWh thermische Energie (S. Pester, 2007).

Nach den nicht erreichten Zielen beim SuperC ist nicht zu erwarten, dass die Tiefengeothermie darüber hinaus mittelfristig einen größeren Beitrag zur Energieversorgung in der StädteRegion leisten wird. Z.Zt. gibt es nur wenige realisierte Projekte und daher nur wenig Erfahrung mit zumeist negativer Presse. So wird es aufgrund der grundsätzlichen geologischen Risiken und der derzeit noch hohen technischen Risiken schwierig sein, mittelfristig entsprechend risikofreudige Investoren zu finden.

3.10.2 Potenzial der oberflächennahen Geothermie

Die Oberflächengeothermie kann auf unterschiedliche Arten genutzt werden. Am technisch einfachsten ist die horizontale Verlegung von Erdwärmekollektoren in ca. 1,5 m Tiefe. Hier-

bei ist jedoch der Flächenbedarf recht hoch und es muss ausreichend Feuchtigkeit im Boden vorhanden sein.

Der häufigste Anlagentyp sind Erdwärmesonden. Diese sind zwischen 40 m und maximal 150 m lang und fördern Wärme in einem geschlossenen System über ein Wasser-Sole-Gemisch als Trägermedium zu Tage.

Alternativ gibt es auch offene Systeme, bei denen das Grundwasser selbst als Trägermedium aus einem Förderbrunnen entnommen und in einen Schluckbrunnen zurückgeleitet wird. Der Wirkungsgrad von offenen Systemen ist etwas günstiger als der von Erdwärmesonden, jedoch sind die wasserrechtlichen Auflagen höher.

Im Folgenden soll das geothermische Potenzial für den Einsatz von Erdwärmesonden in Verbindung mit Wärmepumpen abgeschätzt werden.

3.10.2.1 Erdwärmenutzung im Gebäudebestand

Theoretisches Potenzial: Gebäudebestand

Im Folgenden wird abgeschätzt, wie viele Anlagen theoretisch in der StädteRegion installiert werden könnten. Dies ist als obere Grenze für das Potenzial zu verstehen, es wird nicht betrachtet, ob eine Geothermieanlage im Einzelfall tatsächlich genutzt werden kann. Erdwärmenutzung ist z.B. nur bei niedrigen Vor- und Rücklauftemperaturen im Gebäude sinnvoll. Der Einbau einer Geothermieanlage in ein Bestandsgebäude sollte daher Teil einer Gebäudesanierung sein, die den Einbau einer Fußbodenheizung einschließt.

Für die Abschätzung wurde auf zwei Karten zurückgegriffen, die vom Geologischen Dienst NRW erstellt wurden und in Abbildung 98 dargestellt sind.

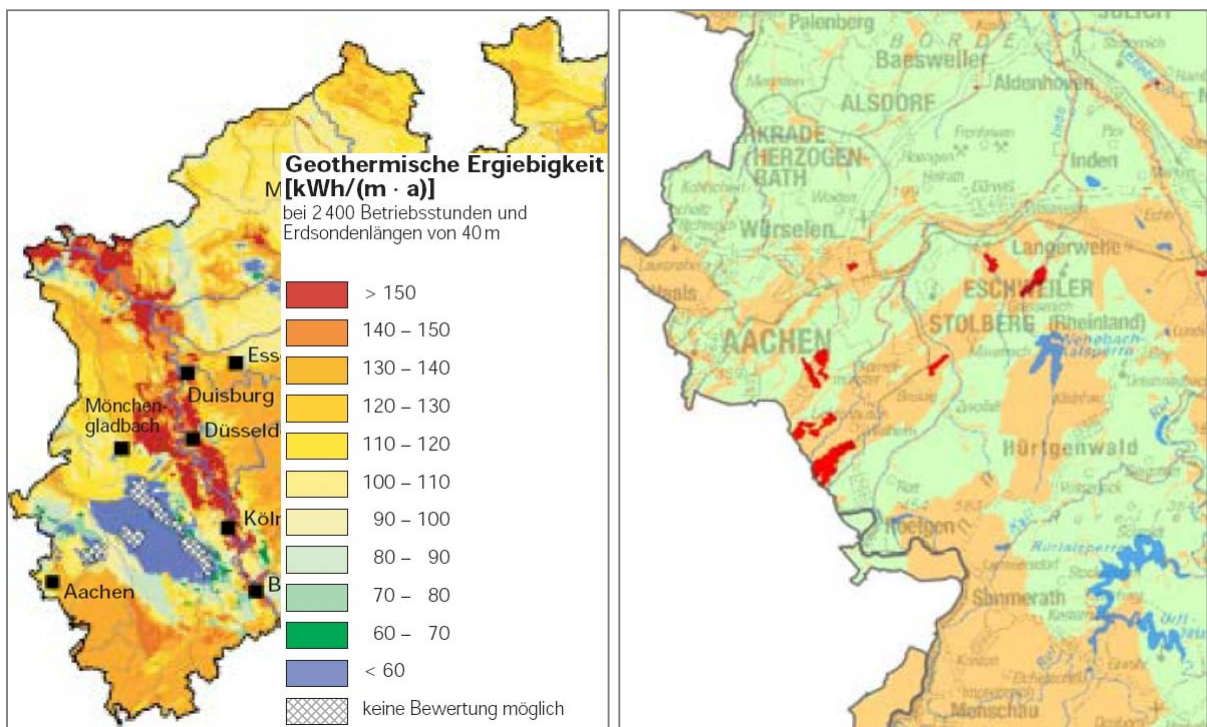


Abbildung 98: links: Nutzbare Erdwärme in NRW pro Meter Sondenlänge und Jahr, rechts: Ampelkarte (Geologischer Dienst NRW)

Der linke Teil von Abbildung 98 bildet hierbei eine Karte der geothermischen Ergiebigkeit in NRW ab (GDNRW, 2011). Es kann abgelesen werden, wie viel Wärmeenergie pro Meter Sondenlänge und Jahr bei 2.400 jährlichen Betriebsstunden und einer Gesamtlänge der Erdsonde von 40 Metern in einem bestimmten Gebiet gefördert werden kann.

Rechts ist ein Ausschnitt der sogenannten „Ampelkarte“ dargestellt: Nicht alle Flächen sind für Geothermie in gleicher Weise geeignet. In der Ampelkarte sind die Gebiete, in denen Erdwärmennutzung aus geologischen oder wasserrechtlichen Gründen nicht möglich ist, „rot“ eingefärbt. Gebiete, in denen die Nutzung von Erdwärme voraussichtlich unter Auflagen genehmigt werden kann, sind „gelb“, voraussichtlich unkritische Gebiete sind „grün“ eingefärbt (GDNRW, 2010).

Oberflächennahe Geothermie kann nur in Gebäudenähe eingesetzt werden. Der Gebäudebestand in der StädteRegion Aachen wurde dem 3D-Gebäudemodell des Landes NRW (LOD1: „Klötzchenmodell“) entnommen, das alle Gebäude in digitaler Form enthält. Analog zu einer Untersuchung für den Rhein-Sieg-Kreis (ERRS, 2008) wurden alle Flächen in einem Abstand von 50 m um die Gebäude als prinzipiell zur Nutzung von Geothermie geeignet angesehen. Da nicht direkt an Häusern gebohrt werden kann, wurden die Flächen in einem Abstand von 2 m um die Gebäude von dieser Fläche subtrahiert. Weiterhin abgezogen wurden die versiegelten Flächen (überwiegend Verkehrsflächen).

Die so berechneten Flächen sind für alle Gemeinden der StädteRegion in Abbildung 99 grafisch dargestellt und nach geothermischer Ergiebigkeit gemäß Abbildung 98 (links) eingefärbt.

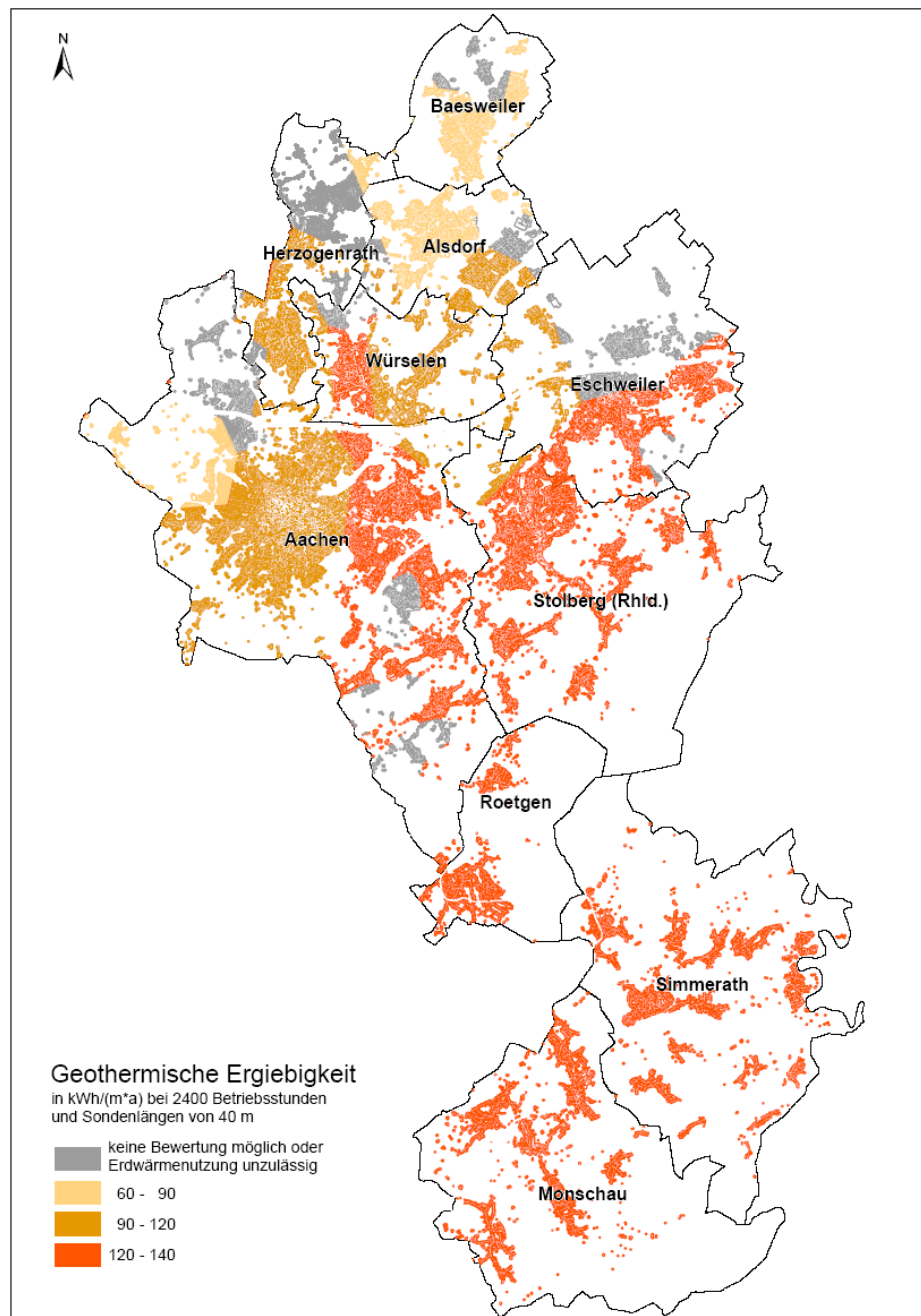


Abbildung 99: Mögliche Flächen für Erdwärmesonden in der StädteRegion (AVISO)

Von diesen Flächen müssen jedoch die für Geothermie unzulässigen Bereiche abgezogen werden („Ampelkarte“ Abbildung 98 (rechts), rote Bereiche). Weiterhin wird angenommen, dass von den Bereichen, in denen wasserrechtliche Auflagen bestehen, 50% prinzipiell für Geothermie nutzbar sind. Damit ergeben sich für eine Erdwärmenutzung die in Tabelle 34 ausgewiesenen nutzbaren Flächen, die ca. 80% der in Abbildung 99 dargestellten möglichen Flächen betragen.

nutzbare Flächen für Erdwärmesonden	Fläche [ha]
Alsdorf	819
Baesweiler	480
Eschweiler	980
Herzogenrath	894
Monschau	542
Roetgen	446
Simmerath	718
Stolberg (Rhld.)	1.157
Würselen	731
gesamt (ohne AC)	6.768
<i>Aachen</i>	<i>3.019</i>

Tabelle 34: Nutzbare Flächen für Erdwärmesonden auf Gemeindeebene (AVISO)

Für diese Flächen kann zunächst die maximal mögliche Anzahl an Erdwärmesonden bestimmt werden sowie anschließend die daraus extrahierbaren Wärmemengen.

Generell ist zu bedenken, dass Erdwärmesonden sich gegenseitig beeinflussen und daher nicht beliebig dicht installiert werden können. Nach der VDI-Richtlinie 4640 (VDI, 2010) soll bei Sondenlängen von 40 m bis 100 m ein Mindestabstand von 5 m bis 6 m eingehalten werden. In den Geothermie-Leitfäden einzelner Bundesländer wird ein Regelabstand von 10 m zwischen benachbarten Anlagen bzw. ein Grenzabstand zum Nachbargrundstück von 5 m genannt.

Zur Abschätzung des theoretischen Geothermipotenzials im Gebäudebestand wird daher angenommen, dass auf den nutzbaren Flächen jeweils im Abstand von 10 m Erdsonden von 40 m Länge installiert werden können. Beim Bau einer konkreten Anlage wird die Anzahl der Bohrungen jedoch geringer und die Länge der Sonden größer sein. Die Bestimmung der optimalen Sondenlänge bei der Auslegung erfordert zudem genaue Kenntnis des Untergrunds. Dies ist für die vorliegende Abschätzung allerdings weder möglich noch erforderlich.

Unter der Annahme von 40 Metern Sondenlänge und einer Dichte von einer Sonde pro 100 Quadratmeter ergeben sich unter Berücksichtigung der geothermischen Ergiebigkeit aus Abbildung 98, linkes Bild, folgende Werte für das theoretische Geothermipotenzial im Gebäudebestand der StädteRegion (ohne Stadt Aachen):

- 676.798 Bohrungen
- 1.033 MW Wärmepumpenleistung
- 2.481 GWh/a Wärmeerzeugung

Die „mittlere Erdwärmeanlage in Deutschland“ ist 1.950 Stunden pro Jahr in Betrieb. Diese Zahl ergibt sich bei einer typischen Nutzung in Wohngebäuden, wenn die Wärme zu Heizzwecken und zur Erwärmung von Brauchwasser eingesetzt wird. Bei einer gewerblichen Nutzung kann die Geothermieanlage auch als Prozesswärme oder zur Kühlung in Klimaanlagen dienen. Daher liegen die jährlichen Betriebsstunden dort höher. Da hier der gesamte Gebäudebestand betrachtet wurde, wurden je Anlage 2.400 Betriebsstunden pro Jahr ge-

mäß der Karte der geothermischen Ergiebigkeit des Geologischen Dienstes NRW (Abbildung 98, links) angesetzt.

Trendbetrachtung: Zubau Erdwärmepumpen in Bestandsgebäuden bis 2030 auf Basis der bisherigen Marktentwicklung

Zur Abschätzung des Trends (machbares Potenzial) wird die zeitliche Entwicklung der Erlaubnisse zum Betrieb von Erdwärmepumpen in der StädteRegion betrachtet, sie ist in Abbildung 100 dargestellt. Der jährliche Zuwachs (SRAC, 2013) ist seit 2008 aufgrund geringerer Fördersätze zurückgegangen und lag im Jahr 2012 ebenso wie der zum Vergleich dargestellte jährliche Zuwachs für die BRD insgesamt bei ca. 8%.

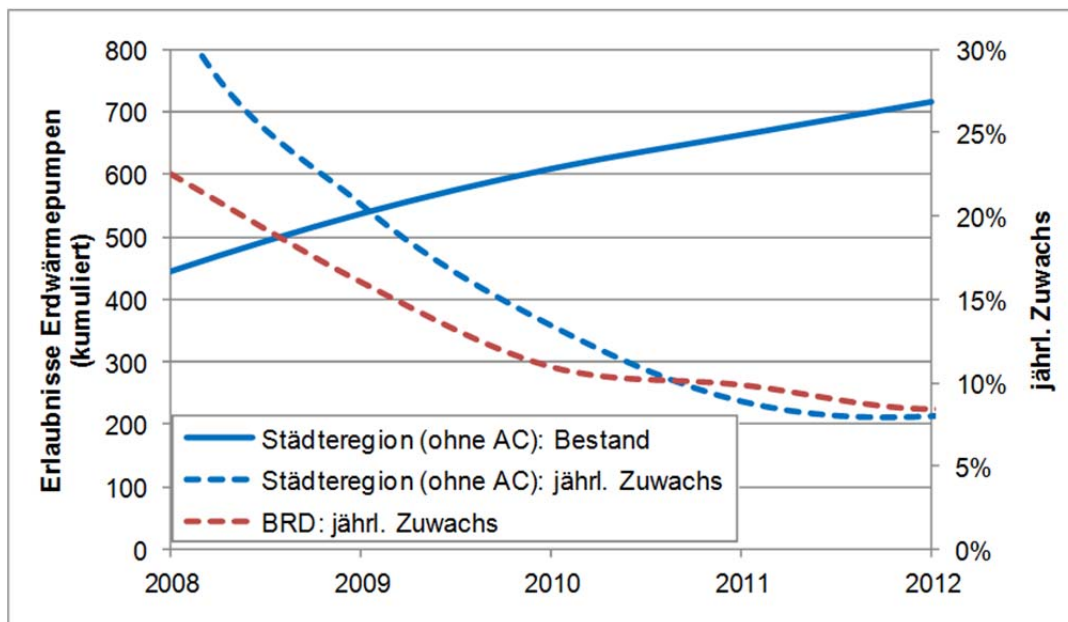


Abbildung 100: Wasserrechtliche Erlaubnisse zur Errichtung einer Erdwärmepumpe (kumuliert) sowie jährlicher Zuwachs (AVISO)

Unter www.erdwaermeliga.de wird aktuell für das Bezugsjahr 2010 eine Rangliste der bei der Nutzung von Erdwärme erfolgreichsten Städte, Kommunen, Landkreise und Bundesländer veröffentlicht, angegeben werden die Anzahl der Anlagen sowie die installierte Leistung jeweils absolut und pro Einwohner. Die Zahlen entsprechen den vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) geförderten erdgekoppelten Wärmepumpenanlagen.

Im Jahr 2010 wurden in der StädteRegion (ohne Stadt Aachen) 64 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 773 kW gefördert. Die mittlere Leistung pro Anlage liegt mit 9,9 kW sehr nah an der „bundesmittleren“ Anlage (10 kW). Die Anträge auf Förderung durch das BAFA müssen nach Inbetriebnahme der Anlage innerhalb eines Zeitraums von maximal sechs Monaten gestellt werden. Die wasserrechtlichen Erlaubnisse müssen vor Baubeginn vorliegen. Damit sind die im Jahr 2009 erteilten Erlaubnisse mit den Förderzusagen des Jahres 2010 zu vergleichen und es ergibt sich für die StädteRegion 2010 eine Förderquote von 64 geförderten zu 92 genehmigten Anlagen (69,6%).

Für die Abschätzung des Trends der Installationen von Wärmepumpen im Bestand wird diese Zahl als konstant angenommen. Daraus folgt, dass von den in 2012 realisierten 717 Ge-

othermieanlagen 495 Anlagen auf den Gebäudebestand entfallen. Mit einer Wachstumsrate von jährlich 8% ergibt dies bei Bestandsgebäuden im Jahr 2030:

- 1.993 Erdwärmepumpen
- 16,2 MW Wärmepumpenleistung
- 38,9 GWh/a Wärmezeugung

3.10.2.2 Erdwärmennutzung in Neubauten 2013 bis 2030

Theoretisches Potenzial Neubau Gewerbe

Zur Abschätzung des geothermischen Potenzials im Neubau auf Gewerbeflächen wurde auf das Regionale Gewerbeflächenkonzept der Aachener Gesellschaft für Innovation und Technologietransfer mbH (AGIT, 2012) zurückgegriffen. Es wurden sowohl die noch nicht genutzten Flächen in bereits bestehenden Gewerbegebieten wie auch die potenziellen Gewerbeansiedlungsbereiche einbezogen. In Tabelle 35, zweite Spalte (Gesamtfläche [ha]), sind diese Flächen für die einzelnen Gemeinden der StädteRegion ausgewiesen. Ohne die Stadt Aachen summieren sie sich zu 221 ha. Angegeben sind jeweils Gesamtfläche sowie geothermisch nutzbare Fläche (100% der unkritischen Flächen, 50% der mit Auflagen genehmigungsfähigen Flächen, 0% der Flächen, auf denen Erdwärmennutzung unzulässig ist (gemäß „Ampelkarte“, Abbildung 98 rechts).

noch nicht genutzte Gewerbeflächen	Gesamtfläche [ha]	nutzbare Fläche [ha]
Alsdorf	22	22
Baesweiler	19	19
Eschweiler	33	23
Herzogenrath	27	27
Monschau	17	9
Roetgen	1	1
Simmerath	38	19
Stolberg (Rhld.)	28	18
Würselen	35	25
gesamt (ohne AC)	221	164
<i>Aachen</i>	<i>180</i>	<i>134</i>

Tabelle 35: Flächen für Erdwärmesonden auf noch nicht genutzten Gewerbeflächen auf Gemeindeebene (AVISO)

Analog zu den möglichen Flächen im Gebäudebestand wurden auch hier die Flächen subtrahiert, in denen nach der Ampelkarte (siehe Abbildung 98, rechts) Geothermienutzung untersagt ist. Die Flächen, in denen eine Nutzung voraussichtlich unter Auflagen genehmigt werden kann, werden als zu 50% geeignet angenommen. Damit ergeben sich die in Tabelle 35, dritte Spalte (nutzbare Fläche [ha]), angegebenen Werte. Diese summieren sich ohne die Stadt Aachen zu 164 ha.

Unter der Annahme von 40 Metern Sondenlänge, einer Dichte von einer Sonde pro 100 Quadratmeter sowie einer jährlichen Nutzungsdauer von 2.400 Betriebsstunden ergeben sich unter Berücksichtigung der geothermischen Ergiebigkeit aus Abbildung 98, rechts, folgende Werte für das Geothermiepotezial (Neubau) in Gewerbegebieten (ohne Stadt Aachen):

- 16.371 Bohrungen
- 22,0 MW Wärmepumpenleistung
- 52,8 GWh/a Wärmeerzeugung

Neubau Ein- und Zweifamilienhäuser

Bei der Abschätzung des geothermischen Potenzials im Wohnungsneubau wurde unterstellt, dass die Wärmeversorgung vor allem der neu errichteten Ein- und Zweifamilienhäuser zu 100% geothermisch gedeckt wird. Zur Fortschreibung der Bautätigkeit wurde auf Daten des Landesbetriebs Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW) zurückgegriffen. In Abbildung 101 sind Anzahl und zugehörige Wohnfläche der Ein- und Zweifamilienhäuser in den einzelnen Gemeinden der StädteRegion in den Jahren 1990 bis 2012 dargestellt.

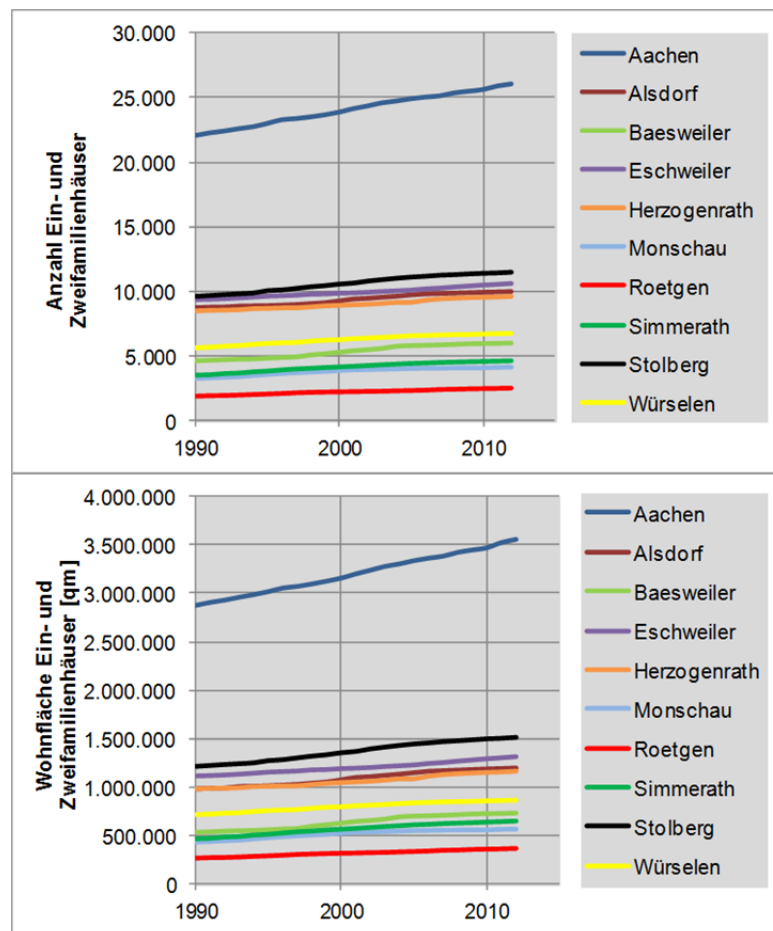


Abbildung 101: Bestand der Ein- und Zweifamilienhäuser 1990 bis 2012 in der Städte-Region Aachen nach Gemeinden (oben) sowie zugehörige Wohnfläche (unten) (AVISO)

Diese Entwicklung wurde bis zum Jahr 2030 fortgeschrieben. Je nach Kommune liegen die jährlichen Zuwachsraten zwischen 0,3 und 1,0%/a. Damit ergeben sich im Jahr 2030 gegenüber 2012 die in Tabelle 36 ausgewiesenen Häuserzahlen und Wohnflächen.

Neubauten Ein- und Zweifamilienhäuser 2013 bis 2030	Anzahl	Wohnfläche [m²]
Alsdorf	551	99.000
Baesweiler	529	86.760
Eschweiler	1.307	210.600
Herzogenrath	914	153.360
Monschau	241	39.240
Roetgen	457	81.720
Simmerath	536	102.600
Stolberg (Rhld.)	940	172.080
Würselen	428	69.120
gesamt (ohne AC)	5.904	1.014.480
<i>Aachen</i>	<i>3.085</i>	<i>577.800</i>

Tabelle 36: Zubau von Ein- und Zweifamilienhäusern bis zum Jahr 2030 in der Städte-Region und zugehörige Wohnflächen nach Gemeinden (AVISO)

Für die Abschätzung wurde angenommen, dass diese Neubauten dem Standard „KfW-Effizienzhaus 70“ genügen. Aufgrund von Förderprogrammen (KfW) wird heute schon ein großer Teil der Häuser nach diesem Standard gebaut, bis zum Jahr 2030 gelten voraussichtlich höhere Standards. Nach diesem Standard wird ein Heizwärmebedarf von 45,0 kWh/(m²·a) sowie ein Wärmebedarf für Warmwasser von 12,5 kWh/(m²·a) angenommen.

Unter der Annahme, dass eine Geothermieanlage pro Ein- oder Zweifamilienhaus gebaut wird, ergeben sich bei einer jährlichen Nutzungsdauer von 1.950 Betriebsstunden für die StädteRegion (ohne Stadt Aachen) bis zum Jahr 2030 zusätzlich:

- 5.904 Anlagen
- 29,9 MW Wärmepumpenleistung
- 58,3 GWh/a Wärmeerzeugung

Trendbetrachtung Potenzial Neubau Ein- und Zweifamilienhäuser

Nach der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) müssen Neubauten regenerative Energien nutzen. Dies kann jedoch auch Solarthermie, Photovoltaik oder Biomasse sein, es werden nicht alle Neubauten mit Wärmepumpen ausgestattet. Zusätzlich zum Gesamtpoten-

zial beim Wohnungsneubau wird deshalb angegeben, wie sich die Nutzung der Erdwärme bei Fortschreibung des Trends bis 2030 in neu errichteten Wohngebäuden entwickelt.²

Laut Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW) wurden in der StädteRegion Aachen im Zeitraum von Januar bis September 2011 bei 26,4% aller erteilten Baugenehmigungen Wärmepumpen als Heizung geplant. In der Branchenstudie 2011 des Bundesverbands Wärmepumpe (BWP, 2011b) wird prognostiziert, dass der Anteil der Erd- und Wasserwärmepumpen an der Gesamtzahl der Wärmepumpen von ca. 40% im Jahr 2012 auf ca. 28% im Jahr 2030 abnehmen wird, die Luftwärmepumpen nehmen entsprechend zu. Hier wird für den Zeitraum von 2012 bis 2030 ein Mittelwert von 30% angenommen. Damit folgt für die Trendabschätzung, dass rd. 8% ($= 26,4\% \times 30\%$) aller neu errichteten Ein- und Zweifamilienhäuser geothermisch beheizt werden. Damit ergibt sich bis zum Jahr 2030:

- 468 Anlagen
- 2,4 MW Wärmepumpenleistung
- 4,6 GWh/a Wärmezeugung

Mehrfamilienhäuser und Nicht-Wohngebäude

Zur Abschätzung der Entwicklung der Anlagenzahlen in Mehrfamilienhäusern und Nicht-Wohngebäuden wurde wie folgt vorgegangen. Bei Anwendung des Anteils der Bestandsanlagen von 69,6% (siehe Abschnitt Trendbetrachtung Erdwärmenutzung im Gebäudebestand, vorletzter Absatz) an der Gesamtanlagenzahl folgt, dass von den 717 bereits betriebenen Anlagen 218 Anlagen im Rahmen von Neubauvorhaben installiert worden sind. Werden diese analog zur Zahl der Bestandsanlagen mit einem Zuwachs von 8%/a fortgeschrieben, so ergibt sich im Jahr 2030 eine Zahl von 872 Anlagen im Neubau. Wenn davon 468 Anlagen in Ein- und Zweifamilienhäusern errichtet werden, ergibt dies für die Geothermieanlagen die Mehrfamilienhäusern und Nicht-Wohngebäuden bis 2030:

- 404 Anlagen
- 2,0 MW Wärmepumpenleistung
- 4,0 GWh/a Wärmezeugung

3.10.2.3 Zusammenfassung Potenzial oberflächennahe Geothermie

In Tabelle 37 sind die bereits installierten Anlagen (Basis 2012), das theoretische Ausbaupotenzial im Gebäudebestand sowie die Trendfortschreibung beim Ausbau im Gebäudebestand bis 2030, die theoretischen Potenziale im Neubau (Gewerbe und Ein- und Mehrfamilienhäuser) sowie die Trendfortschreibung bei Geothermieanlagen in Neubauten bis 2030 zu-

² Wärmepumpen arbeiten mit Strom. Da der Primärenergiefaktor von Strom nach dem politischen Willen Anfang 2016 von 2,7 auf 1,8 gesenkt wird, werden Wärmepumpen dann im Vergleich zu anderen Heizungsarten besser bewertet, so dass sich die Nutzung der Erdwärme möglicherweise etwas stärker als der Trend entwickelt.

sammenfassend dargestellt. Ausgewiesen sind jeweils die Anzahl der Bohrungen bzw. Anlagen, die thermische Leistung der Wärmepumpen und die jährlich zur Verfügung gestellte Wärmemenge. Wo möglich, sind die Werte für die einzelnen Kommunen getrennt angegeben.

Gemeinde	WP-Bestand 2012	Gebäudebestand		Neubau		
		Theoretisches Potential	Trend Zubau bis 2030	Theoretisches Potenzial Gewerbe	Theor. Zubau Ein- und Zweifamilienhäuser bis 2030	Trend Geothermie in Neubauten bis 2030
	Anlagen	Bohrungen (40 m)	Anlagen	Bohrungen (40 m)	Anlagen	
Alsdorf	k. A.	81.898	k. A.	2.250	551	81
Baesweiler	k. A.	48.020	k. A.	1.946	529	78
Eschweiler	k. A.	98.017	k. A.	2.316	1.307	193
Herzogenrath	k. A.	89.427	k. A.	2.715	914	135
Monschau	k. A.	54.233	k. A.	857	241	36
Roetgen	k. A.	44.601	k. A.	108	457	68
Simmerath	k. A.	71.814	k. A.	1.894	536	79
Stolberg (Rhld.)	k. A.	115.708	k. A.	1.822	940	139
Würselen	k. A.	73.080	k. A.	2.463	428	63
Städteregion (ohne AC)	717	676.798	1.993	16.371	5.904	872
<i>Aachen</i>	<i>k. A.</i>	<i>301.879</i>	<i>k. A.</i>	<i>13.355</i>	<i>3.085</i>	<i>456</i>
Wärmepumpenleistung [MW]						
Alsdorf	k. A.	81,5	k. A.	0,8	2,9	0,4
Baesweiler	k. A.	37,6	k. A.	1,9	2,6	0,4
Eschweiler	k. A.	159,2	k. A.	3,9	6,2	0,9
Herzogenrath	k. A.	72,1	k. A.	2,7	4,5	0,7
Monschau	k. A.	108,5	k. A.	1,7	1,2	0,2
Roetgen	k. A.	89,2	k. A.	0,2	2,4	0,4
Simmerath	k. A.	143,6	k. A.	3,8	3,0	0,4
Stolberg (Rhld.)	k. A.	229,1	k. A.	3,1	5,1	0,7
Würselen	k. A.	113,0	k. A.	3,7	2,0	0,3
Städteregion (ohne AC)	7,2	1.033,8	16,2	22,0	29,9	4,4
<i>Aachen</i>	<i>k. A.</i>	<i>451,6</i>	<i>k. A.</i>	<i>18,2</i>	<i>17,0</i>	<i>2,5</i>
Wärmeerzeugung aus Geothermie [GWh/a]						
Alsdorf	k. A.	195,6	k. A.	1,9	5,7	0,8
Baesweiler	k. A.	90,3	k. A.	4,7	5,0	0,7
Eschweiler	k. A.	382,1	k. A.	9,4	12,1	1,8
Herzogenrath	k. A.	173,0	k. A.	6,6	8,8	1,3
Monschau	k. A.	260,3	k. A.	4,1	2,3	0,3
Roetgen	k. A.	214,1	k. A.	0,5	4,7	0,7
Simmerath	k. A.	344,7	k. A.	9,1	5,9	0,9
Stolberg (Rhld.)	k. A.	549,8	k. A.	7,6	9,9	1,5
Würselen	k. A.	271,1	k. A.	9,0	4,0	0,6
Städteregion (ohne AC)	14,0	2.481,1	38,9	52,8	58,3	8,6
<i>Aachen</i>	<i>k. A.</i>	<i>1.083,8</i>	<i>k. A.</i>	<i>43,6</i>	<i>33,2</i>	<i>4,9</i>

Tabelle 37: Übersicht oberflächennahes Geothermiepotezial (AVISO)

Ein Vergleich mit den bereits installierten Geothermieanlagen zeigt, dass derzeit nur 0,6% der theoretisch möglichen geothermischen Wärmeleistung genutzt wird. Bei einer Fort-

schreibung des derzeitigen Geothermiezubautrends im Gebäudebestand würde sich der Anteil bis zum Jahr 2030 auf 1,6% erhöhen. Im Neubaubereich würde sich bei Weiterführung des aktuellen Trends der Anteil bis auf etwa 8% des theoretischen Potenzials bis 2030 steigern lassen.

Realistisch gesehen (Trend = machbares Potenzial) ließe sich zusätzlich zu den im Jahr 2012 bereits genutzten 14 GWh/a bis 2030 ein Wärme-/Kältebedarf von 47,5 GWh/a (= 38,9 + 8,6) durch oberflächennahe Geothermie in der StädteRegion Aachen decken. Im Falle einer konsequenten, nahezu vollständigen Ausstattung von Neubauten mit erdgebundenen Wärmepumpen wäre ggü. 2012 eine zusätzliche Wärme-/Kältelieferung in 2030 von 150 GWh/a (= 38,9 + 52,8 + 58,3) möglich. Dies entspräche der Versorgung von ca. 7.900 Haushalten im Gebäudebestand und beim Neubau. Hinzu kämen 52,8 GWh/a im gewerblichen Bereich.

3.10.2.4 Einsatz der oberflächennahen Geothermie am Beispiel des Neubauvorhabens „Kapellenfeldchen“ (Würselen)

Das Neubaugebiet „Kapellenfeldchen“ in Würselen weist eine Fläche von ca. 14 ha. auf. Geplant bzw. im Bau sind 3 Mehrfamilienhäuser mit jeweils 19 Wohneinheiten, 10 Punkthäuser mit jeweils 7 Wohneinheiten sowie ca. 150 Reihen- bzw. Einfamilienhäuser. Nach der „Ampelkarte“ liegt das Gebiet im für die Geothermie „grünen Bereich“, die geologische Ergiebigkeit ist nach der pauschalen Abschätzung gemäß Abbildung 1 ausreichend. An diesem Neubauvorhaben sollen beispielhaft die Möglichkeiten zum Einsatz von Geothermie aufgezeigt werden.

Die Adaption Energiesysteme AG hat im Jahr 2013 für dieses Gebiet ein Energiekonzept aufgestellt, in dem für potenzielle Bauherren von Einfamilienhäusern verschiedene Heizungssysteme gegenübergestellt werden. Am Beispiel einer Doppelhaushälfte wurden drei Varianten untersucht:

- (1) Erdgas-Brennwertkessel in Kombination mit Solarthermie,
- (2) Luft-Wasser-Wärmepumpe in Kombination mit Solarthermie,
- (3) Erdwärmepumpe.

Verglichen wurden jeweils Primärenergieeinsatz, CO₂-Emissionen sowie Investitions- und Betriebskosten. Bei den CO₂-Emissionen (und entsprechend dem Primärenergieeinsatz) liegt Variante 1 mit knapp 12 kg/m² Wohnfläche und Jahr deutlich über Variante 2 und 3 mit etwas über 8 kg/m² Wohnfläche und Jahr. Die Nutzung von Erdwärme und Wärme aus der Umgebungsluft in Kombination mit Solarthermie sind hier also vergleichbar und eindeutig energiesparender als der Einsatz von Erdgas verbunden mit Solarthermie.

Die Investitionskosten liegen bei Variante 1 mit 15.994 Euro jedoch deutlich unter Variante 2 (24.865 Euro) und Variante 3 (22.241 Euro). Die Investitionskosten sprechen also für den Einbau einer Gasheizung und sind für die Kombination Luft-Wasser-Wärmepumpe/Solar am höchsten, da hier neben einer Wärmepumpe die Solaranlage finanziert werden muss.

Bei Betrachtung der jährlichen Gesamtkosten bestehend aus kapitalgebundenen Kosten (Zins und Tilgung der Investitionskosten), verbrauchsgebundenen Kosten (Gas bzw. Strom) und Wartungskosten ist Variante 3 am günstigsten: Die über 20 Jahre gemittelten jährlichen

spezifischen Brutto-Kosten je m² Wohnfläche mit Berücksichtigung von Preissteigerungen liegen in Variante 3 bei 22,39 Euro, gefolgt von Variante 1 (23,18 Euro) und Variante 2 (25,51 Euro). Dies ist auf die geringeren Verbrauchskosten bei den Wärmepumpen im Vergleich mit der Gastherme zurückzuführen. Über die Lebensdauer gerechnet, stellt sich die Erdwärmepumpe damit als kostengünstigste der betrachteten Varianten dar.

Die Bauherren der Einfamilienhäuser entscheiden individuell über ihr Heizungssystem. Die Entscheidung wird auch vom jeweils verfügbaren Eigenkapital abhängen. Für die Geothermie spricht, dass die KfW für Wärmepumpen im Paket mit Fußbodenheizung und verbesserter Wärmedämmung vergünstigte Kredite anbietet. Es ist jedoch zu beachten, dass bei schmalen Reihenhausgrundstücken nicht unbedingt ein Abstand von 5 bis 6 m zu beiden Nachbargrundstücken eingehalten werden kann.

