

Analyse der Forderungen der Initiative Runder Tisch Klimanotstand Aachen

Stand: Juli 2020



**ENERGIE FORUM
AACHEN**

Inhaltsverzeichnis

1. Der Energie Forum Aachen e.V.	3
2. Motivation	3
3. Analyse	5
A. Finanzierung	5
B.1. Altbau-Sanierung	7
B.2. Städtisches Energiesparprogramm	11
B.3. PV-Anschub-Förderung	14
B.4. Eins-zu-eins-Repowering von Windenergie-Anlagen	16
B.5. Freiflächen-Photovoltaik	18
B.6. Anschluss-Förderung für alte PV- und Windanlagen	20
C.1.1. Fernwärmeversorgung	23
C.1.2. Wärmebereitstellung Gebäude	26
C.1.3. Sanierung der Wohnungen der gewoge AG	28
C.1.4. Energetische Nutzung der Aachener Thermalquellen	30
C.2.1. Solar- und Windstrompotential	32
C.2.2. Dachflächennutzung von PV-Anlagen	34
C.2.3. Denkmalschutz	38
C.2.4. Baurechtliche Privilegierung	40
C.2.5. Potenzialanalyse Windkraft	41
C.2.6. Plug-in-PV	43
C.3.1./ C.3.2. Hemmnisse auf Landes- und Bundesebene	45
D.1. Pilotprojekt im Bereich Agrophotovoltaik	47
D.2. Stromspeicher und Elektrolyse	49
D.3. Power-to-Heat, Wärmespeicher und Geothermie	53
D.4. Pflanzenkohle	59
4. Anhang	61
5. Literatur	65

Abkürzungsverzeichnis

ALigN	Ausbau von Ladeinfrastruktur durch gezielte Netzunterstützung
APV	Agrophotovoltaik
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CO ₂ -eq	CO ₂ -Äquivalente
EFA	Energie Forum Aachen e.V.
IKSK	Integriertes Klimaschutzkonzept
ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KW	Kraftwerk
PtH	Power-to-Heat
PtX	Power-to-X
PV	Photovoltaik
render	REgioNaler Dialog EneRgiewende
RT	Runder Tisch Klimanotstand Aachen
THG	Treibhausgas
WEA	Windenergieanlage

1. Der Energie Forum Aachen e.V.

Das Energiesystem verstehen, analysieren und diskutieren.

Der Energie Forum Aachen e.V. hat sich zum Ziel gesetzt, politisch unabhängige Antworten auf aktuelle Fragen zu unserem Energiesystem zu finden und sie für Mitglieder und Öffentlichkeit zu veranschaulichen. Wir setzen uns dafür ein, wissenschaftliche Erkenntnisse in den Fokus der öffentlichen Debatte über unsere Energieversorgung zu rücken. Der Austausch und Diskurs über die Herausforderungen und Chancen der Energiewende stellen dabei einen zentralen Pfeiler unseres Leitmotivs dar.

2. Motivation

Als Reaktion auf die klare Verfehlung der 2011 beschlossenen Klimaschutzziele für 2020 rief der Rat der Stadt Aachen am 19. Juni 2019 den Klimanotstand aus. Angestrebt war unter anderem eine CO₂-Emissionsreduktion von 40 % im Vergleich zum Jahr 1990. Erreicht wurden im Jahr 2017 lediglich 22 % [1, S. 13]. Außerdem wurde eine Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung bis auf 40 % anvisiert. Auch hier wurde das Ziel mit nur ca. 8 % im Jahr 2017 weit verfehlt [2]. Die unzureichende Bilanz der Klimaschutzziele 2020 lässt zweifeln, ob die noch ambitionierteren Klimaschutzziele für das Jahr 2030 noch erreicht werden können.

Fünf Tage nach der Ausrufung des Klimanotstands gründete sich die Initiative „Runder Tisch Klimanotstand Aachen“ (RT) mit dem Ziel, die Klimaschutzziele 2030 nicht abzuschreiben. Die Initiative vereint sachkundige Bürger, im Bereich Klima- und Umweltschutz tätige Verbände und Angehörige der Aachener Hochschulen. Ziel der Initiative ist, unabhängig von Politik und Verwaltung geeignete Maßnahmen zu formulieren und der Stadt vorzulegen, um die Klimaschutzziele 2030 doch noch zu erreichen.

Der vom Runden Tisch entwickelte Maßnahmenkatalog enthält Forderungen in den Bereichen

- Energie
- Verkehr
- Bauen/ Wohnen/ Stadtgrün
- Land- und Forstwirtschaft/ Ernährung
- Kreislaufwirtschaft/ Recycling sowie
- Soziale Teilhabe/ Partizipation.

Der Maßnahmenkatalog gilt dabei als „work-in-progress“. Die Forderungen sind unterschiedlich detailliert ausgearbeitet und verfügen teilweise über eine CO₂-Bilanz. [3]

Viele dieser Forderungen wurden bei der Entwicklung des integrierten Klimaschutzkonzepts (IKSK) der Stadt Aachen berücksichtigt.

Von zentraler Bedeutung für den Klimaschutz in Aachen ist ein nachhaltiger Wandel der Energieversorgung. Gemäß unserem Leitmotiv haben wir uns daher mit den Forderungen aus

dem Bereich „Energie“ auseinandergesetzt. Dieses Papier enthält Informationen zu den Hintergründen der aufgeführten Punkte und Stellungnahmen des Energie Forum Aachen zu den Vorschlägen. In der Ausführung der Hintergründe wird eingeordnet, inwiefern die Forderungen des RT im IKSK berücksichtigt wurde.

Die Recherche zu den Forderungen umfasste Gespräche mit möglichst vielen Akteuren aus der Energieforschung, -wirtschaft und -politik. Darüber hinaus wurde aktuelle Literatur für eine wissenschaftlich fundierte Evaluierung der Forderungen herangezogen.

Um die Ergebnisse anschaulich und vergleichbar dazustellen, wird jede Forderung nach einer Stellungnahme auf die Kriterien „Kosten“, „Wirksamkeit“, „Zeithorizont“ und „Akzeptanz“ untersucht.

3. Analyse

A. Finanzierung

„Die Stadt soll die haushalterischen Voraussetzungen schaffen, damit

- *alle Einnahmen, die der Stadt durch die Errichtung und den Betrieb von Solar- und Windanlagen entstehen (Gewerbsteuer, Vermietung/Verpachtung von Dächern und Grundstücken...), ausschließlich für Klimaschutz-Maßnahmen eingesetzt werden.*
- *alle Einnahmen durch die Konzessionsabgabe der Netzbetreiber vollständig für den Klimaschutz eingesetzt werden.*
- *eventuelle Zusatzeinnahmen (im Vergleich zu 2018) der Stadt durch die anstehende Grundsteuerreform komplett für Klimaschutz-Maßnahmen verwendet werden.*
- *ab dem Haushaltsjahr 2021 mindestens 10% der städtischen Haushaltsmittel für Klimaschutz-Maßnahmen eingesetzt werden. Der Prozentsatz soll erhöht werden, falls sich abzeichnet, dass die von der Stadt Aachen für das Jahr 2020 festgelegten Klimaschutzziele auch bis 2025 nicht erreicht werden.“*

Hintergrund

Konzessionsabgaben sind Entgelte, die ein Rechtsträger (STAWAG) an eine öffentlich-rechtliche Körperschaft (Stadt Aachen) zahlt. Diese räumt dafür das Recht zur Benutzung öffentlicher Verkehrswege für die Verlegung und den Betrieb von Leitungen ein, die der unmittelbaren Versorgung von Letztverbrauchern im Gemeindegebiet mit Strom und Gas dienen [4]. Im Haushaltsjahr 2020 betragen diese Einnahmen etwa 14,1 Mio. € [5].

Der Grundsatz der Gesamtdeckung besagt, dass keine Kausalität zwischen Haushaltseinnahmen und –ausgaben bestehen darf, die Einnahmen einer Kommune also keiner Zweckbindung unterliegen dürfen [§ 7 Satz 1 HGrG und § 8 Satz 1 BHO]. Auch die Einnahmen aus der Verpachtung von Grundstücken fallen unter dieses Gesamtdeckungsprinzip. Ob die Forderung vor diesem Hintergrund auf kommunaler Ebene rechtlichen Bestand hat, muss demnach eingehend geprüft werden. Abgesehen davon wird eine Verpachtung der stadteigenen Dächer von der Stadt nicht mehr in Betracht gezogen, da die städtischen Dächer mit eigenen PV-Anlagen für den Eigenverbrauch genutzt werden sollen. [6]

Die geforderten 10 % der städtischen Haushaltsmittel entsprächen rund 100 Mio. € pro Jahr. [7]

IKSK: Mit 35 Mio. €/Jahr stellt die Stadt ca. 3,5 % des jährlichen Haushalts (2019 Haushalt insgesamt: 1.006.853.100 €) zur Verfügung, um die Klimaschutzziele zu erreichen.

Stellungnahme EFA

Die aktuell für Klimaschutzmaßnahmen vorgesehenen 35 Mio. €/Jahr liegen deutlich unter den geforderten 10 %. Die Rechtmäßigkeit einer Zweckbindung von Einnahmen durch den Betrieb von EE-Anlagen, Konzessionsabgaben und Zusatzeinnahmen konnte nicht abschließend geklärt werden. Stattdessen empfiehlt sich, die Einnahmen zunächst zu quantifizieren. Die Höhe der Haushaltsmittel für den Klimaschutz kann dann an der Summe der quantifizierten Einnahmen bemessen und vor dem Hintergrund der geforderten 10 % bewertet werden.

Kosten	10 % des städtischen Haushalts entsprechen etwa 100 Mio. €. Die Stadt sieht derzeit nur 35 Mio. €/Jahr für Klimaschutzmaßnahmen vor.
Wirksamkeit	Mit diesen 35 Mio. €/Jahr will die Stadt die im IKSK genannten Maßnahmen umsetzen. Zusammen mit den Maßnahmen des energiepolitischen Arbeitsprogramm schätzt die Stadt, maximal 59 % zu den geplanten CO ₂ -Reduktionen beitragen zu können. Die restlichen 41 % müssen demzufolge durch landes- bzw. bundesweite politische Regelungen eingebracht werden [1].
Zeithorizont	Die Forderung bezieht sich auf das Haushaltsjahr 2021. Die Maßnahmen des IKSK sind auf die Erreichung der Klimaziele 2030 ausgelegt.
Akzeptanz	Im Januar dieses Jahrs hat der Rat der Stadt Aachen zum ersten Mal seit Einführung des Neuen Kommunalen Finanzmanagements (NKF) im Jahre 2008 einen ausgeglichenen Haushalt verabschiedet [8]. Sollten für Klimaschutzmaßnahmen neue Schulden aufgenommen werden, ist insbesondere im Hinblick auf die zusätzliche finanzielle Belastung durch die Coronakrise mit Akzeptanzproblemen zu rechnen.

B.1. Altbau-Sanierung

„Die Stadt Aachen soll Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung durch einen Zuschuss von 10 % der Investitionskosten unterstützen und hierfür jährlich 20 Millionen Euro zur Verfügung stellen. Durch geeignete Gestaltung der Förderbedingungen sollen Mitnahme-Effekte weitgehend verhindert werden.“

Hintergrund

Eine energetische Gebäudesanierungsförderung gibt es bereits auf Bundes- und Landesebene und in einigen Kommunen. Bundesweit kann die Förderung der KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) zur energetischen Gebäudesanierung und die Förderung des BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) zum Heizen mit Erneuerbaren Energien in Anspruch genommen werden. Von der KfW geförderte Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung stellen zum Beispiel die Wärmedämmung von Außenwänden, Keller- und Geschossdecken sowie des Daches oder der Fenster- und Türenaustausch dar. Die KfW-Förderung kann über einen Kredit mit Tilgungszuschuss (bei dem nicht der vollständige Betrag zurückgezahlt werden muss) oder als Privatperson auch über einen Direktzuschuss beansprucht werden. Wenn zudem die Heizungsanlage ausgetauscht bzw. optimiert werden soll, wird ein Investitionszuschuss je nach Art der erneuerbaren Heizungsanlage (z. B. Solarthermie, Biomasse, Wärmepumpe, Gas-Hybrid) von der BAFA gewährt. Wenn dabei eine alte Ölheizung ausgetauscht wird, wird ein zusätzlicher Fördersatz gewährt. [9, 10]

Das Ziel der Bundesregierung ist, bis 2050 einen „annähernd klimaneutralen“ Gebäudesektor in Deutschland zu erreichen [11].