Zwei der drei Mehrfamilienhäuser werden von der Bausch Planungsgruppe GmbH gebaut. Nach Auskunft des Projektleiters ist zu deren Beheizung keine Geothermie vorgesehen.

Die zehn Punkthäuser werden vom Architekturbüro Heinz-Härtl (Herzogenrath) geplant und gebaut. Sie sollten ursprünglich alle mit Geothermie versorgt werden. Probebohrungen haben jedoch bei fünf der zehn Häuser ergeben, dass geologische Störfelder vorliegen, welche die thermische Ergiebigkeit negativ beeinflussen. Es werden also tatsächlich nur fünf Punkthäuser (35 von ca. 250 Wohneinheiten = 14%) mit Geothermie versorgt. Pro Haus wird eine eigene Erdwärmepumpe mit 20 kW Heizleistung installiert.

3.10.2.5 CO₂-Einsparungen durch Umweltwärme

Zur Berechnung der CO₂-Einsparungen durch oberflächennahe Geothermie in der Städte-Region (ohne Aachen) wurde das ggü. 2012 realistische zusätzliche minimale (Trend = machbare) von 47,5 und das maximale Erdwärmepotenzial von 150 GWh/a (nahezu vollständige Ausstattung von Neubauten mit erdgebundenen Wärmepumpen, also ohne Berücksichtigung einer geringeren Realisierungsquote wie z.B. beim Kapellenfeldchen, und Trend Zubau im Bestand) zugrunde gelegt. Es wurde zwischen Bestand und Neubau unterschieden. Da für Gewerbe und Wohnungsneubau vergleichbare Standards gelten, wurde hier nicht weiter differenziert. Die berechneten CO₂-Einsparungen und die dazu benötigten Kennzahlen sind Tabelle 38 ausgewiesen.

Zunächst wurden die CO₂-Emissionen berechnet, die bei der Nutzung der Erdwärme selbst anfallen. Dies sind im Wesentlichen die Emissionen, die durch den Stromverbrauch der Pumpen entstehen. Die bei der Herstellung der Anlagen selbst anfallenden Emissionen können demgegenüber vernachlässigt werden. Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe gibt an, wie viel Heizungswärme im Verhältnis zum eingesetzten Strom von einer Wärmepumpe im Laufe eines Jahres geliefert wird. Im Folgenden wurde eine Jahresarbeitszahl von 4 angesetzt und damit der zum Betrieb der Wärmepumpen benötigte Strom bestimmt.

Zur Berechnung der maximalen CO₂-Emissionen durch den Stromverbrauch von Erdwärmepumpen wurde ein Emissionsfaktor angesetzt, der der Prognose für den mittleren Strommix der Jahre 2012 bis 2030 in Deutschland entspricht. Damit ergeben sich durch die zusätzlichen Erdwärmepumpen in Bestand und Neubau insgesamt CO₂-Emissionen von minimal 5.648 und maximal 17.845 t/a.

Da verschiedene Stromanbieter spezielle Ökostromtarife für Wärmepumpen anbieten (z.B. STAWAG: StromSTA® Öko für Wärmepumpe), wurden weiterhin die CO₂-Emissionen berechnet, die bei ausschließlichen Einsatz von Ökostrom in Erdwärmepumpen anfallen. Diese belaufen sich in Bestand und Neubau auf minimal 237 und maximal 750 t/a.

Diesen Werten wurden die durch den Betrieb der Erdwärmepumpen eingesparten CO₂-Emissionen gegenübergestellt. Dazu wurde für die durch Wärmepumpen ersetzten Heizungsanlagen ein bestandstypischer Mix aus Öl- und Gaskesseln angesetzt. Im Neubau wurde angenommen, dass alternativ zu den Wärmepumpen Gas-Brennwertkessel in Kombination mit Solarthermieranlagen installiert worden wären. Der Anteil Solarthermie wurde entsprechend der Mindestanforderung des EEWärmeG mit 15% angenommen. Mit diesen Annahmen belaufen sich die durch Erdwärmepumpen vermiedenen CO₂-Emissionen auf minimal 11.733 und maximal 31.596 t/a.

Durch Subtraktion der CO₂-Emissionen der Erdwärmepumpen selbst von den Emissionen der durch die Wärmepumpen ersetzten Heizungssysteme ergeben sich folgende minimale (machbare) maximale CO₂-Einsparungen durch zusätzliche Erdwärmepumpen bis 2030:

- Einsatz mittlerer Strommix Deutschland: 6.085 / 13.751 t/a
- Einsatz Ökostrom: 11.496 / 30.846 t/a

CO ₂ -Einsparungen durch zusätzliche Geothermie-Anlagen bis 2030	Gebäudebestand	Neubau	gesamt
Wärmeerzeugung aus Geothermie [GWh/a]	39	9	47
Jahresarbeitszahl	4	4	
CO ₂ -Emissionsfaktor Strommix DE 2012 bis 2030 [g/kWh]	476	476	
CO ₂ -Emissionsfaktor Ökostrom AT [g/kWh] (nach Treibhausgasrechner UBA AT)	20	20	
CO ₂ Emissionen Geothermie Strommix [t/a] (nach UBA 2013)	4.625	1.023	5.648
CO ₂ Emissionen Geothermie Ökostrom [t/a]	194	43	237
Alternative Neubau: Mix Gas-Brennwertkessel+Solarthermie, Anteil Solar (nach EEWärmeG)		15%	
Wärmeerzeugung Erdgas Brennwertkessel [GWh/a]		7	
CO ₂ -Emissionsfaktor Gas Brennwert[g/kWh] (direkt+vorgeschaltet)		228	
CO ₂ -Emissionsfaktor Mix Bestand [g/kWh]	259		
CO ₂ Emissionen alternative Heizsysteme [t/a]	10.066	1.667	11.733
CO₂ Einsparung durch Geothermie (Strommix) [t/a]	5.441	643	6.085
CO₂ Einsparung durch Geothermie (Ökostrom) [t/a]	9.872	1.624	11.496

Tabelle 38: Minimale (machbare, oben) und maximale (unten) CO₂-Einsparungen durch zusätzliche Geothermieranlagen in der StädteRegion (ohne Aachen), sowie zu deren Berechnung erforderliche Kennzahlen (AVISO)

3.10.3 Potenzial der Abwasserwärme

Die Abwassertemperatur in größeren Kanälen bewegt sich im Jahresmittel zwischen 10 und 20 °C und liegt auch im Winter noch zwischen 12 und 15°C. Gegenüber der Außenluft hat das Abwasser somit noch eine vergleichsweise hohe Wärmeenergie. Dadurch eignet es sich als Energiequelle für Brauchwarmwasser und zum Beheizen von Räumen. Durch Einbau von Wärmetauschern im Abwasserkanal (Abbildung 102) kann die Wärme dem Abwasser entzogen und durch eine Wärmepumpe effizient auf ein höheres Temperaturniveau gebracht werden.

Im Sommer eignet sich das Abwasser durch sein niedrigeres Temperaturniveau im Vergleich zur Außenluft zudem für die Raumkühlung. Dies ermöglicht prinzipiell ein Umschalten der Wärmepumpe auf Kühlbetrieb, die Umsetzung ist allerdings aufgrund der kleinen nutzbaren Temperaturdifferenzen oftmals schwierig.



Abbildung 102: Werksseitig integrierter Wärmetauscher (links, Quelle: Wallstein Ingenieur GmbH) und vorgefertigter, nachträglich eingebauter Tauscher (rechts, Quelle: Uhrig Straßen-Tiefbau GmbH)

Die Potenziale der Abwasserwärmenutzung wurden in einer Detailuntersuchung bewertet, die auf den Kanalnetzstrukturen der größeren Städte und dem Wärmebedarf benachbarter Objekte basiert.

Das Potenzial der Abwasserwärmenutzung wurde darin hinsichtlich der Sanierungsbedürftigkeit der Abwasserkanäle und der räumlichen Nähe geeigneter Verbraucher untersucht.

Um überhaupt eine Nutzung von Abwasserwärme zu ermöglichen, ist eine Mindestdurchflussmenge im Kanal erforderlich, zudem sollte der Kanal begehbar sein. Erfahrungswerte zeigen, dass diese Mindestanforderungen i.d.R. in Kanälen mit einem Nenndurchmesser von mindestens DN 800, besser DN 1000, gegeben sind, da nur bei größeren Abwassersammellern in Mischsystemen und Trennsystemen auch in Trockenzeiten ein hinreichend großer und konstanter Trockenwetterabfluss vorliegt (Hagspiel, 2007). Zudem sollte der Kanalabschnitt möglichst krümmungsfrei sein, um die Wärmetauscher einbringen zu können, sofern es sich nicht um eine komplette Neuinstallation handelt.

Um die Standorte der Kanalabschnitte in Bezug auf die in räumlicher Nähe liegenden Wärmeverbraucher beurteilen zu können, wurden die Daten mit den straßenabschnittsscharfen Verbrauchsdaten aus dem Wärmeatlas verschnitten. Als Auswertungskriterien hinsichtlich der Nutzbarmachung der Abwasserabwärme wurden eine Entfernung von weniger als 100 m und eine Wärmeleistung von mindestens 200 kW bzw. ein Wärmebedarf von mindestens 300 MWh gesetzt (Stockhausen, 2011).

Das Grundprinzip der Abwasserwärmenutzung ist in folgender Abbildung 103 erläutert. Ein Wärmetauscher im Abwasserrohr (integriert oder nachgerüstet, typischerweise 50-100 m lang) nimmt über einen Zwischenkreislauf 100-300 kW Wärmeenergie auf und kühlt dabei das Abwasser um wenige Grad ab, wobei eine mit dem Klärwerksbetreiber abzustimmende Mindesttemperatur erhalten bleiben muss. Dieser Zwischenkreislauf wird als Wärmequelle für eine Wärmepumpenanlage genutzt, die Heizwasser für eine Gebäudebeheizung oder ein kleines Nahwärmenetz bereitstellt. Wichtig ist hierbei, dass die Nutzenergie auf möglichst niedrigem Temperaturniveau bereitgestellt wird, z.B. für eine Fußbodenheizung oder Niedertemperaturheizkreise im Schwimmbad, um möglichst hohe Arbeitszahlen des Wärmepumpenprozesses zu erhalten.

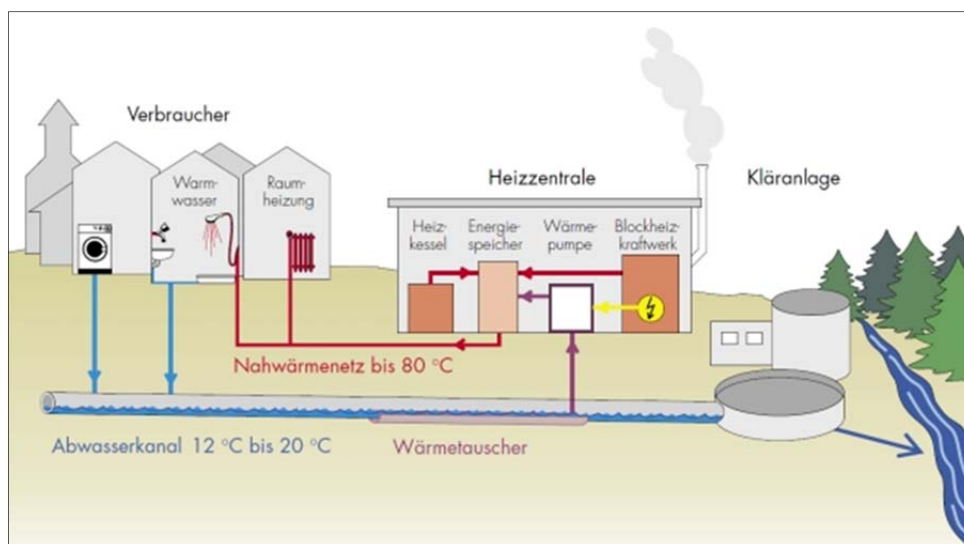


Abbildung 103: Grundprinzip der Abwasserwärmenutzung (DfUVEuK, 2007)

Die Auswertung der Kanalabschnitte wurde auf die größeren Kommunen Eschweiler, Stolberg, Würselen und Alsdorf beschränkt. Für diese Kommunen wurden Kanalnetzdaten ausgewertet. Diese sind zusammen mit den Objekten, die o.g. Kriterien erfüllen, in der Abbildung 104 dargestellt.

Ergebnis der Potenzialanalyse sind rund 60 konkret geeignete Abnehmer, die folgende grundsätzliche Rahmenbedingungen für die Abwasserwärmenutzung aufweisen:

- Wärmebedarf (abgeschätzt über Wärmeatlas aus Gebäudekubaturdaten) größer als 300 MWh
- Räumliche Nähe zu einem Abwassersammler mit mindestens DN 1000
- Möglichst wohnähnliche Nutzung
- Keine Nah- oder Fernwärmeanschlussmöglichkeiten

Diese 60 Objekte wurden anhand von Luftbildauswertungen und weiteren Recherchen überprüft. Überwiegende Gewerbe- oder Handelsnutzung wurde ausgeschlossen, da hier durch die Wärmebedarfscharakteristik (kurze Heizperiode, teils. Prozesswärme, keine Flächenheizungen, viel Luftkonditionierung) eine Nutzung von Wärmepumpen unwahrscheinlich ist.

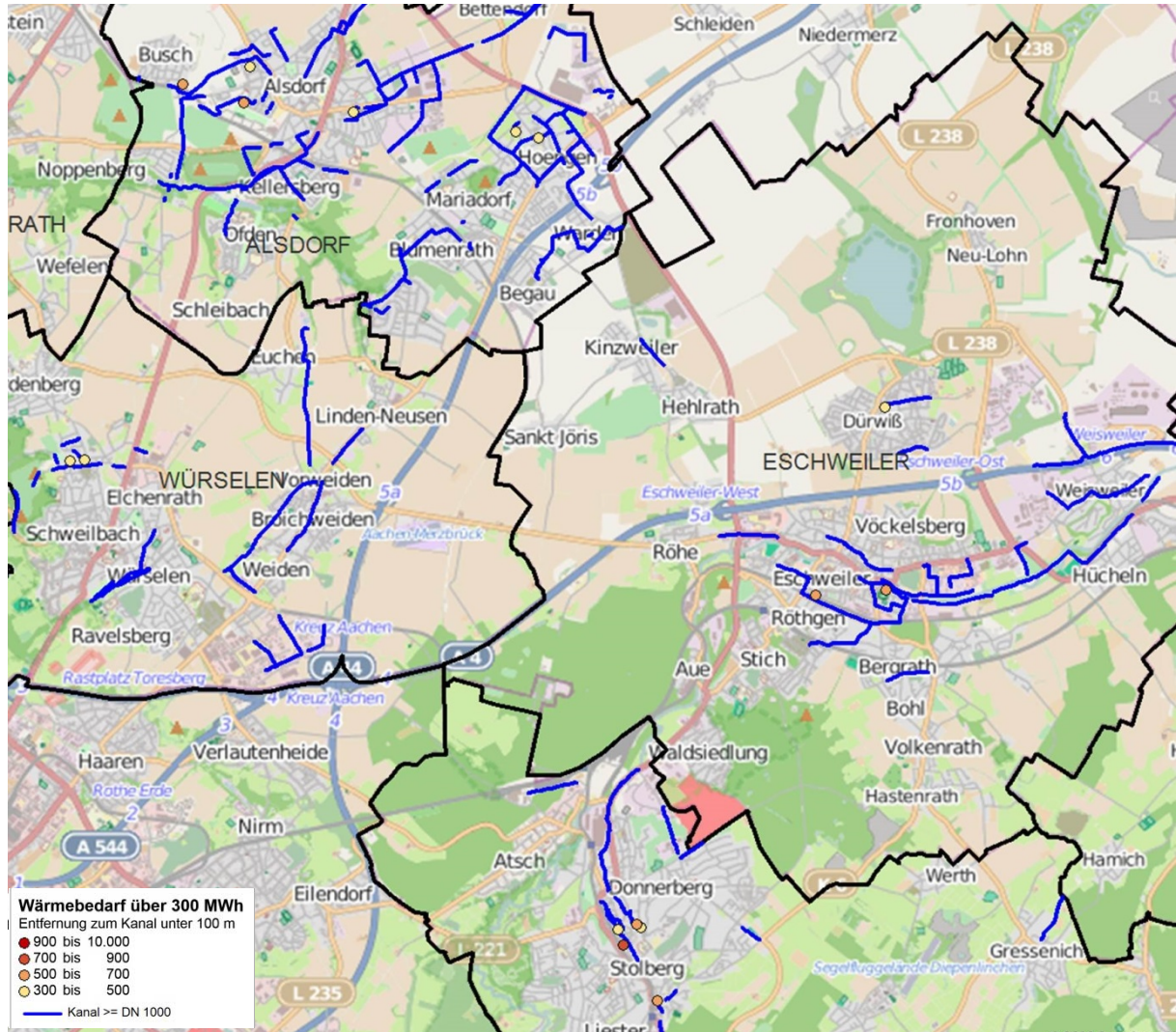


Abbildung 104: Abwasserkanalabschnitte und potenzielle Objekte (EEB)

Die Detailauswertung zeigt 16 potenziell interessante Liegenschaften, u.a.:

- Seniorenzentrum in der Bismarckstraße in Eschweiler
- Städt. Realschule Patternhof in Eschweiler
- Seniorenzentrum Am Kupferhof in Stolberg
- Ritzefeld-Gymnasium in Stolberg
- Wohn- und Geschäftshaus Bardenberger Straße 7 in Würselen
- Förderschule Mitte in Alsdorf (Elisabethstraße)
- Seniorenzentrum in der Bettendorfer Straße in Alsdorf
- Weitere Objekte, vor allem größere Mehrfamilienhäuser

Der Gesamtwärmebedarf dieser Objekte liegt bei 7.700 MWh.

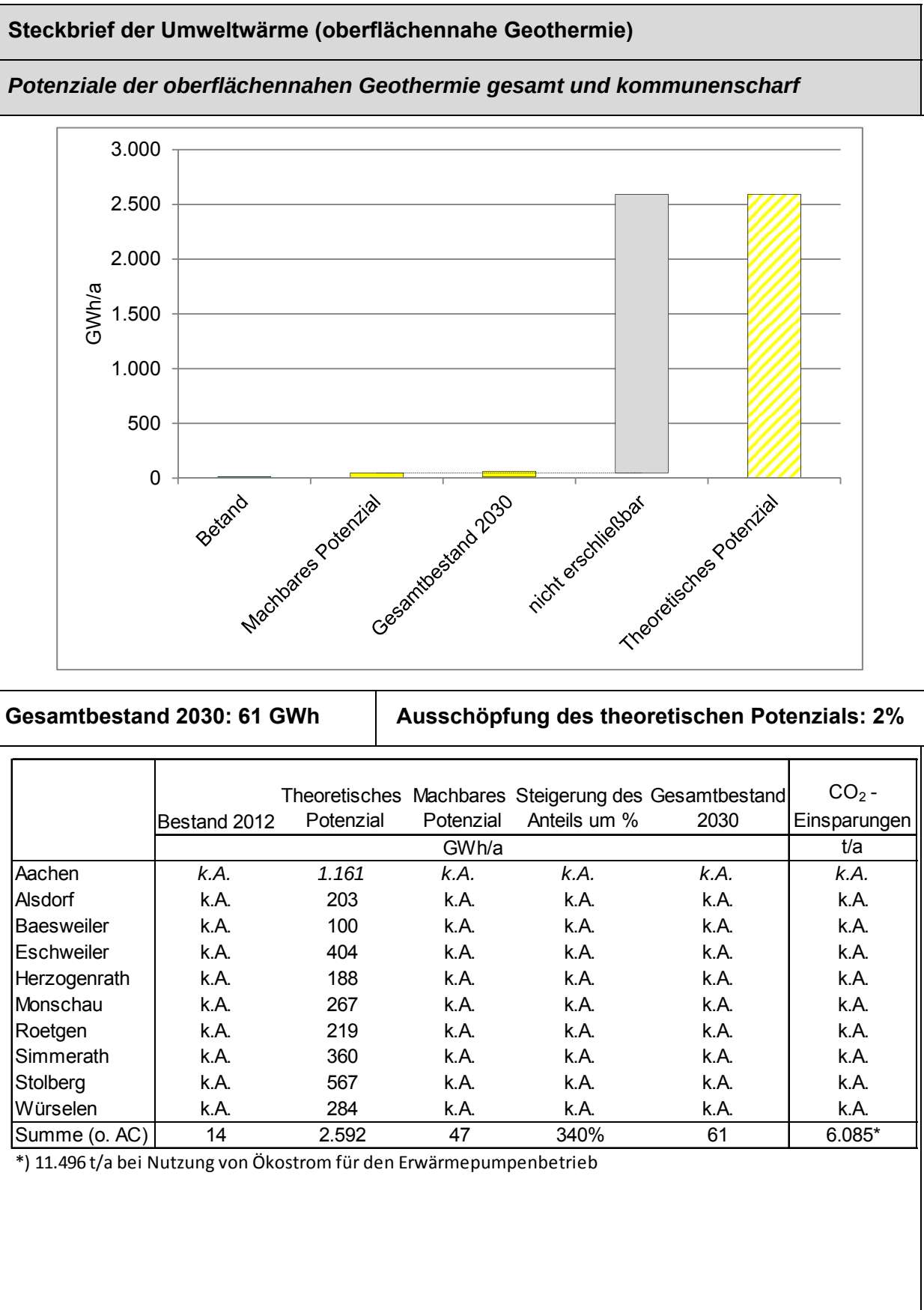
Die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit solcher Versorgungsvarianten hängt von weiteren individuellen Randbedingungen ab, u.a.:

- Bestehendes Heizungssystem (Alter, Lage, Vorlauftemperaturen)
- Zugangsmöglichkeiten und Entfernungen zum Kanal
- Abwassertemperatur und Durchflussmengen im Kanal
- Sanierungszustand
- Systemauslegung (monovalent oder bivalent mit Spitzenkessel)
- Strompreiserelationen und Investitionskosten

Diese Faktoren können ohne Detailkenntnisse und Erhebungen vor Ort nicht bewertet werden, so dass keine näheren Aussagen zur Wirtschaftlichkeit getroffen werden können. In weiteren Studien wurde allerdings gezeigt, dass Abwasserwärmenutzung bei momentanem Energiepreisniveau nur unter sehr günstigen Randbedingungen wirtschaftlich ist (vgl. (Stockhausen, 2011)). Die Wärmegestehungskosten von 10-12 ct/kWh liegen i.d.R. über denen, einer vergleichbaren Gasheizung in dieser Leistungsklasse.

Allein aufgrund der vielen technischen Restriktionen ist davon auszugehen, dass auch im Fall verbesserter Wirtschaftlichkeit (z.B. bei steigenden Gas- und Ölpreisen) maximal nur 20% der Projekte auch umgesetzt werden würden, dies entspricht etwa 3 Projekten in den untersuchten 4 Städten. Der Beitrag zur CO₂-Einsparung ist somit überschaubar und liegt unter 100 t CO₂/a.

3.10.4 Zusammenfassung / Steckbrief der Energiegewinnung aus Umweltwärme



Bestimmende Kriterien der Umsetzung/Hemmnisse
• Gas- und Ölpreisentwicklung • Anpassung der Förderrichtlinien durch Gesetzgeber (z.B. EEWärmeG) • Vergünstigte KfW-Kredite • Entwicklung der Anlagenpreise • Geologische Risiken/Ergiebigkeitsrisiken • Grundstücksgrößen/-verhältnisse
Nächste Schritte....
.... der Kommune, für eigene Liegenschaften • Feststellung der Priorität innerhalb des Kanons der Erneuerbaren Energien • Leuchtturmprojekte umsetzen – im Bestand und bei Neubauten • Geologische/technische Umsetzbarkeit prüfen • Finanzierung prüfen (Finanzierungsmodelle wählen) ...der Kommune, für alle übrigen Zielgruppen • Informationskampagnen der Kommune mit Hinweis auf Standortchecks des Geologischen Dienstes NRW • Bau- und Energieberatung • Informationsveranstaltungen, um die Attraktivität aufzuzeigen mit Hinweis auf zusätzliche Fördermöglichkeiten
Erfolgsindikator
Aus kommunaler Sicht • Erreichung der Ausbauziele (machbares Potenzial) der installierten Leistung Aus privater Sicht • Wirtschaftlichkeit

3.11 Potenziale der Bioenergie

Die Ausbaupotenziale im Bereich der Biomasse wurden für die vorliegende Studie vereinbarungsgemäß aus der „Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 3 – Bioenergie“ /LANUV 2014/ übernommen. Dies wurde vor dem Hintergrund einer zeitgleichen Bearbeitung der beiden Studien vereinbart, um im Ergebnis keine größeren Diskrepanzen zwischen den Daten zu erzeugen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studie zusammenfassend dargestellt. Annahmen und Hintergrundinformationen werden nur insoweit beschrieben wie sie zum Verständnis der Ergebnisse erforderlich sind. Ansonsten sei auf den ausführlichen Bericht der Studie verwiesen.

3.11.1 Methodik Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse umfasst das technische und das machbare Potenzial für die drei Bereiche Land-, Forst- und Abfallwirtschaft. Das machbare Gesamtpotenzial besteht dann aus dem bereits energetisch genutzten sowie dem noch energetisch nutzbaren Ausbaupotenzial, wobei Im- und Exporte von Biomasse zu berücksichtigen sind. Das machbare Potenzial wird für definierte Szenarien dargestellt, die unterschiedlich stark für die Bereiche Land- und Forstwirtschaft Aspekte der Nachhaltigkeit sowie des Umwelt- und Naturschutzes berücksichtigen. Beim Abfallbereich werden bei den Szenarien u.a. Bevölkerungsentwicklung, Umlenkung von Stoffströmen oder Effizienzsteigerungen unterstellt. Wie beim Status Quo werden potenziell produzierbare Strom- und Wärmemengen berechnet. Bei der Interpretation der Ergebnisse gilt vor allem für die Realisierung der Wärmemengen, dass entsprechende Wärmesenken bzw. Wärmeabnehmer vorhanden sein müssen. Bei den Berechnungen werden ebenfalls Nutzungskonkurrenzen berücksichtigt.

Aus den Ergebnissen der einzelnen Szenarien wird ein NRW-Leitszenario entwickelt, das das Landesziel aufgreift, die Biomassenutzung unter qualitativen und nachhaltigen Randbedingungen weiter zu forcieren. Das NRW-Leitszenario wird auch für die Städtereion als Ziel eines machbaren Potenzials zugrunde gelegt.

3.11.2 Landwirtschaft

3.11.2.1 Methodik Potenzialberechnung

In die Berechnung werden in der Studie die Substrate Anbaubiomasse (hier: Energiepflanzen, die speziell zur Erzeugung von Bioenergie angebaut werden sowie Erträge von Dauergrünland), Wirtschaftsdünger (Gülle und Festmist) und Erntenebenprodukte (aus Getreide-, Raps- und Körnermaisstroh, Rübenblätter) einbezogen. Für Anbaubiomasse und Wirtschaftsdünger wird der Technologiepfad Strom und Wärme aus Biogas betrachtet. Für Erntenebenprodukte kommt zusätzlich der Technologiepfad Verbrennung hinzu, bei dem nur Wärme produziert wird.

Ausgehend vom theoretischen Potenzial werden das technische und das machbare Potenzial berechnet. Das technische Potenzial baut auf aktuelle rechtliche Regelungen auf (z.B.

dem EEG, dem Cross-Compliance³ oder die aktuelle Düngeverordnung). Der Ablauf ist beispielhaft für die Anbaubiomasse folgender Abbildung 105 zu entnehmen.



Abbildung 105: Potenzialbegriffe Anbaubiomasse (LANUV 2014)

Die Berechnungen der Erntenebenprodukte entsprechen denen der Anbaubiomasse, wobei sich die Potenziale beider Substrate gegenläufig verhalten: je mehr Anbaubiomasse energetisch genutzt wird, desto weniger Fläche für z.B. Getreide ist vorhanden und somit auch bei den Erntenebenprodukten und umgekehrt. Die Potenziale aus Wirtschaftsdünger betrachten nur das Substratpotenzial aus den Ausscheidungen von Nutztieren.

Das machbare Potenzial wird in vier Szenarien dargestellt, die in unterschiedlichem Umfang Kriterien des Boden- und Naturschutzes und der Nachhaltigkeit berücksichtigen. Die Rangbedingungen der Szenarien sind in folgender Tabelle 39 zusammengefasst und im Weiteren kurz ausgeführt.

Szenario	Aktuelle rechtliche Regelungen	Niedrigere N _{org} -Grenzen	Ambitionierter Naturschutz	Keine Nutzungsänderung
MAX	X			
N-RED	X	X		
NATUR	X	X	X	
NUTZUNG 2010	X	X	X	X

Tabelle 39: Szenarien in der Landwirtschaft für das machbare Potenzial (LANUV 2014)

Szenario „Maximale Substitution“ - MAX

Grundlegende Annahme für die Ausweisung eines machbaren Potenzials ist, dass nicht jede Ackerfläche in einer Region in gleichem Maße für die Bioenergieproduktion zur Verfügung steht. Für eine Erhöhung des Flächenanteils zur energetischen Nutzung kann nur auf Flä-

³ Bindung der EU-Agrarzahlungen an Verpflichtungen im Umweltschutz, bei der Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit, bei Tiergesundheit und im Tierschutz

chen von Ackerfrüchten mit hoher Substitutionswahrscheinlichkeit zurückgegriffen werden. Solche stellen z.B. Getreideflächen dar, da sich Getreide im Vergleich zu Silagen für die Tierfütterung, deren Erzeugung i.d.R. lokal/regional gebunden ist, auch über längere Entfernungen transportieren lässt. Im Szenario MAX gelten darüber hinaus die aktuellen rechtlichen Vorgaben wie bereits weiter oben beschrieben.

Szenario „Ambitionierte Düngeverordnung“ - N-RED

Das Szenario N-RED baut auf dem Szenario MAX auf. Zusätzlich gelten Beschränkungen hinsichtlich der Nährstoffausbringung.

Szenario „Ambitionierter Naturschutz“ - NATUR

Das Szenario NATUR beinhaltet die Randbedingungen des Szenarios N-RED bei weiterer Verschärfung der Anforderungen aus dem Naturschutz.

Szenario „Nutzungsmuster 2010“ - NUTZUNG 2010

Das Szenario NUTZUNG 2010 berücksichtigt die Randbedingungen des Szenarios NATUR, jedoch ohne weitere Substitution von bestehenden Landnutzungen durch Bioenergie.

Das **NRW-Leitszenario** zielt auf die Randbedingungen des **Szenarios NATUR**, also weiterer Ausbau der Flächen für Energiepflanzen bei gleichzeitiger Einhaltung verschärfter rechtlicher Vorgaben.

3.11.2.2 Biomassepotenziale Landwirtschaft

In Abbildung 106 sind die (zusätzlichen) Ausbaupotenziale für Strom und Wärme für das NRW-Leitszenario ausgewiesen.

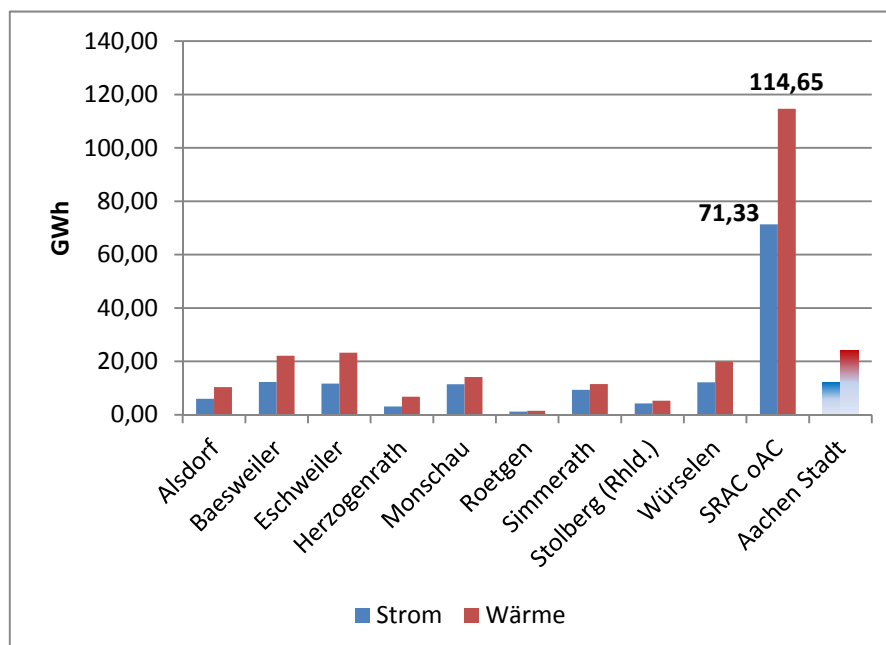


Abbildung 106: Ausbaupotenziale in der Landwirtschaft für die StädteRegion Aachen

Landwirtschaft	Anbaubiomasse	Wirtschaftsdünger	Erntenebenprodukte	Ausbaupotenzial
	Strom in GWh			
Alsdorf	4,27	0,24	1,49	6,00
Baesweiler	8,42	0,19	3,66	12,28
Eschweiler	7,40	1,25	3,02	11,67
Herzogenrath	1,73	0,31	1,04	3,07
Monschau	9,72	1,69	0,0001	11,42
Roetgen	1,15	0,02	0,0001	1,17
Simmerath	7,36	1,95	0,0009	9,31
Stolberg (Rhld.)	2,80	1,44	0,0001	4,24
Würselen	9,54	0,20	2,43	12,17
SRAC oAC	52,39	7,30	11,64	71,33
<i>Aachen Stadt</i>	<i>5,09</i>	<i>5,81</i>	<i>1,21</i>	<i>12,11</i>
	Wärme in GWh			
Alsdorf	5,28	0,30	4,80	10,38
Baesweiler	10,42	0,24	11,43	22,09
Eschweiler	9,15	1,55	12,53	23,23
Herzogenrath	2,14	0,39	4,21	6,73
Monschau	12,03	2,10	0,0058	14,13
Roetgen	1,43	0,02	0,0010	1,45
Simmerath	9,10	2,41	0,0013	11,51
Stolberg (Rhld.)	3,46	1,78	0,0180	5,26
Würselen	11,80	0,24	7,83	19,87
SRAC oAC	64,80	9,03	40,82	114,65
<i>Aachen Stadt</i>	<i>6,30</i>	<i>7,19</i>	<i>10,72</i>	<i>24,21</i>

Tabelle 40: Ausbaupotenziale in der Landwirtschaft für die StädteRegion Aachen

Die Ergebnisse zeigen, dass ein großer Teil der Potenziale in der StädteRegion Aachen noch nicht genutzt wird. Bei Realisierung des NRW-Leitszenarios ließen sich insgesamt weitere 71,33 GWh im Strombereich und 114,65 GWh im Wärmebereich aus landwirtschaftlicher Biomasse in der StädteRegion (ohne AC) erzeugen. Im Strombereich können insbesondere Baesweiler, Eschweiler, Simmerath, Monschau und Würselen, im Wärmebereich Baesweiler, Eschweiler und Würselen die höchsten Einzelerträge realisieren - im Wärmebereich vorausgesetzt, dass entsprechende Verbraucherpotenziale im Nahbereich potentieller Anlagen versorgt werden.

Nachstehende Abbildung zeigt die Verteilung der Einzelpotenziale der hier betrachteten Substratbereiche in den einzelnen Kommunen.

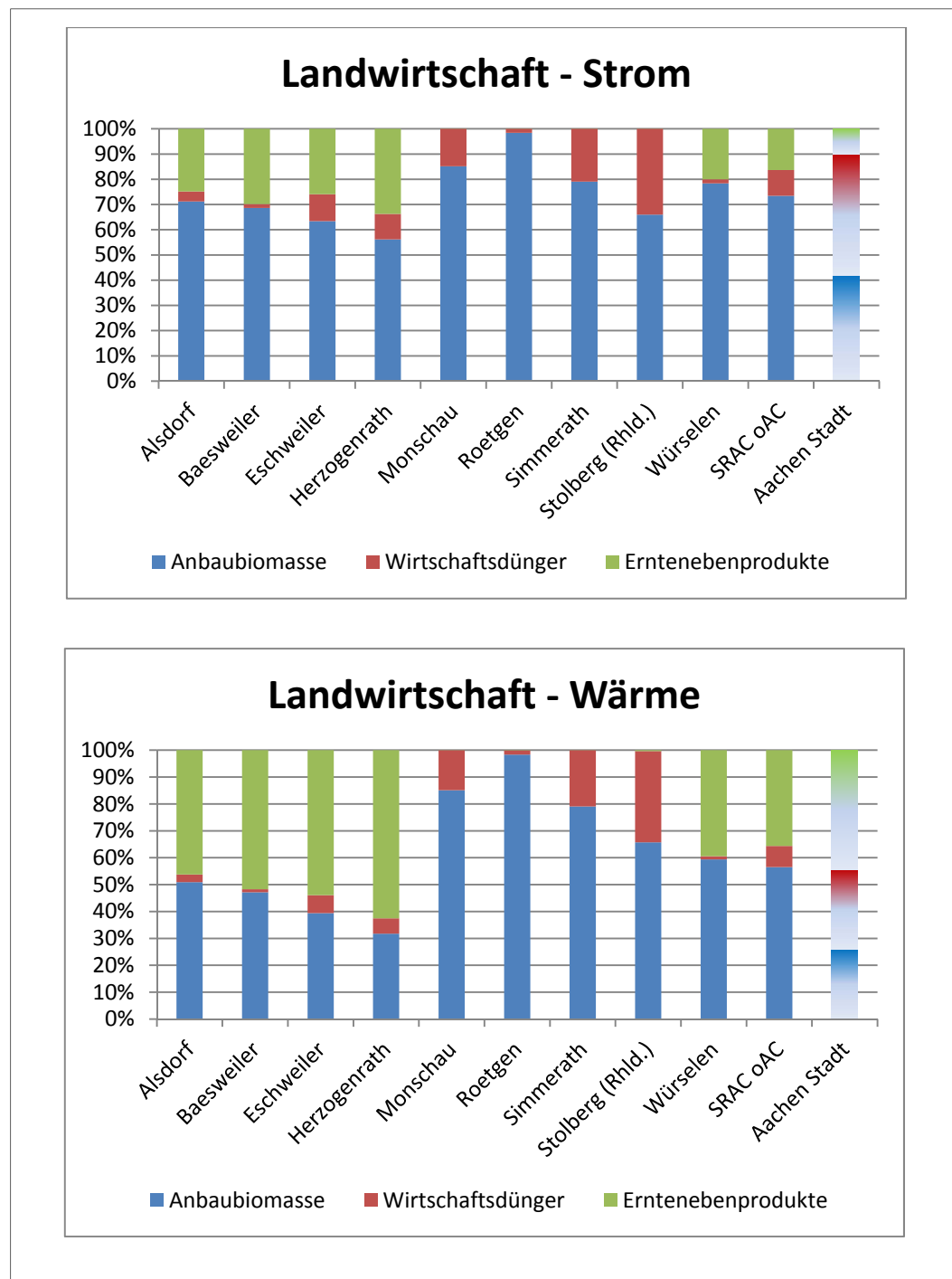


Abbildung 107: Verteilung der Ausbaupotenziale der betrachteten Substrate in der Landwirtschaft in den einzelnen Gemeinden

Die Verteilungen zeigen, dass im Strombereich der Anbaubiomasse das größte Potenzial zugeschrieben wird, im Wärmebereich können insbesondere in den nördlichen Gemeinden Erntenebenprodukte eine größere Rolle spielen, die heute noch wenig genutzt werden.

3.11.3 Forstwirtschaft

3.11.3.1 Methodik Potenzialberechnung

In Abbildung 108 sind die entsprechenden Potenzialbegriffe für den Stoffstrom Waldholz dargestellt.



Abbildung 108: Potenzialbegriffe Waldholz (LANUV 2014)

Beim technischen Potenzial wirken die aktuellen rechtlichen Regelungen (insbes. Landesforstgesetz und Bodenschutzgesetz) begrenzend auf das Flächenpotenzial. Naturnahe Waldbewirtschaftung ist Standard im öffentlichen Wald und zunehmend auch im Privatwald. Aus den bereits bewirtschafteten Wäldern (Körperschaftswald, Staatswald, organisierter Privatwald) lässt sich die Holzmenge nur noch geringfügig erhöhen, ohne Nachhaltigkeitskriterien zu verletzen. Ausbaupotenziale sind hier wohl nur noch in den kleinparzellierten Privatwaldflächen möglich.

Bezüglich des Substratpotenzials wird ein Ausbaupotenzial nur noch beim Laubholz gesehen. Diese Annahme gründet sich auf die zunehmende stoffliche Verwendung von Nadel-derbholz sowie den durch Kyrill verursachten Mangel an Nadelholz.

Auf Basis des technischen Potenzials wurden für die Forstwirtschaft insgesamt drei Szenarien für machbare Potenziale entwickelt (Tabelle 41).

Szenario	Aktuelle rechtliche Regelungen	Aktuelle Nutzung (stofflich/energetisch)	Ambitionierter Naturschutz	Nutzung Ausbaupotenzial
MAX	X	bleibt konstant		energetisch
NATUR I	X	bleibt konstant	X	energetisch
NATUR II	X	bleibt konstant	X	energetisch/stofflich (wie aktuelle Nutzung)

Tabelle 41: Szenarien in der Forstwirtschaft für das machbare Potenzial /LANUV 2014/

Szenario „Maximale Substitution“ - MAX

Im Szenario MAX gelten die Annahmen aus dem technischen Potenzial unter Einhaltung der Vorgaben des Landesforstgesetzes, Bodenschutzgesetzes usw. auch im Privatwald. Eine Nutzung gesetzlich geschützter Gebiete wird bis auf geringe Anteile ausgeschlossen. Alle übrigen Flächen können ohne Einschränkung bewirtschaftet werden. Alle zusätzlichen Ausbaupotenziale aus dem Privatwald werden komplett energetisch genutzt.

Szenario „Ambitionierter Naturschutz“ – NATUR I

Das Szenario „Ambitionierter Naturschutz“ baut auf dem Szenario MAX auf, verschärft aber die Anforderungen an den Naturschutz. Diese wirken sich vor allem in einer Reduktion der Erträge aus.

Szenario „Naturschutz mit primär stofflicher Nutzung“ – NATUR II

Das Szenario NATUR II stellt eine Weiterentwicklung des Szenarios NATUR I dar und berücksichtigt, dass die Verteilung der stofflichen und energetischen Nutzung der Ausbaupotenziale im Privatwald gleich ist wie bei den bereits erschlossenen/realisierten Potenzialen.

Das **NRW-Leitszenario** repräsentiert die Randbedingungen des **Szenarios NATUR II**.

3.11.3.2 Biomassepotenziale Forstwirtschaft

Folgende Tabelle 42 sowie Abbildung 109 zeigen die Situation für die StädteRegion Aachen bezüglich der Ausbaupotenziale in der Forstwirtschaft.

Da nur noch von einer Mobilisierung von Ausbaupotenzialen im nicht-organisierten Privatwald ausgegangen wird, sind die erzielbaren Strom- und Wärmemengen in der Forstwirtschaft z.B. im Vergleich zur Landwirtschaft deutlich geringer. So summieren sich die potenziellen Erträge für die StädteRegion (ohne Aachen) beim Strom auf lediglich 36,23 MWh, im Wärmebereich immerhin auf 742,36 MWh, wobei hier Eschweiler und Würselen die Hauptpotenziale zugeschrieben werden.

Die Verstromung von Holz in der StädteRegion Aachen ist somit nur von untergeordneter Bedeutung. Im Bereich der Wärme sind die Potenziale niedriger als die aktuelle private Holznutzung, da auch Holz von außerhalb der StädteRegion genutzt wird. Die Erschließung des im Wesentlichen für das berechnete Potenzial verantwortliche Holzaufkommen im nicht-organisierten Privatwald erfordert eine Ausweitung von Managementmaßnahmen, die eine wirtschaftliche Erschließung erst möglich machen.

Forstwirtschaft	Strom	Wärme
	MWh	
Alsdorf	0,95	19,48
Baesweiler	0,21	4,26
Eschweiler	6,42	131,63
Herzogenrath	1,68	34,48
Monschau	1,25	25,52
Roetgen	2,48	50,85
Simmerath	2,46	50,32
Stolberg (Rhld.)	3,83	78,53
Würselen	16,95	347,30
SRAC oAC	36,23	742,36
<i>Aachen Stadt</i>	<i>0,60</i>	<i>12,40</i>

Tabelle 42: Ausbaupotenziale in der Forstwirtschaft für die StädteRegion Aachen

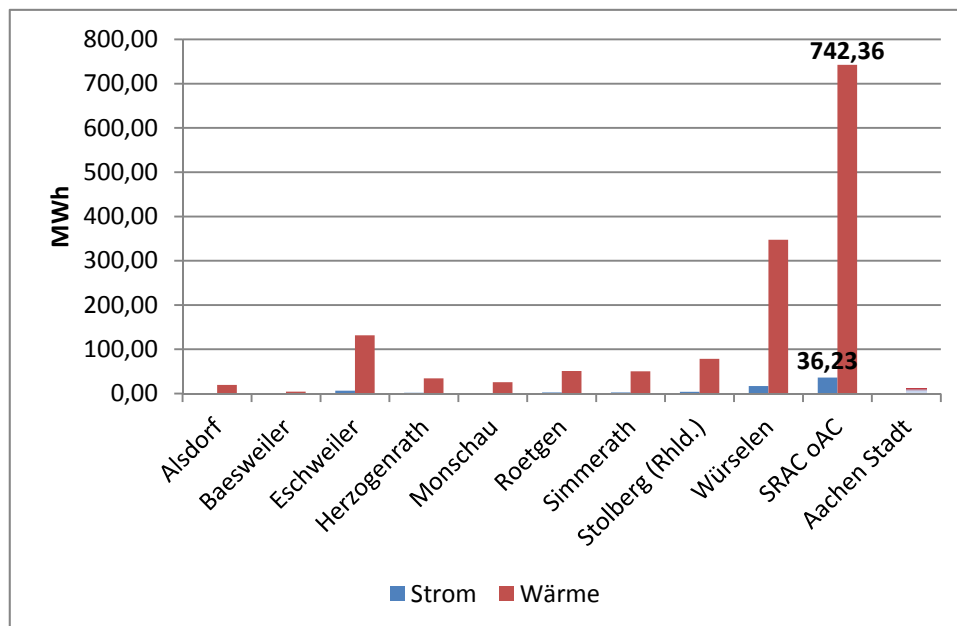


Abbildung 109: Ausbaupotenziale in der Forstwirtschaft für die StädteRegion Aachen

Im Wärmebereich ist insbesondere bei den Einzelfeuerstätten der Unterschied von produzierter zur tatsächlich genutzten Wärmeenergie von Bedeutung. Ein Großteil der Feuerstätten wird zunehmend in Privathaushalten unterstützend zur Wärmeversorgung eingesetzt, wobei ein nicht unerheblicher Prozentsatz auf veraltete, uneffektive Öfen entfällt. Das Effizienzpotenzial durch Modernisierungsmaßnahmen wird hier als sehr hoch angesehen.

3.11.4 Abfallwirtschaft (ohne Kläranlagen)

Methodik Potenzialberechnung

Die Berechnung der Potenziale der Abfallwirtschaft im Strom- und Wärmebereich wird über Energiegehalte der Stoffströme und spezifische Wirkungsgrade der Anlagentypen durchgeführt, um einen direkten Raumbezug zu den entstehenden Mengen zu ermöglichen. Dies

bedeutet nicht, dass die Energieumwandlung tatsächlich vor Ort stattfindet oder erzeugbare Strom- und besonders Wärmemengen tatsächlich genutzt werden. Eigenverbräuche sind in den Berechnungen nicht enthalten.

Auch im Abfallbereich werden für die einzelnen Stoffströme unterschiedliche Szenarien definiert. Jedoch unterscheiden sich die Szenarien je Stoffstrom und eine allgemeingültige Darstellung ist hier nicht zielführend, an dieser Stelle wird auf die NRW-Potenzialstudie verwiesen. Grundsätzlich werden den Szenarien Annahmen u.a. zur Bevölkerungsentwicklung, zur Umlenkung von Stoffströmen oder zu Effizienzsteigerungen zugrunde gelegt. Folgende Stoffströme werden betrachtet:

- Hausmüll / hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und Sperrmüll
- Holz- und halmgutartiges Landschaftspflegematerial
- Bio- und Grünabfälle
- Altholz

Die energetische Verwertung fester biogener Abfälle (z.B. Altholz, Hausmüll) erfolgt überwiegend durch Verbrennung oder bei hohem Feuchtigkeitsgehalt oder bei biologischer Eignung (z.B. Grünschnitt und Bioabfälle) durch Vergärung.

Des Weiteren behandelt die NRW-Potenzialstudie noch folgende Stoffströme, die in den weiter unten dargestellten Ergebnissen nicht, nicht mehr oder nur teilweise enthalten sind:

- Tierische Nebenprodukte und Speisereste (teilweise im Hausmüll enthalten, Biotreibstoffpfad nicht betrachtet)
- Deponiegas (ab 2030 kein Beitrag mehr)
- Klärgas/-schlamm (wird im Folgenden in einem gesonderten Kapitel beschrieben)

3.11.5 Biomassepotenziale Abfallwirtschaft (ohne Kläranlagen)

In Abbildung 110 und Tabelle 43 sind die Ergebnisse der Potenzialberechnungen für den Abfallbereich in der StädteRegion Aachen zusammengestellt. Insgesamt ergeben sich für die StädteRegion (ohne AC) Ausbaupotenziale in Höhe von 4,7 GWh im Strombereich und rd. 8,7 GWh im Wärmebereich. Wesentliche Beiträge in beiden Bereichen können in Alsdorf, Eschweiler, Herzogenrath, Stolberg und Würselen realisiert werden, also in den Kommunen mit den insgesamt höchsten Abfallaufkommen.

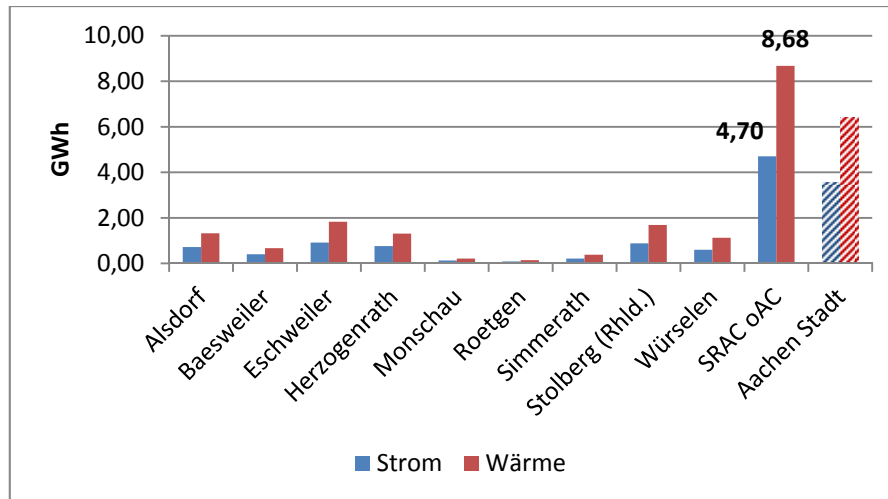


Abbildung 110: Ausbaupotenziale in der Abfallwirtschaft für die StädteRegion Aachen

Abfallwirtschaft	Hausmüll (inkl. Sperrmüll)	Landschaftspflege	Bio-/Grünabfall	Altholz	Ausbaupotenzial
	Strom in GWh				
Alsdorf	0,186	0,178	0,230	0,121	0,715
Baesweiler	0,108	0,058	0,192	0,047	0,405
Eschweiler	0,343	0,163	0,184	0,227	0,918
Herzogenrath	0,204	0,090	0,315	0,151	0,760
Monschau	0,024	0,045	0,059	0	0,129
Roetgen	0,031	0,018	0,030	0,005	0,084
Simmerath	0,072	0,074	0,061	0,005	0,213
Stolberg (Rhld.)	0,290	0,212	0,198	0,178	0,879
Würselen	0,147	0,101	0,193	0,160	0,601
SRAC o.AC	1,406	0,939	1,464	0,895	4,703
Aachen Stadt	1,180	0,863	1,197	0,298	3,539
Abfallwirtschaft	Wärme in GWh				
Alsdorf	0,371	0,405	0,254	0,291	1,321
Baesweiler	0,215	0,127	0,213	0,112	0,667
Eschweiler	0,684	0,395	0,204	0,545	1,828
Herzogenrath	0,408	0,194	0,348	0,363	1,312
Monschau	0,049	0,098	0,066	0	0,212
Roetgen	0,063	0,039	0,033	0,011	0,145
Simmerath	0,144	0,157	0,067	0,013	0,382
Stolberg (Rhld.)	0,579	0,460	0,219	0,427	1,686
Würselen	0,292	0,237	0,214	0,385	1,128
SRAC o.AC	2,806	2,110	1,618	2,147	8,682
Aachen Stadt	2,355	2,024	1,324	0,716	6,418

Tabelle 43: Ausbaupotenziale in der Abfallwirtschaft für die StädteRegion Aachen

Nach Auffassung der Autoren der NRW-Potenzialstudie (LANUV2014) bestehen bei den Abfallströmen sowohl für NRW als auch für die StädteRegion Aachen nur noch geringe Ausbaupotenziale, da schon heute ein hohes Niveau der energetischen Abfallbewirtschaftung erreicht ist. Ausbaupotenziale sind insbesondere in der Effizienzsteigerung bei der Müllverbrennung sowie einer verstärkten Umlenkung von Bioabfall in Vergärungsanlagen zu sehen. Hierzu wären Kapazitätsanpassungen in bestehenden Anlagen oder der Neubau erforderlich. Beim Landschaftspflegematerial bestehen im Vergleich zu den anderen Stoffströmen noch größere Ausbaupotenziale, die aber schwierig zu erschließen sind. Hier existieren bis dato weder die Erntetechnik noch die Anlagen zu einer wirtschaftlichen Verwertung.

Die Aussagen finden sich entsprechend in den nachfolgend dargestellten Verteilungen für die Stoffströme bei den einzelnen Gemeinden wieder. Die Bio- und Grünabfälle könnten vor allem bei der Stromerzeugung eine wichtige Rolle spielen. Bei der Wärme- und der Stromerzeugung liegt zukünftig auch ein nicht unwesentliches Potenzial in der Erschließung von Landschaftspflegematerial, u.a. entlang des Verkehrswegenetzes.

Grundsätzlich ist für den Wärmebereich zu sagen, dass große Anteile der produzierten Wärmemengen vor Ort nicht genutzt werden. Es bestehen also noch größere Potenziale durch den Ausbau von Nah- und Fernwärmenetzen.

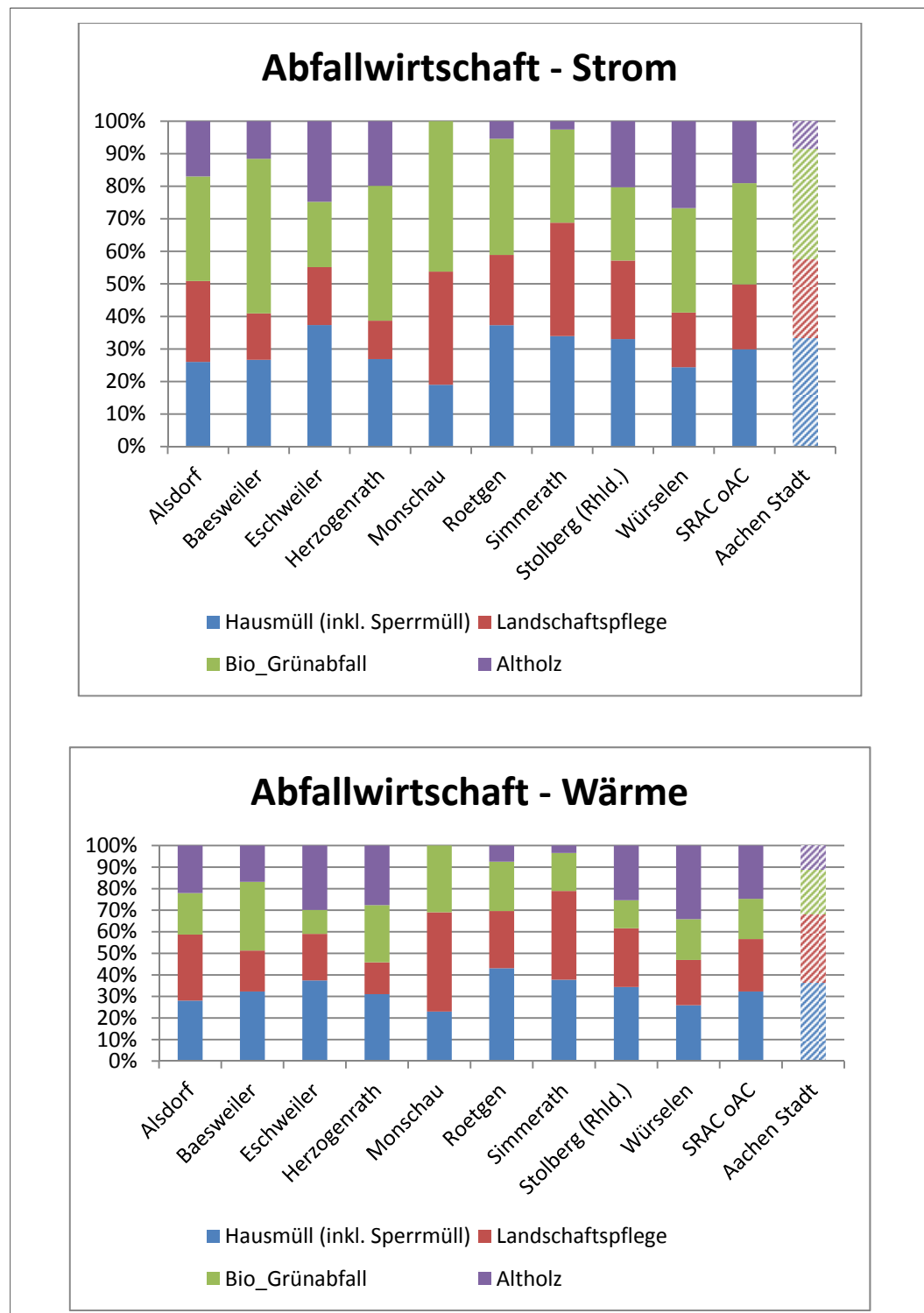
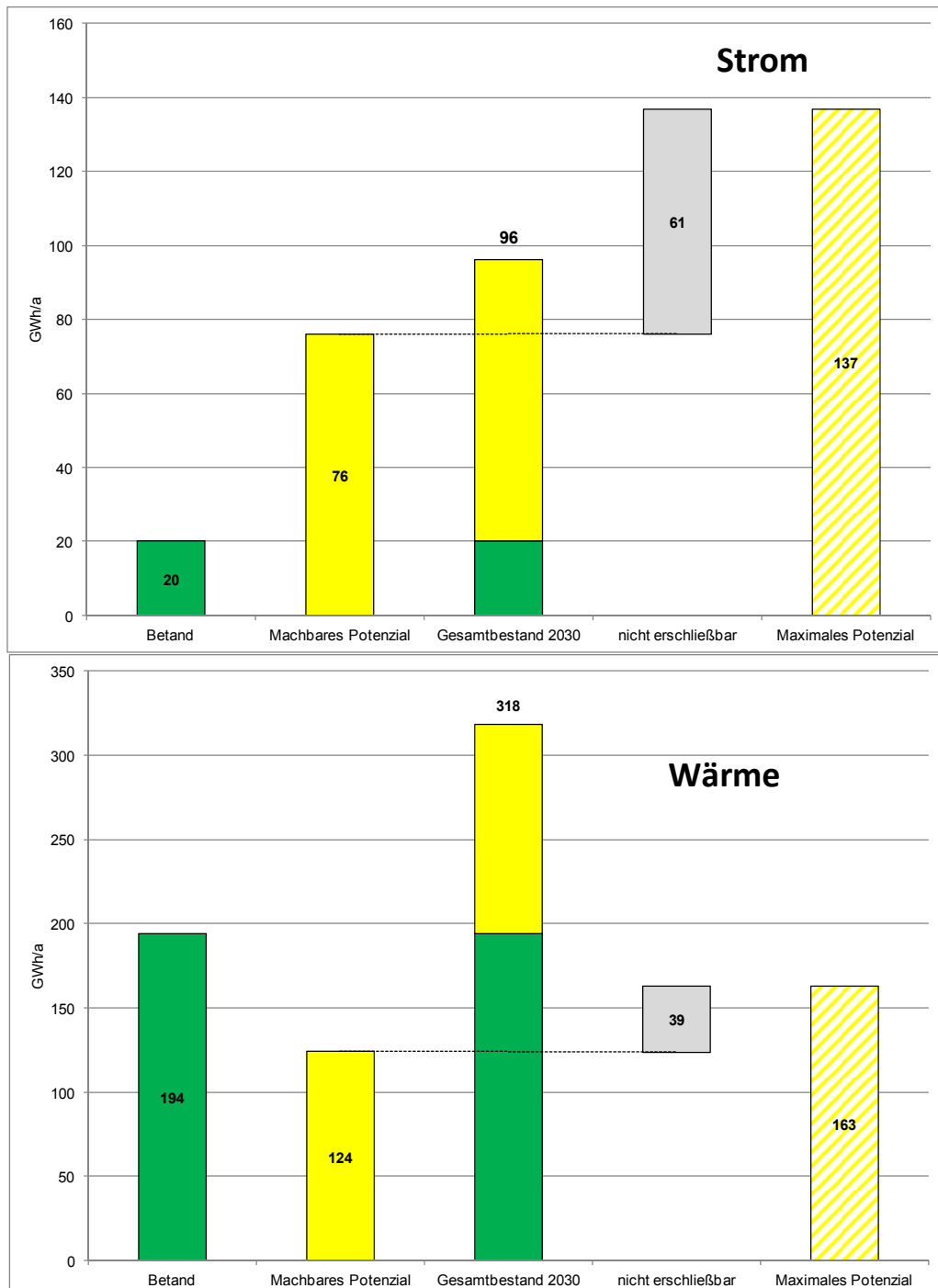


Abbildung 111: Verteilung der Ausbaupotenziale der betrachteten Substrate in der Abfallwirtschaft in den einzelnen Gemeinden

3.11.6 Zusammenfassung

Steckbrief der Bioenergie

Potenziale der Bioenergie gesamt (ohne Kläranlagen, ohne AC)



Gesamtbestand 2030:

Strom: 96 GWh

Wärme: 318 GWh

Ausschöpfung des maximalen Potenzials:

Strom: 55%

Wärme: 76%

<i>Bestimmende Kriterien der Umsetzung/Hemmnisse</i>
• Strom-, Gas- und Ölpreisentwicklung • Anpassung der Förderrichtlinien durch Gesetzgeber (z.B. novelliertes EEG) • Stoffströme, Möglichkeiten der Umlenkung derselben • Nutzungskonkurrenzen • Entwicklung der Anlagenpreise
<i>Nächste Schritte....</i>
• Feststellung der Priorität innerhalb des Kanons der Erneuerbaren Energien • Machbarkeitsstudien erstellen für Aus- und Neubau • Finanzierung prüfen (Finanzierungsmodelle wählen) • Gezielte Gespräche mit Akteuren der regionalen Energiewirtschaft
<i>Schwerpunktkommunen (gemäß Ranking)- größtes Steigerungspotenzial</i>
• Baesweiler, Eschweiler, Monschau, Würselen
<i>Erfolgsindikator</i>
Aus kommunaler Sicht • Erreichung der Ausbauziele (machbares Potenzial) der installierten Leistung Aus privater Sicht • Wirtschaftlichkeit

3.11.6.1 Ausbaupotenziale Strom und Wärme

In nachstehender Abbildung 112 sind die Potenzialschätzungen der betrachteten drei Sektoren der Bioenergie zusammengefasst dargestellt.

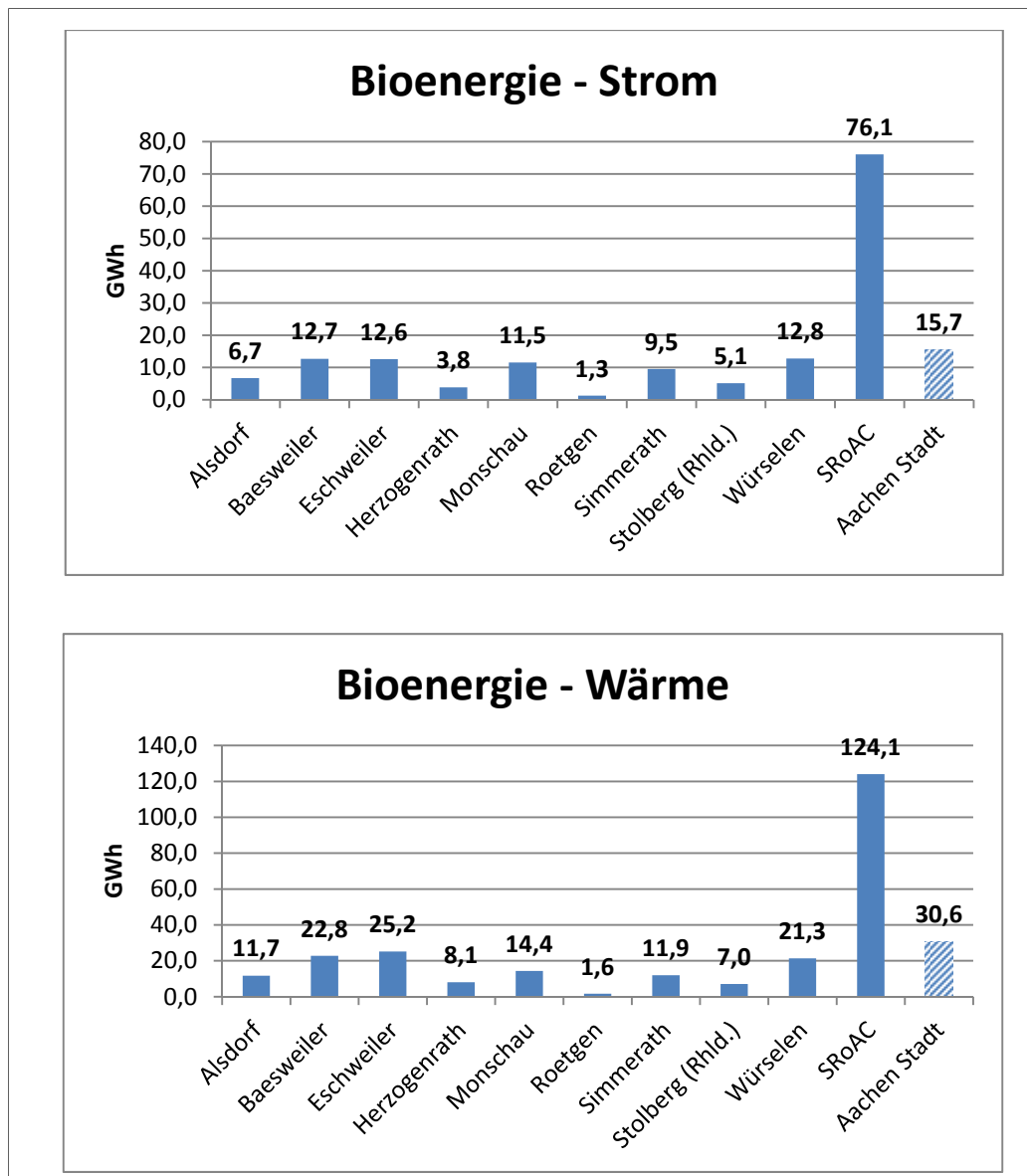


Abbildung 112: Ausbaupotenziale in der Bioenergie für die StädteRegion Aachen

Bei Ausnutzung der berechneten Potenziale ergeben sich für die StädteRegion (ohne AC) im Strombereich zusätzlich 76,1 GWh und im Wärmebereich 124,1 GWh. Die höchsten Einzelpotenziale finden sich in beiden Bereichen in Baesweiler, Eschweiler, Monschau und Würselen.

Bei Betrachtung der einzelnen Beiträge der drei Sektoren ergibt sich das in Tabelle 44 und Abbildung 113 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellte Bild. Es wird deutlich, dass die mit Abstand höchsten Ausbaupotenziale in der Landwirtschaft zu sehen sind. Die Abfallwirtschaft kann relativ gesehen in Herzogenrath und Stolberg noch eine gewisse Rolle spielen.

Ausbaupotential 2030 (NRW- Leitszenario)	Landwirtschaft		Forstwirtschaft		Abfallwirtschaft		Summe	
	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme
	GWh							
Alsdorf	6,00	10,38	0,0010	0,0195	0,72	1,32	6,72	11,72
Baesweiler	12,28	22,09	0,0002	0,0043	0,40	0,67	12,69	22,76
Eschweiler	11,67	23,23	0,0064	0,1316	0,92	1,83	12,60	25,19
Herzogenrath	3,07	6,73	0,0017	0,0345	0,76	1,31	3,84	8,08
Monschau	11,42	14,13	0,0012	0,0255	0,13	0,21	11,55	14,37
Roetgen	1,17	1,45	0,0025	0,0508	0,08	0,15	1,26	1,65
Simmerath	9,31	11,51	0,0025	0,0503	0,21	0,38	9,52	11,94
Stolberg (Rhld.)	4,24	5,26	0,0038	0,0785	0,88	1,69	5,12	7,02
Würselen	12,17	19,87	0,0169	0,3473	0,60	1,13	12,78	21,35
SROAC	71,33	114,65	0,0356	0,7300	4,70	8,68	76,07	124,06
Aachen Stadt	12,11	24,21	0,0006	0,0124	3,54	6,42	15,65	30,64

Tabelle 44: Ausbaupotenziale in der Bioenergie für die StädteRegion Aachen

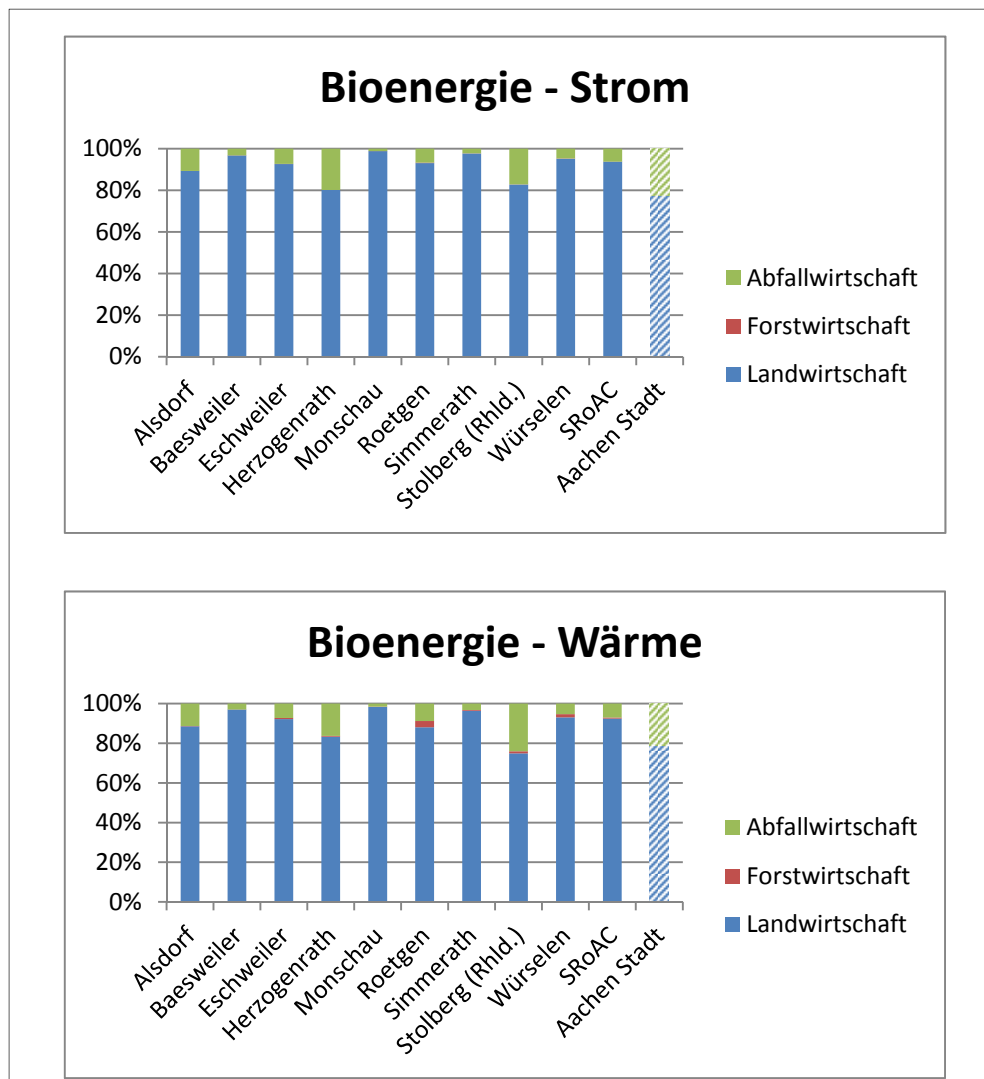


Abbildung 113: Verteilung der Ausbaupotenziale in der Bioenergie in den einzelnen Gemeinden

3.11.6.2 CO₂-Minderung durch Ausbau der Bioenergie

Wie nachfolgende **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt, ließen sich durch den konsequenten Ausbau der Bioenergie gemäß NRW-Leitszenario in 2030 in der StädteRegion (ohne AC) im Strombereich insgesamt 36.200 t CO₂ und im Wärmebereich, vorausgesetzt es sind entsprechende Abnehmer vorhanden, 32.100 t CO₂ vermeiden. Im Strombereich könnten insbesondere Baesweiler, Eschweiler, Monschau, Simmerath und Würselen, im Wärmebereich Baesweiler, Eschweiler und Würselen zu gleichen Teilen beitragen.

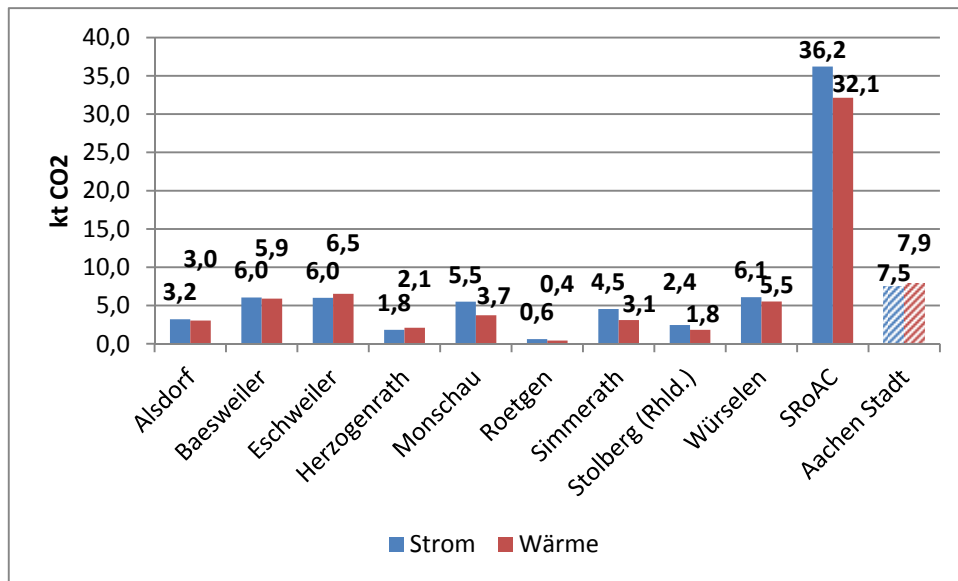


Abbildung 114: CO₂-Minderungspotenziale bei Ausbau der Bioenergie für die Städte-Region Aachen gemäß NRW-Leitszenario

4 Gesamtbetrachtung

Um die möglichen Ziele und Ergebnisse ganzheitlich betrachten zu können, soll der nächste Abschnitt dazu dienen, die Einzelpotenziale in den Bereichen Strom und Wärme zusammenzuführen. Ziel ist es u.a. anschaulich darzustellen, in welchem Umfang CO₂ eingespart werden kann und in welchem zeitlichen Verlauf dies möglich ist. Bereits jetzt ist offensichtlich, dass der größte Effekt auf der Stromseite erzielt werden kann. Wärmeseitig sind deutlich größere Anstrengungen notwendig, um die Anteile Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt zu erhöhen.

4.1 Gesamtpotenziale

4.1.1 Einsparpotenzial CO₂-Emissionen

CO₂-Emissionen aus Strom bis 2030

Der Anteil der Erneuerbaren Energien am Strommix erhöht sich stetig. Im Jahre 2030 wird eine Kilowattstunde Strom noch 333 g Kohlendioxidemissionen verursachen (2013: 538 g/kWh). Dadurch können die Erneuerbaren Energien im Verlauf auch immer weniger CO₂-Emissionen verdrängen. Dies kann für das Jahr 2030 zwar eine fast vollständige Substitution konventioneller Stromproduktion durch Erneuerbare Energien bedeuten, jedoch können nicht im gleichen Ausmaß CO₂-Emissionen reduziert werden wie in den Anfangsjahren der Betrachtung. Allein der Trend, gemäß den Zielen der Bundesregierung (siehe Tabelle 04) führt zu einer Reduktion der CO₂-Emission um 334.671t je Jahr (- 49%). Das machbare Strompotenzial der führt zu einer zusätzlichen Einsparung von 320.245t je Jahr, so dass im 2030 noch Emissionen von 29.123 t/a verbleiben. Abbildung 115 zeigt das absolute machbare Minderungspotenzial und den Trend durch Effizienzmaßnahmen für den CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2030.

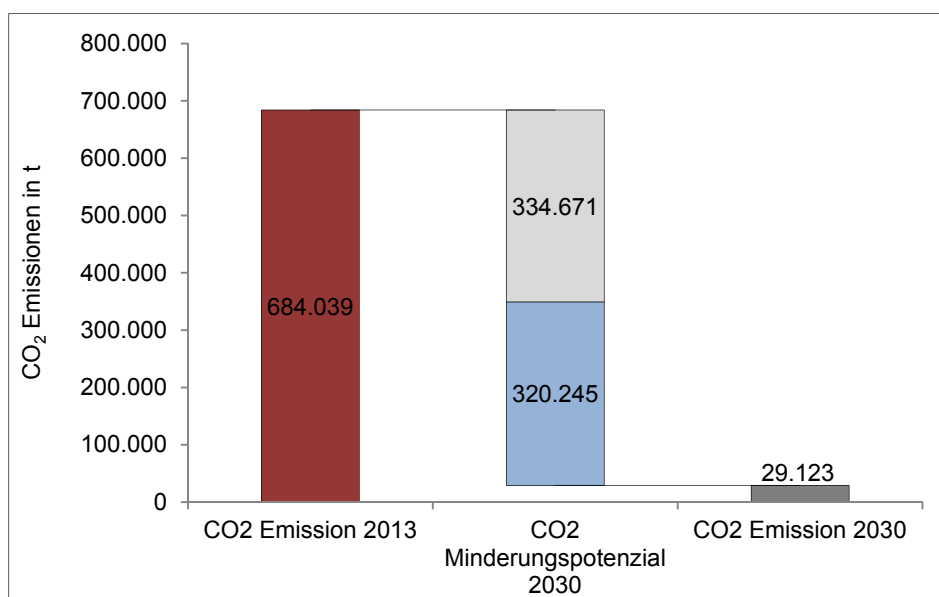


Abbildung 115: CO₂-Minderungspotenzial bis 2030 – Strom (EEB)

CO₂-Emissionen aus Wärme bis 2030

Auch im Bereich der Wärmeversorgung kann aufgrund der Potenziale eine entsprechende Menge an Treibhausgasemissionen vermieden werden.