Auch in Nordrhein-Westfalen bietet die NRW.BANK unter anderem ein Förderprogramm zur energetischen Gebäudesanierung und Heizungsanlagenrenovierung für selbstgenutztes Wohneigentum an. Dabei handelt es sich, ebenso wie bei dem bundesweiten KfW-Kredit zur energetischen Gebäudesanierung, um einen Kredit mit Tilgungszuschuss von mindestens 20%. Bei beiden Krediten kann die volle Investitionssumme (bis zu einem bestimmten Maximalwert) gefördert werden, weshalb diese miteinander konkurrieren. Jedoch ist der NRW.BANK-Kredit mit Zuschussförderungen (BAFA, KfW etc.) kombinierbar. [9, 12]

Darüber hinaus gibt es vereinzelt auf kommunaler Ebene Gebäudesanierungsförderprogramme, die mit den bundes- und landesweiten Angeboten kombiniert werden können. Dabei werden meist maßnahmenspezifische Fördersummen anstatt eines generellen prozentualen Zuschusses auf die Investitionskosten ausgezahlt. [13–16]

Laut einer Annahme des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) betragen die durchschnittlichen Sanierungskosten für einen Haushalt mit der Größe von 80 m² je nachdem, ob 50 oder 60 % der Endenergie eingespart werden soll, zwischen rund 28 und 48 Tsd. Euro [17]. Durchschnittlich werden für die Altbausaniierung eines Gebäudes in Deutschland ca. 80.000 Euro investiert [1, S. 125, 18]. Diese Investitionen dienen dabei in hohem Maße der regionalen

Wertschöpfung, da meist lokal ansässige Unternehmen mit der Sanierung beauftragt werden [1, S. 125].

IKSK: Die Stadt will eine Förderrichtlinie entwickeln, die dazu beitragen soll, dass 1,5 % des sanierungsbedürftigen Gebäudebestandes bzw. 450 Gebäude pro Jahr in Aachen saniert werden.

Stellungnahme EFA

Da der Gebäudesektor in Deutschland etwa 35 % des Endenergiebedarfs und 30 % des CO₂-Ausstoßes ausmacht [11], ist eine energetische Sanierung von Altbauten ein unbedingt notwendiger Schritt. Viele Wohnungseigentümer schrecken jedoch vor den hohen Investitionskosten zurück. Eine Unterstützung der bundes- und landesweiten Förderungen durch kommunale Programme kann dabei als Anreiz dienen.

Die Annahme des Runden Tisches (RT) von 10 % Investitionskostenförderung ist allerdings nur theoretisch sinnvoll. Sie dient allein der Kostenabschätzung für die Stadt und eventuell einer anfänglichen Entwicklung von maßnahmenspezifischen Fördersummen. Durch eine spezifische Förderung (z.B. 100 €/m² Wohnfläche für den Fensteraustausch [13]) können Mitnahmeeffekte verringert und die Verwendung von nachhaltigen Rohstoffen beeinflusst werden. Eine Einbindung von Energieberatungen ist dabei hilfreich.

Die vom RT geforderte Fördersumme von 20 Mio. € pro Jahr fällt im Vergleich mit bewährten Programmen in anderen Städten sehr hoch aus (siehe Tabelle auf der nächsten Seite). Das von der Stadt Aachen im IKSK angesetzte Förderbudget von 3,6 Mio. € sowie der Verwaltungsaufwand von 2 Mitarbeiteräquivalenten (MÄ) erscheinen im Direktvergleich für einen ersten Anlauf realistisch.

Stadt	Förderbudget	Verwaltungs-aufwand	Start des Programms	Besonderheiten
Münster	4,3 Mio. € [19]	2,8 (MÄ) [19]	1997 [15]	Energiegutachten und Energieausweis notwendig; für Bestands- und Neubauten; nur Wohngebäude förderfähig. [15]
Köln	1,0 Mio. € [20]	1 MÄ ¹	2018 [14]	100 % Kostenübernahme Energieberatung; nur für Bestandsbauten; Wohngebäude und gemischt genutzte Gebäude förderfähig; Innovationsförderung. [14]
Düsseldorf	2 Mio. € + 1 Mio. € Sperrvermerk [21]	3 MÄ ¹	2008 [22]	Förderfähige Sanierungsbegleitung; für Bestands- und Neubauten; Wohngebäude, gemischt genutzte Gebäude und gewerbliche Gebäude von kleinen Unternehmen förderfähig; Innovationsförderung. [13]
München	14,7 Mio. € [16]	2,5 MÄ Verwaltung + 9 technische Angestellte ¹	1989 [16]	Online Antrag; für Bestands- und Neubauten; Wohngebäude und gewerbliche Gebäude von Unternehmen bis zu einer gewissen Größe förderfähig; eigener „Münchener Gebäudestandard“; Bonusförderungen. [16]
IKSK [5, S. 125]	3,6 Mio. €	2 MÄ	2020	
RT [23]	20,0 Mio. €	1 MÄ		

Bilanzierung

Wie viel Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) theoretisch pro Sanierung vermieden werden können, hängt hauptsächlich von zwei Faktoren ab: erstens, wie viel Endenergie pro investiertem Euro eingespart werden kann und zweitens, wie hoch der THG-Emissionsfaktor pro kWh eingesparter Energie angenommen wird. Wenn diese beiden Werte miteinander multipliziert werden, resultiert die THG-Einsparung pro investiertem Euro.

Die Bilanzierungen der Altbausanierung von RT und IKSK unterscheiden sich insofern, als dass neben den unterschiedlichen Fördertopfhöhen auch andere Annahmen für resultierende THG-Einsparungen getroffen wurden (siehe Tabelle auf der nächsten Seite). Der RT rechnet mit einer jährlichen THG-Einsparung von 0,096 kg/(€*a), während die Stadt Aachen mit 0,2 kg/(€*a) kalkuliert. Eigene überschlägige Berechnungen ergaben einen Wert von 0,21 kg/(€*a) (siehe Anhang).

Bei den Berechnungen des RT folgt so eine Brutto-THG-Einsparung von 20 Mio. kg/a; für das IKSK ergibt sich eine Summe von 7,2 Mio. kg/a. Mit dem zuvor genannten eigens berechneten THG-Emissionsfaktor erreicht die im IKSK vorgestellte Maßnahme eine Brutto-THG-Einsparung von 7,56 Mio. kg/a. Darüber hinaus betrachtet der RT auch die Emissionen, welche durch die Maßnahme verursacht werden. Dadurch reduziert sich das insgesamt resultierende THG-Einsparpotential (Nettowert).

¹ Auskunft auf Nachfrage des EFA im Juni 2020

	Ausgelöste Investitionen	Jährliche THG-Einsparung pro Euro	Brutto-THG-Einsparung	THG-Ausstoß der Maßnahme	Netto-THG-Einsparung
RT ²	200 Mio. €/a	0,096 kg/(€*a)	20,0 Mio. kg/a	0,8 Mio. kg/a	19,2 Mio. kg/a
IKSK	36 Mio. €/a	0,2 kg/(€*a)	7,2 Mio. kg/a	-	-
EFA ³	36 Mio. €/a	0,21 kg/(€*a)	7,56 Mio. kg/a	-	-

Kosten	Die Stadt Aachen gibt im IKSK eine Fördertopfhöhe von 3,6 Mio. € pro Jahr und einen Verwaltungsaufwand von 2 MÄ an. Diese Annahmen scheinen im Vergleich mit den Altbausanierungsprogrammen anderer Städte realistische Werte darzustellen.
Wirksamkeit	Durch die Sanierung von Altbauten können gleichzeitig THG-Emissionen vermieden und die lokale Wertschöpfung gestärkt werden. Die Stadt Aachen nimmt im IKSK eine Reduktion von 7,2 Mio. kg CO ₂ -eq/a bei einem Bilanzierungszeitraum von fünf Jahren an, während ein eigener Überschlag 7,56 Mio. kg CO ₂ -eq/a ergibt (siehe Anhang). Je länger dieser Zeitraum gewählt wird, desto größer sind die durchschnittlichen jährlichen THG-Einsparungen pro Euro (siehe Anhang).
Zeithorizont	Die Förderrichtlinie kann ab 2020 erstellt werden und das Programm daraufhin starten. Mithilfe starker Partner in Aachen, die Erfahrungen mit Altbausanierungen haben (z. B. altbau plus), könnte die Maßnahme schnell umgesetzt werden.
Akzeptanz	Generell ist eine hohe Akzeptanz einer kommunalen Altbausanierungsförderung zur Unterstützung der staatlichen Fördermittel vorhanden. Wie gut die Maßnahme angenommen wird, hängt allerdings von den Förderbedingungen und dem Aufwand zur Antragstellung ab. Eine digitale Antragstellung, wie sie zum Beispiel die Stadt München anbietet, erhöht die Akzeptanz.

² 25 Jahre Nutzungsdauer der einzelnen Sanierungen; von fünfjährige auf jährliche Betrachtung zwecks Vergleichbarkeit umgerechnet (siehe Anhang)

³ 25 Jahre Nutzungsdauer der einzelnen Sanierungen; hier wurde beachtet, dass sich die eingesparten THG-Emissionen pro Jahr kumulieren. Die im ersten Jahr ausgeschütteten Fördergelder sparen 0,07 kg/(€*a) für die nächsten 25 Jahre der Nutzungsdauer ein, ohne dass weitere Investitionen nötig sind. Im zweiten Jahr werden dementsprechend schon 0,07 kg/€ aus dem ersten Jahr plus 0,07 kg/€ aus dem zweiten Jahr eingespart. Dieser Effekt wurde über einen Zeitraum von 5 Jahren berücksichtigt und ein Mittelwert der jährlichen THG-Einsparungen pro Euro für die Maßnahme errechnet (siehe Anhang).

B.2. Städtisches Energiesparprogramm

„Die Stadt soll für eigene Gebäude ein Anreizprogramm zur Energieeinsparung entwickeln (z. B. 50% der eingesparten Kosten an die jeweiligen Abteilungen ausschütten). Alle städtischen Gebäude sollen bis spätestens 2025 auf LED-Beleuchtung umgerüstet werden; bei Beschaffungsmaßnahmen soll jeweils die energiesparendste Technik zum Zuge kommen. Die Stadt soll auf Unternehmen und Institutionen einwirken, an denen sie beteiligt ist, oder die für die Entwicklung der Stadt besonders wichtig sind, ein entsprechendes Energiespar-Programm aufzulegen.“

Hintergrund

B.2.1. Anreizprogramm

Die Stadt Aachen bot ab Mitte der 90er Jahre bis 2006 ein Anreizprogramm zum Energiesparen für Schulen und Kitas an. Das Programm wirkte, sodass durch ein geändertes Nutzerverhalten innerhalb von 2 Jahren der Energiebedarf um 8 % reduziert wurde [1, S. 87]. Weiterführend gab es das „ACTiv fürs Klima“-Projekt, in dessen Rahmen von 2011 bis 2013 ein Energiesparprogramm mit Bonussystem für Schulen und Kitas durchgeführt wurde. Dabei wurden im ersten Projektjahr 6 % und im zweiten Projektjahr 8 % des Energiebedarfs im Vergleich zum Zeitraum vor dem Projekt eingespart [24, S. 53f]. Eine Neuauflage des Anreizprogrammes wird im Klimaschutzkonzept der Stadt Aachen berücksichtigt [1, S. 87].