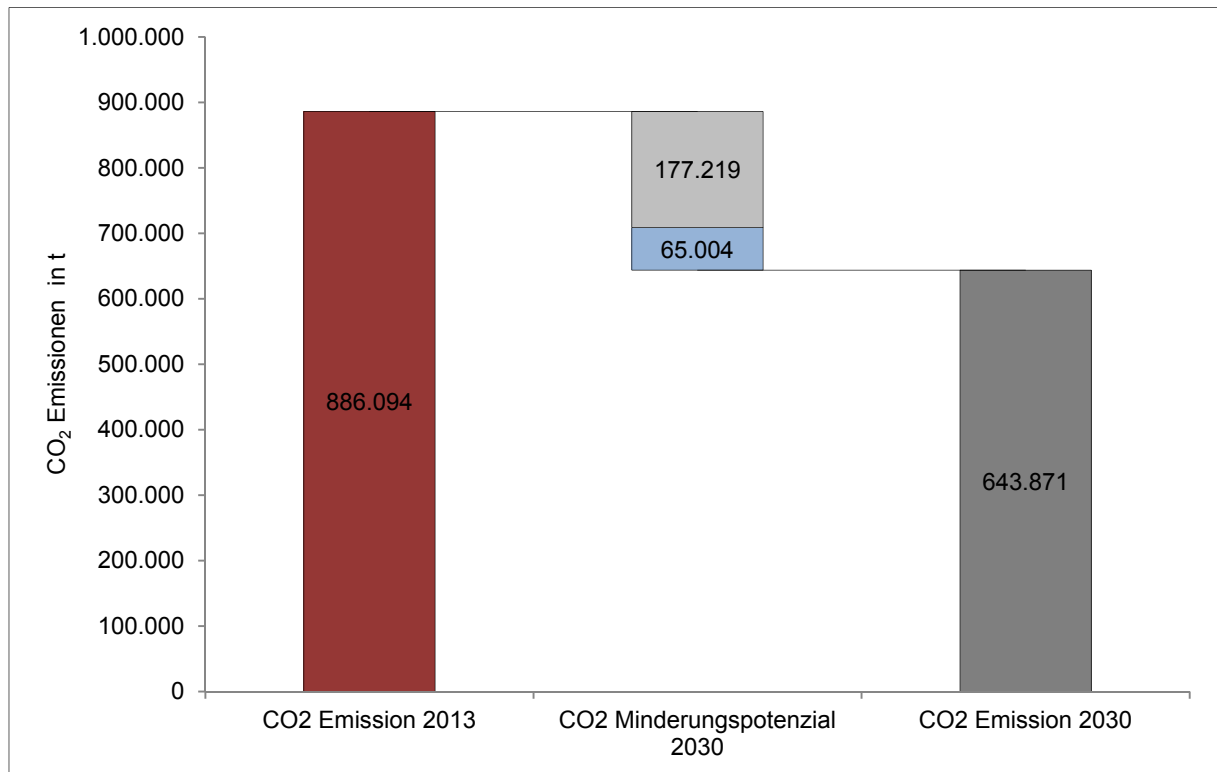


Abbildung 116: CO₂-Emissionen und Minderungspotenzial bis 2030 – Wärme (EEB)

Wie man obiger Abbildung entnehmen kann, kommen die größten Anteile der Minderung von CO₂ aus dem zugrunde gelegten Trend (-177.219 t/a) bis zum Jahr 2030. Dieser besagt, dass sich der Bedarf an Heizenergie um 20% verringern wird. Grund hierfür ist die weiterhin anhaltende Sanierung von Gebäudehüllen und schärfer werdenden Standards im Neubaubereich, der die Nachfrage nach Wärme stetig geringer werden lässt.

Um die Energiewende ganzheitlich zu vollziehen, muss auch im Bereich der Wärmeversorgung ein grundlegender Wandel stattfinden. Sehr viel Energie in der StädteRegion Aachen wird noch immer für das Beheizen von Gebäuden genutzt. Haushalte verwenden mehr als 80% der eingesetzten Endenergie für die Raumwärme und das Erwärmen von Wasser (siehe Abbildung 07). Auch im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen werden ca. 50% der Endenergie für Warmwasser und Heizung benötigt.

Hier kann von zwei Seiten entgegengesteuert werden. Zum einen, wie im Klimaschutzkonzept der Firma GERTEC für die StädteRegion Aachen dargestellt, kann durch Maßnahmen im Bereich der Gebäudeeffizienz der Energieverbrauch verringert und der Anteil der Erneuerbaren Energien erhöht werden. Zum anderen müsste die Förderpolitik der Bundesregierung die Wärmeseite stärker berücksichtigen. Bisher wird Strom aus Erneuerbaren Energien wesentlich höher und besser gefördert als beispielsweise die Nutzung von Solarthermie, Biomasse und Umweltwärme. Es müssten stärkere Anreize für den Ausbau geschaffen werden. Darüber hinaus behindern auch technische Hürden den Ausbau der Erneuerbaren Energien im Sektor Wärme. Hier zu nennen sind die Wärmepumpen, die nur im Niedertem-

peraturbereich – mehrheitlich im Neubau – eingesetzt werden können, oder Solarthermie, die technisch in Bestandsgebäuden schwer einzubinden ist.

Aber auch andere Gründe hindern in der Umsetzung. So ist offensichtlich, dass nicht jedes Gebäude Biomasse (im Sinne von Brennholz) als Energieträger und damit Wärmeerzeuger wählen kann. Die Luftbelastungen würden signifikant steigen.

4.1.2 Strompotenzial aus Erneuerbaren

Die StädteRegion hat große Chancen und unternimmt bereits große Kraftanstrengungen, die „Stromwende“ einzuläuten. Dies betrifft vor allem die bilanzielle Stromautarkie, die bei Ausschöpfung aller Potenziale in der Region nahezu erreicht werden kann. Ist heute ein regenerativer Deckungsgrad der Erneuerbaren Energien von 15% erreicht, so könnten es in Zukunft mehr als 94% sein. Hierbei spielen zwei Technologien eine wesentliche Rolle. Die wichtigste Technologie zur Erreichung der Ziele ist klar die Windkraft. Die heute ausgewiesenen Windkraftzonen und die damit verbundenen Potenziale könnten rund 77% (ohne Repowering) des benötigten Stroms (im Modellraum bezogen auf den Stromverbrauch 2030) erzeugen.

Im Fokus sollte auch das Repowering von Windanlagen stehen. Das Potenzial beläuft sich hier auf knapp 6% des gesamten Strombedarfs in der StädteRegion Aachen (ohne die Stadt Aachen).

Die zweite und, wenn auch mit sehr deutlichem Abstand zur Windkraft, nicht minder wichtige Technologie ist die Photovoltaik. Sie kann sehr dezentral ausgebaut werden und bindet den Bürger noch stärker in die Energiewende mit ein als dies die Windkraft vermag. Trotz ihrer prominenten Stellung innerhalb der Erneuerbaren Energien würde das zur Verfügung stehende Potenzial der Solarenergie jedoch nur rund 4% des gesamt benötigten Stroms ausmachen. Alle anderen Erzeuger spielen nur eine untergeordnete Rolle mit zusammen rund 0,4% Potenzialanteil. Die Anteile der Erneuerbaren Energie am Stromverbrauch zeigt Abbildung 117. Der sinkende Strombedarf ist auf die besser werdende Effizienz im Sektor Strom zurückzuführen, so dass sich der Anteil der Erneuerbaren Energie auch relativ erhöht.

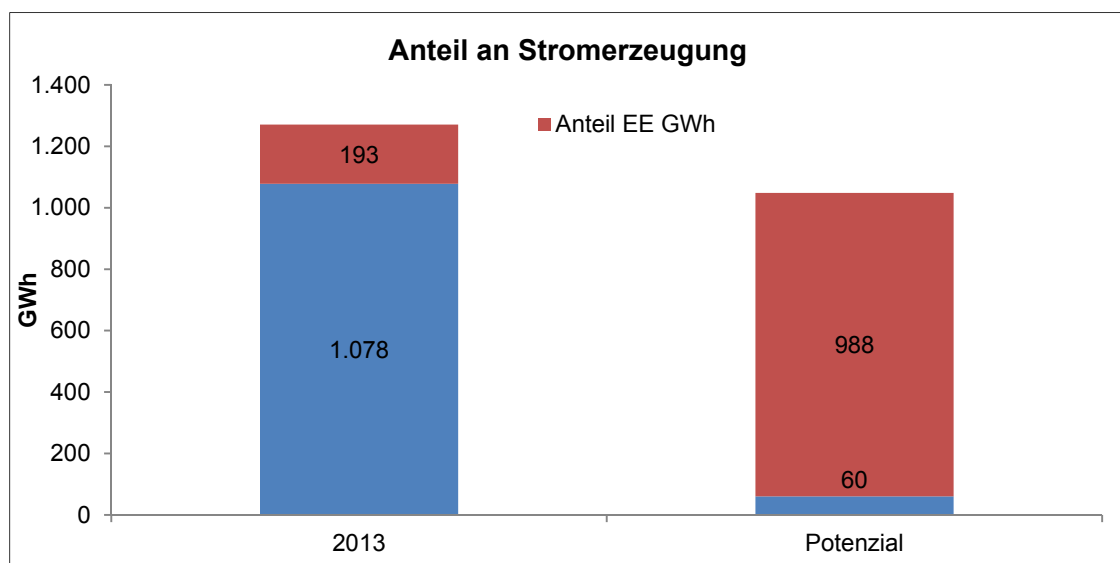


Abbildung 117: Anteile der Erneuerbaren 2013 und Potenzial bis 2030 (EEB)

Zusammen könnten alle Erneuerbaren insgesamt 988 GWh Strom erzeugen, wie folgende Abbildungen zeigen. Die Abbildung 118 zeigt hierbei die Technologien, mit den größten Anteilen an den Potenzialen.

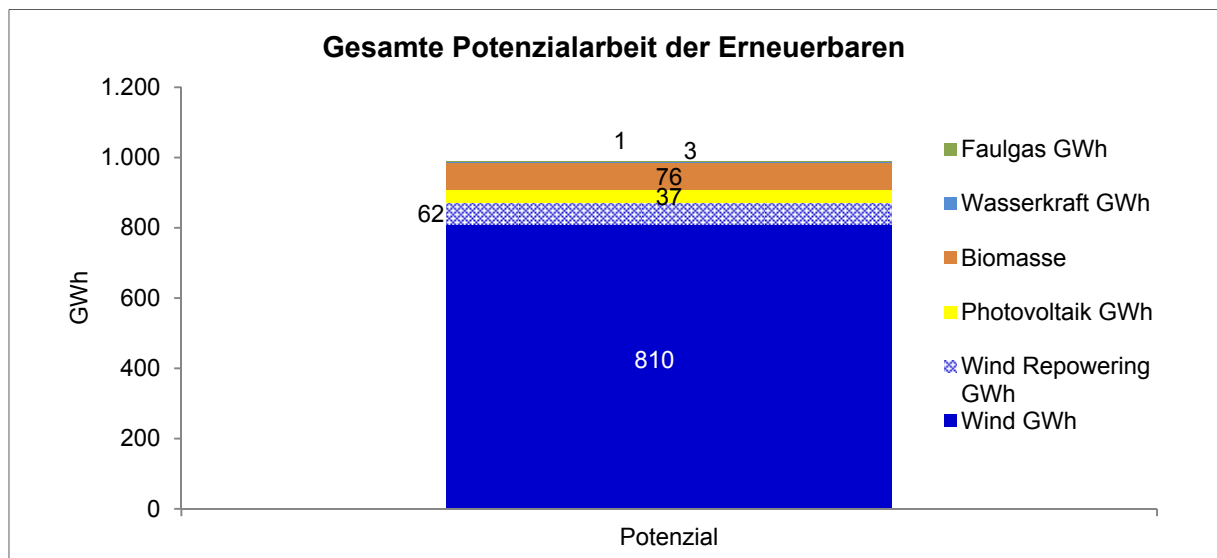


Abbildung 118: Gesamte Potenzialarbeit (Strom) der Erneuerbaren in der StädteRegion Aachen bei 100% Potenzilausschöpfung bis 2030 (EEB)

Strom aus Faulgas hat nur einen sehr kleinen Anteil, so dass dieser Wert in Abbildung 118 nur als Zahl (1 GWh) ausgegeben wurde. Gefolgt wird dieser Wert von der Wasserkraft mit einem Potenzial von rund 3 GWh.

	IST 2013 in GWh	Potenzial bis 2030 in GWh
Stromverbrauch StädteRegion (ohne AC)	1.271	1.049
Strom aus Windkraft	144	810
<i>davon durch Repowering</i>	0	62
Strom aus Photovoltaik	20	37
Strom aus Faulgasen	3	1
Strom aus Wasserkraft	6	3
Strom Grubengas	0	0
Strom aus Biomasse	20	76
<i>Anteil Erneuerbare</i>	193	988
<i>Anteil Erneuerbare Prozent</i>	15%	94%

Tabelle 45: Anteil der Erneuerbaren an Strom 2013 und Potenzial (EEB)

Wie Tabelle 45 zu entnehmen ist, kann sich das Verhältnis zwischen konventioneller Energie und Erneuerbaren bei vollständigem Ausbau der Potenziale vollständig umkehren. So könnte der Anteil der konventionellen Energieträger bis 2030 in der StädteRegion Aachen auf rund 6% der Gesamtstromerzeugung reduziert werden.

4.1.3 Kommunale Potenziale der Stromerzeugung aus Erneuerbaren

Nachfolgende Tabellen liefern einen komprimierten Überblick über die Potenziale im Bereich der Stromgewinnung aus Erneuerbaren Energien. Lagen Daten für die Stadt Aachen vor, wurden diese in die Berechnungen einbezogen.

Strom	Photovoltaik				Windkraft			
	MWh	CO ₂ - Einsparungen bez. 2030	Anteil am Strom 2013	Anteil am Strom durch Potenzial	MWh	CO ₂ - Einsparungen bez. 2030	Anteil am Strom 2013	Anteil am Strom durch Potenzial
		Tonnen im Jahr	%	%		Tonnen im Jahr	%	%
Aachen	26.987	5.910	1,2%	2%				
Alsdorf	2.578	565	0,7%	2%	16.200	5.093	0%	10%
Baesweiler	3.594	787	2,2%	4%	102.600	32.257	13%	145%
Eschweiler	5.142	1.126	1,8%	3%	286.200	89.980	8%	158%
Herzogenrath	5.833	1.277	1,3%	5%	10.800	3.395	0%	8%
Monschau	5.120	1.121	3,3%	7%	102.600	32.257	26%	167%
Roetgen	1.135	249	2,8%	5%	48.600	15.280	0%	208%
Simmerath	3.183	697	3,0%	5%	135.000	42.443	3%	265%
Stolberg	6.710	1.470	0,9%	4%	75.600	23.768	4%	43%
Würselen	3.661	802	1,4%	3%	32.400	10.186	12%	26%
Gesamt ohne AC	36.956	8.093			810.000	254.660		
Gesamt mit AC	63.943	14.003						

Tabelle 46: Kommunale Strompotenziale – Photovoltaik und Windkraft (EEB)

Strom	Wasserkraft				Biomasse			
	MWh	CO ₂ - Einsparungen bez. 2030	Anteil am Strom 2013	Anteil am Strom durch Potenzial	MWh	CO ₂ - Einsparungen bez. 2030	Anteil am Strom 2013	Anteil am Strom durch Potenzial
		Tonnen im Jahr	%	%		Tonnen im Jahr	%	%
Aachen			0,1%		15.653	7.451		
Alsdorf	0	0	0,0%	0,0%	6.716	3.197	0%	4%
Baesweiler	0	0	0,0%	0,0%	12.686	6.039	4%	15%
Eschweiler	899	265	0,0%	0,5%	12.599	5.997	0%	7%
Herzogenrath	287	85	0,0%	0,2%	3.836	1.826	0%	3%
Monschau	1.018	300	1,3%	1,3%	11.549	5.497	0%	15%
Roetgen	0	0	2,1%	0,0%	1.259	599	0%	5%
Simmerath	126	37	1,6%	0,2%	9.523	4.533	14%	16%
Stolberg	388	114	0,0%	0,2%	5.120	2.437	1%	3%
Würselen	0	0	0,0%	0,0%	12.784	6.085	3%	9%
Gesamt ohne AC	2.718	800			76.073	36.211		
Gesamt mit AC	2.718	800			91.726	43.662		

Tabelle 47: Kommunale Strompotenziale – Wasserkraft und Biomasse (AVISO)

Die gleiche Darstellung erfolgt für das Potenzial der Wasserkraft (siehe Tabelle 47). Keine Potenziale wurden, wie schon in Abschnitt 3.8 und 3.7 gezeigt, für Grubengas und Faulgas ermittelt.

Strom	Faulgase/ Grubengase MWh	CO ₂ -	Anteil am	Anteil am	Grubengas GWh	CO ₂ -	Anteil	Anteil am
		Einsparungen	Strom	Strom durch		Einsparungen	am Strom	Strom durch
		bez. 2030	2013	Potenzial		bez. 2030	2013	Potenzial
		Tonnen im Jahr	%	%		Tonnen im Jahr	%	%
Aachen	0		0%		0			
Alsdorf	0		0,16%		0			
Baesweiler	0		0%		0			
Eschweiler	0		0%		0			
Herzogenrath	0		0,40%		0			
Monschau	0		0%		0			
Roetgen	0		0%		0			
Simmerath	0		0%		0			
Stolberg	0		0%		0			
Würselen	0		0%		0			
Gesamt ohne AC	0				0			
Gesamt mit AC	0				0			

Tabelle 48: Kommunale Strompotenziale – Strom aus Gasen (EEB)

Auch im Bereich des Repowerings existieren nicht zu unterschätzende Potenziale. Für die Stadt Aachen lagen keine Daten vor, so dass eine Auswertung hierzu nicht erfolgen konnte. Die hier nochmals dargestellten Potenziale der einzelnen Kommunen sind zusätzliche Potenziale. Die am Standort bereits produzierten Mengen wurden in der Gesamtanalyse abgezogen, so sich folgendes zusätzlich machbares Potenzial ergibt (siehe Tabelle 49).

Wind/ Repowering MWh	CO ₂ -	Ertrag Strom
	Einsparungen	Potenzial
	bez. 2030	
	Tonnen im Jahr	MWh
Aachen		
Alsdorf	0	0
Baesweiler	6.812	21.700
Eschweiler	5.493	17.500
Herzogenrath	0	0
Monschau	2.637	8.400
Roetgen	0	0
Simmerath	3.076	9.800
Stolberg	0	0
Würselen	1.318	4.200
Gesamt ohne AC	19.336	61.600
Gesamt mit AC		

Tabelle 49: Kommunale Strompotenziale – Strom aus Repowering Wind (EEB)

Insgesamt kann in vielen Kommunen eine, wenn auch nur bilanzielle, Stromautarkie erreicht werden. Abbildung 119 zeigt zum einen den prognostizierten Stromverbrauch in der jeweiligen Kommune (linker roter Balken) und zum anderen das Strompotenzial aus Erneuerbaren Energien bis 2030 (grüner rechter Balken) in Relation zueinander.

Kommunen wie, Baesweiler, Eschweiler, Monschau, Roetgen und Simmerath können allein bei Umsetzung der machbaren Potenziale der Windkraft im Bereich Strom bilanziell unabhängig von der konventionellen Stromerzeugung werden (siehe Tabelle 46, rechter Teil).

Kommunen die dies aufgrund der vor Ort vorherrschenden Verhältnisse nicht realisieren können, sind nichtsdestotrotz ein wichtiges Standbein im Kontext der gesamten StädteRegion Aachen.

Das Kreisdiagramm in Abbildung 119 zeigt die relative Verteilung der erneuerbaren Energien untereinander. Hier hat ganz klar die Windkraft (dunkelblau) den höchsten Stellenwert. Dies haben die Kommunen bereits erkannt und setzen die entsprechende Maßnahme (siehe 5.2) um.

Der Windkraft folgen die Potenziale der Photovoltaik (gelb). Etwas untergeordnet im Kanon der Erneuerbaren Energien folgt die Wasserkraft (hellblau), welche auch sehr kommunenspezifisch auftritt (u.a. in Roetgen).

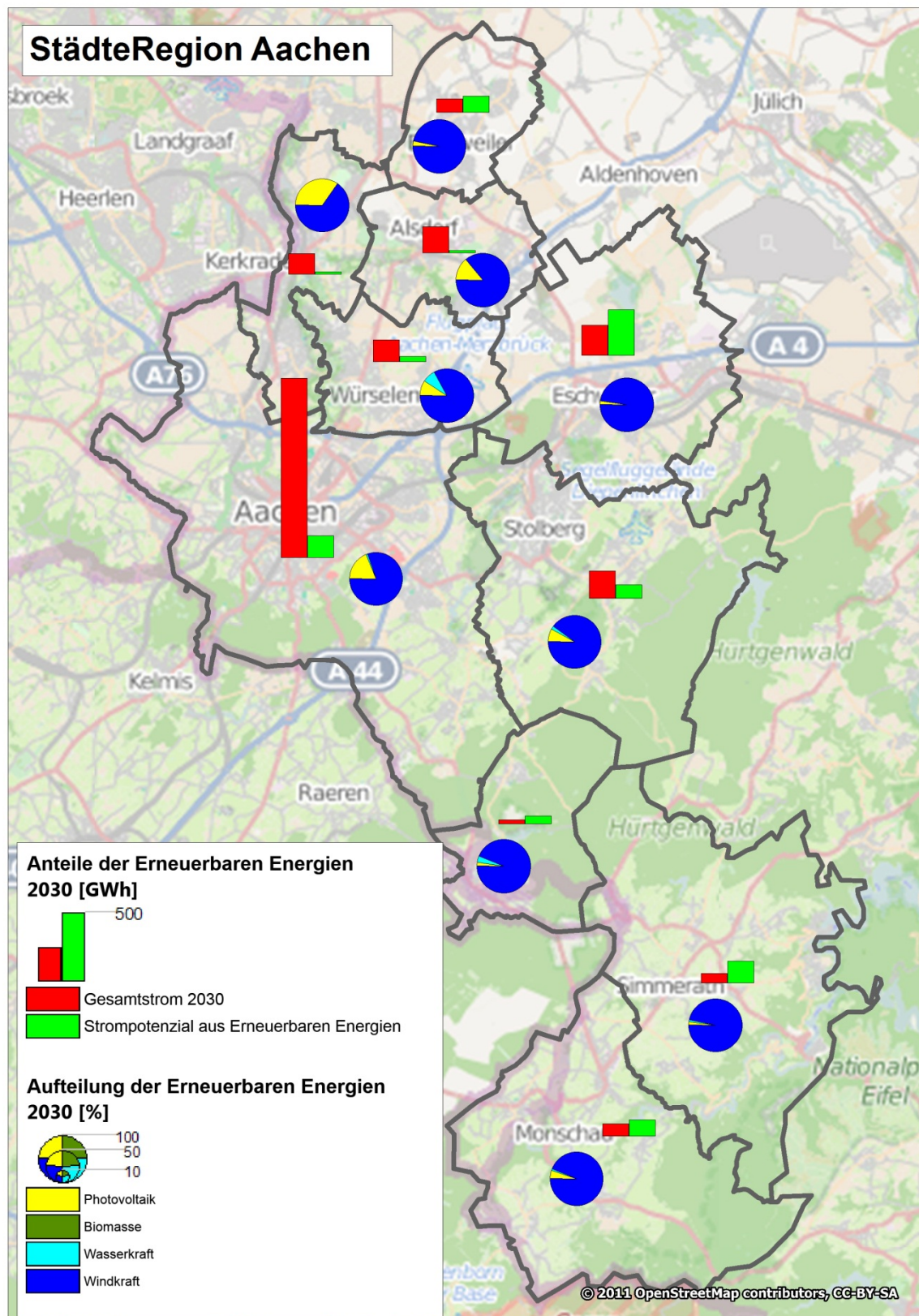


Abbildung 119: Strom – Anteil der Erneuerbaren Energien am Stromverbrauch 2030

Die in Abbildung 119 aufgezeigten Anteile der Erneuerbaren Energien am gesamten Stromverbrauch 2030 beziehen sich auf das machbare Potenzial.

Bezüglich der Anteile der Erneuerbaren Energien am Gesamtwärmemarkt wurde auf eine ähnliche Darstellung verzichtet, da die hier ermittelten Potenziale theoretischer Natur sind.

Dies hätte zur Folge, dass es zu einem verzerrten Bild käme, da nur ein Brauchteil dieses theoretischen Potenzials auch machbar wäre. Wie groß dieser machbare Teil ist, kann im Rahmen dieser Studie nicht ermittelt werden. Vielmehr müsste jedes Gebäude hinsichtlich beispielsweise Solarthermie untersucht werden. Daher kann die Potenzialabschätzung im Bereich Wärme nur theoretischer Natur sein.

4.1.4 Wärmepotenzial aus Erneuerbaren

Die benötigte Endenergie in der StädteRegion Aachen wird zu gut einem Drittel für die Wärmeversorgung benötigt. Zur Beheizung von Räumen und zur Warmwasserbereitung werden ebenfalls große Energiemengen (ca. 1/3 der Endenergie) benötigt. Für die StädteRegion Aachen bedeutet dies konkret einen Wärmebedarf von rund 3 TWh. Für die Raumwärme werden benötigt 2,7 TWh und Trinkwarmwassererwärmung 336 GWh (siehe Abschnitt 2.6.2).

Diese lassen sich im Gegensatz zum Strombereich wegen der Dezentralität der Wärmeversorgung nicht ohne weiteres substituieren. Hier sind große Anstrengungen notwendig, um den Deckungsgrad durch regenerative Energien von heute ca. 7% auf in Zukunft ca. 18% zu steigern. Wie bei der Photovoltaik auch, stehen beispielsweise nahezu unendlich viele Dächer zur Nutzung von Solarthermie zur Verfügung. Jedoch bleibt die technische Umsetzung ungleich komplexer (mit damit verbunden höheren Kosten [gegenüber einem konventionellem System] der Umsetzung), sodass von einem deutlich geringerem Potenzial (ggü. dem theoretischen) und somit auch geringerem Ausbaugrad ausgegangen werden muss (siehe 3.3.1.8). Auch die Umsetzung von Umweltwärme mithilfe von Wärmepumpen findet zum großen Teil nur im Sektor Neubau statt. Betrachtet man die Neubauaktivität in der StädteRegion Aachen, wird schnell deutlich, dass hier keine wesentlichen Potenziale liegen.

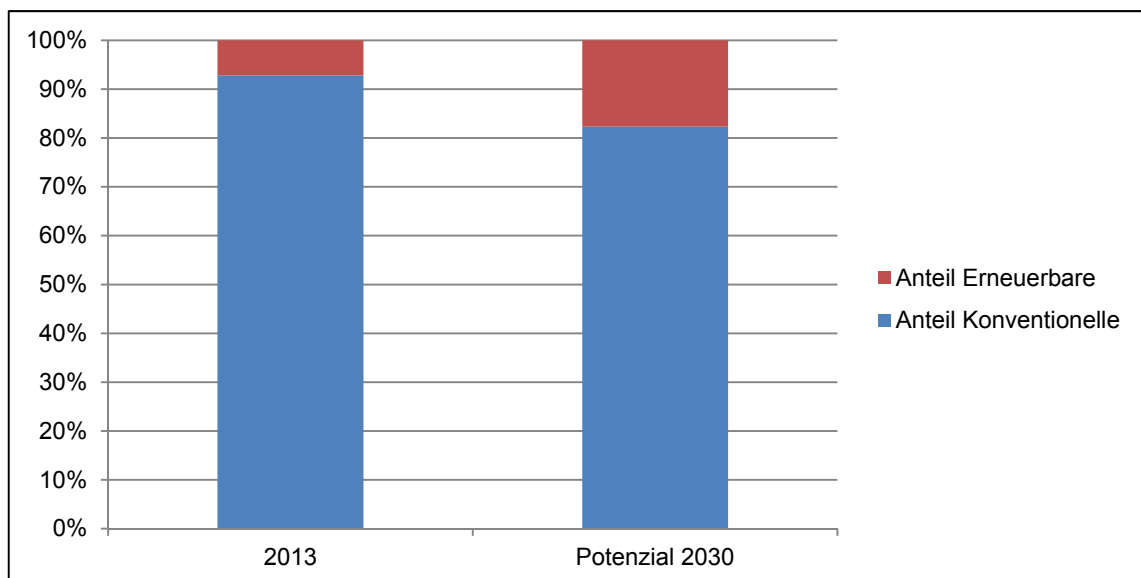


Abbildung 120: Anteil der Erneuerbaren an Wärmebedarf 2013 Bestand & Potenzial (EEB)

Die Abbildung 120 zeigt deutlich den Unterschied des Potenzials der Erneuerbaren im Bereich Strom gegenüber dem im Bereich Wärme. Der Anteil könnte hier nur von knapp 7% im Jahre 2013 bis auf ca. 18% gesteigert werden.

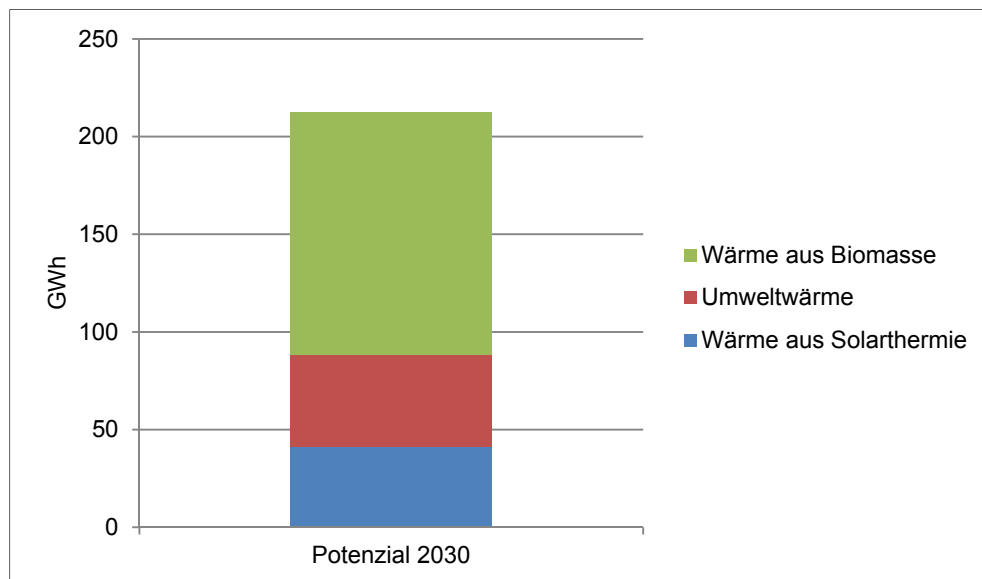


Abbildung 121: Anteile der Erneuerbaren Energien-Potenzial bis 2030 - Arbeit (EEB)

Die nachfolgende Tabelle 50 zeigt nochmals die Anteile der Erneuerbaren Energien im Bereich der Wärmeversorgung zum Zeitpunkt 2013 und 2030 (Potenzial).

	Status Quo in GWh	Potenzial bis 2030 in GWh
Wärmebedarf StädteRegion (ohne AC)	3.057	2.445
Wärme aus Biomasse	194	124
Anteil Prozent	6%	5%
Wärme aus Solarthermie	8	41
Anteil Prozent	0,26%	2%
Umweltwärme	17	48
Anteil Prozent	1%	2%
Anteil Erneuerbare	219	213
Anteil Erneuerbare Prozent	7%	9%*
*)Anteil des Potenzials an Wärmebedarf		

Tabelle 50: Übersicht der Potenziale im Bereich Wärmeversorgung (EEB)

4.1.5 Kommunale Potenziale der Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien

Im Bereich der Wärme aus Erneuerbaren Energien hat die Solarthermie einen großen Stellenwert. In Tabelle 51 sind die theoretischen Potenziale der Solarthermie im System der Heizungsunterstützung für die Cluster „öffentliche Gebäude“, „Wohnen“ und „Mischnutzung“ dargestellt.

System: Heizungsunterstützung				
Öffentliche Gebäude (DG=10%)	Solarthermisches Potenzial	Solarthermische Fläche	Eingesparte Endenergie	Eingespartes CO ₂
<i>DG= Deckungsgrad</i>	MWh	m ²	MWh	t/a
Alsdorf	1.233	3.522	1.385	327
Baesweiler	1.293	3.695	1.453	344
Eschweiler	1.920	5.485	2.157	510
Herzogenrath	1.605	4.585	1.803	426
Monschau	553	1.581	622	147
Roetgen	169	482	189	45
Simmerath	1.058	3.024	1.189	281
Stolberg	2.856	8.161	3.209	759
Würselen	967	2.763	1.087	257
Gesamt Öffentliche Geb.	11.655	33.299	13.095	3.095
Nur Wohnen (DG = 20%)	Solarthermisches Potenzial	Solarthermische Fläche	Eingesparte Endenergie	Eingespartes CO ₂
<i>DG= Deckungsgrad</i>	MWh	m ²	MWh	t/a
Alsdorf	15.960	45.600	17.933	4.239
Baesweiler	8.447	24.134	9.491	2.244
Eschweiler	22.700	64.857	25.506	6.029
Herzogenrath	18.873	53.923	21.206	5.013
Monschau	5.648	16.138	6.346	1.500
Roetgen	3.536	10.103	3.973	939
Simmerath	5.370	15.343	6.034	1.426
Stolberg	26.836	76.674	30.153	7.128
Würselen	15.860	45.315	17.821	4.213
Gesamt Nur Wohnen	123.231	352.088	138.461	32.730
Mischnutzung (DG=10%)	Solarthermisches Potenzial	Solarthermische Fläche	Eingesparte Endenergie	Eingespartes CO ₂
<i>DG= Deckungsgrad</i>	MWh	m ²	MWh	t/a
Alsdorf	22.633	64.666	25.430	6.011
Baesweiler	15.227	43.506	17.109	4.044
Eschweiler	29.478	84.222	33.121	7.829
Herzogenrath	24.170	69.057	27.157	6.420
Monschau	10.089	28.825	11.336	2.680
Roetgen	6.102	17.435	6.856	1.621
Simmerath	12.507	35.735	14.053	3.322
Stolberg	28.316	80.903	31.816	7.521
Würselen	20.763	59.322	23.329	5.515
Gesamt Mischnutzung	169.285	483.671	190.208	44.962
Gesamt über alle Bereiche	304.170	869.058	341.764	80.788

Tabelle 51: Kommunales Wärmepotenzial Solarthermie – Heizungsunterstützung und Warmwasserunterstützung

Folgt der Ausbau der Solarthermie dem aktuellen Trend, so kann ein machbares Potenzial im Bereich der Solarthermie von 41 GWh abgeleitet werden. Damit würden rund 13% des theoretisch vorhandenen Potenzials erschlossen werden.

Auch die Biomasse kann beträchtliche Teile zur Wärmeversorgung aus Erneuerbaren Energien betragen (siehe Abbildung 122).

Wärme	Biomasse MWh	CO ₂	Anteil an Gesamtwärme bez. 2030
		Einsparungen Tonnen im Jahr	%
Aachen	30.635	7.935	2%
Alsdorf	11.720	3.036	4%
Baesweiler	22.760	5.895	12%
Eschweiler	25.188	6.524	6%
Herzogenrath	8.076	2.092	2%
Monschau	14.367	3.721	10%
Roetgen	1.647	427	2%
Simmerath	11.945	3.094	7%
Stolberg	7.023	1.819	2%
Würselen	21.349	5.529	7%
Gesamt ohne AC	124.075	32.136	
Gesamt mit AC	154.711	40.070	

Abbildung 122: Kommunales Wärmepotenzial – Biomasse (AVISO)

4.1.6 Wertschöpfung durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien

Der Ausbau der in dieser Studie analysierten Potenziale hat neben dem Umweltschutzaspekt auch kommunalökonomische Aspekte. So generiert der Ausbau Erneuerbarer Energien Steuereinnahmen, schafft Arbeitsplätze und verbessert somit die Kaufkraft in der StädteRegion.

Die Wertschöpfung ist ein nicht zu unterschätzender Parameter innerhalb der Umsetzung der Energiewende. So haben die Erneuerbaren im Jahre 2011 ca. neun Milliarden Euro generiert (AfEE, 2014).

Eine Vielzahl von Anlagen zur Erzeugung Erneuerbarer Energien wird lokal von einer großen Anzahl von Akteuren betrieben. Die Wertschöpfung bleibt dabei – anders als bei fossilen Energien – zu einem höheren Anteil vor Ort und fließt in Form von Einkommen, Unternehmensgewinnen, vermiedenen Brennstoffkosten sowie Steuern und Abgaben wieder in den volkswirtschaftlichen Kreislauf zurück. Den Kommunen bringen diese Mittel neuen Spielraum: Schulen werden saniert, Straßen ausgebessert, Vereine gefördert (ebd.).

In strukturschwachen Regionen haben die Erneuerbaren Energien den Vorteil, dass sie ein neues wirtschaftliches Standbein bilden können, da die örtlich errichteten Anlagen direkt Geld in die kommunale Kasse fließen lassen (eventuelle Pachten, Gewerbesteuererinnahmen). Die Investition selbst muss jedoch nicht von den oftmals finanzschwachen Kommunen getätigt werden, was klare Vorteile direkt auf kommunaler Ebene mit sich bringt. Neben der Kommune profitieren aber auch andere. So werden zum Beispiel Landwirte gleichzeitig Energiewirte und profitieren von steigenden Pachten. Zusätzlich werden Gewinne für örtliche Unternehmen generiert (durch Herstellung, Aufbau oder Wartung der Anlagen), die wiederum neue Arbeitsplätze schaffen, was im Umkehrschluss die Kaufkraft der Region verbessert (ebd.).

Um die kommunale Wertschöpfung abschätzen zu können, hat die Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) und das Zentrum für

Erneuerbare Energien der Universität Freiburg (ZEE) damit beauftragt, die unterschiedlichen Wertschöpfungseffekte Erneuerbarer Energien auf kommunaler Ebene aufzuschlüsseln und vergleichbar zu machen. Mit einem Online-Tool, dem Wertschöpfungsrechner⁴, können die Wertschöpfungseffekte bestehender Anlagenparks und für einen geplanten Zubau ermittelt werden.

Um eine erste Einschätzung bezüglich der Wertschöpfung in der StädteRegion Aachen abgeben zu können, wurden die in dieser Studie ermittelten Potenziale mit dem oben erwähnten Tool verknüpft. Tabelle 52 zeigt die Gewinne nach Steuern, die unmittelbar den Unternehmen in der StädteRegion zugehen. Auch wird gezeigt, welches Einkommen (zusätzliche Kaufkraft) durch den Ausbau von Anlagen für Erneuerbare Energien generiert werden kann. Die Kommunen profitieren von der zahlender Gewerbesteuer und erhöhen gleichzeitig ihren Anteil an der Einkommensteuer. Die Beschäftigungseffekte leiten sich aus der Wertschöpfungskette, dem Lebensweg eines Produkts, ab. So werden z.B. in der Wertschöpfungskette einer Windenergieanlage die unterschiedlichen wirtschaftlichen Aktivitäten untersucht, die von der Anlagenproduktion (z.B. Fertigung von Rotorblättern, Generator und Turm) über die Planung und Installation (z.B. Erschließung und Netzanbindung des Standorts) sowie den Anlagenbetrieb (Instandhaltung, Wartungspersonal, Grundstückskosten, Pachtzahlungen) bis zur Betreibergesellschaft reichen, die z.B. wiederum Fremdkapitalzinsen, Steuern und Gehälter zahlt und Einnahmen aus der Stromproduktion erzielt.

Einheiten in €	Steuern an die			...davon		Summe	Beschäftigungseffekte (Vollzeitarbeitsplätze)
	Gewinne nach Steuern	Einkommen	Kommune	Netto Gewerbesteuer	Gemeindeanteil an der Est		
Windkraft	11.006.100	3.282.570	2.959.740	2.649.060	310.635	17.248.410	104
Photovoltaik	1.986.480	519.579	165.348	31.867	133.481	2.671.408	18
Biogas	1.238.669	360.047	219.983	171.587	48.396	3.429.879	14
Holzkraftwerke	98.591	105.769	6.003	4.802	1.201	210.363	4
Solarthermie	1.205.123	2.676.612	330.677	219.872	110.805	4.212.411	104
Wärmepumpen	1.844.483	4.574.676	494.009	305.549	188.460	6.913.167	179
Summe	17.379.446	11.519.252	4.175.760	3.382.737	792.978	34.685.638	423

Quelle: AfEE, EEB

Tabelle 52: Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien (2012-2020)

Wie Kommunen von der Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien ganz konkret profitieren und wie sich die Wertschöpfungseffekte je nach Ausbaugrad und Technologie entwickeln, hängt von unterschiedlichen Produktions- beziehungsweise Wertschöpfungsstufen ab. Diese sind jedoch selten vollständig innerhalb einer einzigen Kommune angesiedelt. Wird zum Beispiel ein Heizwerk mit Holzhackschnitzeln aus benachbarten Wäldern befeuert, ist der Spediteur, der den Brennstoff transportiert, möglicherweise in einer anderen Region ansässig, was wiederum die kommunale Wertschöpfung verringert.

Diese lokalen Anteile wurden mittels technologiespezifischer Faktoren berücksichtigt.

Weiterhin variieren die Wertschöpfungsschritte je nach Technologie. Dabei ist auch entscheidend, ob es sich um kleine Privatanlagen handelt – wie die Solaranlage auf dem Ei-

⁴ <http://www.kommunal-erneuerbar.de/de/kommunale-wertschoepfung/rechner.html>

genheim und die Holzpellettheizung im heimischen Keller – oder beispielsweise um große Windenergie- oder Solarparks: Steuereinnahmen, Aufträge für örtliche Handwerker oder Pachteinnahmen fallen dementsprechend unterschiedlich aus (AfEE, 2014).

5 Maßnahmen

Die hier untersuchte StädteRegion Aachen ist ein Zusammenschluss von acht Städten und zwei Gemeinden. Die StädteRegion Aachen als Nachfolgerin des Kreises Aachen hat sich zum Ziel gesetzt, den Lebensraum Aachen zukunftsfähig zu machen und für den Wettbewerb der europäischen Regionen zu rüsten. Die StädteRegion ist somit politisches Instrument, um die Lebensqualität der Menschen zu verbessern.

Die StädteRegion Aachen hat das Anliegen, die Kräfte der Kommunen zu bündeln, die vorhandenen lokalen Potenziale aufzugreifen und zu nutzen. Sie ist somit das Bindeglied zwischen den kommunalen und den überregionalen Akteuren. Als übergeordnete Instanz kann die StädteRegion Aachen nur schwer in den direkten Dialog mit den Bürgern der Region treten. Des Weiteren kann sie den regionsangehörigen Kommunen keine konkreten Maßnahmen diktieren. Vielmehr können die kommunalen Gremien den Empfehlungen folgen. Somit werden lokale und regionale Gestaltungsmöglichkeiten gestärkt. Ziel ist es dabei eine angemessene, im richtigen Verhältnis zwischen Ökologie und Ökonomie stehende, Energieversorgung in den Kommunen zu schaffen, um letztlich Ziele des Klimaschutzes von Bund, Land und StädteRegion Aachen zu realisieren.

Der nun folgende Maßnahmenkatalog stellt den Handlungsrahmen für die in den einzelnen Steckbriefen angesprochenen Akteure dar. Für das Klimaschutzteilkonzept der StädteRegion Aachen liegen Maßnahmenvorschläge vor, welche in Tabelle 53 dargestellt sind.

Die Maßnahmen teilen sich in kommunenspezifische und kooperative (kommunenübergreifende) Maßnahmen auf.

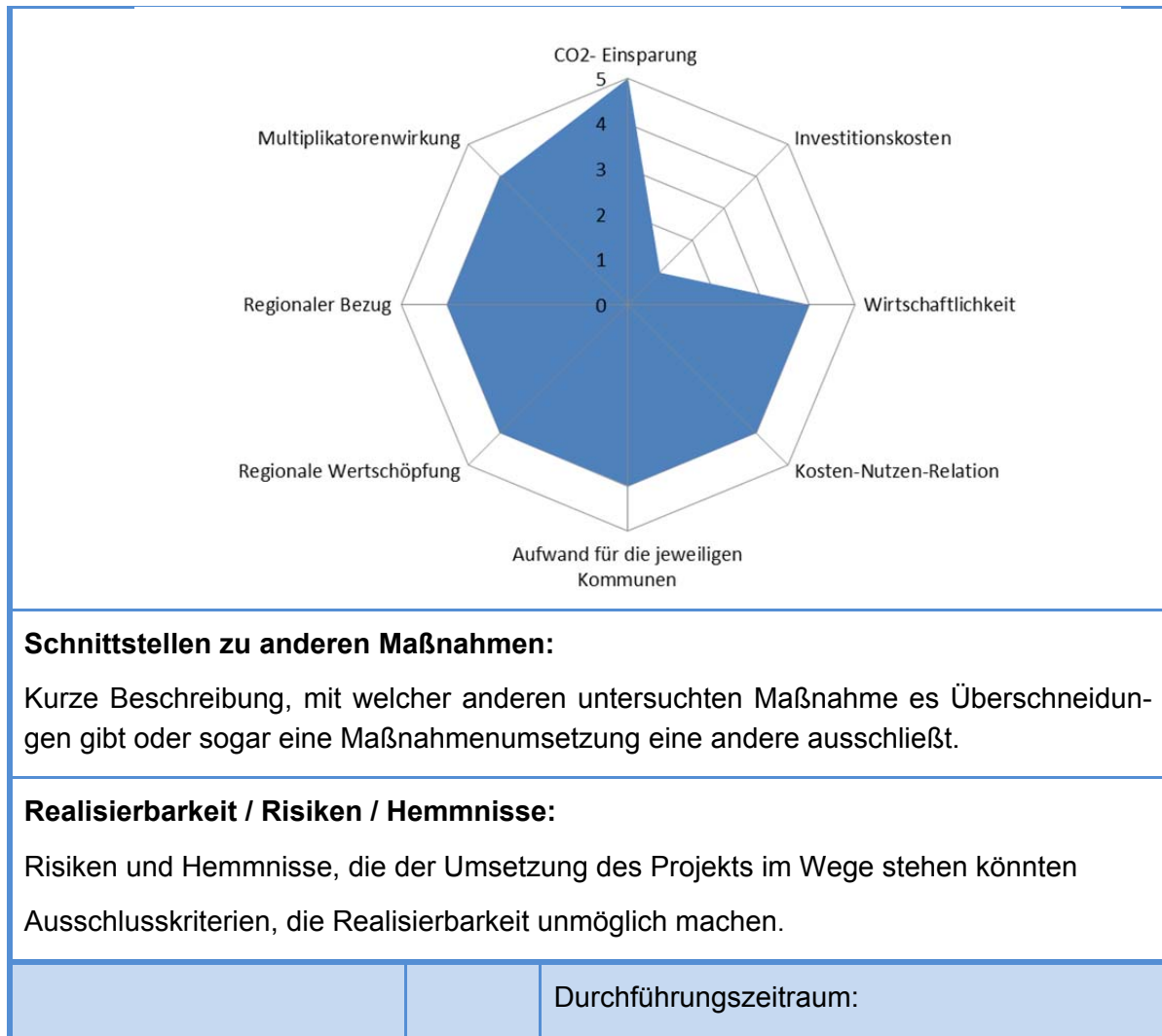
Maßnahme Nummer	Bezeichnung Maßnahme	kW _{th}	kW _{el}	Investitionskosten [T€]	CO ₂ -Einsparpotenzial [t/a]
KommEE 1	Ausbau der Windkraft	nb	450.000	675.000	254.659
KommEE 2	PV auf öffentlichen Liegenschaften	nb	27.600	32.700	8.664
KommEE 3	Solarthermie auf öffentlichen Liegenschaften	4.995	nb	9.989	928
KommEE 4	Ausbau KWK	1.044	611	9.000	2.500
KommEE 5	Solarthermie Mehrparteien- liegenschaften	nb	nb	nb	nb
KommEE 6	Biogas und Biomethan	nb	nb	-	10.700
KommEE 7	KWK Informationskampagne	nb	nb	nb	nb
KommEE 8a	KWK Ausbau in Würselen	nb	nb	nb	ca. 56
KommEE 8b	Verdichtung des Fernwärmenetzes in Herzogenrath Kohlscheid	nb	nb	nb	nb
KommEE 8c	Aufbau von KWK- Nahwärmelösungen in Eschweiler Dürwiß	nb	nb	nb	nb
KommEE 8d	Ausbau der Fernwärmenutzung in Baesweiler	nb	nb	nb	nb
KoopEE 1	Durchführung einer Bürgerwerkstatt	nb	nb	nb	nb
KoopEE 2	Gründung einer Energiegenossenschaft	nb	nb	nb	nb
KoopEE 3	Nutzung von interkommunalem Kompostabfällen / Grünschnitt / Biomasse zur Biogasgewinnung, Verstromung und eventueller Wärmegewinnung	698	643	1.600	2.128

Tabelle 53: Maßnahmenübersicht

5.1 Erläuterung des Maßnahmensteckbriefes

Kürzel	Bezeichnung der Maßnahme	
Kurzbeschreibung:		
- Ist-Situation / Ausgangslage - Umfang, Art der Maßnahme - Ziel der Maßnahme - Erzeugte Energiemengen		
Handlungsschritte:		
- Kurzes Aufzeigen des Ablaufs der gesamten Maßnahme - Kurze Darstellung bzw. Empfehlung, welcher Akteur welche nächsten Umsetzungsschritte durchzuführen hat.		
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:	
An welche Gruppe (Haushalte, Industrie, Gewerbe usw.) richtet sich die Maßnahme? z.B. Betreiber eines Hallenbades, Bezieher von Wärme in einem Nahwärmegebiet	Alle an der Umsetzung der Maßnahme beteiligten lokalen Akteure. Angabe von Zuständigkeitsbereich (z.B. Liegenschaftsamt einer Stadt)	
Aktuell relevante Fördermittel:		
Alle zur Verfügung stehenden Fördermöglichkeiten (z.B. EEG)		
Erfolgsindikator:		
Klassifizierte Erfolgsfaktoren, die einen Hinweis darauf geben, dass eine Aufgabenstellung erfolgreich bewerkstelligt wird. Formulieren von quantitativen und qualitativen Begriffen in der Erfolgslogik. Ein Erfolgsindikator wird nach Beendigung der Maßnahme durch Herunterbrechen und Formulierung eines Soll-Zustandes zum Ziel.		
Kriterienbewertung:		Anmerkung:
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion	Sehr hoch 5 Pkt.	Bewertung der Emissionsminderung bei Maßnahmenumsetzung. Die Einteilung der Abstufung (sehr gering bis sehr hoch) erfolgt in Relation zu anderen Maßnahmen.

Umsetzungszeitraum	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CO ₂ -Einsparung Tt/a	0	0	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Investitionskosten	Sehr hoch 1 Pkt.		Angaben der Investitionskosten für den Investor (auch in aggregierter Form) Die Einteilung der Abstufung (sehr gering bis sehr hoch) erfolgt in Relation zu anderen Maßnahmen.					
Wirtschaftlichkeit	günstig 4 Pkt.		Abschätzung der Wirtschaftlichkeit bei Maßnahmenumsetzung aus Sicht des Investors.					
Kosten-Nutzen-Relation	Günstig 4 Pkt.		Kosten der Maßnahme im Verhältnis zu den CO ₂ -Einsparungen					
Aufwand für die jeweiligen Kommunen	Gering 4 Pkt.		Zeitlicher, organisatorischer und, wenn möglich, finanzieller Aufwand für die Kommune.					
Regionale Wertschöpfung	Hoch 4 Pkt.		Bewertung der potenziellen positiven Wirkung auf die Kommune durch lokal erzeugte Geldströme (z.B. Umsetzung der Maßnahme durch lokale Handwerksunternehmen).					
Regionaler Bezug	Hoch 4 Pkt.		Bewertung, inwieweit die Maßnahme auf Grund lokaler Bedingungen einen regionalen Bezug hat und daher zum Leitbild der StädteRegion passt bzw. ein regionstypisches Charakteristikum aufweist.					
Multiplikatorenwirkung	Hoch 4 Pkt.		Bewertung, inwieweit die Maßnahmenumsetzung weitere Maßnahmenumsetzungen zur Folge hat (z.B. Photovoltaik hat eine sehr hohe Multiplikatorenwirkung).					



Für alle Maßnahmen werden Tabellen mit einer Kurzbeschreibung und einer Bewertung erstellt. Alle Maßnahmen werden innerhalb der Tabellen mittels eines standardisierten Bewertungsschemas mit acht Kriterien sowie einer textlichen Beschreibung bewertet. Die Bewertung erfolgt dabei über die Vergabe von 1 (geringste Bewertung) bis 5 Punkten (höchste Bewertung) je Kriterium.

Eine überschlägige Bewertung wird auf Basis der Einschätzung des Gutachters festgelegt. Diese Bewertung erfolgt jeweils in Relation zu den anderen Maßnahmen des Handlungsfeldes und beruht auf der Einschätzung der Gutachter. Von einer absoluten Quantifizierung wird in der Darstellung abgesehen. Wo möglich und sinnvoll, wird direkt im Klimaprofil der Maßnahme eine Konkretisierung der Investitionskosten, der Wirtschaftlichkeit und der CO₂-Emissionsminderungswirkung vorgenommen.

Kriterium	Punkte- bewertung	Einstufung	Punkte- bewertung	Einstufung
CO ₂ -Einsparung	1	sehr gering	5	sehr hoch
Investitionskosten	1	sehr hoch	5	sehr gering
Wirtschaftlichkeit	1	sehr ungünstig	5	sehr günstig
Kosten-Nutzen-Relation	1	sehr ungünstig	5	sehr günstig
Aufwand für die Kommune	1	sehr hoch	5	sehr gering
Regionale Wertschöpfung	1	sehr gering	5	sehr hoch
Regionaler Bezug	1	sehr gering	5	sehr hoch
Multiplikatorenwirkung	1	sehr gering	5	sehr hoch

Tabelle 54: Kriterienbewertung des Maßnahmensteckbriefs (EEB)*CO₂-Einsparung*

Die Bewertung des CO₂-Minderungspotenzials einer Maßnahme erfolgt unter heutigem Kenntnisstand sowie Rahmenfaktoren. Aufgrund der politischen Zielsetzungen sowie der zentralen Ausrichtung auf den Klimaschutzeffekt werden Maßnahmen mit hoher Einsparwirkung entsprechend hoch bewertet. Die Einteilung in die Abstufungen der Bewertungskriterien erfolgt in Relation zur Wirkung aller Maßnahmen im gesamten Handlungsfeld Energie. Dabei wurden folgenden Grenzen für die Bewertung festgelegt:

Wirkung der Maßnahme [t/a]		Einstufung	Punkte- bewertung
von	bis		
0	50	sehr gering	1
50	200	gering	2
200	500	mittel	3
500	2.500	hoch	4
2.500		sehr hoch	5

Tabelle 55: Bewertungsmaßstab CO₂-Einsparung (EEB)*Investitionskosten*

Die Höhe der Investitionskosten allein sagt noch nichts über die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme aus. Vielmehr ist sie eine Maßzahl für das Risiko einer Investition - je höher die Investitionskosten, desto höher das Risiko, dass sich die Maßnahme bei angenommenen jährlichen Rückflüssen innerhalb einer Nutzungsdauer gar nicht oder nur sehr schwer wirtschaftlich amortisiert. Die Investitionskosten innerhalb des Steckbriefes sind für den jeweiligen Investor (Akteur) ausgewiesen. Wenn es nicht möglich war, die Investitionskosten einem Investor direkt zuzuordnen, wurden die insgesamt notwendigen Investitionen (aller Akteure) dargestellt.

Maßnahmen-Investitionskosten [TEUR]		Einstufung	Punkte- bewertung
von	bis		
0	200	sehr niedrig	5
200	1.000	niedrig	4
1.000	2.000	mittel	3
2.000	5.000	hoch	2
5.000		sehr hoch	1

Tabelle 56: Bewertungsmaßstab Investitionskosten(EEB)

Wirtschaftlichkeit

Die bei einer Maßnahmenumsetzung auftretenden Kosten werden in die kapitalgebundenen, verbrauchsgebundenen und betriebsgebundenen Kosten aufgegliedert. Als übliches Verfahren zur Ermittlung der kapitalgebundenen Kosten wird die Annuitätenmethode empfohlen. Dieses Verfahren gestattet eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Investition anhand eines durchschnittlichen Betriebsjahres innerhalb des gesamten Betrachtungszeitraumes. Die Summe aller Kostenarten entspricht den Jahresvollkosten. Übersteigen die jährlichen Erlöse einer Maßnahme die jährlichen Kosten, rentiert sich die Investition innerhalb der vorgegebenen Nutzungsdauer und das Projekt ist wirtschaftlich.

Kosten-Nutzen-Relation

Kosten der Maßnahme im Verhältnis zu den CO₂-Einsparungen. Maßnahmen, denen ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis zugeschrieben wird, erhalten eine entsprechend hohe Bewertung.

Aufwand für die Kommunen

Hierbei werden der finanzielle, der organisatorische und der zeitliche Aufwand abgeschätzt, der für die jeweilige Kommune mit der Vorbereitung und Umsetzung der Maßnahme verbunden beziehungsweise zu erwarten ist. Bei den Kosten handelt es sich entsprechend um Personal-, Sach-, Investitions- oder Betriebskosten, die im Zuge der Maßnahme entstehen können. Je nach Maßnahme und der entsprechenden Abschätzbarkeit werden nicht zwangsläufig alle drei Aspekte des Aufwands berücksichtigt. Bei der Durchführung von Kommunikationsmaßnahmen wird beispielsweise eher auf den zeitlichen und damit personellen Aufwand Bezug genommen.

Das Kriterium des Organisations- bzw. Kooperationsaufwandes betrachtet, mit wie vielen bzw. welchen Akteuren die Kommune voraussichtlich im Rahmen der Umsetzung einer Maßnahme in Kontakt treten bzw. eine Kooperation eingehen muss/sollte. Für die mittelfristige Perspektive der Maßnahme sowie ggf. die Aufteilung von Verantwortung für einzelne Bereiche ist die Akteursbeteiligung jenseits der kommunalen Verwaltung von zentraler Bedeutung.

Maßnahmen mit geringer Akteursbeteiligung, wie zum Beispiel alle Maßnahmen, die direkt von der Kommune umgesetzt werden können, erhalten in diesem Bereich eine hohe Bewertung, da diese Maßnahmen aus Sicht der Kommune einen geringeren Koordinationsaufwand erfordern. Nichtsdestotrotz ist es für die Maßnahmen entscheidend, dass alle entsprechend relevanten Akteure beachtet und ggf. eingebunden werden, auch wenn dies zunächst einen Mehraufwand bedeutet.

Ein hoher Kooperationsaufwand ist daher nicht per se negativ, da bei einer größeren Zahl von Akteuren die Maßnahme auch eine breitere Basis und mehr Multiplikatoren erhält.

Regionale Wertschöpfung

Unter diesem Punkt wird die potenzielle positive Wirkung auf die regionale Wertschöpfung betrachtet. Dieses Kriterium ist insbesondere aussagekräftig in Bezug auf lokal erzeugte Geldströme, welche den ortsansässigen Akteuren zugutekommen. Investitionen im Klimaschutzbereich sind hierbei besonders ergiebig, wenn die Umsetzung der Maßnahme mit lokalen Akteuren (z.B. Handwerksunternehmen) durchgeführt wird und die Mittel so nicht in andere Regionen abfließen.

Entsprechend erhalten Maßnahmen mit hohem Anteil lokal erzeugter Geldströme bzw. der Beteiligung lokaler Akteure eine entsprechend hohe Bewertung.

Die Bewertung ist bzgl. der Einzelmaßnahmen erfolgt über eine quantitative Abschätzung.

Regionaler Bezug

Im Rahmen der Bewertung des regionalen Bezugs einer Maßnahme wird betrachtet, inwiefern diese besonders gut in die Region passt. Hierbei wird für die einzelnen Maßnahmen geprüft, ob ihre Umsetzung insbesondere aufgrund der lokalen Bedingungen in der StädteRegion Aachen sehr sinnvoll ist oder ob sie ein besonderes regionstypisches Charakteristikum aufweisen.

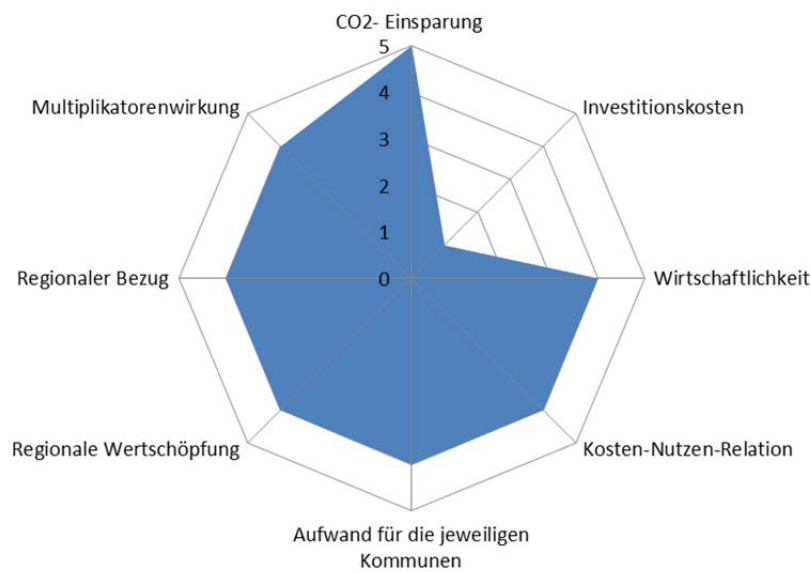
Multiplikatorenwirkung

Positiv bewertet wird, wenn eine Maßnahme eine große übergeordnete Wirkung entfaltet oder die Grundlage für zentrale weitere Klimaschutzmaßnahmen bilden kann bzw. weitere Umsetzungen zur Folge hat.

5.2 Ausbau der Windkraft in der StädteRegion

KommEE 1	Ausbau der Windkraft in der StädteRegion
Kurzbeschreibung:	
Der Maßnahmensteckbrief zur Windenergienutzung soll einen grundsätzlichen Überblick über die Finanzierungsmöglichkeiten, die Kosten, die Wirtschaftlichkeit und das Potenzial der CO₂-Vermeidung durch die Errichtung und den Betrieb von Windkraftanlagen unter folgenden Annahmen bezüglich der technisch-wirtschaftlicher Bewertung von Windkraftanlagen: • Vollbenutzungsstunden: 1.800 h/a • Investitionskosten: 1.500 €/kW (eine 3,0 MW WEA hat demnach einen Investitionsbedarf von 4,5 Mio. €) • EEG Förderung über 20 Jahre rd. 9,0 ct/kWh bei Inbetriebnahme im Jahr 2014 • Unterschiedliche Organisationsmodelle sind möglich, z.B. durch Gründung einer GmbH und Co. KG mit der Möglichkeit einer stillen Beteiligung interessierter Anleger (Kleinanleger, Genossenschaften, Stadtwerke, andere Unternehmen) oder durch einen Bürgerwindpark über Kommanditgesellschaft Zu beachten ist allerdings, dass jeder im Flächennutzungsplan ausgewiesene Standort bezüglich der potenziellen WEA oder auch des Winddargebots und der damit zu erzielenden Wirtschaftlichkeit einer Einzelfallprüfung bedarf. Diese Prüfung ist Bestandteil des Aufgabenkatalogs des möglichen Investors.	
Handlungsschritte:	
Jeweilige Kommunen: Umsetzung der bereits eingeleiteten Maßnahmen durch angepasste Flächennutzungspläne. Ausbau der Windkraft auf ausgewiesenen Flächen bis 2020.	
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:
Bürger bei Bürgermodellen / Fondmodell	Kommunen, EVU, Banken, Projektpartner (WEA Hersteller, Planer), Private Investoren (Bürger, Unternehmen, Landwirte)
Aktuell relevante Fördermittel:	
EEG 2012	
Erfolgsindikator:	
Erreichung der installierten Leistung gemäß machbaren Potenzial	

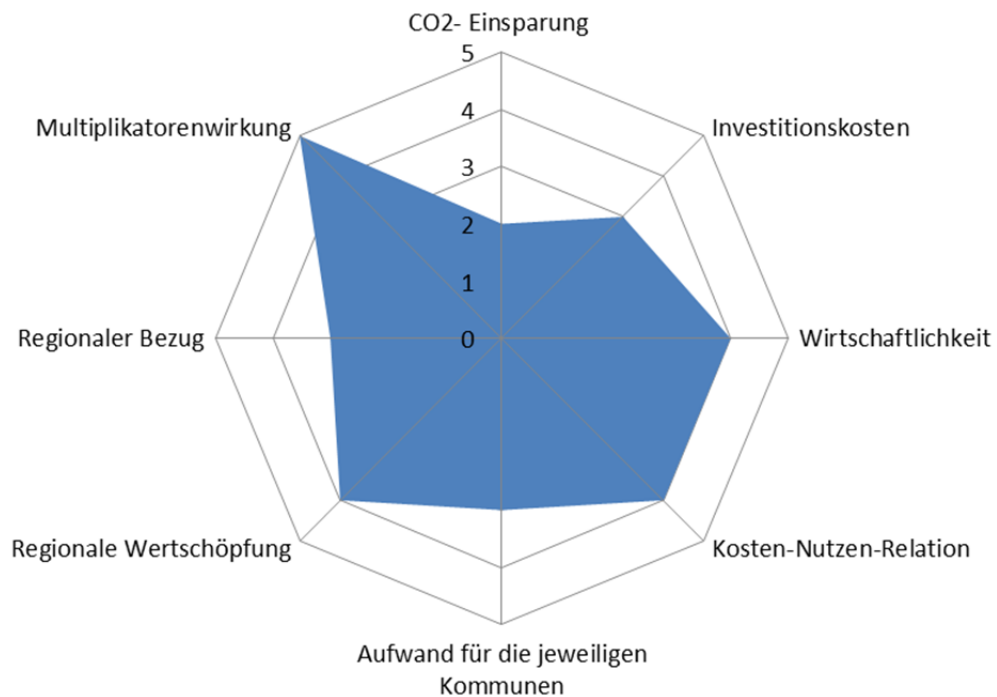
Kriterienbewertung:			Anmerkung:					
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion	Sehr hoch 5 Pkt.		Machbares Potenzial 391 Tt/a maximal im Jahre 2020 erreichbare CO ₂ - Reduktion pro Jahr. (255 Tt/a 2030)					
Umsetzungszeitraum	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CO ₂ - Einsparung Tt/a	0	168	285	347	375	386	389	391
Investitionskosten	Sehr hoch 1 Pkt.		Die Investitionskosten einer Windkraftanlage belaufen sich auf ca. 4,5 Mio. €. Die Gesamtkosten des Potenzials bis 2020 würden sich somit auf 675 Mio. Euro belaufen.					
Wirtschaftlichkeit	günstig 4 Pkt.		Abhängigkeit von Art der Finanzierung, Höhe der Bürgerbeteiligung und Gewinnausschüttung an Investoren, Höhe des Zinses und Qualität des Windangebots. Grundsätzlich ergibt sich bei exakter Planung eine positive Rendite bei Windkraftanlagen.					
Kosten-Nutzen-Relation	Günstig 4 Pkt.		Bei optimaler Planung und damit verbundener guter Wirtschaftlichkeit bei gleichzeitig sehr hoher CO ₂ -Emissionsminderung ist die Kosten-Nutzen-Relation als positiv einzuschätzen. Windkraftprojekte generieren grundsätzlich negative CO ₂ Vermeidungskosten.					
Aufwand für die jeweiligen Kommunen	Gering 4 Pkt.		Da die Kommunen bei der Ausweisung von Windkraftkonzentrationszonen bereits sehr weit fortgeschritten sind, ist der weitere planerische Aufwand als gering einzuschätzen. Entsprechende Flächennutzungspläne liegen zum großen Teil in den Kommunen vor.					
Regionale Wertschöpfung	Hoch 4 Pkt.		Grundsätzlich kann eine regionale Wertschöpfung durch Montage, den Betrieb und durch Wartung stattfinden. Voraussetzung dafür ist die Einbindung von lokalen Akteuren. Werden Bürger und lokale Unternehmen involviert, verbleiben die Erträge aus Windkraft bei den Investoren der Region.					
Regionaler Bezug	Hoch 4 Pkt.		Mit dieser Maßnahme, so sie denn über Bürgermodelle finanziert wird, lassen sich die Akteure und Zielgruppen der jeweiligen Kommune einbinden					
Multiplikatorenwirkung	Hoch 4 Pkt.		Die Multiplikatorenwirkung ist bereits durch die Wirkung als Leuchtturmprojekt gegeben. Zusätzlich las-					

		sen sich weitere Klimaschutzinvestitionen über bereits geschaffene Infrastruktur von Bürgermodellen finanzieren.
		
Schnittstellen Zu allen anderen Maßnahmen, die bürgerschaftlich finanziert werden (können)		
Realisierbarkeit / Risiken / Hemmnisse - Leistung der Windkraftanlage schlechter als kalkuliert - Fehlende Akzeptanz bei Teilen der Bevölkerung verhindert Errichtung - Risiko einer langfristigen Kapitalanlage - Unsichere Entwicklung bei der gesetzlichen Einspeisevergütung (EEG) - Unsicherheit gegenüber der Strompreisentwicklung (bei Direktvermarktung)		
Nächste Umsetzungsschritte Potenzielle Investoren identifizieren, um Potenzialflächen hinreichend genau auf Qualifizierung zu prüfen.		
Finanzieller Aufwand (Sachkosten, Dritte)		mittel
Zeitlicher Aufwand (Personal)		mittel
		Durchführungszeitraum: 2014 bis 2020

5.3 Photovoltaik auf öffentlichen Liegenschaften

KommEE 2	Photovoltaik auf öffentlichen Liegenschaften							
Kurzbeschreibung:								
Aktuell haben bereits einige Kommunen Flächen auf Dächern kommunaler Liegenschaften selbst genutzt, um Photovoltaikanlagen zu installieren bzw. diese Investoren zur Verfügung zu stellen (Pachtmodell). Noch vorhandene Flächen können zusätzlich genutzt werden, um das Potenzial der Photovoltaik weiter auszuschöpfen. Hierbei können Kommunen eine Vorreiter- bzw. Vorbildfunktion übernehmen, da sie Bürger motivieren, selbst aktiv zu werden und ggf. eigene photovoltaische Anlagen zu installieren.								
Handlungsschritte:								
• Auswahl der Liegenschaften in Verbindung mit Sanierungsmaßnahmen • Gespräche mit Investoren bzw. Pächtern • Ausführungsplanung, Vergabe, Bau und Betrieb								
Zielgruppe:			Verantwortliche und Beteiligte:					
Kommunale Liegenschaften			Kommunen, lokales Handwerk, Pächter /Investoren, örtliches EVU					
Aktuell relevante Fördermittel:								
EEG								
Erfolgsindikator:								
Anzahl der installierten Anlagen / installierte Leistung (Monitoring vorausgesetzt)								
Kriterienbewertung:				Anmerkung:				
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion		Gering bis mittel 2 Pkt.		Der produzierte Strom aus Photovoltaik wird derzeit mit 114 g CO ₂ /kWh bilanziert. Die Einsparungen beziehen sich auf den angenommenen Strommix in Deutschland. Der CO ₂ -Faktor wird durch steigende Einspeisung von „grünem Strom“ fortlaufend verbessert, so dass die Einsparungen nach Umsetzung aller Maßnahmen letzten Endes wieder abnehmen.				
Umsetzungszeitraum	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CO ₂ -Einsparung Tt/a		1,1	2	3,2	4,4	5,1	5,7	6,1

Investitionskosten	mittel 3 Pkt.	Die Investitionskosten für PV Anlagen sind in den letzten Jahren stark gesunken. Dadurch ist es Investoren weiterhin möglich bei fallenden Vergütungen positive Renditen zu erzielen. Die Anlagenpreise belaufen sich bei Anlagen zwischen 10 und 30 kW durchschnittlich auf 1.000 €/kW; bei Anlagen der Klasse 30 bis 100 kW durchschnittlich bei 1.400 €/kW. Dies würde im Mittel ein theoretisches Investitionsvolumen von 32,7 Mio. € ergeben, wobei eine weitere Degression der Anlagenpreise berücksichtigt ist.
Wirtschaftlichkeit	günstig 4 Pkt.	Sollten sich die Kommunen auf das Pachtmodell beschränken, könnten allein hierüber Einnahmen über 5€ /kW und Jahr generiert werden. Dies würde für alle untersuchten Kommunen ein Aufkommen über rund 138T€/a bedeuten (volle Ausbaustufe). Sollten die Kommunen selbst als Investoren auftreten, so sind zu erzielende Erträge unter Berücksichtigung der aktuellen Förderung genauer zu betrachten.
Kosten-Nutzen-Relation	Günstig 4 Pkt.	Aus Sicht der Kommunen werden sowohl im Bereich der Verpachtung von Flächen, als auch bei Eigenbetrieb von PV Anlagen positive Erträge erzielt. Daher ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis als niedrig und damit vorteilhaft anzusehen.
Aufwand für die jeweiligen Kommunen	mittel 3 Pkt.	Aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen ist ein Eigenverbrauch für die EEG Vergütung Bedingung zur Förderung. Eine reine Verpachtung ohne Aufwand ist daher nicht mehr möglich.
Regionale Wertschöpfung	Hoch 4 Pkt.	Lokales Handwerk als ausführende Instanz.
Regionaler Bezug	Gering bis mittel 3 Pkt.	Der Bezug zur Region ist nicht besonders hoch.
Multiplikatorenwirkung	sehr hoch 5 Pkt.	Photovoltaikanlagen auf kommunalen Gebäuden haben aufgrund ihrer Außenwirkung eine sehr hohe Multiplikatorenwirkung. Die jeweilige Kommune nimmt somit im Hinblick auf die Nutzung der Solarenergie eine Vorbildfunktion ein.



Schnittstellen

- Maßnahmen des Klimaschutzkonzepts GERTEC (Gebäudethermische Sanierung)

Realisierbarkeit / Risiken / Hemmnisse

- Aufgrund des weiter anhaltenden Booms der Photovoltaik, wird die Förderung durch das EEG weiter sinken (gesetzliche Rahmenbedingungen). Gleichzeitig bleibt offen, ob die Preise der Anlagen im gleichen Maße fallen werden.
- Änderung der politischen Rahmenbedingungen
- Problematik der Eigenstrom Privilegierung

Nächste Umsetzungsschritte

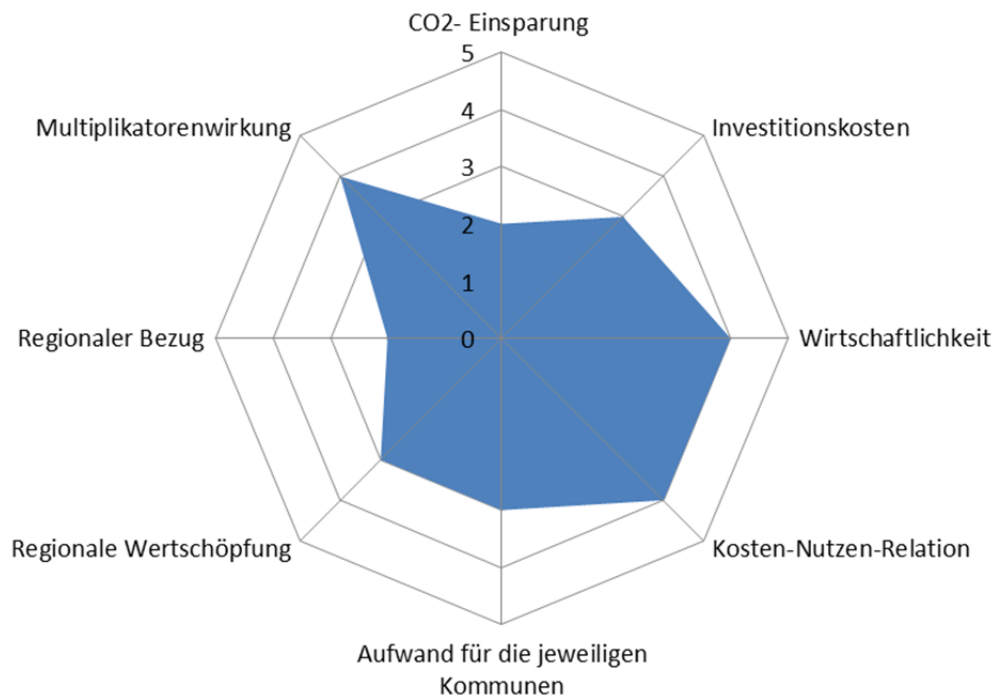
- Auswahl der Liegenschaften in Verbindung mit Sanierungsmaßnahmen
- Gespräche mit Investoren bzw. Pächtern
- Ausführungsplanung, Vergabe, Bau und Betrieb

Finanzieller Aufwand (Sachkosten, Dritte)		mittel
Zeitlicher Aufwand (Personal)		mittel
		Durchführungszeitraum: 2014 bis 2020

5.4 Solarthermie auf öffentlichen Liegenschaften

KommEE 3	Solarthermie auf öffentlichen Liegenschaften							
Kurzbeschreibung:								
Derzeitig erfolgt die Warmwassererzeugung für öffentliche Liegenschaften größtenteils durch Zentralheizungen, die mit Gas oder Öl befeuert werden. Gerade in den Sommermonaten laufen daher die Anlagen nur in Teillast. Ein schlechter Wirkungsgrad ist die Folge. Um diese Effekte zu mildern, könnten die Kommunen Flächen nicht nur für Photovoltaik, sondern auch für Solarthermie einsetzen. Dieses Potenzial sollte zur Warmwassergewinnung im Sommer sowie in den Randmonaten des Sommers genutzt werden. Die Abschätzung bezieht sich auf eine Umsetzung von 30% des theoretischen Potenzials.								
Handlungsschritte:								
Jeweilige Kommunen:								
Detailuntersuchung an den Gebäuden und den jeweiligen Heizungssystemen. Planung, Ausschreibung und Vergabe. Prüfung auf mögliche Fördermöglichkeiten.								
Zielgruppe:			Verantwortliche und Beteiligte:					
Kommunale Liegenschaften			Kommunen, lokales Handwerk					
Aktuell relevante Fördermittel:								
BAFA								
Erfolgsindikator:								
Anzahl der installierten Anlagen / Anzahl der installierten Fläche								
Kriterienbewertung:				Anmerkung:				
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion		Gering bis mittel 2 Pkt.	Die produzierte Wärme aus Solarthermie wird derzeit mit 25 g CO ₂ /kWh bilanziert. Die Einsparungen beziehen sich auf den angenommenen Energieträger Erdgas.					
Umsetzungszeitraum	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CO ₂ -Einsparung t/a	-	-	154	309	464	619	773	928
Investitionskosten		mittel 3 Pkt.	Die Investitionskosten für Solarthermieanlagen sind in den letzten Jahren wenig gesunken. Die Anlagenpreise belaufen sich bei Anlagen zur Brauchwarmwasserunterstützung durchschnittlich					

		auf 1.000 €/m ² . Dies würde ein theoretisches Investitionsvolumen von 9,9 Mio. € ergeben, wobei eine weitere Degression der Anlagenpreise nicht berücksichtigt ist.
Wirtschaftlichkeit	günstig 4 Pkt.	Projekte erwirtschaften regelmäßig positive Kapitalwerte.
Kosten-Nutzen-Relation	Günstig 4 Pkt.	Durch die Solarthermie können negative Vermeidungskosten generiert werden. Dies bedeutet, dass der Einsatz anstelle von Erdgas oder anderen Energieträgern zu Einsparungen führt. Die Objekte müssen jedoch auf ihre Tauglichkeit hin überprüft werden.
Aufwand für die jeweiligen Kommunen	mittel 3 Pkt.	Der Aufwand für die Kommunen liegt bei der Vergabe des Auftrags für die Detailplanung und der Ausführung. Des Weiteren entsteht ggf. Aufwand bei der Auswahl eines Contractors.
Regionale Wertschöpfung	Mittel 3 Pkt.	Lokales Handwerk als ausführende Instanz für die Montage der Anlage.
Regionaler Bezug	Gering 2 Pkt.	Der Bezug zur Region ist nicht besonders hoch.
Multiplikatorenwirkung	hoch 4 Pkt.	Eine Multiplikatorenwirkung besteht durch den öffentlichkeitswirksamen und umweltpädagogisch wertvollen Einsatz regenerativer Energie auf öffentlichen Gebäuden.