In vielen städtischen Gebäuden kommt des Weiteren das Tool „e2watch“, mit dem Energieverbrauchsdaten überwacht und visualisiert werden können, zum Einsatz. Eine Ausweitung auf den gesamten Stadtkonzern ist im IKSK geplant. [1, S. 86]

B.2.2. LED-Beleuchtung und Beschaffungsmaßnahmen

Einige Sporthallen in Aachen wurden mithilfe von Bundesfördermitteln bereits auf LED-Beleuchtung umgestellt [24, S. 66ff]. Eine im Oktober 2019 erlassene EU-Verordnung zu Ökodesign-Anforderungen an Lichtquellen legt außerdem fest, dass ab dem 1. September 2023 ein Großteil der alten Leuchtstoffröhren nicht mehr verkauft werden darf [25, 26].

Um die Umweltauswirkungen einer Technik zu beurteilen, reicht es nicht, allein den Energiebedarf zu bewerten. Eine Lebenszyklusanalyse (auch „Ökobilanz“) erlaubt dagegen eine vollumfängliche Betrachtung und macht unter Berücksichtigung der Randbedingungen einen sinnvollen Vergleich verschiedener Techniken möglich.

B.2.3. Energieeinsparung in Unternehmen und Institutionen

Die Beteiligungen der Stadt Aachen können im Beteiligungsbericht von 2017 eingesehen werden. So ist die Stadt Aachen an Unternehmen im Bereich Energieversorgung (z.B. STAWAG), Tourismus / Wohnen / Wirtschaftsförderung (z.B. gewoge) und Entsorgung (z.B. ZEW) beteiligt [27, S. 9]. Besonders wichtig für die Stadtentwicklung ist außerdem die RWTH Aachen als größter Arbeitgeber in der Städteregion [28].

Im IKSK ist eine Einwirkung auf Unternehmen, an denen sie mehrheitlich beteiligt ist, zwecks Energieeinsparung in zahlreichen Maßnahmen berücksichtigt (z.B. 2.1, 2.5, 3.4, 3.5 etc.). Durch die Ausweitung von „e2watch“ sollen Einsparpotenziale identifiziert werden [1, S. 86].

IKSK: Die Forderung wurde im IKSK bereits größtenteils berücksichtigt.

Stellungnahme EFA

B.2.1. Anreizprogramm

Eine Neuauflage des Anreizprogrammes zur Energieeinsparung ist aufgrund der Erfolge vergangener Projekte sinnvoll. Dabei können sowohl eine Beteiligung an den eingesparten Kosten als auch alternativ ein Prämiensystem zum Erfolg der Maßnahme führen. Es sollte viel Wert auf breite Informationsangebote gelegt werden, sodass die Einspartipps vom Arbeitsplatz auch auf das private Umfeld übertragen werden. Eine Ausweitung des Anreizprogrammes von Schulen und Kitas auf städtische Verwaltungsgebäude ist wünschenswert.

B.2.2. LED-Beleuchtung und Beschaffungsmaßnahmen

Die Forderung nach einer Umstellung auf LEDs bis 2025 ist insofern hinfällig, als dass ein Großteil der Leuchtstoffröhren ab spätestens 2023 nicht mehr verkauft werden darf. Es ist deshalb davon auszugehen, dass der Ersatz der veralteten Technik durch LEDs zu einem überwiegenden Teil bis 2025 unweigerlich vollzogen wird. Eine vollumfängliche Lebenszyklusanalyse ist zwar aufwendig, für kostenintensive und insbesondere energieintensive Anschaffungen sollte eine solche Analyse gleichwohl durchgeführt werden.

B.2.3. Energieeinsparung in Unternehmen und Institutionen

Wenn die im Klimaschutzkonzept für städtische Unternehmen (STAWAG, gewoge, ASEAG etc.) geplanten Energiespar- und Transformationsmaßnahmen umgesetzt werden, kann die Stadt Aachen eine Vorbildfunktion einnehmen. Als Vorbild kann die Stadt Aachen glaubwürdiger für die Energieeinsparung bei anderen wichtigen Unternehmen und Institutionen werben. Eine proaktive Ansprache ist hierbei wichtig, um diese dazu zu ermutigen, einen Energieplan zu erstellen und das Energiemonitoring auszubauen (z.B. mithilfe von e2watch).

Bilanzierung

Forderung/ Maßnahme	Autor	Anteil der teiln. städt. Gebäude	Verwaltungs- aufwand	Kosten	Energie- einsparung	THG- Faktor	THG- Einsparung
Verändertes Nutzer- verhalten [29]	RT	100 % (Ca. 700 Gebäude [29, 30])	2000 h/a (etwa 1 MÄ)	174.000 €/a Überschuss ⁴	4,4 Mio. kWh/a	Ings. 0,27 kg/kWh ⁵	1.200 t/a
Austausch veraltete Technik [29]	RT				4,4 Mio. kWh/a	Ings. 0,27 kg/kWh ³	1.200 t/a
Ausweitung e2watch [1, S. 86]	IKSK	20 %	-	5.000 €/a + 5.000 € einmalig	0,36 Mio. kWh/a	0,5 kg/kWh	180 t/a
Anreiz- programm [1, S. 87]	IKSK	17 % (120 Schulen und Kitas)	0,5 MÄ	25.000 €/a	-	-	350 t/a

Kosten	Laut Stadt Aachen kostet das geplante Anreizprogramm zur Energieeinsparung etwa 25.000 €/a und die Ausweitung von e2watch ca. 5.000 €/a und 5.000 € einmalig [1, S. 86f].
Wirksamkeit	Je nach Beteiligung und angenommenen THG-Emissionsfaktor liegen die THG-Einsparungen des Anreizprogrammes zwischen 350 t/a – 1.200 t/a CO ₂ -eq. Eine Ausweitung von e2watch bringt laut IKSK 180 t/a CO ₂ -eq Einsparung. Die Wirksamkeit von angestoßenen Energiesparplänen für Unternehmen ist als hoch einzuschätzen [1, S. 86f, 29].
Zeithorizont	Das Anreizprogramm und die Ausweitung von e2watch können zeitnah realisiert werden, während die Ausarbeitung von Energiesparplänen für Unternehmen von mittel- bis langfristiger Dauer ist.
Akzeptanz	Die Akzeptanz für das Anreizprogramm ist hoch, solange die Arbeit für Verantwortliche nicht stark zunimmt und ein angemessenes Belohnungssystem entwickelt wird. Energiesparpläne nach dem Vorbild des IKSK sollten in Unternehmen allgemein auf Befürwortung stoßen.

⁴ 200.000 €/a Einnahmen – 26.000 €/a Personalkosten; Die vom RT an anderer Stelle [31] angenommenen Arbeitskosten von 42,50 Euro pro Stunde wurden anscheinend nicht zur Berechnung herangezogen (26.000 € / (2000 h/a) = 13 €/h)

⁵ Es wurden unterschiedliche THG-Faktoren für Strom- und Wärmeeinsparung angenommen

B.3. PV-Anschub-Förderung

“Die Stadt soll ein Anschub-Förderungsprogramm für 10.000 PV-Anlagen auf/an Gebäuden auflegen, in Anlehnung an das 1000×1000-Programm des Kreises Düren (Zuschüsse für PV-Anlagen von 3-20 kW nach Windhund-Verfahren): je 1000 Euro für die ersten 1000 Anlagen je 900 Euro für die nächsten 1000 Anlagen je 800 Euro für die nächsten 1000 Anlagen usw.”

Hintergrund

Im Jahr 2019 wurde im Kreis Düren eine Förderung von Photovoltaikanlagen und Ladesäulen-Infrastruktur beschlossen. Konkret werden dabei 1000 Projekte mit jeweils 1000 € bezuschusst. Dabei unterstützt werden PV-Anlagen mit mindestens 4 kWp oder Wallboxen bzw. Ladesäulen mit 3,7 bis 22 kW bei Normalladesäulen und 50 bis 100 kW bei Schnellladesäulen. Das Programm läuft sehr erfolgreich und wird daher bis Ende 2020 in abgewandelter Form fortgesetzt. Seit diesem Jahr werden zusätzlich auch Batteriespeicher für Bestands-PV-Anlagen, sowie Solarthermieanlagen gefördert. Zusätzlich spricht das Förderprogramm auch gemeinnützige Einrichtungen wie Vereine, Genossenschaften und Stiftungen an. [32, 33]

IKSK: Teil des IKSK der Stadt Aachen ist ein PV-Förderprogramm. Eine Anlehnung an das 1000-Dächer-Programm des Kreises Düren wird geprüft, um eine einfache Handhabung sowie die Unterstützung von kleineren Anlagen zu erreichen. Genauere Angaben zu Fördersummen und -verfahren können jedoch erst gemacht werden, wenn die Finanzierung des Förderprogramms gesichert ist, also voraussichtlich erst nach den Haushaltsberatungen für das Jahr 2021 [34].

Stellungnahme EFA

Das Förderprogramm des Kreis Dürens wurde im Mai 2019 vorgestellt [35] und hat bereits im August die Hälfte der geplanten Anträge erreicht [36]. Mit den ersten 500 Projekten wurden 9358 Photovoltaikanlagen bezuschusst, die auf eine Gesamtleistung von 3091 kWp kommen. Mittels dieser Projekte sind insgesamt schätzungsweise 6,5 Mio. € investiert worden [36]. Aufgrund dieser äußerst positiven Bilanz haben auch SPD und Grüne im Kreis Siegen-Wittgenstein im Dezember 2019 einen Antrag auf ein 1000-Dächer Projekt in den Kreistag eingebracht [37]. Aufgrund der hohen Akzeptanz, der finanziellen Planbarkeit und der hohen ökologische Treffsicherheit ist es zu begrüßen, wenn sich mehr Kreise dem Beispiel Dürens anschließen.

Kosten	Der Stadt entstehen durch ein solches Förderprojekt exakt planbare Investitionen, durch die im beträchtlichen Maße höhere Investitionen mobilisiert werden. Die im Rahmen dieser Forderung zu tätigenen Förderungen belaufen sich auf 5,5 Mio. €. Nach [38] entstehen Einnahmen durch Gewebesteuern u. ä. von etwa 1 Mio. €.
Wirksamkeit	Basierend auf vom Bundesumweltamt veröffentlichten Werten ergibt sich laut [38]jenbacher eine auf die Lebensdauer bezogene THG-Einsparung von etwa 300 Mio. t CO ₂ -eq. Bei der Anwendung des Windhundverfahrens und einer Lebensdauer der Anlagen von etwa 20 Jahren, entstehen damit spezifische Kosten von etwa 15 € pro CO ₂ -eq.
Zeithorizont	Das Beispiel des Kreises Düren hat gezeigt, dass binnen 3 Monaten 500 Anträge eingereicht wurden. Dies zeugt nicht nur von einer hohen Attraktivität des Programms, sondern signalisiert auch eine hohe Bereitschaft des raschen Handelns in der Bevölkerung.
Akzeptanz	Das Feedback der Bürger des Kreises Dürens war durchweg positiv. Allgemein ist bei einer Förderung mit einer hohen Akzeptanz zu rechnen. Lediglich die Abstufung der Fördersummen könnte ein zeitliches Abebben der Nachfrage zur Folge haben.

B.4. Eins-zu-eins-Repowering von Windenergie-Anlagen

„Die Stadt soll gemeinsam mit den Betreibern der älteren Windenergieanlagen (WEA) und den Grundstückseigentümern alle Anstrengungen unternehmen, damit für jede abgebaute WEA eine neue, dem aktuellen Stand der Technik entsprechende Anlage errichtet werden kann (Eins-zu-eins-Repowering) und die Stromerzeugung um ein Mehrfaches erhöht wird.

Bei Genehmigungsanträgen für Repowering-Anlagen soll die Stadt alle Möglichkeiten in Erwägung ziehen, etwaige Genehmigungshindernisse zu beseitigen.