Schnittstellen

- Keine Schnittstelle mit anderen Maßnahmen

Realisierbarkeit / Risiken / Hemmnisse

- Stärke der Sonneneinstrahlung an jeweiligen Orten
- Ungünstige Dachneigung
- Probleme mit Statik

Nächste Umsetzungsschritte

- Detailuntersuchung (Globalstrahlung, Statik des Daches)
- Planung, Ausschreibung und Vergabe
- Ausführungsplanung, Vergabe, Bau und Betrieb
- Fördermaßnahmen prüfen

Durchführungszeitraum: 2014 bis 2020

5.5 Ausbau der KWK und Nahwärmeversorgung in der StädteRegion

KommEE 4

Ausbau der KWK und Nahwärmeversorgung in der StädteRegion

Kurzbeschreibung:

Der Nahwärmeabsatz aus KWK-Anlagen in der StädteRegion insgesamt liegt bei rd. 36 GWh und deckt somit lediglich 1% des gesamten Wärmebedarfes ab. Zurzeit gibt es in der StädteRegion Aachen mehrere kleine Nahwärmenetze, die aus KWK-Anlagen gespeist werden:

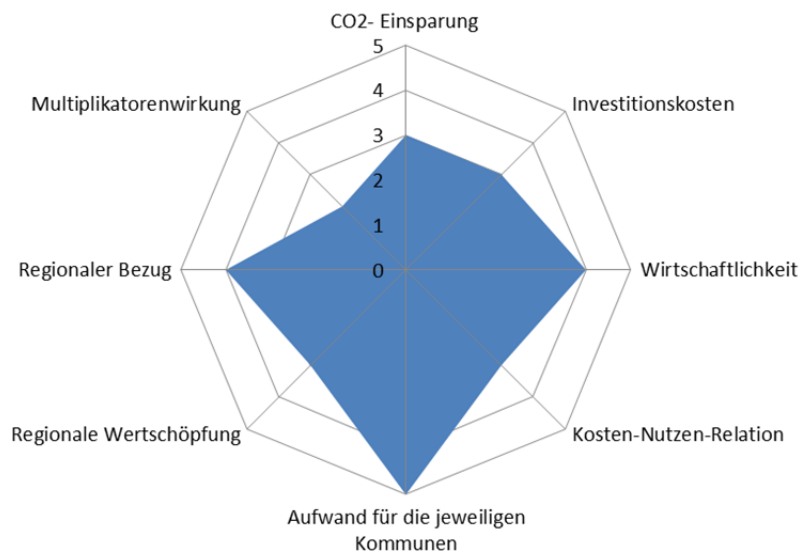
- Im Ortsteil Setterich der Stadt Baesweiler werden rd. 10 GWh Fernwärme abgesetzt, die seit Anfang 2013 vom einem 2 MW BHKW bereitgestellt wird.
- In Würselen werden zwei kleine Nahwärmenetze mit rd. 6 GWh Wärmeabsatz betrieben
- Das Gewerbegebiet IGP in Eschweiler wird mit rd. 6 GWh Fernwärme aus dem Kraftwerk Weisweiler versorgt
- In Herzogenrath-Kohlscheid werden Gebäude rund um das Technologiezentrum mit 14 GWh Fernwärmeabsatz (70% KWK Anteil) versorgt.

Im Bereich der bestehenden KWK-Versorgungssysteme gibt es Ausbaupotenziale, sowohl auf der Absatzseite (Verdichtung, Netzerweiterungen) als auch der Erzeugungsseite (Erhöhung des KWK-Anteils der Erzeugung). Beispiele für mögliche Einzelmaßnahmen in den Gemeinden sind:

- Erweiterung des Nahwärmegebietes in Würselen in Richtung Grundschule Friedrichstraße (180 MWh) und Realschule (900 MWh), Anschluss weiterer Kunden (Sparkasse, Kindergarten Grevenberger Straße, Antoniusheim, MFH) mit weiteren rd. 1-2 GWh Wärmeabsatz
- Verdichtung des Fernwärmenetzes in Herzogenrath Kohlscheid
- Aufbau von KWK-Nahwärmelösungen in Eschweiler Dürwiß (KWK-Modellkommune NRW, Feinkonzept wird z.Z. erstellt) mit rd. 8 GWh Absatzpotenzial
- Ausbau der Fernwärmenutzung in Baesweiler (Verdichtung in Setterich, Industrie- und Gewerbepark)
- Überprüfung des dezentralen KWK-Einsatzes in öffentlichen Gebäuden der StädteRegion, speziell im Bereich der Schulen (nicht quantitativ bewertet)

Handlungsschritte:								
Jeweilige Kommunen: Überprüfung der kommunalen Objekte auf KWK-Eignung oder möglichen Nahwärmean-schluss. Aufbau von Versorgungsstrukturen mit Bürgerbeteiligung (Modellkommune E-schweiler-Dürwiß)								
Kommunale Versorger: Überprüfen der Nahwärmeausbaupotenziale, Kundenansprache								
Zielgruppe:			Verantwortliche und Beteiligte:					
EVU			Kommunen, EVU					
Aktuell relevante Fördermittel:								
KWKG-Förderung 2012, Fördervorhaben KWK-Modellkommune NRW								
Erfolgsindikator:								
Anzahl der neu mit KWK versorgten Gebäude / produzierte Wärme (MWh)								
Umsetzung des Nahwärmeausbaus muss im Wesentlichen durch die kommunal (mit-) be-stimmten EVO erfolgen, Überprüfung und Einflussnahme der Kommunen und der SRA über die Aufsichtsgremien. Ausweis und Nachhaltung der KWK-Nutzung in Liegenschaften in den kommunalen Energieberichten.								
Kriterienbewertung:				Anmerkung:				
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion		mittel 3 Pkt.		Theoretisches Potenzial 2,5 T/a maximal im Jahre 2020 erreichbare CO ₂ -Reduktion pro Jahr.				
Umsetzungszeitraum	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CO ₂ - Einsparung Tt/a	0,0	0,0	0,6	1,1	1,6	1,9	2,3	2,5
Investitionskosten		mittel 3 Pkt.		Die Investitionskosten des Ausbaus können auf Basis pauschalierter Anschluss- und Verteilkosten abzüglich der KWK Förderung für Wärmenetze auf rd. 9 Mio. Euro geschätzt werden.				
Wirtschaftlichkeit		günstig 4 Pkt.		Abhängigkeit von Art der Energiemarktentwick-lung und der Kostensituation vor Ort. Grundsätz-lich kann KWK Aus- und Neubau bei guter Pla-nung und hoher Anschlussdichte wirtschaftlich sein.				

Kosten-Nutzen-Relation	mittel 3 Pkt.	Bei guter Wirtschaftlichkeit und moderaten Netzverlusten ist die Kosten-Nutzen-Relation als mittelmäßig einzuschätzen.
Aufwand für die jeweiligen Kommunen	Gering 5 Pkt.	Ausbau muss durch bestehende Netzbetreiber bzw. EVU erfolgen, mit Impulsgebung durch die Kommunen. Der Aufwand für die Kommunen ist daher gering.
Regionale Wertschöpfung	mittel 3 Pkt.	Grundsätzlich ist eine regionale Wertschöpfung durch Montage, Betrieb und Wartung vorhanden. Voraussetzung dafür ist die Einbindung von lokalen Akteuren. Bei Betrieb durch lokale Versorgungsunternehmen verbleiben die Überschüsse aus KWK-Projekten in der Region.
Regionaler Bezug	Hoch 4 Pkt.	Hoch, da verschiedene lokale Akteure und Zielgruppen der jeweiligen Kommune eingebunden werden (EVU, Sparkassen, Handwerk, Wärmekunden, Stadt).
Multiplikatorenwirkung	gering 2 Pkt.	KWK-Ausbau ist sichtbar und kann weitere Neuanschlüsse im Nahbereich nach sich ziehen. In der Region ist die Übertragbarkeit jedoch wegen der lokalen Spezifika gering.



Schnittstellen

- Zu allen anderen Maßnahmen, die kommunale Liegenschaften betreffen

Durchführungszeitraum: 2015 bis 2020

5.6 Solarthermie auf Mehrparteienliegenschaften

KommEE 5

Solarthermie auf Mehrparteienliegenschaften

Kurzbeschreibung:

Eine besondere Problematik besteht in der Etablierung von neuen Technologien in bestehende Versorgungssysteme. Das bekannte Mieter-Vermieter-Dilemma besagt, dass der Vermieter wenig Anreiz hat, in effizientere Anlagentechnik und gebäudeseitige Dämmmaßnahmen zu investieren, da die Kapitalkosten nur sehr begrenzt über die Miete an die Mieter weitergeben werden können. Von den Energieeinsparungen durch gesunkenen Energieverbrauch profitieren letztlich nur die Mieter, nicht aber die Eigentümer (Investoren). In der Praxis ist es so, dass der Vermieter grundsätzlich die Miete erhöhen kann, aber nur im Rahmen der örtlichen Vergleichsmiete (Mietspiegel, §558 BGB). Er kann sie also unabhängig von einer Investition in moderne Anlagentechnik so oder so in gleichem Umfang erhöhen - damit lohnt sich für ihn die Investition nicht. Eine entsprechend effizientere Technologie zur Wärmegewinnung kommt nicht zum Einsatz. Eine Lösung bietet die Änderung der Wärmelieferverordnung (WärmeLV). Dieser Umstand ist den wenigsten Eigentümern/Investoren bekannt.

Hintergrund ist das Mietrechtsänderungsgesetz, welches das BGB bezüglich des Mietrechts (§ 556c) ändert. Neu ist, dass eine Umstellung von Eigenversorgung durch den Vermieter auf gewerbliche Wärmelieferung durch einen dritten (Contracting, Wärmenetz) erfolgen darf. Die anfallenden Wärmelieferkosten können als Betriebskosten auf die Mieter umgelegt werden. Voraussetzungen sind:

- Verbesserte Effizienz der Wärmelieferung
- Kostenneutralität für Mieter

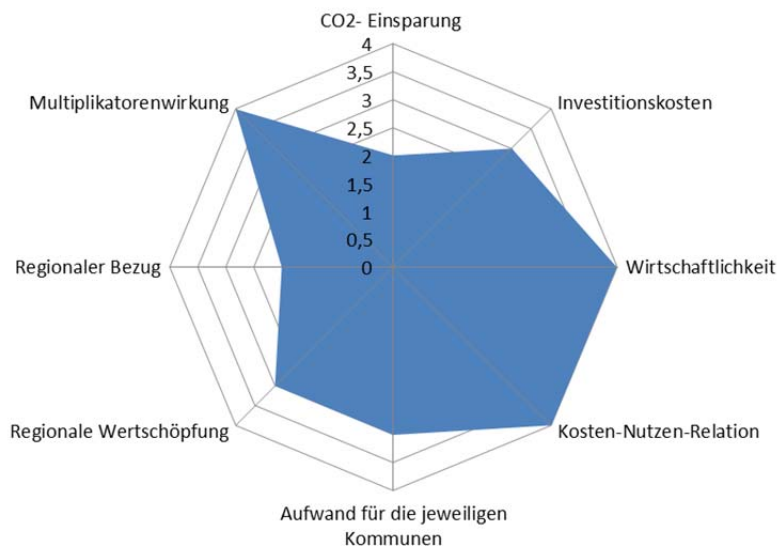
Die Wärmelieferverordnung (WärmeLV) regelt rechtliche und technische Details der Umstellung. So wird es dem Vermieter ermöglicht auf andere moderne Technologien umzustellen ohne die Kosten vollständig allein tragen zu müssen. Durch eine solche Maßnahme profitieren alle Seiten. Der Vermieter kann die Wärmeversorgung modernisieren ohne die Zusatzkosten tragen zu müssen bei gleichzeitiger Verbesserung des Primärenergiefaktors. Gleichzeitig können die CO₂-Emissionen des Gebäudes vermindert werden. Für den Mieter ändert sich nichts, da per Gesetz festgelegt ist, dass der Mieter nicht schlechter gestellt wird und die neuen Kosten der Wärmelieferung die bisherigen Betriebskosten der bisherigen Eigenversorgung nicht übersteigen.

Handlungsschritte:

Jeweilige Kommunen:

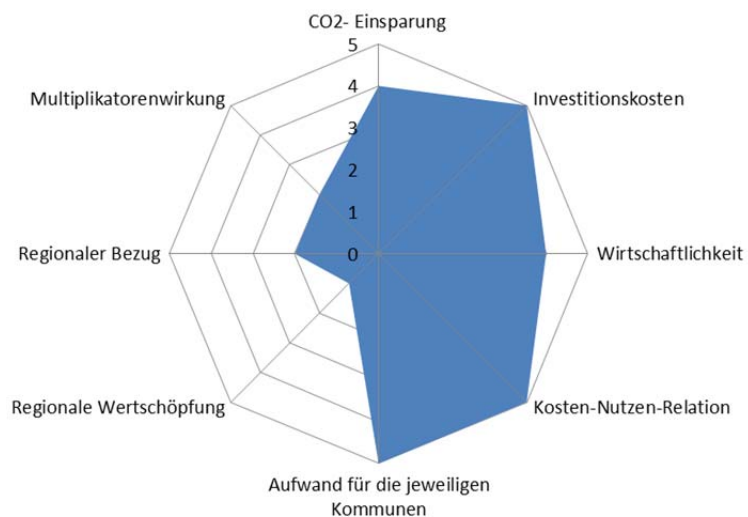
Workshops/ Aufklärungskampagnen

Zielgruppe:			Verantwortliche und Beteiligte:					
Gebäudeeigentümer, Bürger Mieter			Ggf. Klimaschutzmanager Dachverband der Haus- und Wohnungswirtschaft					
Aktuell relevante Fördermittel: n.b.								
Erfolgsindikator:								
Anzahl der Neuinstallation von Solarthermiegroßprojekten								
Kriterienbewertung:				Anmerkung:				
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion			Gering bis mittel 2 Pkt.					
Umsetzungszeitraum	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CO ₂ - Einsparung t/a	-	-	-	-	-	-	-	-
Investitionskosten		mittel 3 Pkt.		Die Investitionskosten für Solarthermieanlagen sind in den letzten Jahren wenig gesunken. Die Anlagenpreise belaufen sich bei Anlagen zur Brauchwarmwasserunterstützung durchschnittlich auf 1.000 €/m ² . Wie hoch die Umsetzungsrate nach der Maßnahme ist kann nicht festgelegt werden. Daher können Investitionskosten nicht-geschätzt werden.				
Wirtschaftlichkeit		günstig 4 Pkt.		Solarthermieprojekte sind bei entsprechender Planung wirtschaftlich darstellbar.				
Kosten-Nutzen-Relation		Günstig 4 Pkt.		Durch die Solarthermie können negative Vermeidungskosten generiert werden. Dies bedeutet, dass der Einsatz anstelle von Erdgas oder anderen Energieträgern zu Einsparungen führt. Die Objekte müssen jedoch auf ihre Tauglichkeit hin überprüft werden.				
Aufwand für die jeweiligen Kommunen		mittel 3 Pkt.		Es entsteht bei Umsetzung der Maßnahme ein Mittelhoher Aufwand bei den Kommunen.				

Regionale Wertschöpfung	Mittel 3 Pkt.	Lokales Handwerk als ausführende Instanz für die Montage der Anlage. Ebenfalls sind regionale Contractoren, denkbar hier EVU, involviert.
Regionaler Bezug	Gering 2 Pkt.	Der Bezug zur Region ist nicht hoch.
Multiplikatorenwirkung	hoch 4 Pkt.	Eine Multiplikatorenwirkung besteht durch den öffentlichkeitswirksame Infoveranstaltungen und „Mund zu Mund Propaganda“ innerhalb der angesprochenen Gruppe von Gebäudeeigentümern.
		
Schnittstellen Keine Schnittstelle mit anderen Maßnahmen		
Realisierbarkeit / Risiken / Hemmnisse Bestehende Skepsis / Desinteresse seitens Eigentümer / Vermieter		
Nächste Umsetzungsschritte - Zielgruppe für Informationskampagne identifizieren - Kontakt zu entsprechender Interessengruppe herstellen - Gezielte Aufklärungsarbeit leisten - Ggf. Monitoring, zeitlicher Verlauf der tatsächlichen Umsetzung		
		Durchführungszeitraum: ab 2014

5.7 Einsatz von Biogas und Biomethan

KommEE 6	Einsatz von Biogas und Biomethan
Kurzbeschreibung:	
In der StädteRegion werden mehrere größere KWK-Anlagen (>200 kW) eingesetzt, so in • Baesweiler mit 2 MW_{el} (IBN 2013) • Würselen im Aquana und in der Lehnstrasse • Herzogenrath-Kohlscheid (2 Module, 2 MW insgesamt) Diese Anlagen können auch mit dem chemisch gleichwertigen Biomethan, also auf Erdgasqualität aufbereitetem Biogas, betrieben werden und nach dem EEG vergütet werden. Es wird empfohlen, die Umstellung auf Biomethan, die nach Ablauf der KWK-Förderung oft auch wirtschaftlich ist, zu prüfen. Dadurch werden fossile Ressourcen geschont und Biogasanlagen besser ausgelastet. Als weitere Maßnahmen im Bereich Biogasnutzung sollte der Einsatz von Rohbiogas aus bestehenden Anlagen in räumlich benachbarten Wärmesenken geprüft werden. Dies wird bereits in Baesweiler zur Versorgung des Schwimmbad-BHKW eingesetzt, eine weitere Nutzung könnte in Würselen zur Versorgung des MZ Bardenberg aus der Biogasanlage sein. Dies muss separat auf Machbarkeit geprüft werden.	
Handlungsschritte:	
EVU: Überprüfung der BHKW auf Biomethaneinsatz und Umstellung auf EEG Betrieb	
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:
EVU	EVU
Aktuell relevante Fördermittel:	
KWKG-Förderung 2012, EEG 2012	
Erfolgsindikator:	
Umsetzung muss im Wesentlichen durch die kommunal (mit-)bestimmten EVU erfolgen, Überprüfung und Einflussnahme der Kommunen und der SRA über die Aufsichtsgremien.	



Schnittstellen

- Zu allen anderen Maßnahmen, die BHKW betreffen

Durchführungszeitraum: 2014 bis 2018

5.8 KWK Informationskampagne

KommEE 7	KWK Informationskampagne	
Kurzbeschreibung:		
Generell sind im Wohnbereich bezüglich der Kraft-Wärme-Kopplung oftmals Informationsdefizite und Hemmnisse vorhanden, die durch Informationskampagnen (z.B. KWK-Infotage, Schulaktionswochen, Informationen in Kundenzeitschriften der Gasversorger) gemindert werden können. Neben den Kommunen sind hier auch Energieversorger und Handwerk mit direktem Kundenkontakt zu den Eigentümern gefragt. Daher wird empfohlen: • KWK Infotage im Rahmen von Messen und Veranstaltungen durchzuführen • EVU bezüglich Beteiligung ansprechen		
Handlungsschritte:		
StädteRegion Aachen bzw. Kommunen:		
1. Vorbereiten einer Kampagnenstrategie 2. Ggfs. Sponsoren/Partner (Anlagenbauer) ansprechen bez. finanzieller Unterstützung/(Informationsmaterial)		
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:	
Eigenheimbesitzer (Groß) Immobilienbesitzer	Örtliches Handwerk, StädteRegion Aachen Kommunen, örtliche EVU	
Aktuell relevante Fördermittel:		
keine		
Erfolgsindikator:		
Anzahl der Kampagnen		
Kriterienbewertung:		Anmerkung:
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion		Nicht quantifizierbar
Finanzieller Aufwand (Sachkosten, Dritte)		mittel
Zeitlicher Aufwand (Personal)		hoch
		Durchführungszeitraum: 2014 ff

5.9 KWK Ausbau in Würselen

KommEE 8a	KWK Ausbau in Würselen	
Kurzbeschreibung:		
Erweiterung des Nahwärmegebietes in Würselen in Richtung Grundschule Friedichstr. (180 MWh) und Realschule (900 MWh) , Anschluss weiterer Kunden (Spar-kasse, Kindergarten Grevenberger Str., Antoniusheim, MFH) mit weiteren rd. 1-2 GWh Wärmeabsatz.		
Handlungsschritte:		
Kommune:		
Steuergremien (Steuerkreis) bilden, um Planung ggf. in Gang setzen zu können (siehe KWK Modellkommune Eschweiler-Dürwiß)		
Erfahrungsaustausch mit Kommunen, die solche Vorhaben bereits umgesetzt haben.		
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:	
Verantwortliche der Liegen-schaften	Örtliches Handwerk, Kommunen, örtliche EVU, Beratungs-unternehmen	
Aktuell relevante Fördermittel:		
KWK Impulsprogramm im Rahmen von progres.nrw		
Erfolgsindikator:		
Anzahl neuer Hausanschlüsse an die die Fernwärme (oder Verdichtung in MWh)		
Kriterienbewertung:		Anmerkung:
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion		Nicht quantifizierbar
Finanzieller Aufwand (Sachkosten, Dritte)		mittel-hoch
Zeitlicher Aufwand (Personal)		hoch
		Durchführungszeitraum: 2014 ff

5.10 KWK Verdichtung in Herzogenrath Kohlscheid

KommEE 8b	Verdichtung des Fernwärmenetzes in Herzogenrath Kohlscheid	
Kurzbeschreibung:		
Verdichtung/Erweiterung des Fernwärmegebietes in Herzogenrath Kohlscheid		
Handlungsschritte:		
Kommune:		
Steuerghremien (Steuerkreis) bilden, um Planung ggf. in Gang setzen zu können (siehe KWK Modellkommune Eschweiler-Dürwiß)		
Erfahrungsaustausch mit Kommunen, die solche Vorhaben bereits umgesetzt haben.		
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:	
Verantwortliche der Liegen-schaften	Örtliches Handwerk, Kommunen, örtliche EVU, Beratungs-unternehmen	
Aktuell relevante Fördermittel:		
KWK Impulsprogramm im Rahmen von progres.nrw		
Erfolgsindikator:		
Anzahl neuer Hausanschlüsse an die die Fernwärme (oder Verdichtung in MWh)		
Kriterienbewertung:		Anmerkung:
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion		Nicht quantifizierbar
Finanzieller Aufwand (Sachkosten, Dritte)		mittel-hoch
Zeitlicher Aufwand (Personal)		hoch
		Durchführungszeitraum: 2014 ff

5.11 Aufbau von KWK-Nahwärmelösungen in Eschweiler Dürwiß

KommEE 8c	Aufbau von KWK-Nahwärmelösungen in Eschweiler Dürwiß	
Kurzbeschreibung:		
Aufbau von KWK-Nahwärmelösungen in Eschweiler Dürwiß mit rd. 8 GWh Absatzpotenzial gemäß den bereits entwickelten Strategien und Umsetzen des bestehenden Feinkonzepts aus dem Vorhaben „KWK-Modellkommune NRW“		
Handlungsschritte:		
Kommune: Steuergremien (Steuerkreis) bilden, um Planung ggf. in Gang setzen zu können Erfahrungsaustausch mit Kommunen, die solche Vorhaben bereits umgesetzt haben.		
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:	
Verantwortliche der Liegen-schaften	Örtliches Handwerk, Kommunen, örtliche EVU, Beratungs-unternehmen	
Aktuell relevante Fördermittel:		
KWK Impulsprogramm im Rahmen von progres.nrw		
Erfolgsindikator:		
Anzahl neuer Hausanschlüsse an die die Fernwärme (oder Verdichtung in MWh)		
Kriterienbewertung:		Anmerkung:
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion		Nicht quantifizierbar
Finanzieller Aufwand (Sachkosten, Dritte)		mittel-hoch
Zeitlicher Aufwand (Personal)		hoch
		Durchführungszeitraum: 2014 ff

5.12 Ausbau der Fernwärmenutzung in Baesweiler

KommEE 8d	Ausbau der Fernwärmenutzung in Baesweiler	
Kurzbeschreibung:		
Ausbau der Fernwärmenutzung in Baesweiler (Verdichtung in Setterich, Industrie- und Gewerbepark)		
Handlungsschritte:		
Kommune: Steuergremien (Steuerkreis) bilden, um Planung ggf. in Gang setzen zu können (siehe KWK Modellkommune Eschweiler-Dürwiß) Erfahrungsaustausch mit Kommunen, die solche Vorhaben bereits umgesetzt haben		
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:	
Verantwortliche der Liegenschaften	Örtliches Handwerk, Kommunen, örtliche EVU, Beratungsunternehmen	
Aktuell relevante Fördermittel:		
KWK Impulsprogramm im Rahmen von progres.nrw		
Erfolgsindikator:		
Anzahl neuer Hausanschlüsse an die die Fernwärme (oder Verdichtung in MWh)		
Kriterienbewertung:		Anmerkung:
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion		Nicht quantifizierbar
Finanzieller Aufwand (Sachkosten, Dritte)		mittel-hoch
Zeitlicher Aufwand (Personal)		hoch
		Durchführungszeitraum: 2014 ff

5.13 Durchführung einer Bürgerwerkstatt

KoopEE 1	Durchführung einer Bürgerwerkstatt
Kurzbeschreibung: Maßnahmen, die der Umsetzung von Projekten im Bereich der Erneuerbaren Energien dienen, haben unterschiedlichste Auswirkungen auf Gebiete und damit direkt auch auf die Bewohner. So hat beispielsweise der Ausbau der Windenergie einen großen Einfluss auf die Lebensqualität der angrenzenden Bewohnerschaft. Projekte im Bereich der erneuerbaren Energien haben daher mit zunehmenden Ausbaugrad oft ein Akzeptanzproblem, da die Energiewende in Deutschland vermehrt sichtbar wird. Dies gilt es positiv zu beeinflussen. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass die frühzeitige Möglichkeit der Partizipation an Projekten im Bereich der EE zu einem massiven Abbau von Hemmnissen bei der anschließenden Umsetzung führt. Daher sollte der Bürger von Beginn an das Projekt kennen, verstehen und begleiten. Entscheidungen „von oben“ führen in der Regel zu nicht gewünschten Reaktionen seitens der Betroffenen. Ziel einer Bürgerwerkstatt ist es, Information zum aktuellen Stand von geplanten Projekten bereitzustellen, die sich aus den Maßnahmen des Klimaschutzteilkonzepts ergeben. Ein weiteres Ziel ist die Überprüfung von Maßnahmen hinsichtlich des noch vorhandenen Konsens über die Durchführung bzw. die Erarbeitung eines Problemkatalogs und dessen Abarbeitung bis kein Dissens mehr besteht. Hauptziel ist der Abbau von Hemmnissen innerhalb der Bevölkerung durch Aufklärung und Zustimmung zu kritischen bzw. strittigen Projekten. Daher wird empfohlen: • Gründung und Durchführung einer Bürgerwerkstatt • dass die StädteRegion Aachen als Initiator von interkommunalen Klimaschutzprojekten diese Gründung vorantreibt und weiter begleitet bzw. über die Teilnahme eines Mitarbeiters der Klimaschutzstabstelle den inhaltlichen Austausch gewährleistet	
Handlungsschritte: StädteRegion Aachen 1. Einladung der Energiemanager der Kommunen zum Erfahrungsaustausch; 2. Einladung betroffener und interessierter Bürger 3. Erarbeitung der möglichen Problemfelder <u>vor</u> Projektumsetzung gemäß der nächsten Handlungsschritte.	
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:
Bürger	StädteRegion initiiert die Bürgerwerkstatt als interkommunale Veranstaltung; die einzelnen Kommunen bringen „Vor-Ort-Kenntnisse“ über Energiebeauftragten ein; Akteure der Maßnahme (Wirtschaft, Genossenschaften, Einzelpersonen)

Aktuell relevante Fördermittel:		
keine		
Erfolgsindikator:		
Projektträger bzw. für die Umsetzung maßgeblich beteiligte Akteure nehmen themenspezifisch an den Sitzungen teil. Der Fortschritt beim Abbau von Hindernissen wird protokolliert. Anzahl der durchgeführten Veranstaltungen.		
Kriterienbewertung:		Anmerkung:
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion		Nicht quantifizierbar
Finanzieller Aufwand (Sachkosten, Dritte)		mittel
Zeitlicher Aufwand (Personal)		mittel
		Durchführungszeitraum: 2014 ff

5.14 Gründung einer Energiegenossenschaft

KoopEE 2	Gründung einer Energiegenossenschaft
Kurzbeschreibung: Die Gründung einer Energiegenossenschaft dient der Bündelung von Interessenvertretern, die einzelne Projekte gemäß Maßnahmenkatalog anregen und anschieben können. Durch die genossenschaftliche Organisationsform lassen sich Bürgerengagement und wirtschaftlicher Erfolg positiv verknüpfen. Energiegenossenschaften verfolgen das Ziel einer dezentralen von großen Playern des Energiemarktes unabhängigen Energiegewinnung unter Gesichtspunkten des Umweltschutzes. Ihrer Ausprägung nach ist sie eine Art Bürgerbeteiligung mit Verbreitung auf kommunaler Ebene. Durch sie haben Bürger die Gelegenheit an der Energiewende zu partizipieren und den Klimaschutz aktiv zu unterstützen. Die Energiegenossenschaft bietet einen bewährten rechtlichen Rahmen und garantiert durch ihre demokratische Struktur Stabilität und Sicherheit für das Unternehmen.⁵ Diese Energiegenossenschaft könnte dann beispielsweise die Gründung von Gesellschaften bezüglich Erneuerbarer Energien vorbereiten und begleiten und somit die Möglichkeit schaffen, als Anlage- und Investitionsinstitution zu dienen. Daher wird empfohlen: • Gründung von Energiegenossenschaften im Bereich der Potenziale der Erneuerbaren Energien in der StädteRegion • Gründung von interkommunalen Energiegenossenschaften für entsprechende Teildisziplinen	
Handlungsschritte: StädteRegion Aachen bzw. Kommunen: 1. Identifizieren einer realisierbaren Gründungsidee 2. Einladung interessierter Akteure der relevanten Zielgruppe 3. Ziele fixieren	
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:
Bürger Örtliches Handwerk StädteRegion Aachen Kommunen örtliche EVU	StädteRegion kann als übergeordnete Organisationseinheit die Rahmenbedingungen zur Gründung einer Energiegenossenschaft schaffen; denkbar als Initiatoren sind jedoch die jeweiligen Kommunen oder EVUs.

⁵ Bauer, S. et al; 2009; Die Energiegenossenschaft

Aktuell relevante Fördermittel:	
keine	
Erfolgsindikator:	
Anzahl von Gründungen themenspezifischer Energiegenossenschaften	
Kriterienbewertung:	Anmerkung:
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion	Nicht quantifizierbar
Finanzieller Aufwand (Sachkosten, Dritte)	mittel
Zeitlicher Aufwand (Personal)	hoch
	Durchführungszeitraum: 2014 ff

KommEE 2	Gründung einer Energiegenossenschaft
Kurzbeschreibung:	
Die Gründung einer Energiegenossenschaft dient der Bündelung von Interessenvertretern, die einzelne Projekte gemäß Maßnahmenkatalog anregen und anschieben können. Durch die genossenschaftliche Organisationsform lassen sich Bürgerengagement und wirtschaftlicher Erfolg positiv verknüpfen. Energiegenossenschaften verfolgen das Ziel einer dezentralen von großen Playern des Energiemarktes unabhängigen Energiegewinnung unter Gesichtspunkten des Umweltschutzes. Ihrer Ausprägung nach ist sie eine Art Bürgerbeteiligung mit Verbreitung auf kommunaler Ebene. Durch sie haben Bürger die Gelegenheit an der Energiewende zu partizipieren und den Klimaschutz aktiv zu unterstützen. Die Energiegenossenschaft bietet einen bewährten rechtlichen Rahmen und garantiert durch ihre demokratische Struktur Stabilität und Sicherheit für das Unternehmen.⁶ Diese Energiegenossenschaft könnte dann beispielsweise die Gründung von Gesellschaften bezüglich Erneuerbarer Energien vorbereiten und begleiten und somit die Möglichkeit schaffen, als Anlage- und Investitionsinstitution zu dienen. Daher wird empfohlen: • Gründung von Energiegenossenschaften im Bereich der Potenziale der Erneuerbaren Energien in der StädteRegion • Gründung von interkommunalen Energiegenossenschaften für entsprechende Teildisziplinen	
Handlungsschritte:	
StädteRegion Aachen bzw. Kommunen: 1. Identifizieren einer realisierbaren Gründungsidee 2. Einladung interessierter Akteure der relevanten Zielgruppe 3. Ziele fixieren	
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:
Bürger Örtliches Handwerk StädteRegion Aachen Kommunen örtliche EVU	StädteRegion kann als übergeordnete Organisationseinheit die Rahmenbedingungen zur Gründung einer Energiegenossenschaft schaffen; denkbar als Initiatoren sind jedoch die jeweiligen Kommunen oder EVUs.

⁶ Bauer, S. et al; 2009; Die Energiegenossenschaft

Aktuell relevante Fördermittel:		
keine		
Erfolgsindikator:		
Anzahl von Gründungen themenspezifischer Energiegenossenschaften		
Kriterienbewertung:		Anmerkung:
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion		Nicht quantifizierbar
Finanzieller Aufwand (Sachkosten, Dritte)		mittel
Zeitlicher Aufwand (Personal)		hoch
		Durchführungszeitraum: 2014 ff

5.15 Energetische Nutzung von interkommunalem Kompostabfällen/ Grünschnitt

KoopEE 3	Nutzung von interkommunalem Kompostabfällen / Grünschnitt / Biomasse zur Biogasgewinnung, Verstromung und eventueller Wärme- und Stromgewinnung
Kurzbeschreibung:	
Die StädteRegion Aachen verfügt bereits über ein sehr effizientes System zur energetischen Nutzung von anfallenden Bioabfällen und des Grünschnitts/ Straßenbegleitgrüns. Die bestehende Anlage schöpft jedoch nicht das gesamte Potenzial ab. So werden derzeit noch rund 32.000 t/a Bioabfälle und Grünschnitt nach Köln bzw. Erftstadt transportiert. Allein hieraus resultieren CO₂-Emissionen, die durch eine Erweiterung der Anlage bzw. Bau einer weiteren Anlage an anderem Standort vermieden werden könnten. Energetisch verwendbare Stoffe sollten in der Region verbleiben und auch hier dementsprechend genutzt werden. Ziel ist es diese, Abfälle in der StädteRegion zu belassen, zu behandeln, um sie energetisch nutzen zu können. Die Kommunen liefern weiterhin das Inputmaterial. Das Know-how zur Verarbeitung hat bereits der örtliche Entsorger der StädteRegion Aachen. Dieses Potenzial kann zu Synergieeffekten führen. Eine noch zu ermittelnde Kooperations- und Gesellschaftsform setzt dieses um. Hier ist zu beachten, dass die bestehenden Verbindungen der Kommunen zum Entsorger genutzt werden können, um eine rasche Umsetzung zu realisieren, da auf bestehende Strukturen aufgebaut werden kann. Daher wird empfohlen: • Überprüfung hinsichtlich der Kooperationsform zur energetischen Nutzung des restlichen Potenzials an Bioabfällen	
Handlungsschritte:	
Kommunen / regionaler Versorger: 1. Initiieren einer Arbeitsgruppe 2. Kooperationsformen analysieren 3. Ziele fixieren	
Zielgruppe:	Verantwortliche und Beteiligte:
Nahwärmegebiet	Kommunen und regionaler Entsorger
Aktuell relevante Fördermittel:	
KWK-G, EEG	
Erfolgsindikator:	
Reduktion der Fahrten mit Biomasse zu externer Entsorgung außerhalb der StädteRegion Aachen (Abfahrt der Abfälle nach Köln bzw. Erftstadt).	

Kriterienbewertung:		Anmerkung:
Ressourcen- bzw. CO ₂ -Reduktion	2.128 t/a	Entsprechend der Variante ohne Wärme, Ver- stromung
Finanzieller Aufwand (Sachkosten, Dritte)	1.600 T€	ohne Nahwärmenetz
Zeitlicher Aufwand (Personal)		Nicht quantifizierbar
		Durchführungszeitraum: 2014 ff

5.16 Exkurs: Finanzierungsmöglichkeiten für erneuerbare Energien

Über die im EEG geregelte Vergütung für ins Netz eingespeisten erneuerbaren Strom erfolgt in Deutschland eine stabile, zuverlässige Finanzierung von Investitionen in erneuerbare Stromerzeugung über einen festgesetzten Zeitraum von bis zu 20 Jahren. Diese Planungssicherheit hat für einen kontinuierlichen Ausbau von EEG-Anlagen gesorgt. Eine entscheidende Frage bei einer Investition ist die Art der Finanzierung. Im Folgenden sollen einzelne Formen bzw. Modelle erläutert werden.

Grundsätzlich kommen Finanzierungen größerer Art (Windkraftanlage, Windpark, größere PV-Anlage) durch den örtlichen Energieversorger, Projektgesellschaften, Anlagenhersteller, Energiegenossenschaften (vertreten durch die Stadtverwaltung, den örtlichen Energieversorger, Bürger aus der Stadt und von außerhalb) und reine Bürgerzusammenschlüsse in Frage. Die gebräuchlichste Form der Finanzierung ist die Organisationsform GmbH und Co. KG, welche Eigentümerin z.B. einer Windkraftanlage oder eines Windkraftparks ist. Diese wird über stille Beteiligte finanziert, wobei die GmbH Komplementär und Vollhafter bis zu einer Höhe von 25.000 EUR ist. Interessierte Anleger beteiligen sich als Kommanditisten (Co.) an der Anlage, tragen einen vereinbarten Betrag zum Projekt bei und sind am Gewinn oder Verlust anteilig beteiligt. Neben Kleinanlegern (z.B. Bürger) können auch Genossenschaften, die Stadtwerke oder privatwirtschaftliche Institutionen Einlagengeber sein (Heier, 2012).