Die Stadt soll gemeinsam mit den WEA-Betreibern Maßnahmen zur Akzeptanz-Steigerung durchführen. (Bürgerdialog, Bürgerbeteiligung, Maßnahmen zum Artenschutz...). Städtische Grundstücke sollen bevorzugt für Projekte zur Verfügung gestellt werden, bei denen eine breite Bürgerbeteiligung angeboten wird.“

Hintergrund

Zum Beginn des Jahres 2021 werden fünf Windenergieanlagen (WEA) im Aachener Stadtgebiet aus der Vergütung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) fallen. Bis zum Dezember 2022 sind elf von 23 Anlagen betroffen [39]. Für diese Anlagen besteht theoretisch die Möglichkeit des Repowerings. Allerdings ist ein Eins-zu-eins Repowering der neun Anlagen im Windpark Vetschau nicht möglich, da neu gebaute Anlagen insgesamt gegen das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) verstoßen würden. Auf der Fläche des Windparks könnten nach aktueller Gesetzeslage nur circa fünf WEA Platz finden. Der Rat der Stadt Aachen hat bereits im Dezember beschlossen, dass das Repowering nicht isoliert, sondern innerhalb der ganzheitlichen WEA-Planung in Aachen berücksichtigt werden soll. Das prinzipielle Genehmigungshindernis für das Repowering in Aachen ist dementsprechend das BImSchG, auf das die Stadt Aachen keinen direkten Einfluss hat. [40]

Im Zuge der Errichtung des Windparks Münsterwald hat die STAWAG über 600 Kunden und Kundinnen eine Möglichkeit zur finanziellen Beteiligung geboten, die vollständig ausgeschöpft wurde. Eine Zusammenarbeit zwischen der STAWAG und der Stadt hat es in Bezug auf Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung noch nicht gegeben, wird aber aktuell verwaltungsintern geprüft. Zudem ist in diesem Kontext ein Austausch zwischen der Stadt und der Energieagentur NRW geplant. [41, 42]

Klimaschutzkonzept: Im IKS werden Workshops zur Lösungsfindung zum Thema Repowering vorgeschlagen. Es wird davon ausgegangen, dass bis 2025 fünf neue WEA gebaut werden können. Die Stadt will den Kontakt mit Initiativen wie dem Runden Tisch intensivieren und regelmäßig Veranstaltungen zum Klimaschutz für alle Bürger*innen anbieten, sowie eine Plattform für interessierte Bürger*innen aufbauen.

Stellungnahme EFA

Die Forderung nach einem Eins-zu-eins-Repowering ist aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen des BImSchG nicht umsetzbar. Ungeachtet dessen ist das Repowering angesichts erheblicher Leistungssteigerungen in der WEA-Technik in den letzten Jahren sinnvoll. Da auch die Flächen für WEA immer knapper werden, trägt das Repowering durch höhere Leistungserträge pro Fläche einen wichtigen Teil zur Energiewende bei [43].

Die Akzeptanz für den Ausbau Erneuerbarer Energien ist in der Städtereion Aachen relativ hoch. Dennoch ist ein Austausch zwischen der Stadt und WEA-Betreibern zu Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung sinnvoll, da die mangelnde Akzeptanz der Bürger*innen in den letzten Jahren ein wesentliches Hemmnis beim Ausbau von WEA war. [44]

Bilanzierung

Der Wert von 58 Mio. kg CO₂-eq Einsparung pro Jahr des RT basiert auf der Annahme von 85 Mio. kWh Differenz zwischen der Stromproduktion vor und nach dem Repowering von elf WEA [45]. Dazu müssten neue Anlagen nach eigener Rechnung etwa 3200 Volllaststunden aufweisen (siehe Anhang). Die Stadt rechnet im IKSK dagegen mit 2750 Volllaststunden, weshalb sie mit fünf neu gebauten Anlagen nur auf einen Wert von 22,16 Mio. kg CO₂-eq Einsparung kommt [1, S. 98]. Die 2018 in Betrieb genommenen WEA im Münsterwald weisen ca. 2720 Volllaststunden auf [46]. Die Annahme der Stadt ist damit nahe an der bereits erreichten Volllaststundenzahl und könnte durch weiteren technologischen Fortschritt bis 2021 bzw. 2022 noch übertroffen werden. Eine Steigerung um etwa 500 Volllaststunden, wie sie der RT annimmt, erscheint allerdings sehr optimistisch.

Die Differenz in der Einsparung resultiert aus der unterschiedlichen Anzahl neu gebauter bzw. repowerter Anlagen, der Annahme für Volllaststunden neuer WEA sowie dem spezifischen THG-Vermeidungsfaktor von WEA.

Der RT veranschlagt für die Forderung 1000 h Planung mit Kosten von 50.000 € und Kosten für die Akzeptanzmaßnahmen in den fünf Jahren in Höhe von 200.000 € [45]. In welchem Umfang die Maßnahmen der Akzeptanzförderung umgesetzt werden, sollte von der Beteiligung der Bürger abhängig gemacht werden.

Kosten	Es fallen Kosten in Höhe von 250.000 € für Planung und akzeptanzsteigernde Maßnahmen an.
Wirksamkeit	Die Wirksamkeit hängt hauptsächlich von der Anzahl der Anlagen ab, die repowert werden können. Grundsätzlich besteht durch die erheblichen Leistungssteigerungen bei WEA in den letzten Jahren ein großes CO ₂ -Einsparungspotenzial.
Zeithorizont	Die Errichtung einer neuen WEA inklusive Planung dauert etwa fünf Jahre. Das Repowering von Anlagen nimmt etwas weniger Zeit in Anspruch.
Akzeptanz	Beim Repowering kommen keine neuen Anlagen dazu, die Akzeptanz dürfte also insbesondere durch ergänzende Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung hoch sein.

B.5. Freiflächen-Photovoltaik

„Die Stadt soll umgehend die rechtlichen Voraussetzungen schaffen, um die Errichtung von Freiflächen-PV-Anlagen insbesondere auf

- *Flächen längs Autobahnen oder Schienenwegen,*
- *versiegelten Flächen,*
- *Konversionsflächen aus wirtschaftlicher, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung*

zu ermöglichen. Die Stadt soll die STAWAG auffordern, die bebaubaren Flächen zur Solarstrom-Erzeugung zu nutzen, sofern sich keine anderen Betreiber finden.“

Hintergrund

Bei den in der Forderung genannten Flächen handelt es sich um genau die Flächen, die laut EEG förderfähig sind (§ 48 EEG 2017). In NRW gelten zusätzliche, landesspezifische Einschränkungen. Anders als z. B. die Länder Saarland, Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz hat NRW nicht von der Länderöffnungsklausel nach § 37c EEG 2017 Gebrauch gemacht [47, 48]. Diese Klausel stellt den Ländern frei, PV-Freiflächenanlagen auch auf Acker- und Grünlandflächen in benachteiligten Gebieten zu genehmigen. Bei „benachteiligten Gebieten“ handelt es sich um Flächen, auf denen die Landwirtschaft z. B. aufgrund eines bergigen oder unfruchtbaren Bodens wenig ertragreich ist [49]. In der Städteregion Aachen zählen dazu die Gebiete der Gemeinden Monschau, Roetgen, Simmerath und Teilflächen von Stolberg [50]. Darüber hinaus dürfen PV-Freiflächenanlagen in NRW nicht an allen Schienenwegen oder Autobahnen gebaut werden, sondern nur entlang solcher, die laut Landesentwicklungsplan von „überregionaler Bedeutung“ sind [51].

IKSK: Die Stadt Aachen rechnet auf Grundlage des render-Projekts bis 2030 bestenfalls mit der Nutzung von einem Drittel (ca. 80 ha) des theoretischen Flächenpotenzials an Autobahnen und Schienenwegen in der Region (ca. 260 ha).

Stellungnahme

Grundsätzlich sind Kommunen an die Landesgesetzgebung gebunden und können auch keinen direkten Einfluss auf die Landesgesetzgebung nehmen. Die Stadt Aachen kann aber Stellung zu den (im Vergleich zu anderen Bundesländern) strengeren Einschränkungen der PV-Freiflächenpotenziale beziehen. Eine Positionierung der Stadt Aachen – eventuell in Kooperation mit anderen Kommunen – würde möglicherweise Druck auf die Landesregierung aufbauen.

Da die STAWAG bereits einige PV-Freiflächenanlagen betreibt, stellt sie einen geeigneten Ansprechpartner für die Nutzung der Potenzialflächen dar [52].

Kosten	Der Stadt entstehen weder durch die Aufforderung der STAWAG noch durch eine Positionierung direkte Kosten.
Wirksamkeit	Die Wirksamkeit ist nur sehr schwer abzuschätzen, da die Reduzierung rechtlicher Hürden maßgeblich von der Landesregierung abhängt, auf die die Stadt keinen direkten Einfluss hat.
Zeithorizont	Eine schnelle Positionierung der Stadt innerhalb dieses Jahres ist grundsätzlich denkbar. Ob und wann dies zu einer Anpassung der Landesgesetzgebung führt, ist nicht absehbar.
Akzeptanz	Da ein Abbau von rechtlichen Hürden nicht unmittelbar den Bau von zusätzlichen Anlagen impliziert, ist nicht mit einem erheblichen Widerstand der Bürger*innen zu rechnen.

B.6. Anschluss-Förderung für alte PV- und Windanlagen

„Die Stadt soll die STAWAG auffordern und erforderlichenfalls anweisen, ein Aachener Modell für Anlagen, die aus dem EEG (Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien) fallen, aufzulegen, bei dem sie den Strom unbürokratisch abnimmt und mit mindestens 6 ct/kWh vergütet.“

Hintergrund

Zu Beginn des Jahres 2021 endet die Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) für Photovoltaik- (PV) und Windenergieanlagen (WEA), die vor dem Jahr 2000 in Betrieb genommen wurden. Die Anlagen verlieren zwar nicht ihre Einspeiseberechtigung, der Anlagenbetreiber muss aber eine Möglichkeit finden, den Strom geregelt einzuspeisen [53]. Eine Möglichkeit ist die Direktvermarktung des gesamten Stroms. Eine Volleinspeisung ist aufgrund der hohen EEG-Vergütung in den ersten Jahren nach Inbetriebnahme bei den alten Anlagen Standard, wurde bislang jedoch nur selten mit der Direktvermarktung gekoppelt. Die Volleinspeisung für eine durchschnittliche PV-Anlage ist bei einem Börsenpreis von 4,5 Cent/kWh für kleinere Anlagen meist nicht kostendeckend und somit wirtschaftlich unattraktiv für den Betreiber [54, S. 10f]. Eine weitere Möglichkeit stellt der Eigenverbrauch dar, bei dem nur der nicht selbst verbrauchte Strom über die Direktvermarktung eingespeist wird. Für die Direktvermarktung wird vom Gesetzgeber aktuell eine viertelstündige Zählung vorausgesetzt, die bei den meisten alten Anlagen nur nach einer Umrüstung und somit zusätzlicher Investition möglich wäre [53]. Eine kostendeckende Alternative für PV-Anlagen wäre deshalb der Eigenverbrauch mit Nulleinspeisung, bei dem der nicht selbst genutzte Strom zunächst gespeichert oder gar nicht genutzt werden kann. Falls keine dieser Möglichkeiten für den Betreiber erstrebenswert ist, bleibt ihm letztlich nur der Rückbau der Anlage [55]. Bei WEA ist ein zeitnaher Rückbau sinnvoll, da die Anlagen auf 20 Jahre Lebensdauer ausgelegt sind und eine neue Anlage wesentlich mehr Ertrag bringen kann. Ein Rückbau von PV-Anlagen nach 20 Jahren ist dagegen weniger sinnvoll, da die Anlagen ohne größere Leistungsdegradation noch fünf bis zehn Jahre weiter betrieben werden können [56, 57].

Nach einer Umfrage des Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) ist die Option Eigenverbrauch mit Speicher aus Sicht der PV-Betreiber am attraktivsten. Gleichzeitig wollen 96 % der Befragten die PV-Anlage selbst weiter betreiben [58]. Da die Problematik in der gesamten Bundesrepublik auftreten wird, ist davon auszugehen, dass zeitnah ein Bundesgesetz erlassen wird, das den Betreibern neue, pragmatische Möglichkeiten zur Weiternutzung der Anlage bietet [55].

Klimaschutzkonzept: Im IKS-Konzept wird die Problematik zwar erwähnt und ein Konzept wird als erforderlich erachtet, allerdings werden keine konkreten Vorschläge präsentiert.

Stellungnahme EFA

Es ist davon auszugehen, dass, wie oben ausgeführt, bis 2021 ein Gesetz beschlossen wird, das für das gesamte Bundesgebiet gilt. Falls dieses Gesetz keine Anreize zur übergangsweisen Weiternutzung oder zum Repowering für die Anlagen bietet, sollte die Stadt eine attraktive Lösung in Anlehnung an die Forderung des RT erarbeiten, um eine langfristige Weiternutzung der Altanlagen zu vermeiden. Denn sowohl im Bereich der PV aber vor allem im Bereich der WEA kann durch Neuanlagen eine erhebliche Leistungssteigerung erreicht werden. Da insbesondere die Errichtung neuer WEA mehrere Jahre in Anspruch nimmt, sollte zumindest eine Übergangslösung erarbeitet werden. Aufgrund der wesentlichen Unterschiede in Leistungspotenzial und rechtlicher Behandlung sollten WEA und PV-Anlagen in einem Anschlussförderungsprogramm separat behandelt werden. Für WEA sollten möglichst wenig Anreize geschaffen werden, die alten Anlagen weiter zu betreiben, damit das Repowering attraktiver ist. Bei PV-Anlagen ist das Repowering technisch solange nicht sinnvoll, wie die Leistungsdegradation moderat bleibt. Ein Ende der Anschlussförderung sollte deshalb an die Leistungsdegradation geknüpft werden.

Die STAWAG ist bereit, den Anlagenbetreibern den Strom zu Marktkonditionen abzunehmen. Eine fixe Vergütung in Höhe von 6 Cent pro kWh ist wirtschaftlich aktuell nicht realistisch darstellbar. [59]

Eine Vergütung nach Marktkonditionen reicht für die meisten Betreiber allerdings nicht aus, da eine Anfangsinvestition für die Umrüstung der Zähler sowie die laufenden Betriebskosten gedeckt werden müssen [54, S. 53 f]. Daher sollte zunächst abgewartet werden, welche Möglichkeiten eine neue Gesetzeslage eröffnet und im Anschluss gegebenenfalls Lösungsmodelle entwickelt werden, die für beide Akteure ökonomisch rentabel sind.

Bilanzierung

Die Annahme des Runden Tisches, dass alle Anlagen, die aus der EEG-Vergütung hinausfallen, abgeschaltet werden können, ist ein Worst-Case-Szenario. Die Umfrage des Fraunhofer ISE zeigt, dass nur ein geringer Anteil der Betreiber ihre Anlage abschalten würde [58]. Nichtsdestotrotz sollte so viel regenerativer Strom wie möglich genutzt werden. Um die Vorhaben unter den Betreibern der Aachener Anlagen besser abschätzen zu können, ist ein Dialog zu empfehlen.

Die Aussage, dass der Stadt Aachen 12.000 Euro Standortmiete in fünf Jahren wegfallen könnten, falls die WEA zurückgebaut werden, ist dahingehend zu ergänzen, dass die Stadt mit neu gebauten WEA diese Einnahmeausfälle kompensieren würde [1, S. 98, 60]. Zudem muss die STAWAG als Unternehmen wirtschaftlich handeln, sodass die Stadt, auch wenn sie Anteilseigner ist, ihr keine unwirtschaftlichen Modelle auferlegen kann.

Kosten	Die Kosten würden der STAWAG, nicht der Stadt entstehen.
Wirksamkeit	Die Maßnahme wäre dann wirksam, wenn sich PV- und WEA-Betreiber aufgrund der Förderung entscheiden, Strom einzuspeisen statt ihn ungenutzt zu lassen. Mit fortschreitender Dauer der Förderung würde die Wirksamkeit zunehmen, da sich die Zahl der Anlagen erhöht, die keine Vergütung nach dem EEG erhalten. Behindert die Förderung langfristig allerdings das Repowering, wäre die Maßnahme sogar kontraproduktiv.
Zeithorizont	Ab Anfang 2021 könnten Anlagen eine Anschlussförderung erhalten. Ein bundesweites Gesetz ist bis Juli 2021 zu erwarten.
Akzeptanz	Da sich die Standorte der Anlagen schon bewährt haben, ist eine hohe Akzeptanz zu erwarten.

C.1.1. Fernwärmeversorgung

„Die Stadt soll die STAWAG auffordern, die Fernwärmeversorgung bis zum Jahre 2025 zu mindestens 30%, bis zum Jahr 2030 zu 100% auf erneuerbare Energien umzustellen.“

Hintergrund

Derzeit besitzt die STAWAG einen Liefervertrag mit RWE, der die Abnahme von Abwärme aus dem Kraftwerk (KW) Weisweiler zur Fernwärmebereitstellung vorsieht (ca. 350 GWh pro Jahr, 5% des gesamten Aachener Wärmebedarfs) [61]. Aufgrund des Entschlusses der Bundesregierung zum Kohleausstieg bis 2038 müssen vor der Abschaltung des KW Weisweiler im Frühjahr 2029 Alternativen zur Fernwärmebereitstellung untersucht und in Betrieb genommen werden.

IKSK: Im IKSK wird der Fernwärmenetz-Umbau auf KWK und erneuerbare Energien mit einem Anteil von 10.7 % der gesamten Emissionsreduktionen zur Erreichung der Aachener Klimaschutzziele 2030 beziffert.

Stellungnahme EFA

Eine Pressemitteilung der STAWAG vom 03.07.2020 bestätigt das ambitionierte Ziel, bis 2030 den Standort Aachen kohlefrei mit Wärme zu versorgen. Hierzu werden unter anderem ein 20 MW Blockheizkraftwerk, die Nutzung von Tiefengeothermie, Solarthermie und Wärmeauskopplungen aus Klärschlamm- und Müllverbrennungsanlagen berücksichtigt, um die derzeitige Versorgung aus dem KW Weisweiler zu ersetzen. [62]

Eine detaillierte Auswertung der einzelnen Technologien ist in Forderung D.3. zu finden.

Ob eine vollständige Versorgung mit Wärme aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen möglich ist, ist zweifelhaft. Aufgrund der hohen Vorlauftemperaturen des Fernwärmenetzes kommen hierfür lediglich Tiefengeothermie und Solarthermie, ggf. in Kombination mit Wärmepumpen in Frage. Eine einfache Rechnung zeigt, dass bei einer durchschnittlichen jährlichen Einstrahlung von 900 - 1200 kWh/m² [63, S. 40] und Verlusten von 50 %⁶ immer noch 700.000 m² Kollektorfläche notwendig sind (basierend auf einem Fernwärmebedarf von 350 GWh/Jahr [61]). Zum Vergleich kann das render-Projekt herangezogen werden: die Berechnung des theoretischen Gesamtpotentials von Dachflächenphotovoltaik in der Städte Region Aachen ergibt hier einen Wert von 1280 GWh/Jahr [64]. Wird dieser Wert mit dem Verhältnis der Wirkungsgrade für Photovoltaik (PV) (ca. 20 %) und für Solarthermie (50 %) [65, S. 28]

⁶ Die Verluste sind unmittelbar abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen der Kollektor- und der Außentemperatur. Während bei der Bereitstellung von Warmwasser (60°C) das Temperaturdelta ca. 45°C beträgt, wäre es bei der Bereitstellung von Hochtemperaturwärme (120°C) bereits 105°C. Hieraus ergeben sich Wirkungsgrade für den Flachkollektor (60°C) zwischen 20-60% und für die Vakuumröhre (120°C) zwischen 15 und 55%. [53, S. 24]

multipliziert, ergibt sich ein theoretisches Solarthermie-Gesamtpotential von 3200 GWh⁷, was der zehnfachen tatsächlich notwendigen Fläche entspricht. Hierbei handelt es sich ausdrücklich um das theoretische Potential, das als oberste Grenze zu verstehen ist und zahlreichen weiteren Restriktionen unterliegt (siehe Fußnote). Zum anderen steht die Wärmeerzeugung durch Solarthermie auf diesen Flächen in unmittelbarer Konkurrenz zur Stromerzeugung durch PV-Anlagen. Abschließend muss erwähnt werden, dass die oben genannte Einstrahlzahl keineswegs über das Jahr hinweg konstant ist. Besonders im Winter ist mit geringeren Leistungen zu rechnen.

Die infrage kommenden Solarthermie-Technologien unterscheiden sich hinsichtlich ihres Temperaturniveaus. Während die kostengünstigen Flachkollektoren (< 250 €/m² für Großanlagen [65]) zur Bereitstellung von Warmwasser auf Temperaturniveaus von ca. 60°C [65, S. 29] genutzt werden, können Vakuumröhrenkollektoren Nutztemperaturen über 100°C [58] realisieren. Der Einsatz von Vakuumröhrenkollektoren ist allerdings mit erheblichen Mehrkosten (ca. 730 €/m² [59]) und einem höheren Flächenbedarf verbunden [60]. Solarthermische Kraftwerke können sogar Temperaturen über 400°C erreichen, sind jedoch aufgrund der niedrigen direkten Einstrahlung in Deutschland ungeeignet [58].

Um die notwendige Vorlauftemperatur zu erreichen (zwischen 90-120°C [56]), müssen Flachkollektoren mit einer zusätzlichen Wärmepumpe kombiniert werden. Bei einer Leistungszahl von COP = 3 und einem Temperaturhub von von 60°C auf 120°C kann eine elektrische Leistung von ca. 116,7 GWh/a erreicht werden. Die gesamte Netzeinspeisung aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen in Aachen betrug im Jahr 2018 92 GWh [1, S. 25, 9, S.90]. Dies entspricht lediglich 79 % der notwendigen Leistung zur Bereitstellung der regenerativen Fernwärme.

Mit der oben errechneten Fläche ergeben sich Gesamtinvestitionskosten für die nötigen Kollektoren von 175 Mio. € für die Flachkollektoren und 511 Mio. € für die Vakuumröhrenkollektoren. Im Fall des Flachkollektors muss mit außerdem mit zusätzlichen Investitionskosten für Wärmepumpen gerechnet werden. Zum Vergleich: der Gewinn der STAWAG betrug im Jahr 2019 32 Mio. €. Dabei wurden Investitionen in Höhe von 70 Mio. € getätigt [61]. Dies entspricht 18 %, respektive 40 % der benötigten Investitionen in Flachkollektoren (ohne Wärmepumpen).

Die aufgezeigten Größenordnungen zeigen die große Diskrepanz zwischen der Forderung und einem wirtschaftlichen Einsatz von Solarthermie zur Bereitstellung von Fernwärme.

Im Zuge eines EU-Projektes (DGE-Rollout [66]) wird der Standort Weisweiler auf dessen Eignung für den Einsatz von Geothermie untersucht. Des Weiteren untersucht die STAWAG zusammen mit dem Fraunhofer IEG einen Standort am Aachener Kreuz hinsichtlich der Eignung zur Nutzung von Geothermie [67]. Allerdings muss selbst bei einem Erfolg der beiden Projekte

⁷ Diese Abschätzung ist nicht ohne weiteres möglich, da bei der Berechnung des PV-Potentials besser geeignete Standorte mit kristallinen Modulen ausgestattet werden, während schlechter geeignete Flächen mit ineffizienteren Dünnschichtmodulen besetzt werden. Des Weiteren treten weitere Einschränkungen dieses Potentials auf, z.B. Mindestabstände zu Dachkanten, Abstände zwischen den Modulreihen und Aussparungen durch Fenster, etc [64]. Nichtsdestotrotz bietet sich eine Abschätzung an.

mit einem zeitlichen Horizont von mindestens 5-10 Jahre gerechnet werden, um eine Versorgung durch Tiefengeothermie zu realisieren [68].