Eine weitere Organisationsform der Finanzierung bieten geschlossene (Umwelt-)Fonds. Diese haben in der Regel die Rechtsform der Kommanditgesellschaft (KG), einer GmbH und Co. KG, einer Kommanditgesellschaft auf Aktien (KGaA) (Kapitalgesellschaften) sowie einer GbR bzw. GbRmbH (Personalgesellschaften). Vor allem Windkraftprojekte werden häufig über geschlossene Umweltfonds finanziert. Im Zuge des Umbaus des deutschen Strommarktes („Energiewende“) wird sowohl seitens der Bundesregierung als auch der Länder eine Beteiligung der Bürger an der Planung, aber auch an der Finanzierung der Energie-Projekte gewünscht, da die Errichtung von z.B. Windkraftanlagen in Außenbereichen von Stadtgebieten oder der Bau von Hochspannungsleitungen eine nicht zu unterschätzende Auswirkung auf Mensch, Natur und Stadtbild ausübt. Durch die konzeptionelle und finanzielle Beteiligung der Bürger bei der Planung und beim Betrieb dieser Anlagen wird somit eine größere Akzeptanz angestrebt. Im Verantwortungsbereich der StädteRegion Aachen bzw. der einzelnen Gemeinden liegt eine frühzeitige Information der Bürger über die Planungen seitens der Verwaltung bei der Ausweisung von Konzentrationszonen für die Nutzung einzelner Energieträger. Vorteilhaft wäre hierbei, schon während der Erstellungsphase der Teilflächennutzungspläne mit den Bürgern auf Veranstaltungen zu kommunizieren und die Verbindung zu Planern und Verbänden herzustellen.

Eine Möglichkeit der kommunalen Finanzierung bieten „Grüne Kommunalanleihen“, welche speziell in die Energiewende investieren. Ziel der Anleiheemission einer Kommune ist die Finanzierung städtischer, erneuerbarer Energieprojekte bzw. städtischer Energieeffizienzprojekte. Für die Emission wird eine Bank beauftragt. Den Markt bilden Gläubiger, zu denen gewerbliche Investoren, aber zum Beispiel auch Bürger gehören können (Limbach, 2013). Diese Art der Kommunalfinanzierung wird zukünftig, gerade vor dem Hintergrund der Anforderungen und Auswirkungen durch Basel III (Unterlegung von Krediten mit mehr Eigenkapital durch die Banken), auch in Deutschland und Europa eine immer größer werdende Bedeutung beigemessen. Um eine Übersicht zu erhalten, stellt die folgende Tabelle 57 die grundsätzlich wichtigsten Anlageformen dar:

Anlageform	Vorteil	Nachteil	Zielgruppe
<i>Direkte Beteiligung an Projekten / Beteiligungskapital</i>	Direkte Einflussnahme	Hohes Maß an Sachkenntnis gefordert Bereitstellung großer Summen Mittlerückflüsse zeitversetzt Risikostreuung bei einem Projekt nicht möglich	Institutionelle Anleger
<i>Offene Fonds</i>	Ankauf und Verkauf von Anteilen unproblematisch Kurzfristig handelbar an der Börse Risikostreuung möglich Relativ sichere Rendite Günstige Besteuerung der Gewinne Attraktiv für Anleger, da kleine Anteile an großen Projekten möglich Transparente Ergebnisse (Zeitung etc.)	Ausgabeaufschläge, Gewinn schmälern Verwaltungskosten	Kleinanleger Institutionelle Anleger
<i>Geschlossene Fonds</i>	Risikostreuung möglich	Kauf von Anteilen nur möglich, wenn Anteile verfügbar Kleines Zeitfenster zum Kauf Ausgabeaufschläge, Gewinn schmälern Verwaltungskosten Investor wird i.d.R. Kommanditist Keine übergeordnete Kontrolle → grauer Kapitalmarkt	Kleinanleger Institutionelle Anleger
<i>Anleihen und Genussscheine</i>	Anlage mit kleinen Beträgen Anleihen feste Verzinsung Bei Genussscheinen oft Mindestverzinsung Wenig Volatil Aktien- und Anleihenmarkt nicht verlinkt	Gewinne nur entsprechend der Zinszahlung - keine weiteren Gewinne möglich Fehlendes Stimmrecht Nachrangiges Kapital – Totalausfall bei Insolvenz	Kleinanleger
<i>Thematische Aktien / Zertifikate</i>	Dividendenzahlungen Kursgewinne	Kursverluste Keine Risikodiversifikation Transaktionskosten	Kleinanleger Institutionelle Anleger

Tabelle 57: Übersicht der wichtigsten Anlageformen (EEB)

6 Zusammenfassung und Fazit

Aus gutachterlicher Sicht verfügt die StädteRegion Aachen mit den hier untersuchten neun Kommunen (ohne Stadt Aachen) über ein beachtliches Potenzial der Erneuerbaren Energien. Sowohl das Potenzial im Bereich der Wärmegewinnung als auch das Potenzial im Bereich der Stromgewinnung hat Dimensionen, die eine erfolgreiche kommunale Energiewende möglich machen.

Die Untersuchungen konnten zeigen, dass in den Kommunen schon in der Vergangenheit viel zum Klimaschutz beigetragen wurde und sich diese somit auf dem richtigen Weg befinden, um kommunale, Landes- und Bundesziele zu erreichen. Wie auch auf nationaler Ebene zu beobachten, ist die Umsetzung der Potenziale in den unterschiedlichen Sektoren unterschiedlich.

Dies liegt zum einen an den unterschiedlichen Anforderungen, die die jeweilige Technologie hat und zum anderen an der Förderung. So können im Bereich der Stromgewinnung die Potenziale wesentlich zügiger umgesetzt werden als beispielsweise im Bereich erneuerbare Wärme.

Strom für eine Region bzw. eine Kommune kann anders erzeugt werden als die Wärme, die die Gebäude benötigen. Die Stromerzeugung ist also weniger individuell geprägt, als die Wärmerzeugung. Geprägt jedoch durch den sehr heterogenen Gebäudebestand ist eine Vielzahl von individuellen Lösungen notwendig, um die Erneuerbaren im Wärmebereich zu etablieren.

So können bei Umsetzung der Strompotenziale bis zum Jahre 2030:

- mehr als 94 Prozent des benötigten Stroms der StädteRegion Aachen aus Erneuerbaren Energien gewonnen werden (bezogen auf den prognostizierten Stromverbrauch 2030 im Modellraum)

Und dabei

- ca. 321.000 Tonnen pro Jahr klimaschädliches CO₂ eingespart werden.

Im Bereich der Wärme aus Erneuerbaren Energien kann ein solches Ziel derzeit nicht erreicht werden. Hierzu bedarf es entweder eines sehr starken Preisanstiegs der fossilen Energieträger oder einer Änderung der gesetzlichen Grundlagen zur Förderung zu Gunsten der Technologien der Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien. Wie sich die Preise der Energie tatsächlich entwickeln werden, können die Gutachter nicht beurteilen. Allerdings halten sie fest, dass im Bereich regenerativer Wärme ein großes Potenzial vorhanden ist. Man bedenke hier beispielsweise nur das große Potenzial der Solarthermie, wenn – rein theoretisch – auf jedem in Betracht kommenden Dach eine entsprechende Anlage installiert würde. Im Ergebnis zeigt sich jedoch, dass die Erneuerbare Wärme nicht die Gesamtgrößen erreichen kann, wie es der Erneuerbare Strom vermag. So hat die erneuerbare Wärme einen Anteil von ca. sieben Prozent im Wärmemarkt 2013. Die machbaren Potenziale liegen bei:

- Ca. 9 Prozent aus zusätzlicher erneuerbarer Wärme am gesamten Wärmebedarf in der StädteRegion Aachen im Jahr 2030.

Damit könnten im Jahre 2030

- Ca. 65.004 Tonnen pro Jahr klimaschädliches CO₂ eingespart werden.

Die vorliegende Studie hat gezeigt, welcher Fokus in der StädteRegion Aachen gesetzt werden sollte, um die gemeinsam gesetzten Ziele zu erreichen. So haben einige Kommunen ein herausragendes Windpotenzial, andere Kommunen mitunter deutlich weniger. Da Klimaschutz jedoch nicht an den kommunalen Grenzen endet, spielt es letztlich keine Rolle in welcher Region innerhalb der StädteRegion Aachen die größten Potenziale schlummern. Den jeweiligen Kommunen wird daher empfohlen, auf die kommunalspezifische Situation einzugehen und die Kräfte auf diejenige Maßnahme zu bündeln, welche den größten Potenzialgewinn verspricht.

- **Alsdorf:** In Alsdorf ist aufgrund der Flächenstruktur nur ein geringer Ausbau der Windkraft möglich bei einem CO₂-Minderungspotenzial von 5.093 t/a (10% des Strombedarfs). Im Bereich Photovoltaik können weitere 565 t/a eingespart werden, wobei u.a. öffentliche Gebäude wie das Rathaus und das Kaufhaus in der Bahnhofstrasse Dachflächenpotenziale beisteuern können.

Im Bereich der Wärmeerzeugung liegt der Fokus auf Solarthermie im privaten und öffentlichen Bereich (z.B. ebenfalls das Rathaus und das Kaufhaus in der Bahnhofstrasse, die Schulen in Blumenrath und Busch) sowie dem Ausbau effizienter Wärmepumpentechnologie im Neubaubereich. Die Solarthermie kann durch das machbare Potenzial einen Beitrag von 145 t/a leisten.

Das Minderungspotenzial bei Umsetzung der machbaren Potenziale im Strom und Wärmebereich liegt bei 12.036 t CO₂ pro Jahr bzw. 8% bezogen auf 2030.

- **Baesweiler:** In Baesweiler ist aufgrund der Flächenstruktur nur ein größerer Ausbau der Windkraft möglich bei einem CO₂-Minderungspotenzial von 32.257 t/a (145% des Strombedarfs). Im Bereich Photovoltaik können weitere 787 t/a eingespart werden, wobei u.a. öffentliche Gebäude wie die Schule in der Grabenstrasse in Baesweiler und die Schulen in Setterich Dachflächenpotenziale beisteuern können.

Im Bereich der Wärmeerzeugung liegt der Fokus auf Solarthermie im privaten und öffentlichen Bereich (z.B. die Fabrik in der Hermann-Hollerithstrasse, das Verwaltungsgebäude in der Max-Planck-Str.). Die Solarthermie kann durch das machbare Potenzial einen Beitrag von 130 t/a leisten. Baesweiler hat ebenfalls ein gewisses machbares KWK Potenzial in öffentlichen Liegenschaften. Dieses könnte weitere 60 Tonnen CO₂-Einsparungen pro Jahr beitragen.

Das Minderungspotenzial bei Umsetzung der machbaren Potenziale im Strom und Wärmebereich liegt bei 45.168 t CO₂ pro Jahr bzw. 54% bezogen auf 2030.

- **Eschweiler:** In Eschweiler hat das größte Windpotenzial der StädteRegion Aachen bei einer CO₂-Minderung von 89.980 t/a (158% des Strombedarfs). Mögliche Flächen liegen hier Norden und Nordwesten der Kommune. Auch im Südwesten existieren Flächen, die für Windkraft geeignet sind. Im Bereich Photovoltaik können weitere 1.126 t/a eigenspart werden, wobei u.a. öffentliche Gebäude wie die Sporthalle in der Jahnstrasse in Eschweiler Atsch, das Rathaus am Johannes-Rau-Platz und das Krankenhaus in der Dechant-Deckers-Str. Dachflächenpotenziale beisteuern können. Die Untersuchungen bezüglich des KWK Potenzials in Eschweiler ergaben einen mögliches CO₂-Einsparpotenzial von 539 t pro Jahr.

Im Bereich der Wärmeerzeugung liegt der Fokus auf Solarthermie im privaten und öffentlichen Bereich (z.B. die Fabrik in der Bergrather Strasse, die Schulen in der Peter-Paul-Strasse und Patternhof) sowie dem Ausbau effizienter Wärmepumpentechnologie im Neubaubereich. Die Solarthermie kann durch das machbare Potenzial einen Beitrag von 175 t/a leisten.

Das Minderungspotenzial bei Umsetzung der machbaren Potenziale im Strom und Wärmebereich liegt bei 104.341 t CO₂ pro Jahr bzw. 54% bezogen auf 2030.

- **Herzogenrath:** In Herzogenrath ist aufgrund der vorherrschenden Flächenverhältnisse ein Ausbau der Windkraft bei einem CO₂-Minderungspotenzial von 3.395 t/a (8% des Strombedarfs) nur sehr begrenzt möglich. Es konnte nur eine sehr kleine Fläche im Norden der Kommune ermittelt werden. Im Bereich Photovoltaik können weitere 1.277 t/a eigenspart werden, wobei u.a. öffentliche Gebäude wie die Schule in der Badenberger Strasse in Herzogenrath, das Forschungsgebäude in der Kaiserstrasse und die Fabrik in der Glasstrasse Dachflächenpotenziale beisteuern können.

Im Bereich der Wärmeerzeugung liegt der Fokus auf Solarthermie im privaten und öffentlichen Bereich (z.B. ebenfalls die Fabrik in der Glasstrasse, das Verwaltungsgebäude in der Roermonder Strasse) sowie dem Ausbau effizienter Wärmepumpentechnologie im Neubaubereich. Die Solarthermie kann durch das machbare Potenzial einen Beitrag von 181 t/a leisten.

Auch die Kommune Herzogenrath wurde hinsichtlich eines KWK Potenzials untersucht. Es konnte ein CO₂-Einsparpotenzial von 190 t je Jahr ermittelt werden.

Das Minderungspotenzial bei Umsetzung der machbaren Potenziale im Strom und Wärmebereich liegt bei 8.962 t CO₂ pro Jahr bzw. 6% bezogen auf 2030.

- **Monschau:** In Monschau ist aufgrund der guten Flächenverhältnisse ein Ausbau der Windkraft bei einem CO₂-Minderungspotenzial von 32.257 t/a (167% des Strombedarfs) in großem Umfang möglich. Es konnten Flächen im Südosten, nahe den bestehenden Anlagen in der Kommune ermittelt werden. Im Bereich Photovoltaik können weitere 1.121 t/a eigenspart werden, wobei u.a. öffentliche Gebäude wie die Schulen in Imgenbroich und Moschschau – Walter-Scheibel- und Wilhelm-Jansen-Strasse Dachflächenpotenziale beisteuern können.

Im Bereich der Wärmeerzeugung liegt der Fokus auf Solarthermie im privaten und öffentlichen Bereich (z.B. ebenfalls die Fabrik in der Hans Georg Weiss Strasse, das Hotel in der Laufenstrasse) sowie ebenfalls dem Ausbau effizienter Wärmepumpentechnologie im Neubaubereich. Die Solarthermie kann durch das machbare Potenzial einen Beitrag von 111 t/a leisten.

Das Minderungspotenzial bei Umsetzung der machbaren Potenziale im Strom und Wärmebereich liegt bei 42.708 t CO₂ pro Jahr bzw. 63% bezogen auf 2030.

- **Roetgen:** In Roetgen stehen u.a. Flächen für Windkraft an der Grenze zu Aachen im Westen zur Verfügung. Ein weiterer Ausbau der Windkraft bei einem gesamten CO₂-Minderungspotenzial von 15.280 t/a (208% des Strombedarfs) ist ebenfalls in kleinen Teilen im Südosten möglich. Im Bereich Photovoltaik können weitere 249 t/a eigenspart werden, wobei u.a. öffentliche Gebäude wie das Rathaus in der Hauptstraße, die Schule in der Hauptstraße Dachflächenpotenziale beisteuern können.

Im Bereich der Wärmeerzeugung liegt der Fokus auf Solarthermie im privaten und öffentlichen Bereich sowie dem Ausbau effizienter Wärmepumpentechnologie im Neubaubereich. Die Solarthermie kann durch das machbare Potenzial einen Beitrag von 73 t/a leisten.

Umsetzbare CO₂-Einsparpotenziale aus KWK in öffentlichen Liegenschaften liegen nicht vor, da bereits das theoretische Potenzial sehr klein war. Das Minderungspotenzial bei Umsetzung der machbaren Potenziale im Strom und Wärmebereich liegt bei 16.627 t CO₂ pro Jahr bzw. 58% bezogen auf 2030.

- **Simmerath:** In Simmerath stehen u.a. Flächen für die Windkraft im Nordosten zur Verfügung. Ein weiterer Ausbau der Windkraft bei einem gesamten CO₂-Minderungspotenzial von 42.443 t/a (265% des Strombedarfs) ist ebenfalls in Teilen im Nordwesten möglich. Im Bereich Photovoltaik können weitere 697 t/a eigenspart werden, wobei u.a. öffentliche Gebäude wie die Schule in Eicherscheid, die Berufsschule in Simmerath Dachflächenpotenziale beisteuern können.

Im Bereich der Wärmeerzeugung liegt der Fokus auf Solarthermie im privaten und öffentlichen Bereich (z.B. das Krankenhaus in der Kammerbruchstraße, das Verwaltungsgebäude in der Jägerhausstraße im Lammersdorf). Die Solarthermie kann durch das machbare Potenzial einen Beitrag von 127 t/a leisten.

Das Minderungspotenzial bei Umsetzung der machbaren Potenziale im Strom und Wärmebereich liegt bei 50.894 t CO₂ pro Jahr bzw. 73% bezogen auf 2030.

- **Stolberg:** Stolberg stehen u.a. Flächen für Windkraft im Nordosten, im Nordwesten und in den südlichen Teilen zur Verfügung. Der Ausbau der Windkraft generiert ein gesamtes CO₂-Minderungspotenzial von 23.768 t/a (43% des Strombedarfs). Im Bereich Photovoltaik können weitere 1.470 t/a eigenspart werden, wobei u.a. öffentliche Gebäude wie die Schulen in Liester, Mausbach, Münsterbusch und Stolberg, die Berufsschule in Donnersberg Dachflächenpotenziale beisteuern können.

Im Bereich der Wärmeerzeugung liegt der Fokus auf Solarthermie im privaten und öffentlichen Bereich (z.B. die Fabrik in der Steinbachstraße und Breiniger Weg). Die Solarthermie kann strukturbedingt nur einen Beitrag von 45 t/a leisten.

Das Minderungspotenzial bei Umsetzung der machbaren Potenziale im Strom und Wärmebereich liegt bei 29.539 t CO₂ pro Jahr bzw. 15% bezogen auf 2030.

- **Würselen:** Die Windeinspeisung kann durch Ausbau der Standorte nördlich des Aquana mehr als verdoppelt werden bei einem gesamten CO₂-Minderungspotenzial von 10.186t/a (26% des Strombedarfs). Im Wärmebereich sollten neben der Solarthermie auch geprüft werden, ob sich Erweiterungsmöglichkeiten der bestehenden Nahwärmenetze (z.B. in Richtung Grund- und Realschule, vgl. Abschnitt 3.9 wirtschaftlich umsetzen lassen. Zudem besteht ein Flächenpotenzial bisher ungenutzter Gewerbeflächen (vgl. Abschnitt 3.10.2.2), das geothermisch genutzt werden kann. Die Solarthermie kann einen Beitrag von 168 t/a leisten.

Das gesamte Minderungspotenzial bei Umsetzung der machbaren Potenziale im Strom und Wärmebereich liegt bei 22.851t CO₂ pro Jahr bzw. 17% bezogen auf 2030.

Eine Übersicht aller Potenziale liefert die folgende Tabelle 58 (ohne Repowering, Faulgas, Wasserkraft):

	Strom t CO ₂ /a bezogen auf 2030			Wärme t CO ₂ /a bezogen auf 2030			Gesamt t CO ₂ /a	Rel. Minderung in %
	Wind	PV	Biomasse (inkl. Wärme)	Solarthermie	Umweltwärme	KWK		
Alsdorf	5.093	565	6.233	145		n.b.	12.036	8%
Baesweiler	32.257	787	11.934	130		60	45.168	54%
Eschweiler	89.980	1.126	12.521	175		539	104.341	54%
Herzogenrath	3.395	1.277	3.918	181		190	8.962	6%
Monschau	32.257	1.121	9.219	111		0	42.708	63%
Roetgen	15.280	249	1.026	73		0	16.627	58%
Simmerath	42.443	697	7.627	127		0	50.894	73%
Stolberg	23.768	1.470	4.256	45		n.b.	29.539	15%
Würselen	10.186	802	11.615	168		80	22.851	17%
Summe	254.660	8.093	68.349	1.155	30.846	869	333.126	
Gesamt (inkl. Umweltwärme)							363.972	34%

Tabelle 58: Übersicht der CO₂-Minderungspotenziale

Um die gezeigten Minderungspotenziale umzusetzen bedarf es einer durchdachten Organisationsstruktur, um ggf. Klimaschutzmaßnahmen zu koordinieren.

Dafür stellt die Ausgestaltung des Kreises in Form der StädteRegion Aachen eine ideale Voraussetzung dar. Diese kann die vorhandenen Ressourcen optimal erkennen, bündeln und in Zusammenarbeit mit den Kommunen nutzen. Der Rahmen der StädteRegion sollte daher dahingehend genutzt werden, um Kräfte in den Kommunen zusammenzufassen. Dies mit dem Ziel, dass erworbenes „Know-how“ nicht immer wieder neu erlernt werden muss, was zu Lasten Personal und Finanzen geht.

Der Landkreis und die kreisangehörigen Gemeinden und Kommunen sind - jede für sich - selbstständige Gebietskörperschaften. Zwischen diesen Institutionen gibt es keine Über- oder Unterordnung. Sie arbeiten bei der Erfüllung öffentlicher Aufgaben partnerschaftlich und eng zusammen.

Die Institution StädteRegion Aachen ist dabei als hilfreiches Steuerinstrument im Sinne der Koordinierung des komplexen Themas Klimaschutz anzusehen. Sie kann mit den eingerichteten Stellen (z.B. der Stabsstelle Klimaschutz) die Organisation des Klimaschutzes, zusammen mit den jeweiligen Kommunen und dort evtl. eingesetzter Klimaschutzmanager, übernehmen. Vor dem Hintergrund der Vielzahl von Aufgaben, die sich aus den Potenzialen ergeben, wäre eine solche Struktur wünschenswert und erforderlich. Denn nur wenn StädteRegion und Kommunen Hand in Hand arbeiten lässt sich für alle Beteiligten ein nachhaltig, zufriedenstellendes Ergebnis erreichen.

Zur Erreichung der Ziele ist es daher Notwendig, die sich ergebenden Maßnahmen gezielt umzusetzen und die nächsten Schritte einzuleiten. Der Fokus sollte nach Meinung der Gutachter dabei auf Maßnahmen liegen, die große Wirkung hinsichtlich CO₂-Minderung und Anteil an ersetzter konventioneller Energie haben.

7 Literaturverzeichnis

- AfEE. (2013). (A. f. Energien, Herausgeber) Abgerufen am 25. 05 2014 von <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/panorama/20-gute-gruende.html>
- AfEE. (02. 04 2014). (A. f. Energien, Herausgeber) Abgerufen am 05 2014 von <http://www.kommunal-erneuerbar.de/de/kommunale-wertschoepfung/kommunale-wertschoepfung.html>
- AGEB. (01. 05 2014). *AG-Energiebilanzen*. Abgerufen am 05 2014 von <http://www.ag-energiebilanzen.de/>
- AGIT. (2012). *regionales Gewerbeflächenkonzept für die Region Aachen, Fortschreibung 2012*. Aachener Gesellschaft für Innovation und Technologietransfer mbH.
- ASEW. (2011). *Erneuerbare Energien*. Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung im VKU.
- BAFA. (2014). *Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle* . Abgerufen am 03. 02 2014 von http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/solarthermie/index.html
- BDEW. (2013). *Datenerhebung 2012 – Bundesmix 2013*. Berlin.
- BFE. (März 2003). Im Trinkwasser schlummert Ökostrom. *Energieinnovation Nr. 54d*, S. 4.
- BKWK. (2013). *Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V.* Von www.bkwk.de abgerufen
- BMU. (28. 06 2012). (P. E. Vermittlungsausschuss, Hrsg.) Abgerufen am 06. 05 2013 von [www.bmu.de/pressemitteilungen:](http://www.bmu.de/pressemitteilungen/)
http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle_pressemitteilungen/pm/48893.php
- BMU. (Juli 2012). *Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland*.
- BMU, BMWi. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). *energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung 2011*). Abgerufen am 20. 07 2013 von BMU, BMWi:
www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung.pdf
- BMUB. (2011). *Das Energiekonzept der Bundesregierung 2010 und die Energiewende 2011*.
- BMUB. (26. 04 2013). (Kyoto-Protokoll, Herausgeber) Abgerufen am 20. 05 14 von www.bmub.bund.de/P204/
- BMWi. (10. Februar 2014). *Entwurf eines Gesetzes zur grundlegenden Reform des EEG und zur Änderung weiterer Vorschriften des Energiewirtschaftsrechts*.
- BSW. (05 2014). *Preisindex Photovoltaik*. Abgerufen am 28. 06 2014 von http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/Grafiken/pdf/BSW_Preisindex_1304.pdf
- Bundesverband-WindEnergie-e.V. (2011). *Wirtschaftlichkeit und Vergütung von Kleinwindenergieanlagen*. Bundesverband WindEnergie e.V.
- Bunke, W., & Wingenbach, C. (02. 08 2013). *Szenarien für die Entwicklung der stündlichen Preise am deutschen Strommarkt*. Flensburg.
- BWE. (2012). *Bundesverband Windenergie*. Abgerufen am 01. 02 2014 von http://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/repowering-von-windenergieanlagen/repoweringbroschuere_2012_web.pdf
- BWK Energiefachmagazin, B. -D. (01/02 2013). *Solarstromspeicher für Haushaltskunden. BWK - Das Energie-Fachmagazin*, S. 18ff.
- BWP. (2011a). *Leitfaden Erdwärme: Bundesverband Erdwärmepumpe e.V.*
- BWP. (2011b). *BWP-Branchenstudie 2011. Szenarien und politische Handlungsempfehlungen. Daten zum Wärmepumpenmarkt bis 2010 und Prognosen bis 2030: Bundesverband Wärmepumpe e.V.*

- BWP. (31. 01 2013). Berlin, Berlin, Deutschland.
- DBU. (19. April 2013). Abgerufen am 15. November 2013 von Deutsche Bundesstiftung Umwelt: http://www.dbu.de/projekt_23766/_db_1036.html
- DESERTEC. (02 2009). Clean Power from Deserts. Bonn, NRW: Protext Verlag, Bonn.
- DfUVEuK. (12. 11 2007). *Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation*. Abgerufen am 20. 05 2014 von EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen: http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01053/index.html?lang=de&dossier_id=01694
- ELWAS. (2013). *ELWAS IMS*. Abgerufen am 22. 04 2013 von <http://www.elwasims.nrw.de/ims/ELWAS-IMS/start.htm>
- EnergieAgentur.NRW. (2014). *EnergieAgentur.NRW - Klimaschutz made in NRW*. Abgerufen am 03. 02 2014 von http://www.energieagentur.nrw.de/_database/_data/datainfopool/g-10.pdf
- Energymap. (2014). *Die Karte der Erneuerbaren Energien*. Abgerufen am 23. 05 2014 von <http://www.energymap.info>
- ERRS. (2008). *EnergieRegion Rhein-Sieg - Bericht zur Modellstudie für erneuerbare Energien und autarke Regionen im Rhein-Sieg-Kreis - räumliche Analysen für eine nachhaltige Energieversorgung*. Austrian Research Centers GmbH.
- ESIH. (2014). (Kleinwindkraftanlagen, Herausgeber) Abgerufen am 2014. 04 02 von <http://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/hausbau-regenerative-energie/energiebewusst-bauen-wohnen/selbst-strom-erzeugen/kleinwindanlage.html>
- FH-Frankfurt. (2014). *Wind Area*. Abgerufen am 2. 4 2014 von <http://www.fh-frankfurt.de/fachbereiche/fb1/ansprechpartnerinnenfb1/professorinnenfb1/geomatik/kl-aerle/forschung/wind-area.html>
- FISE. (2013). *Stromgestehungskosten erneuerbare Energien*. Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE.
- Fraunhofer, I. (21. 03 2013). *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. Abgerufen am 07. 05 2013 von www.pv-fakten.de
- GDNRW. (2010). Geologischer Dienst NRW: Erdwärmenutzung in NRW: Standortbewertung zu dem Einbau und dem Betrieb von Erdwärmesonden.
- GDNRW. (2011). *Geothermie in NRW: erkunden, bewerten, nutzen*. Geologischer Dienst NRW.
- GEMIS, D. (2013). *Öko-Institut e.V. GEMIS Datenbank der CO2 Emissionsfaktoren*.
- GtV. (2014). *Bundesverband Geothermie*. Abgerufen am 22. 05 2014 von Rechtliche Grundlagen für die Genehmigung geothermischer Anlagen: <http://www.geothermie.de/wissenswelt/gesetze-verordnungen-recht/fachartikel-grosse.html>
- Hagspiel, B. (. (2007). *Wärme aus Abwasser*.
- Heier, S. (2012). *Nutzung der Windenergie*. Karlsruhe: Fraunhofer IRB Verlag.
- IT.NRW. (2011). Statistik Lokal.
- ITW. (2011). *Solaranlagen-portal.com*. Abgerufen am 01. 01 2013 von <http://www.solaranlagen-portal.com/solar/solaranlage/preise/solarkollektoren>
- Köck, B. (2012). Die Zulässigkeit von Kleinwindkraftanlagen in reinen Wohngebieten. *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht Heft 3/2012*.
- Krause, M. B. (12 2012). Wachsendes Angebot. *Photon - Photovoltaik-Fachwissen für die Praxis*, S. 10ff.
- Kroemer, S. (2012). *Klimaschutzkonzept der Stadt Weinheim*. Weinheim.
- KWA. (2012). *Definition von Kleinwindanlagen und Abgrenzung zur Großwindkraft*. Abgerufen am 06 2014 von <http://www.klein-windkraftanlagen.com/was-sind-kleinwindkraftanlagen/>

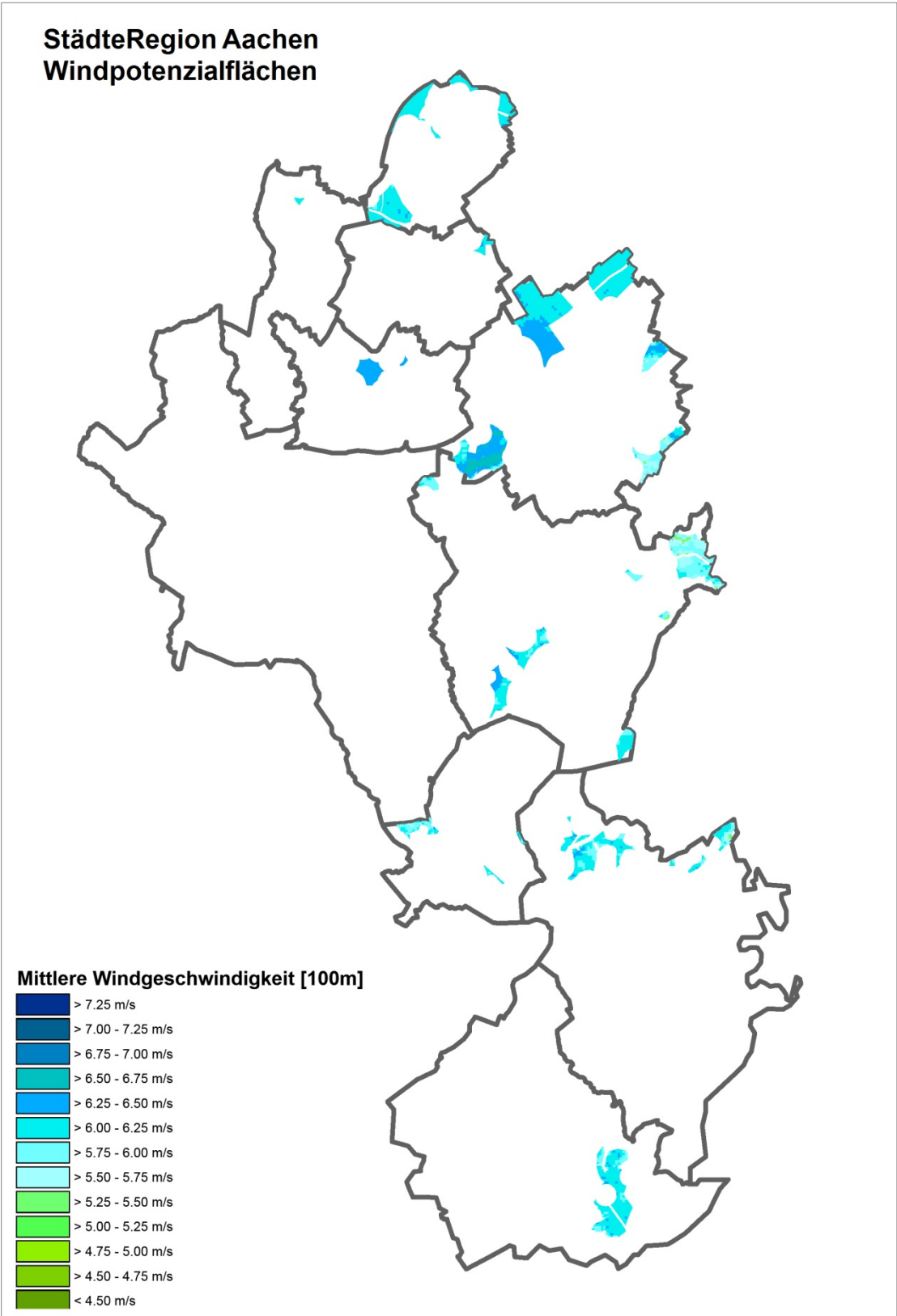
- LANUV. (2012). NRW Energieatlas - Wasserkraft.
- LANUV. (2013). Potenzial Erneuerbare Energien NRW Teil 1 - Windenergie.
- Limbach, C. (2013). *Climate Bonds - Kommunalanleihen*. München: AVM - Akademische Verlagsgemeinschaft München.
- Mevenkamp, M., & Zapke, W. (2009). Wärmesee – Untersuchung zur Nutzung des Erdreichs unter einer Sporthalle als Wärmespeicher. Bremen, Hannover.
- MKLV. (11. 07 2011). Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass).
- MKULNV. (11. 07 2011). NRW, Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass).
- MKULNV. (2013). (K. NRW, Hrsg.) Abgerufen am 15. 01 2014 von <https://www.umwelt.nrw.de/klima/klimaschutzgesetz-nrw/>
- Nau. (2014). Abgerufen am 29. 05 2014 von <http://www.photovoltaiksolarstrom.de:>
<http://www.photovoltaiksolarstrom.de/photovoltaiklexikon/atmender-deckel>
- Nordhoff, A. (2009). Wärme in der Erde "Zwischenlagern". *Passivhaus Kompendium*.
- Oberzig, K. (2012). *Solarwärme Heizen mit der Sonne*. Berlin: Stiftung Warentest.
- Photon. (01 2014). Preisentwicklung bei Solarstromanlagen. *Photon - Solarstrommagazin*, S. 58 -58.
- progres.nrw. (2014). Abgerufen am 03. 02 2014 von <http://www.progres.nrw.de/page.asp?RubrikID=6987>
- Reps, E. (2013). *Glossar*. Von <http://www.energieberatung-reps.de/glossar.htm> abgerufen
- Rhein-Neckar, V. R. (2007). *Erneuerbare Energien-Konzept für die Region Rhein- Neckar rechtsrheinischer Teilraum*. Mannheim: Schriftenreihe des Verbandes Region Rhein-Neckar Heft 2.
- S. Pester, R. S. (2007). Verzeichnis geothermischer Standorte - Geothermische Anlagen auf einen Blick. *Geothermische Energie* 56/57.
- Schulz, M., & Westkämper, H. (2013). *Die neue Heizung*. Freiburg: ökobuch Verlag.
- Schulz, M., & Westkämpfer, H. (2013). *Die neue Heizung*. Freiburg: ökobuch Verlag.
- SJB-SRA. (04 2011). Statistisches Jahrbuch 2011 StädteRegion Aachen.
- SoAnIP. (05 2014). *Solaranlagen-Portal*. Abgerufen am 01. 03 2014 von <http://www.solaranlagen-portal.com/solarthermie/montage/fassade>
- Solaranlage.org. (2011). *Solaranlage.org*. Abgerufen am 01. 03 2013 von <http://www.solaranlage.org/solaranlagen/solaranlagen-preise>
- Solaranlagen-Portal.com. (2013). *Solaranlagen-Portal.com*. Abgerufen am 01. 03 2013 von <http://www.solaranlagen-portal.com/solar/solaranlage/preise/solarkollektoren>
- Solaratlas. (2013). *Solaratlas.de*. Abgerufen am 01. 03 2013 von <http://www.solaratlas.de>
- SPRRO. (2013). *Solare Prozesswärme*. Abgerufen am 2014 von Sächsische Energieagentur: <http://www.solar-process-heat.eu>
- SRAC. (2013)., (S. persönliche Mitteilung des Umweltamtes der StädteRegion Aachen). StädteRegion Aachen.
- SRAC. (2014). (S.-S. Klimaschutz, Herausgeber) Abgerufen am 01. 02 2014 von http://www.staedtereion-aachen.de/wps/portal/internet/home/service/aemter/s68!/ut/p/c5/04_SB8K8xLLM9MSzPy8xBz9CP0os3g_N0tvJydDRwOLUGcTA0_TEGMvZwMjIwMTM_1wkA6z-AAPE0dDT38DSwtjN0cDTwsLtwDvQFMjEwMTiLwBDuBooB-ckqrv55Gfm6pfkJ2d5uioqAgAkoBgSA!!/dl3/d3/L2dBISE
- StädteRegion-Aachen. (2010). (F. R. Energien, Herausgeber) Abgerufen am 30. 05 2014 von http://www.staedtereion-aachen.de/wps/portal/internet/home/service/aemter/a63!/ut/p/c5/04_SB8K8xLLM9MS

SzPy8xBz9CP0os_gADxNHQ09_A0sLYzdHA08LC7cA70BTI7MQA_1wllzCo8bEwA
Qib4ADOBroB6ek6kfqR5njtsdYPywwvygX6J4Q_UgnfT-
P_NxU_YJcS09ddx8TALBDCO8!/dl3/d3/L2dBISEvZ0F

- StädteRegion-Aachen. (2012). *Solarspezialkataster*. Abgerufen am 2013. 05 21 von <http://www.solare-stadt.de/staedteregion-aachen/Solarpotenzialkataster>
- StatistikLokal. (2011). Statistik Lokal Ausgabe 2011 vom Statistischen Bundesamt. DVD.
- STAWAG 2014. (kein Datum). *STAWAG Stadtwerke Aachen*. Abgerufen am 23. Mai 2014 von <http://www.stawag.de/weitblick/erneuerbare-energien/wasserkraft>
- Stockhausen, T. (2011). *Potentialanalyse und Projektierung der Abwasserwärme-nutzung im Stadtgebiet Dortmund*.
- Struth, J. (2014).
- Süddeutsche-Zeitung. (2013). *SZ DE*. Abgerufen am 11. 10 2013 von SZ: <http://www.sueddeutsche.de/wissen/welt-klimagipfel-in-doha-klimakonferenz-verlaengert-kyoto-protokoll-bis-1.1545374>
- Suttor, W. (2009). *Blockheizkraftwerke*. Karlsruhe: BINE Informationsdienst.
- UBA. (2012). *Umweltbundesamt*. Von Zeitnahprognose: THGE im Jahr 2011 Presse Information 017/2012: www.uba.de abgerufen
- VDI, 4. (2010). VDI 4640, Blatt 1: Thermische Nutzung des Untergrunds: Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. Verein Deutscher Ingenieure.
- Wikipedia. (2014). *Strombörse*. Abgerufen am 03. 06 2014 von Produkte an der Strombörse: <http://de.wikipedia.org/wiki/Stromboerse>
- ZNES. (2. 8 2013). *SZENARIEN FÜR DIE ENTWICKLUNG DER STÜNDLICHEN PREISE AM DEUTSCHEN STROMMARKT*. Flensburg.