Es gibt einige Stellschrauben, um die oben genannten Ergebnisse zu verbessern. Dazu zählen z.B. die Erhöhung des Wirkungsgrades der Solarthermie-Anlage, die Verringerung der Vorlauftemperaturen des Fernwärmenetzes oder der Einsatz leistungsstärkerer Wärmepumpen. Nichtsdestotrotz ist der Energiebedarf zur Realisierung von erneuerbarer Fernwärme immens und liegt mehrere Größenordnungen über dem wirtschaftlich sinnvollen Rahmen. Daraus kann geschlossen werden, dass eine vollständige Bereitstellung von erneuerbarer Fernwärme unrealistisch ist.

Aus diesem Grund setzt die STAWAG auf eine diversifizierte Erzeugungslandschaft. Der Wechsel von Öl auf Erdgas (entspricht dem Wechsel von Wärme aus Weisweiler auf hochmoderne KWK-Anlagen) geht bereits mit einer Reduktion des CO₂-Emissionsfaktor von ca. 50 % [69] und einer Steigerung des Wirkungsgrads bis zu 90 % einher [70]. Darüber hinaus bietet KWK die Möglichkeit, Abfallstoffe wie z.B. Klärschlamm oder Haushaltsmüll zu verwenden, der ansonsten nicht weiterverwendet werden können.

Die Verfeuerung von grünen Gasen⁸ in dem bereits vorhandenen 10 MW BHKW der STAWAG am Campus Melaten und dem geplanten 20 MW BHKW am Schwarzen Weg wird hier explizit nicht berücksichtigt. Zwar können diese Anlagen bei einer Volllaststundenzahl von 8000 h/a eine Wärmeleistung von 240 GWh zur Verfügung stellen (ca. 69 % der benötigten Fernwärmeleistung), allerdings ist die Produktion von grünem Gas mit anschließender Verfeuerung (Power-to-Gas) erst bei sehr hohen Anteilen erneuerbarer Erzeugungsanlagen (> 85 %) sinnvoll [71].

Kosten	Die Kosten zur Anschaffung von Flachkollektoren beträgt 175 Mio. €, für Vakuumröhrenkollektoren 511 Mio. € bis 2030. Bei Flachkollektoren fallen weitere Kosten für zusätzliche Wärmepumpen an.
Wirksamkeit	Das Einsparpotential bei 100 % regenerativer Fernwärme ist hoch, allerdings ist die Größenordnung der zu installierenden Solarthermieleistung unrealistisch. Des Weiteren steht die Solarthermie immer in direkter Konkurrenz zu exergetisch höherwertigen Stromproduktion mittels PV-Anlagen.
Zeithorizont	Die Umstellung auf 100% erneuerbare Fernwärmebereitstellung ist unrealistisch. Der zeitliche Rahmen kann nicht abgeschätzt werden.
Akzeptanz	Der Ersatz von konventionellen Kraftwerken durch klimafreundliche Technologien wird grundsätzlich positiv aufgenommen.

⁸ Grüne Gase bezeichnen mit regenerativem Strom synthetisierte Gase, z.B. SNG (Synthetic Natural Gas), o.Ä..

C.1.2. Wärmebereitstellung Gebäude

„Für die Vergabe städtischer Grundstücke für private oder gewerbliche Zwecke soll die Stadt den Plusenergiehaus-Standard – unter Berücksichtigung grauer Energie – mit Wärmebereitstellung durch erneuerbare Energien (Solarthermie, solarbetriebene Wärmepumpen) vorschreiben.“

Hintergrund

Ein Gebäude wird „Plusenergiehaus“ genannt, wenn über das Jahr gerechnet mehr Energie durch das Gebäude bereitgestellt, als verbraucht wird. Die zum Bau und zur Herstellung der verwendeten Materialien benötigte Energie wird dabei unter Berücksichtigung der grauen Energie mit bilanziert. [72]

Die Stadt vergibt im Jahr etwa 50-100 Grundstücke. Aktuell wird bei der Vergabe von Grundstücken zwischen drei Fällen unterschieden: Für normale Wohnzwecke wird von der Stadt Aachen der KfW-55-Energiestandard gefordert. Ein KfW-55-Effizienzhaus darf höchstens 55 % des Primärenergieverbrauchs eines durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) definierten Referenzhauses aufweisen. Für öffentlich geförderten Wohnungsbau und gewerbliche Nutzung wird kein Standard verlangt. [73]

IKSK: Laut IKSK soll für alle städtischen Grundstücke im Grundstückskaufvertrag festgehalten werden, dass eine Energieberatung unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten in Anspruch zu nehmen ist. Die Vergabe städtischer Grundstücke soll nach Konzeptqualität u.a. unter Berücksichtigung klimarelevanter und sozialer Aspekte erfolgen. Die Errichtung von Verwaltungsgebäuden und Schulen erfolgt seit 2014 nahezu in Passivhausbauweise⁹.

Stellungnahme EFA

Der geforderte Plusenergiehaus-Standard ist kein normierter Standard und auch kein Teil der EnEV. Die Stadt hat zwar die Möglichkeit, die Vorschriften der Vergabekriterien anzupassen, dies ist allerdings nur unter Berücksichtigung der EnEV möglich. Bevor die Stadt Aachen einen Plusenergiehaus-Standard verlangt, müsste dieser also durch die EnEV definiert werden.

Bisher gibt es nirgendwo eine vergleichbare, standardmäßige Bebauung mit Plusenergiehäusern, sondern nur einige Pilotprojekte oder Gebäude mit besonderer geografischer Lage. Insbesondere für Gebäude, die wegen einer gewerblichen Nutzung einen erhöhten Energiebedarf haben, ist ein Plusenergiehaus-Standard schwierig umzusetzen.

Des Weiteren haben die Stadt und die Bürger*innen ein Interesse an preiswerten Grundstücken, sowohl für die private als auch die gewerbliche Nutzung. Dies steht im Konflikt zu einem höheren Baustandard, da dieser die Baukosten steigert [73].

⁹ Ein Passivhaus ist ein Gebäude, das aufgrund seiner hohen Wärmedämmung ohne klassische, wassergeführte Gebäudeheizung auskommt.

Kosten	Zwar entstehen der Stadt keine Kosten, allerdings steigen die allgemeinen Baukosten wegen des höheren Baustandards.
Wirksamkeit	Der Plusenergiehausstandard würde auf ca. 50 bis 100 Gebäude im Jahr angewendet.
Zeithorizont	Die Änderung der Vorschrift könnte schnell durchgeführt werden.
Akzeptanz	Die Forderung wirkt der günstigen Bereitstellung von Wohnraum entgegen und könnte somit zu Akzeptanzproblemen führen.

C.1.3. Sanierung der Wohnungen der gewoge AG

„Die Stadt soll die gewoge anweisen, kurzfristig einen Masterplan (einschließlich Finanzierungskonzept) für die Renovierung ihres gesamten Gebäudebestandes aufzulegen und dem folgenden Zeitplan gemäß umzusetzen: der durchschnittliche Energiebedarf des Gebäudebestandes soll bis 2025 um 25%, bis 2030 um 50% reduziert werden.“

Hintergrund

Die gewoge AG verfügt über rund 4700 Wohnungen [1, S. 90]. Im Rahmen des EU-Projekts EU-GUGLE wurden zwischen 2013 und 2017 ca. 380 Wohnungen saniert. Hierdurch konnte eine durchschnittliche Reduktion des Energieverbrauchs um ca. 65% erreicht werden [74].

IKSK: Im IKSK ist vorgesehen, einen Plan zur Sanierung von jährlich mindestens 80 Wohnungen auszuarbeiten.

Stellungnahme EFA

Bei dieser Forderung sind Probleme zu berücksichtigen, die sich für die Mieter ergeben können. Die Umsetzung der Sanierung führt zwangsläufig zu vorübergehenden Beeinträchtigungen der Wohnqualität, beispielsweise durch Lärm [74, 75]. Teilweise sind Wohnungen für die Dauer der Sanierung nicht bewohnbar. Die Kosten der Sanierung auf die Mieter umzulegen, ist rechtlich problemlos möglich, indem die Jahresmiete um 8% der Sanierungskosten erhöht wird, maximal aber um 3€ pro Quadratmeter bzw. bei vorheriger Miete von unter 7€ pro Quadratmeter maximal um 2€ pro Quadratmeter [§ 559 BGB]. Dies kann aber zu Akzeptanzproblemen führen, wenn diese die Einsparungen bei den Heizkosten übersteigen. Um die Finanzierung zu ermöglichen, könnte die Gewinnabführung der gewoge AG an die Stadt reduziert werden.

Bei einer Annahme von 80 Wohnungssanierungen pro Jahr [1, S. 90] und einem durchschnittlichen CO₂-Verbrauch von 7 t CO₂-eq pro Jahr und Wohnung [76] können unter der Annahme ähnlicher Effizienzsteigerungen wie bei dem Projekt EU-GUGLE etwa 350 t CO₂-eq/Jahr eingespart werden. Würden die Sanierungen im Jahr 2021 begonnen, hätte dies bis 2025 eine durchschnittliche Senkung des Energiebedarfs der Wohnungen im Bestand der gewoge um 5,5% und bis 2030 um 11% zur Folge. Um die Forderung von 25%, bzw. 50% Einsparung zu erfüllen, müssten bei gleichen Randbedingungen 8,5% der Wohnungen jährlich saniert werden. Das entspricht 400 Wohnungen pro Jahr. Diese erheblich höhere Anzahl an Sanierungen kann aus Kosten- und Planungsgründen sowie unter Berücksichtigung einer weiterhin starken Auslastung der Bauwirtschaft als unrealistisch angesehen werden. Eine möglichst hohe Zahl an jährlich sanierten Wohnungen zu erreichen, ist aufgrund des hohen Einsparpotentials im Gebäudesektor gleichwohl ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz.

Kosten	Nach einer Schätzung im IKSK fallen ca. 25.000 € pro Wohnung an [1, S. 90].
Wirksamkeit	Durch die Sanierung von Wohnungen können erhebliche CO ₂ -Emissionsreduktionen um bis zu 65% pro Wohnung erreicht werden.
Zeithorizont	Pro Jahr können laut IKSK ca. 1.5% bis 2% der Wohnungen saniert werden [5, S. 90].
Akzeptanz	Mieterhöhungen zur Finanzierung der Sanierung können insbesondere bei öffentlichen geförderten Wohnungen Akzeptanzprobleme auslösen.

C.1.4. Energetische Nutzung der Aachener Thermalquellen

“Die Stadt soll die Möglichkeiten zur energetischen Nutzung der Aachener heißen Quellen ermitteln und Maßnahmen zur Ausschöpfung des Potentials ergreifen.”

Hintergrund

Mit dem “Rahmenkonzept Thermalwasser” wurde im Juli 2010 vom Stadtrat beschlossen, dass die “Nutzung der Thermalwasservorkommen geprüft und entsprechende Vorschläge erarbeitet werden” sollen [74]. Die Untersuchung des Potentials wurde nach aktueller Auskunft von der STAWAG durchgeführt und soll im möglichen Maße umgesetzt werden.

Teile der Aachener Quellen werden bereits zur energetischen Nutzung herangezogen. Ein Beispiel ist die Nutzung der Landesbadquelle in Burtscheid, welche mit einer Schüttung von 60 m³/h rund 30-40 % des gesamten Aachener Quellwassers ausmacht. [77]

Bei der Landesbadquelle handelt es sich um eine sogenannte artesische Quelle. Eine Quelle wird dann als artesisch bezeichnet, wenn sie trotz der Lage in einer Senke selbstständig das Wasser zutage befördert. Die Landesbadquelle fördert kontinuierlich und ganzjährig 60 m³/h Thermalwasser mit ca. 72 °C. Um die Wärme des Thermalwassers für Zwecke der Gebäudebeheizung nutzbar zu machen, wird es mit Pumpen durch Titanwärmetauscher gefördert. Die Titanwärmetauscher dienen der physischen Trennung des Thermalwassers vom Heizungswasser, da das Thermalwasser u. a. aufgrund des hohen Chloridgehalts hoch korrosiv ist. Im Endausbau des Nahwärmenetzes werden die Wärmetauscher dem Thermalwasser bis zu 3 MW Wärmeleistung entnehmen, was dem Leistungsbedarf von etwa 300 Haushalten entspricht. [77]

Gerade in den Sommermonaten, wenn wenig Wärme durch die Haushalte abgenommen wird, bleibt ein Großteil der Wärme ungenutzt. Eine Nutzung der Wärme im Sommer beispielsweise in Form von Strom oder Kältegewinnung ist wirtschaftlich nicht abbildbar. [77]

IKSK: Die energetische Nutzung der Aachener Thermalquellen findet keine explizite Erwähnung. Es werden jedoch quartiersspezifische Einzellösungen zur Wärmeversorgung angestrebt (Nr. 3.4).

Stellungnahme EFA

Laut bestehenden Untersuchungen der Quellen wird das Potential auf 180 m³/h geschätzt. Die Temperaturen des Quellwassers der unterschiedlichen Quellen liegen zwischen 20 und 78°C. Damit könnte die Nutzung des Quellwassers zur direkten Beheizung oder für Heizsysteme mit Wärmepumpen ausgeweitet werden. [78]

Die Wärme aus Thermalwasser ist mit geringem Energieaufwand nutzbar. Als Vergleichswert kann der Primärenergiefaktor herangezogen werden, der Auskunft über die Umweltbilanz eines Energieträgers gibt. Ein niedriger Primärenergiefaktor zeigt eine gute Umweltbilanz an. Im

Projekt der STAWAG an der Landesbadquelle liegt der Primärenergiefaktor bei 0,06 [79]. Dies liegt deutlich unter den Werten von Fernwärme mit 0,492 und Erdgas mit 1,1. [77, 80]

Die Kosten für eine Anlage zur Nutzung von Thermalwasser sind vergleichsweise hoch. Zum einen hat die Anlage hohe Investitionskosten aufgrund der korrosionsbeständigen Komponenten und des außergewöhnlichen Anwendungsfalls. Zum anderen entstehen erhöhte Wartungskosten durch regelmäßige Reinigung von Ablagerungen durch Sediment und einen hohen Mineralanteil. [81]

Die energetische Nutzung der Aachener Thermalquellen ist unter bestimmten Rahmenbedingungen sinnvoll und sollte im Zuge alternativer Wärmeträger betrachtet werden. Es ist jedoch zu betonen, dass das Potential der Aachener Thermalquellen sehr begrenzt ist und nur einen geringen Anteil des Aachener Wärmebedarfs bereitstellen kann.

Kosten	Die eingesetzten Titanwärmetauscher sind aufgrund des korrosiven Thermalwassers teurer, als herkömmliche Plattenwärmetauscher bei Fernwärmenetzen.
Wirksamkeit	Die Wärmenutzung des Thermalwassers ist aufgrund der geringen Menge und den niedrigen Temperaturen nur sehr begrenzt verfügbar; hat jedoch im Vergleich zu Erdgas (1,1) und Fernwärme (0,492) einen sehr geringen Primärenergiefaktor von 0,06.
Zeithorizont	Der Bau weiterer Anlagen zur energetischen Thermalwassernutzung ist innerhalb weniger Jahre möglich.
Akzeptanz	Mit dem Ausbau der Nutzung der Thermalquellen kann die Identifikation mit der Stadtgeschichte als Thermalstadt gefördert werden.

C.2.1. Solar- und Windstrompotential

“Die Stadt soll das im render-Projekt ermittelte Solar- und Windstrom-Potential für das Stadtgebiet veröffentlichen und einen detaillierten Ausbauplan erstellen, mit dem das maximal mögliche Potential erneuerbarer Energien schnellstmöglich ausgeschöpft werden kann. Dabei muss sie Hemmnisse und Konflikte sowie Lösungsmöglichkeiten aufzeigen. Sofern Abwägungsmöglichkeiten von Seiten der Stadt bestehen, soll sie diese zugunsten des Klimaschutzes nutzen. Die Wirksamkeit möglicher Fördermaßnahmen ist abzuschätzen.”

Hintergrund

In dem Projekt “regionaler Dialog Energiewende” (render-Projekt) wurde unter umfangreicher Beteiligung von Bevölkerung, Kommunen und Experten zwischen 2014 und 2018 einen Ausblick auf die Entwicklung regenerativer Energien entwickelt. Präsentiert werden drei Ausbauszenarien der regenerativen Energien für das Jahr 2030. Das Projekt fokussiert dabei besonders die Bereitstellung von Strom durch Photovoltaik und Wind. Zudem wird primär die Flächennutzung untersucht; ökonomische Aspekte werden in diesem Projekt nicht vertieft. [64]

IKSK: PV-Potentiale für Freiflächen sollen aus dem render-Projekt übernommen werden. Der Anteil von Wind an den erneuerbaren Energien soll ausgebaut werden.

Stellungnahme EFA

Eine Offenlegung aller im render-Projekt ermittelten Daten fördert Transparenz und schafft eine einheitliche Diskussionsgrundlage.

Die Erstellung eines detaillierten Ausbauplans von Windkraft und Photovoltaik auf Basis der ermittelten Ausbaupotenziale ist zwingend notwendig, um die Klimaschutzziele für 2030 zu erreichen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass der Fokus des render-Projekts auf einer reinen Flächennutzungsanalyse lag. Optionen, wie der Ausbau von Power-to-X und Sektorenkopplung wurden im render-Projekt nicht vertieft und sollten in einem umfangreichen Ausbauplan mit aufgegriffen werden. Zurzeit wird der Flächennutzungsplan 2030 ausgearbeitet, in dem voraussichtlich auch Flächen für Photovoltaik und Windkraft ausgewiesen werden [82].

Für eine erfolgreiche Umsetzung eines aufgestellten Ausbauplans ist das Vorbeugen und Erkennen von Hemmnissen und potenziellen Konflikten von zentraler Bedeutung. Eine Maßnahme, die im Zuge des render-Projekts als wichtig angesehen wird, ist die Beteiligungsmöglichkeit für Bürger*innen. Umfragen des render-Projekts zeigen, dass die Bevölkerung Aachens dem Ausbau erneuerbarer Erzeugungsanlagen grundsätzlich positiv gegenübersteht [64, S. 27]. Dennoch ist abzusehen, dass es Konflikte bei der Flächennutzung besonders beim Schutz von Arten und Erholungsgebieten geben wird. Hemmnisse, die auf Landes- und Bundesebene auftreten werden in der Forderung C.3.1/ C.3.2 näher diskutiert.

Die Forderung, Abwägungsmöglichkeiten zugunsten des Klimaschutzes zu treffen, sollte nach Ausrufung des Klimanotstands in Aachen im Jahr 2019 [83] einen hohen Stellenwert haben.

Andererseits geht aus der Forderung C.1.2. hervor, dass die dort geforderte Pflicht zum Plusenergiehausstandard das Bauen für Bauherren sehr unattraktiv macht. Dies verdeutlicht, dass auch in Zukunft sinnvoll Abwägungen nicht allein zugunsten des Klimaschutzes getroffen werden müssen.

Im render-Projekt wurden drei verschiedene Szenarien zum Ausbau von Windenergie, Dach- und Freiflächen-Photovoltaik untersucht. Das Ausbauszenario 2 sieht vor, 37% des Strombedarfs bis 2030 aus regenerativen Energien zu decken. Hierbei würde das Klimaschutzziel der Stadt Aachen (50% des CO₂ Ausstoßes im Vergleich zu 1990) nicht erreicht. Mit dem Ausbauszenario 3 ist das Erreichen des Klimaschutzziels sicher. Ziel dieser Option ist es bis 2030 75% des Strombedarfs durch regenerative Energien zu decken. Im Rahmen des render-Projekts wurden die Klimaziele nur in Bezug auf den Stromsektor untersucht. Da eine ebenso ambitionierte Umgestaltung anderer Sektoren und Maßnahmen (beispielsweise Wärmeversorgung, Altbausanierung) unrealistischer ist, sollte Option 3 angestrebt werden. Somit könnte der Stromerzeugungssektor den CO₂-Ausstoß anderer Sektoren kompensieren.

Kosten	Ein umfangreicher Ausbauplan und die Bewertung der Fördermaßnahmen sind lediglich mit Personalkosten verbunden.
Wirksamkeit	Ein Ausbauplan für Solar- und Windstrom ist ein fundamentaler Meilenstein zum Erreichen der gesetzten Klimaziele.
Zeithorizont	Die Ausarbeitung eines Ausbauplans bedarf umfangreicher Untersuchungen und wird mehrere Monate bis Jahre in Anspruch nehmen.
Akzeptanz	Mit einem verstärkten Ausbau erneuerbarer Energien werden die Konflikte um die Flächennutzung steigen. Im Allgemeinen ist die Bevölkerung jedoch positiv gegenüber dem Ausbau von Solar- und Windstrom eingestellt.

C.2.2. Dachflächennutzung von PV-Anlagen

“Die Stadt soll eigene Dächer für die Errichtung von PV-Anlagen selbst nutzen oder unentgeltlich zur Verfügung stellen, vorzugsweise für Bürgerbeteiligungsprojekte. Fahrgastunterstände der Aseag sollen mit PV ausgestattet werden. Die Stadt soll die STAWAG auffordern, Dächer von Gebäuden der Deutsche Bahn für die Solarenergienutzung anzumieten.”

1. *“Die Stadt soll eigene Dächer für die Errichtung von PV-Anlagen selbst nutzen [...]“*

Hintergrund

Seit 2016 installiert die Stadt PV-Anlagen auf städtischen Gebäuden. Zudem wurde festgelegt, dass bei allen Neubauten städtischer Gebäude sowie bei Gebäudesanierungen auf allen Dächern PV-Anlagen installiert werden. Zusammen mit den PV-Anlagen, die von Privatpersonen, Genossenschaften oder Bürgerbeteiligungsprojekten auf den Dächern städtischer Gebäude errichtet wurden, wurden bislang insgesamt 64 Anlagen mit einer Peak Leistung von 1800 kWp installiert. Die PV-Anlagen der Stadt werden dabei zur Deckung des Eigenbedarfs der Gebäude genutzt und speisen nicht ins Netz ein. Um langfristig alle städtischen Gebäude mit dem aus PV-Anlagen gewonnenen Strom versorgen zu können, soll eine regionale Direktvermarktung eingeführt werden. Überkapazitäten können so in anderen Gebäuden verwendet werden, ohne dass der Strom an den regionalen Netzbetreiber verkauft werden muss.

IKSK: Bei einer flächendeckenden Installation von PV-Anlagen auf allen städtischen Gebäuden geht die Stadt davon aus, dass bis zu 75 % des Eigenverbrauchs der städtischen Gebäude (15 GWh) gedeckt werden können [6]. Im IKSK werden die Kosten hierfür auf 3 Mio. € pro Jahr geschätzt [5, S. 92]. Diese würden sich laut Angaben der Stadt erst nach 20 Jahren amortisieren. [6]

Stellungnahme EFA

Könnten 75 % des Eigenverbrauchs der städtischen Gebäude durch Strom aus PV-Anlagen gedeckt werden, entspräche dies beim aktuellen deutschen Strommix mit einem Emissionsfaktor von 401 g/kWh [84] einer CO₂-Menge von knapp 6000 t pro Jahr, die eingespart werden könnte.

Kosten	Die Amortisationszeit einer flächendeckenden Installation von PV-Anlagen auf allen städtischen Gebäuden wird auf 20 Jahre geschätzt.
Wirksamkeit	Könnten 75 % des Stromverbrauchs mit Strom aus PV-Anlagen gedeckt werden, entspräche dies einer Einsparung von ca. 6000 t CO ₂ pro Jahr.
Zeithorizont	Eine flächendeckende Installation von PV-Anlagen wird einigen Jahre in Anspruch nehmen.
Akzeptanz	Akzeptanzprobleme sind nicht zu erwarten.