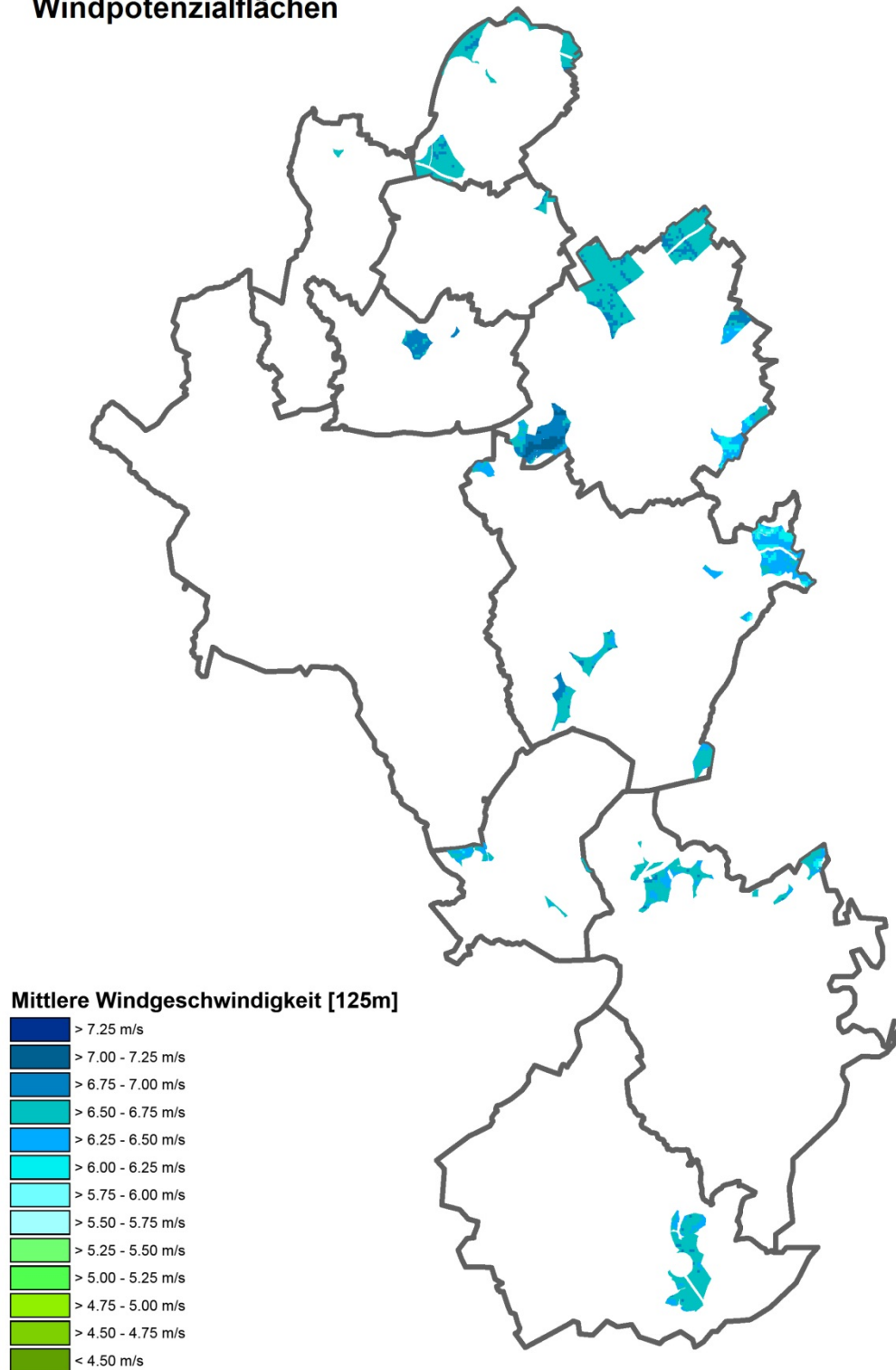
Anhang

A1 Windkraft



Windgeschwindigkeit in 100 m

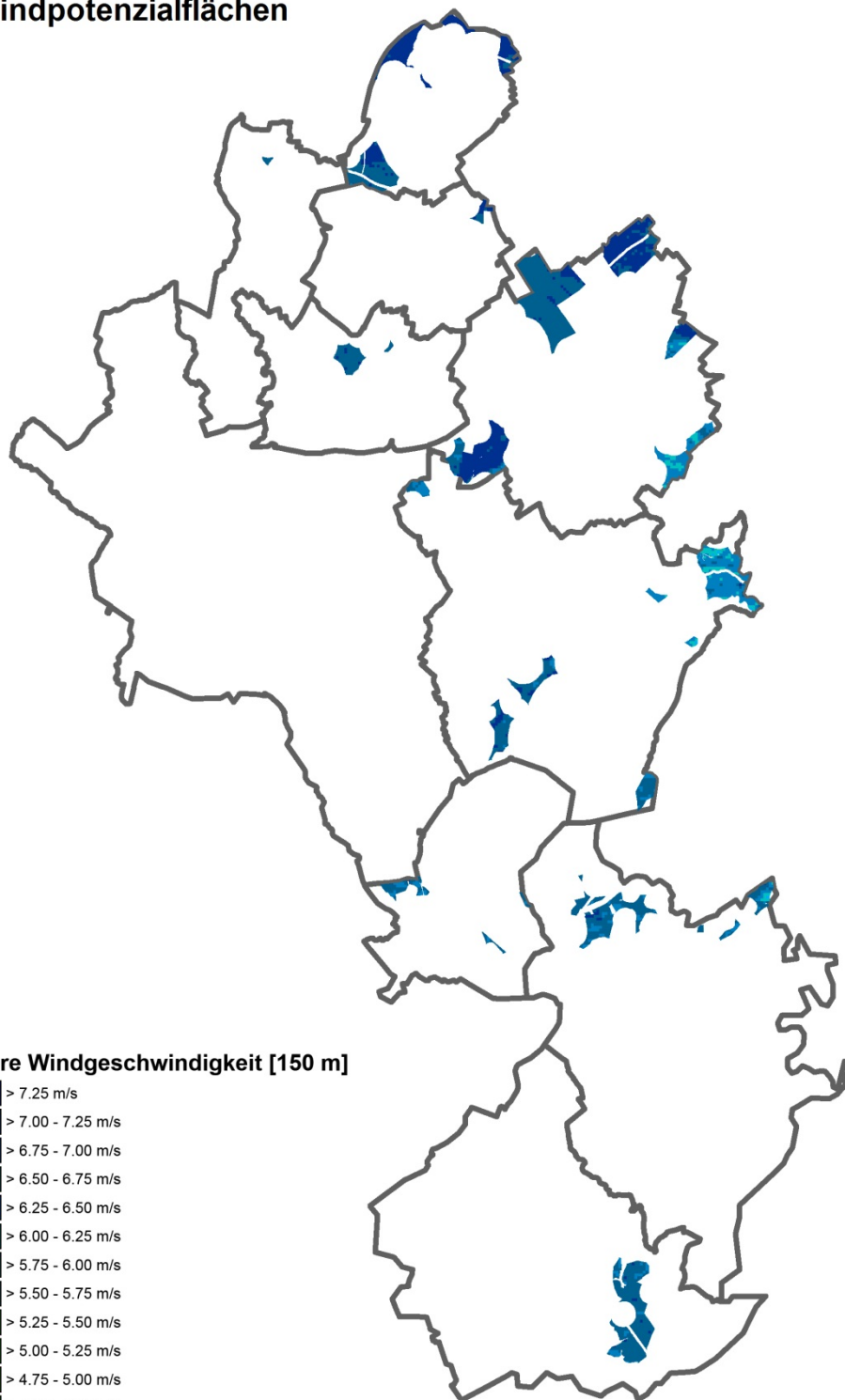
StädteRegion Aachen **Windpotenzialflächen**



Windgeschwindigkeit in 125 m

StädteRegion Aachen Windpotenzialflächen

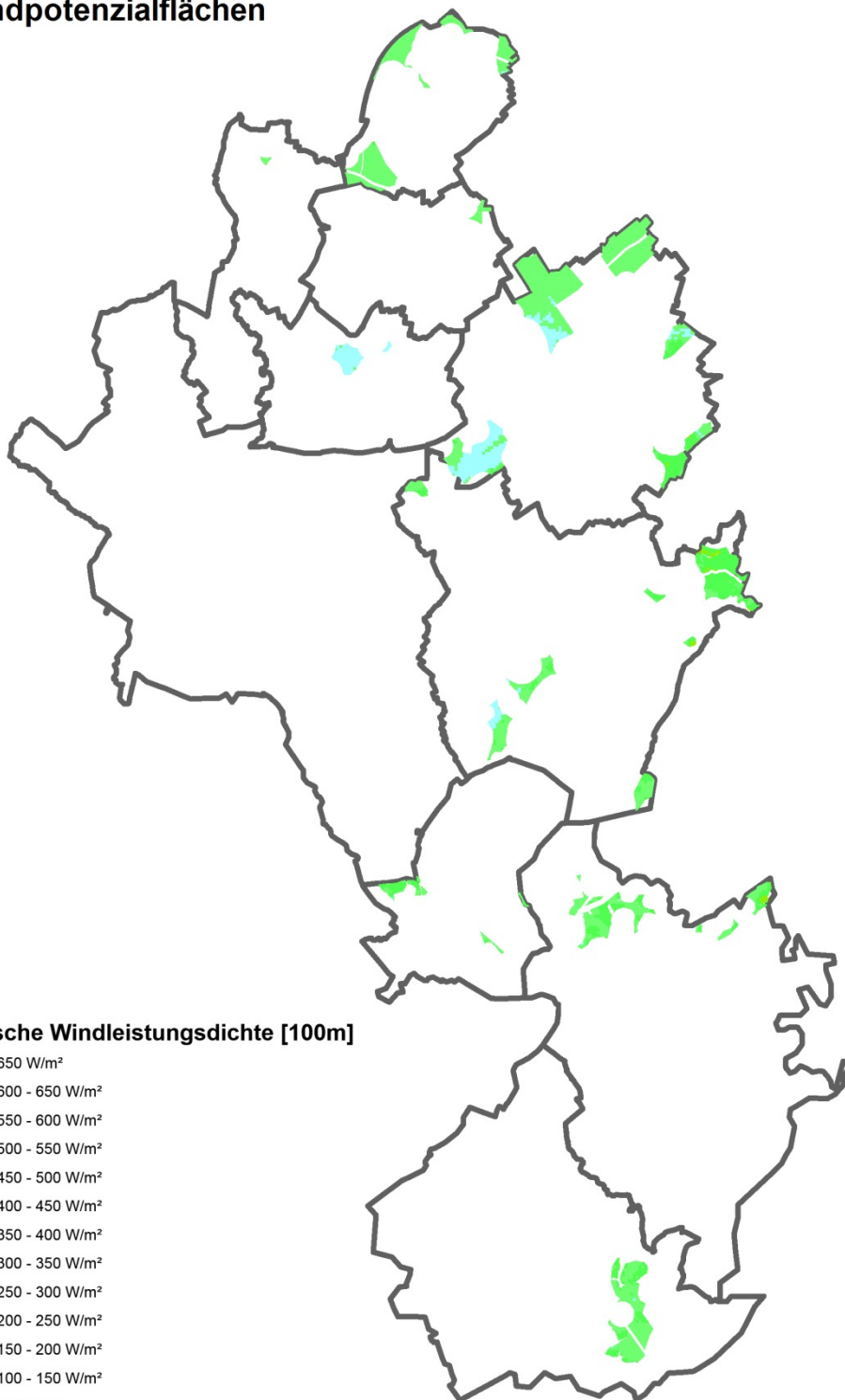
Mittlere Windgeschwindigkeit [150 m]



Windgeschwindigkeit in 150 m

StädteRegion Aachen **Windpotenzialflächen**

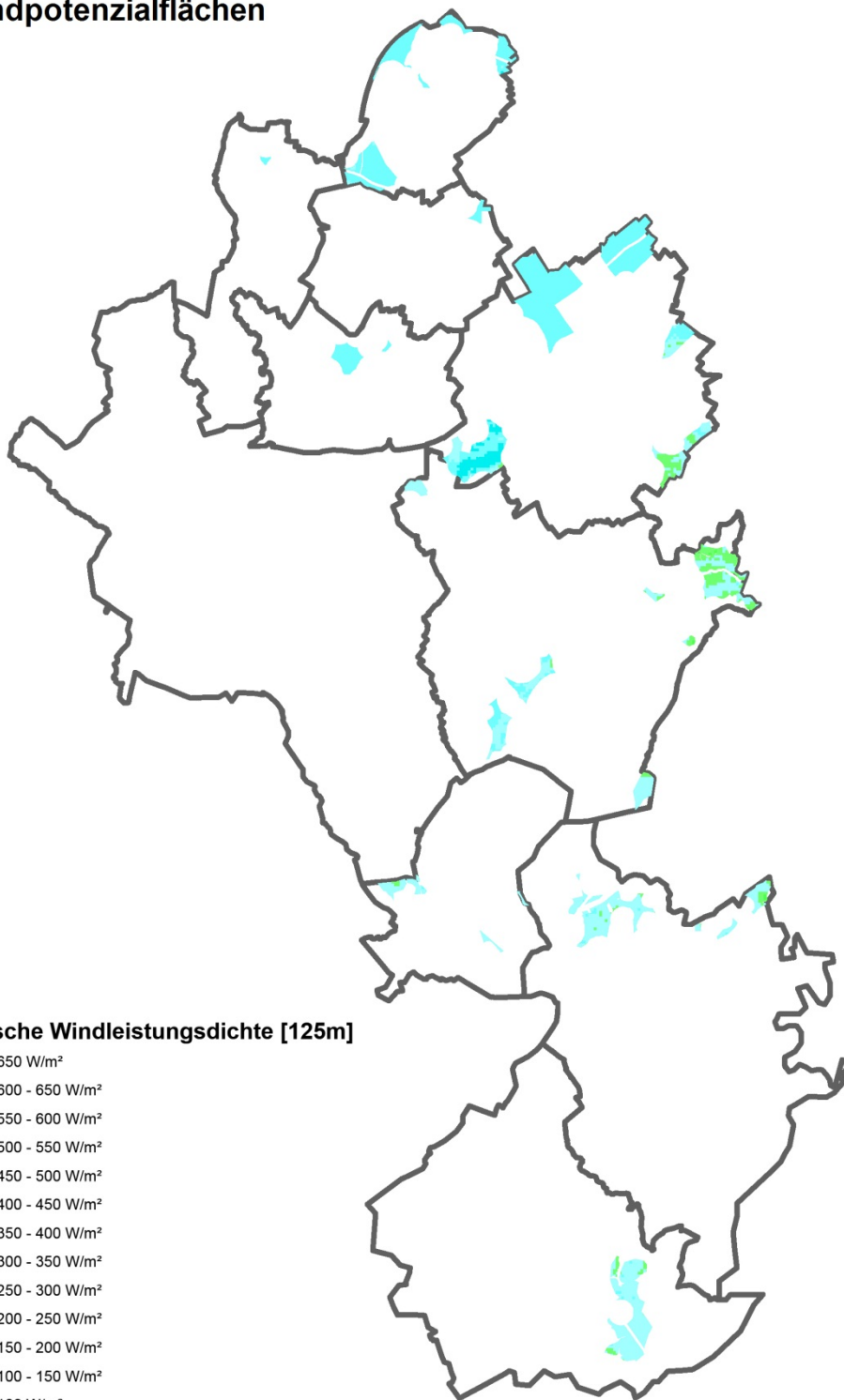
Spezifische Windleistungsdichte [100m]



Windleistungsdichte in 100 m

StädteRegion Aachen **Windpotenzialflächen**

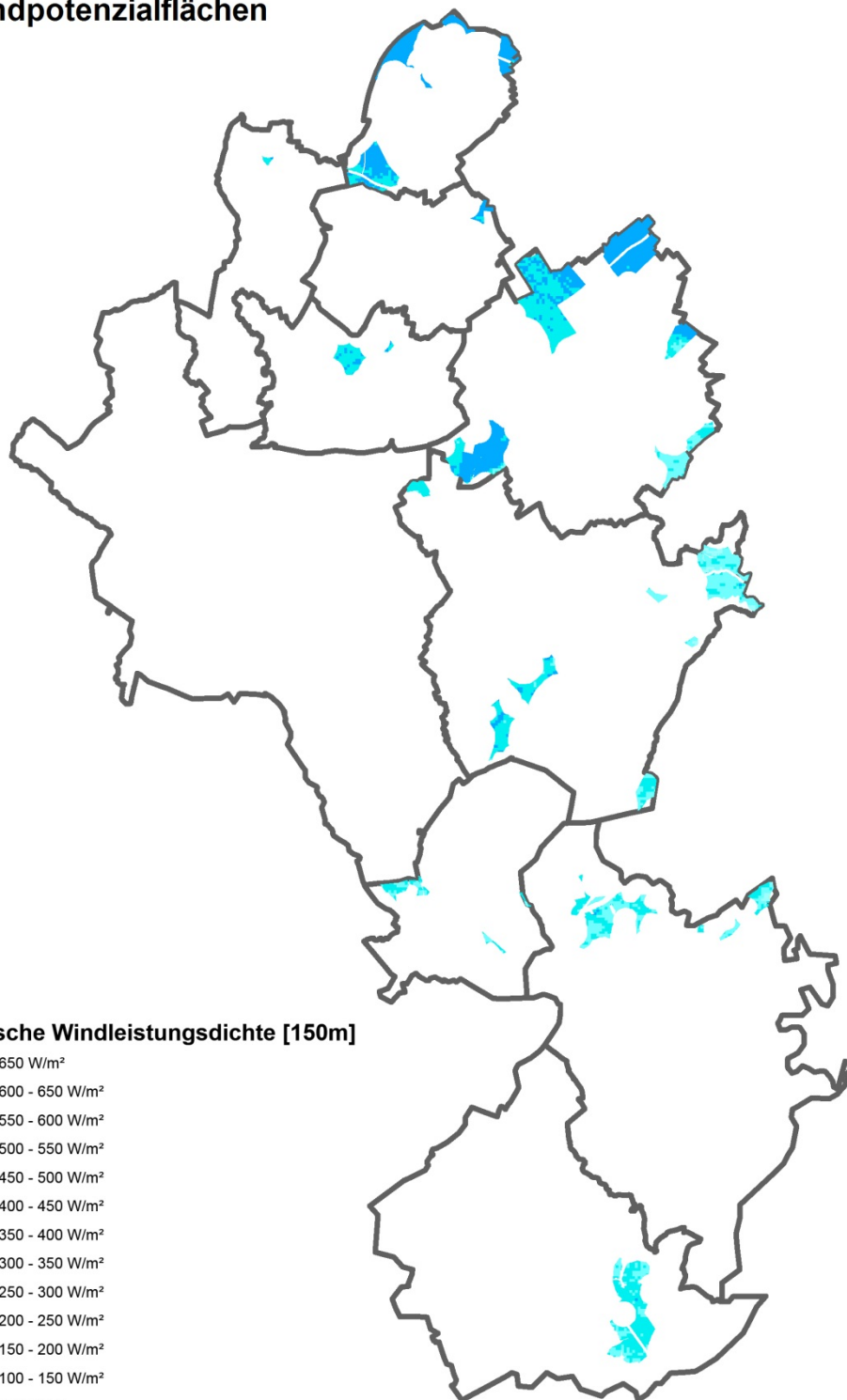
Spezifische Windleistungsdichte [125m]



Windleistungsdichte 125 m

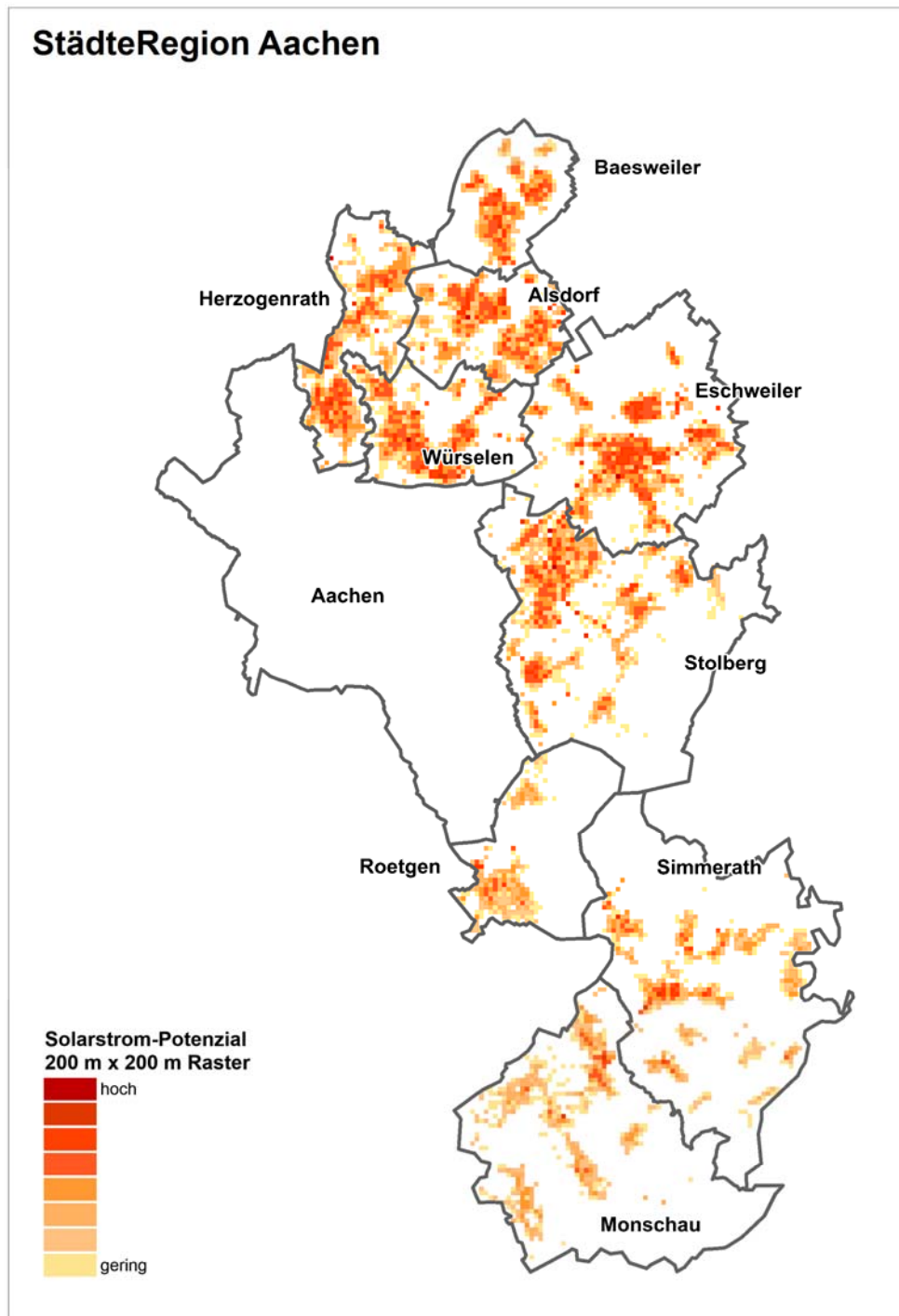
StädteRegion Aachen **Windpotenzialflächen**

Spezifische Windleistungsdichte [150m]

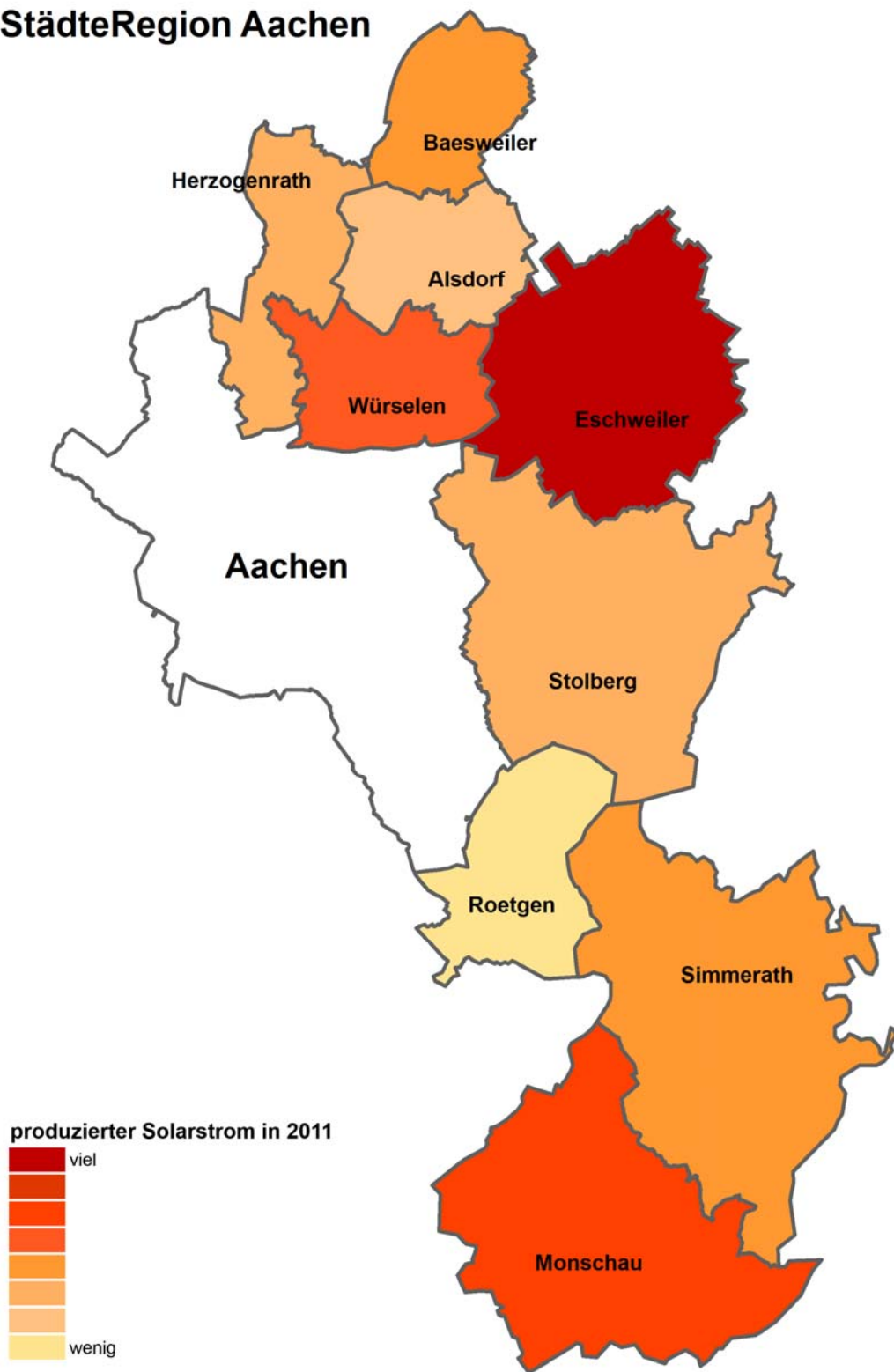


Windleistungsdichte 150 m

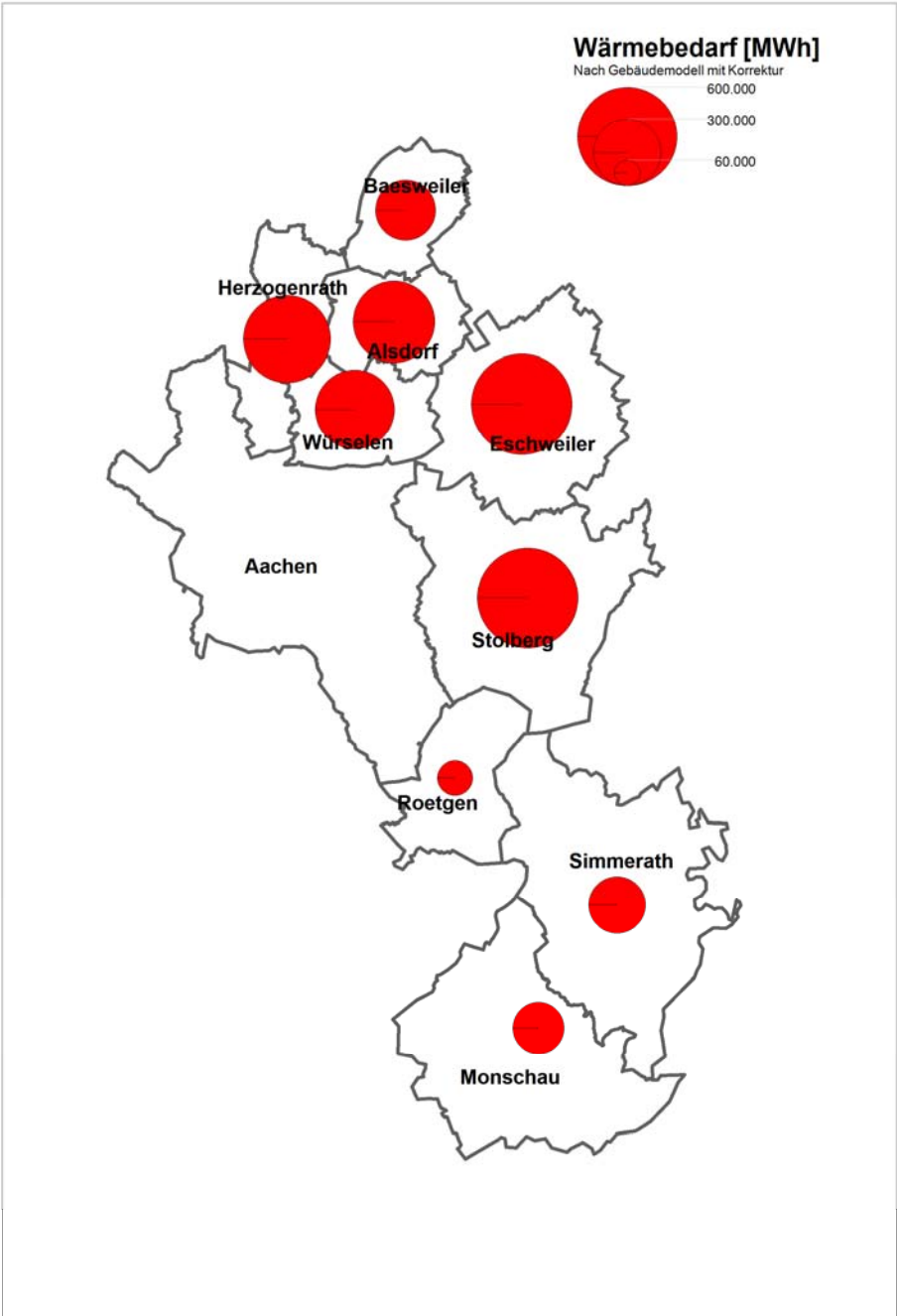
A2 Photovoltaik



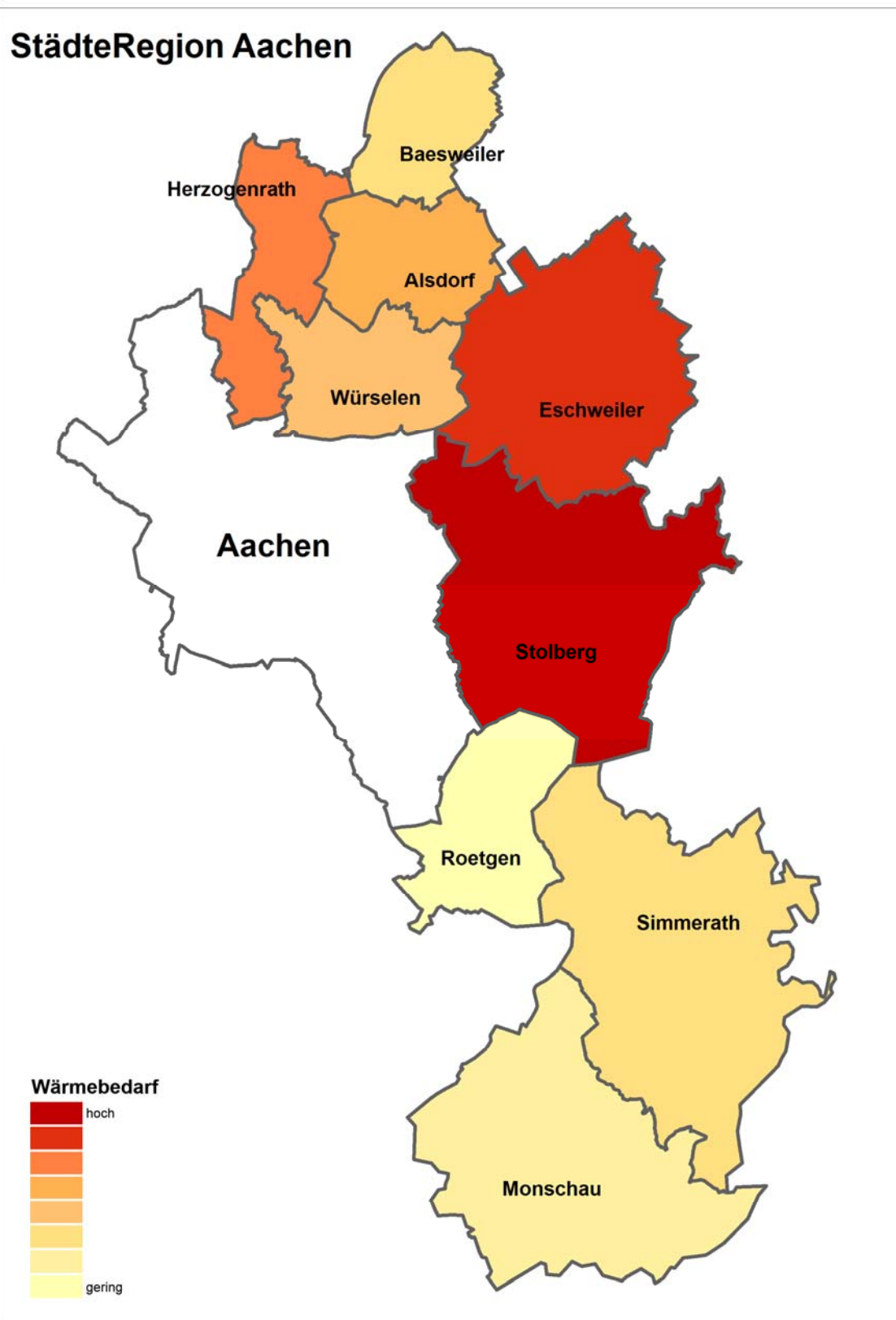
StädteRegion Aachen



A3 Wärmeatlas



Relativer Wärmebedarf der Kommunen



Absoluter Wärmebedarf – Rangfolge

A4 Förderprogramme

Fördermittelgeber in der Übersicht

Neubauteil

Bestandsgebäude

[illegible]

Diese Aussagen und das formale Beweis-Strukt sind außerordentliche Beispiele zu entnehmen. Das formale Argument und insbesondere die Folgerungen ist im den Folgenden dargestellt.

Author disclosures of potential conflicts of interest and author contributions are found at the end of this article.
Address correspondence to: Dr. J. A. Hirsch, Department of Medicine, University of California, San Francisco, 1600 Divisadero St., Box 0806, San Francisco, CA 94143-0806.
E-mail: jhirsch@pobox.sfn.edu
Received 12 November 2007; revised 11 February 2008; accepted 11 February 2008.
Copyright © 2008 by Lippincott Williams & Wilkins

[illegible]

MWh		Bedarf Wärme		Plan BHKW		Potential BHKW		Potential BHKW		CO2 Emissionen IST		CO2 Einsparungen	
PLZ	Gemeinde	Bezeichnung	E-Träger	Verbrauch kWh in	Ktomm/Wärme	MWth	MWel	MW hu	t CO2	t CO2			
52499	Baesweiler	I-TS A	EG	527.985	27%	Enertec et-18 EG-TO TICX	0,0360	0,018	0,056	120	30		
52499	Baesweiler	I-TS B	EG	351.229	27%	Enertec et-18 EG-TO TICX	0,0360	0,018	0,056	80	30		
52134	Herzogenrath	Rathaus Herzogenrath	EG	948.753	23%	Enertec-et-050 EG-MA	0,0940	0,064	0,187	216	79		
52134	Herzogenrath	FB 4	EG	60.547	40%	mikro-BHKW ecopOWER	0,0025	0,001	0,004	14	2		
52134	Herzogenrath	FW Hauptwache	EG	656.180	20%	BHKW Typ EWV 30 S	0,0650	0,030	0,102	149	47		
52134	Herzogenrath	Übergangswohnheim Heinrich-Stommel-Weg	EG	85.090	22%	mikro-BHKW ecopOWER	0,0025	0,001	0,004	19	2		
52134	Herzogenrath	JuTr Streifelder Weg	EG	75.360	21%	mikro-BHKW ecopOWER	0,0025	0,001	0,004	17	2		
52134	Herzogenrath	FB Merkstei	EG	65.845	413%	mikro-BHKW ecopOWER	0,0025	0,001	0,004	15	2		
52134	Herzogenrath	Hallenbad Herzogenrath	EG	682.670	28%	BHKW Typ EWV 30 S	0,0650	0,030	0,102	155	47		
52134	Herzogenrath	Bauhof Eygelsboerner Str.	EG	179.263	37%	neoTower® 7.0	0,0190	0,007	0,029	41	10		
52249	Eschweiler	Gess Waldschule	EG	2.656.416	23%	Enertec-FMB-230-GSMK	0,2800	0,189	0,524	605	267		
52249	Eschweiler	Rathaus Johannes-Rau-Platz	EG	1.766.776	28%	Sokratheim GG 113	0,1790	0,114	0,327	402	162		
52249	Eschweiler	FW Hauptwache	EG	948.720	33%	Enertec-et-050 EG-MA	0,0940	0,064	0,187	216	79		
52249	Eschweiler	Großsportanlage Dürwiß	EG	191.846	23%	neoTower® 7.0	0,0190	0,007	0,029	44	10		
52249	Eschweiler	Spoth Kaiserstrasse	EG	160.645	69%	neoTower® 5.0	0,0130	0,005	0,020	37	7		
52249	Eschweiler	Spoth Bergrath	EG	221.930	65%	neoTower® 7.0	0,0190	0,007	0,029	51	10		
52249	Eschweiler	Spoth Weisweiler	EG	71.928	46%	mikro-BHKW ecopOWER	0,0025	0,001	0,004	16	2		
52249	Eschweiler	Seniorenzentrum Marienstrasse	EG	104.413	27%	mikro-BHKW ecopOWER	0,0025	0,001	0,004	24	2		
52146	Wurselen	An Wilhelmstein,GG-Schule	EG	635.807	22%	BHKW Typ EWV 30 S	0,0650	0,030	0,102	145	47		
52146	Wurselen	Friedrichstra e 4,GG-Schule	EG	160.098	24%	neoTower® 5.0	0,0130	0,005	0,020	36	7		
52146	Wurselen	Industriestra e,Feuerwehrhauptgebäude	EG	299.291	31%	BHKW Typ EWF 17 S	0,0320	0,017	0,053	68	26		
	SRAC	Nebenstelle Kohlscheid	EG	355.556	21%	Enertec et-18 EG-TO TICX	0,0360	0,018	0,056	81	30		
	SRAC	Berufskoleg Aachen	EG	400.000	37%	Enertec et-18 EG-TO TICX	0,0360	0,018	0,056	91	30		
	SRAC	Kleebach-Schule	EG	777.778	31%	Sokratern GG 50	0,0820	0,051	0,146	177	75		