2. *“Die Stadt soll eigene Dächer für die Errichtung von PV-Anlagen [...] unentgeltlich zur Verfügung stellen, vorzugsweise für Bürgerbeteiligungsprojekte [...].“*

Hintergrund

Geeignete Dächer städtischer Gebäude wurden in der Vergangenheit bereits kostenlos zur Verfügung gestellt, woraufhin sich Bürgerbeteiligungsprojekte bildeten. Der wirtschaftliche Fokus einer PV-Anlage lag darauf, den produzierten Strom gegen eine Einspeisevergütung direkt in das öffentliche Stromnetz einzuspeisen. Mit der Änderung des EEG im Jahr 2014 wurde ein Eigenverbrauch von mindestens 60 % des erzeugten Stroms vorgeschrieben. Eine Einspeisevergütung von aktuell 9 Cent/kWh bei Stromgestehungskosten von 11 bis 13 Cent/kWh macht die Nutzung städtischer Dachflächen für Bürger*innen dabei nicht mehr rentabel [85, 86]. Das Angebot besteht weiterhin, jedoch hat die Stadt seit 2014 nahezu keine Anfragen von Bürgern erhalten. [6]

IKSK: Das Angebot besteht bereits, im Klimaschutzkonzept wird es daher nicht berücksichtigt.

Stellungnahme EFA

Die Forderung wird insgesamt als wenig sinnvoll angesehen, zumal das Angebot seit einigen Jahren bereits besteht, das Interesse von Bürgerseite aber sehr gering ist.

Kosten	Für die Stadt Aachen treten keine zusätzlichen Kosten auf.
Wirksamkeit	Aufgrund des geringen Interesses von Bürgerseite ist die Forderung unter den aktuellen Umständen insgesamt wenig wirksam.
Zeithorizont	Sollte Interesse bestehen, ist ein entsprechendes Vorhaben relativ schnell umsetzbar.
Akzeptanz	Akzeptanzprobleme sind nicht zu erwarten.

3. *„[...] Fahrgastunterstände der ASEAG sollen mit PV ausgestattet werden [...].“*

Hintergrund

Eine Installation von PV-Anlagen auf Fahrgastunterständen der ASEAG erfordert auch die kostenintensive Installation von Stromanschlüssen an den Unterständen, die noch nicht mit dem Stromnetz verbunden sind. Dies würde zu einer Vielzahl an Baustellen in der Innenstadt führen. Dabei sind die Dachflächen der Unterstände sehr klein und befinden sich oftmals in Straßenschluchten oder werden durch Bäume verschattet, sodass nur wenig Strom erzeugt werden kann. Vandalismus an Bushäuschen stellt ein weiteres Problem dar. [6]

IKSK: Die Forderung wird nicht berücksichtigt.

Stellungnahme EFA

Eine Installation von PV-Anlagen auf Fahrgastunterständen wird aufgrund der oben aufgeführten Gründe als wenig sinnvoll erachtet.

Kosten	Es ist mit hohe Anschaffungs-, Anschluss- und Instandhaltungskosten bei gleichzeitig geringem Ertrag aus der Stromvermarktung rechnen.
Wirksamkeit	Aufgrund kleiner Flächen und oftmals schlechter Lage kann nur sehr wenig regenerativer Strom erzeugt werden, sodass der Beitrag zum Klimaschutz sehr gering wäre.
Zeithorizont	Ein Anschluss der Unterstände an das Stromnetz ist mit einem hohen Aufwand verbunden.
Akzeptanz	Eine Vielzahl an Baustellen würde den öffentlichen sowie den Individualverkehr in der gesamten Stadt einschränken und zu Unmut führen.

4. „[...] Die Stadt soll die STAWAG auffordern, Dächer von Gebäuden der Deutsche Bahn für die Solarenergienutzung anzumieten.“

Hintergrund

Die DB Station&Service AG betreibt derzeit drei PV-Anlagen auf verschiedenen Bahnhofsgebäuden (Berlin Hbf, Horrem und Lutherstadt Wittenberg) im Eigenbetrieb. An insgesamt elf Standorten gibt es darüber hinaus bestehende Dachvermietungsmodelle, an denen Dritte Dächer von Bahnhofsgebäuden oder Bahnsteigüberdachungen zur Solarstromerzeugung nutzen (ca. 500 kWp). Es besteht weiterhin die Möglichkeit solche Dachflächen anzumieten. Allerdings wird aktuell geprüft, inwiefern die Dachflächen im Konzernverbund Deutsche Bahn zur Eigenerzeugung von PV-Strom genutzt werden können. [87]

IKSK: Die Forderung wird nicht berücksichtigt.

Stellungnahme EFA

Sollte die Bahn die Dachflächen der Gebäude in Aachen nicht selbst für PV-Anlagen nutzen wollen (wird aktuell vom Konzernverbund geprüft), besteht die Möglichkeit diese anzumieten und PV-Anlagen zu installieren. Der Hauptbahnhof in Aachen steht allerdings unter Denkmalschutz, sodass eine Installation von PV-Anlagen einer Erlaubnis der Unteren Denkmalschutzbehörde bedarf (siehe Forderung C.2.2.). Durch Änderung des EEG im Jahr 2014 ist ein Eigenverbrauch von mindestens 60 % des erzeugten Stroms vorgeschrieben. Die aktuelle Einspeisevergütung von 9 Cent/kWh macht die Forderung für die STAWAG bei Stromgestehungskosten von 11 bis 13 Cent/kWh nicht rentabel [85, 86]. Eine Selbstnutzung der Dachflächen von Seiten der Deutschen Bahn ist dabei deutlich wirtschaftlicher, weshalb die

Forderung insgesamt als nicht sinnvoll angesehen wird. Die Dachflächen sollten vielmehr von der Deutschen Bahn selbst genutzt werden.

Kosten	Für die Stadt treten keine weiteren Kosten auf, für die STAWAG ist die Forderung aufgrund der geringen Einspeisevergütung von 9 Cent/kWh allerdings nicht rentabel.
Wirksamkeit	Aufgrund kleiner Dachflächen ist die absolute Wirksamkeit eher gering.
Zeithorizont	Der zeitliche Horizont ist als relativ kurzfristig einzuschätzen.
Akzeptanz	Akzeptanzprobleme sind nicht zu erwarten.

C.2.3. Denkmalschutz

“Die Stadt Aachen soll bei Solarprojekten auf denkmalgeschützten Häusern nach § 9 Denkmalschutzgesetz NRW auf Grund des überwiegenden öffentlichen Klimaschutzinteresses eine Erlaubnis zur Installation erteilen (ggf. unter bestimmten Auflagen und Ausnahmen im Denkmal-Bereich der historischen Altstadt).”

Hintergrund

Solaranlagen auf Baudenkmalern und auf allen Gebäuden innerhalb von Denkmalbereichssatzungen (z.B. Aachener Innenstadt und Siedlung „in den Heimgärten“) sind nach § 9 Denkmalschutzgesetz NRW genehmigungspflichtig. Dabei kann die Untere Denkmalbehörde in Abwägung von Denkmalschutz und anderen öffentlichen Belangen z. B. dem Klimaschutz eine Erlaubnis erteilen. Nach Arbeitsblatt 37 der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland besitzt der öffentliche Belang des Klimaschutzes allerdings kein Vorrecht gegenüber dem Belang des Denkmalschutzes [88]. Alle Genehmigungen sind bislang somit Einzelfallentscheidungen, die anhand verschiedener Kriterien von der Unteren Denkmalbehörde bewertet werden. Die Denkmalbehörde ist normalerweise Teil der Stadt. Befindet sich ein Gebäude jedoch in Bundes- oder Landeseigentum (in Aachen z.B. alle Gebäude der RWTH), nimmt nicht mehr die Stadt, sondern die Bezirksregierung die Aufgaben der Unteren Denkmalbehörde wahr. Prinzipiell wäre die Untere Denkmalbehörde der Stadt Aachen in Abstimmung mit dem Landschaftsverband Rheinland dazu berechtigt, die Kriterien zur Genehmigung von Solaranlagen zu verändern. Für all jene Gebäude in Bundes- und Landeseigentum ist die Bezirksregierung aber keinesfalls an die Änderung gebunden. Die Novellierung des Denkmalschutzgesetzes, welche aktuell erarbeitet und landesweit Geltung haben wird, sieht eine Stärkung des öffentlichen Belangs Erneuerbare Energien vor. Es ist eine landesweite Neuregelung der denkmalpflegerischen Haltung, unter anderem auch zu PV-Anlagen, zu erwarten. [89]

IKSK: Die Forderung wird nicht berücksichtigt.

Stellungnahme EFA

Gemäß Solarpotenzialkataster der Stadt Aachen ist ein Großteil der denkmalgeschützten Gebäude sowohl für Photovoltaik als auch Solarthermie gut geeignet, wobei das Denkmalschutzgesetz die Nutzung erschwert und in einigen Fällen sogar verhindert [90]. Sollte eine Genehmigung für den Bau von PV-Anlagen nicht möglich sein, stellt die Stadt Aachen städtische Flächen zur Verfügung, die stattdessen für Photovoltaik genutzt werden können. Dieses Angebot ist seit Änderung des EEG 2014 für Bürger jedoch nicht mehr rentabel (siehe Forderung C.2.2.). Eine Veränderung des Genehmigungsprozesses wird insgesamt als sinnvoll erachtet, die Forderung in der vorliegenden Version ist allerdings sehr pauschal formuliert. Wichtig ist, dass ein Rahmen erarbeitet wird, der besagt, wie und auch auf welchen Gebäuden PV-Anlagen angebracht werden können. Dabei muss klar zwischen verschiedenen Gebäudetypen (Wohnhäuser, historisch bedeutsame Bauten etc.) differenziert werden.

Kosten	Für die Stadt Aachen treten keine zusätzlichen Kosten auf.
Wirksamkeit	Die Installation von PV-Anlagen ist aktuell im gesamten Innenstadtbereich eingeschränkt. Zusätzlich sind viele weitere Gebäude vom Denkmalschutz betroffen [91], diese fallen allerdings nicht alle in den Entscheidungsbereich der Stadt Aachen.
Zeithorizont	Der zeitliche Horizont ist als kurzfristig einzuschätzen.
Akzeptanz	Akzeptanzprobleme sind nicht zu erwarten, solange eindeutige Kriterien festgelegt werden, die besagen, auf welchen Gebäuden PV-Anlagen installiert werden dürfen.

C.2.4. Baurechtliche Privilegierung

„Die Stadt soll die derzeit bestehende baurechtliche Privilegierung der Windenergienutzung nicht einschränken.“

Hintergrund

Die baurechtliche Privilegierung von Windenergieanlagen (WEA) besagt nach §35 BauGB, dass WEA im Außenbereich auch dann genehmigt werden können, wenn sie öffentliche Belange einschränken; nicht jedoch, wenn sie ihnen entgegenstehen. Der Außenbereich bezeichnet Bereiche, für die kein Bebauungsplan vorliegt und die außerhalb von in Zusammenhang stehenden Siedlungen liegt. Da WEA öffentliche Belange in aller Regel einschränken, wären sie ohne die baurechtliche Privilegierung im Außenbereich meist nur durch das Aufstellen eines Bebauungsplans genehmigungsfähig [92, S. 6]. Ein Beispiel für so eine Einschränkung ist die Möglichkeit der Störung eines Wetterradars. Besteht hingegen die Möglichkeit, dass eine Flugsicherungseinrichtung gestört wird, steht dies dem öffentlichen Interesse entgegen, sodass die WEA trotz Privilegierung nicht genehmigungsfähig ist [92, S. 7].

Stellungnahme EFA

Die baurechtliche Privilegierung von Windenergieanlagen ist im BauGB festgeschrieben. Dieses unterliegt der Gesetzgebungskompetenz des Bundes. Der Stadt Aachen ist es daher nicht möglich, gesetzliche Änderungen für WEA hinsichtlich ihrer baurechtlichen Privilegierung im BauGB vorzunehmen. [93]

C.2.5. Potenzialanalyse Windkraft

„Die Stadt soll alle Flächen identifizieren, die unter die baurechtliche Privilegierung der Windenergienutzung fallen und ermitteln, wie viel Windstrom auf diesen Flächen erzeugt werden kann. Dabei sollen alle Arten der Windstromerzeugung berücksichtigt werden, beispielsweise auch der Einsatz kleinerer Windräder (<2 MW, <100m Höhe) und die Möglichkeit der nächtlichen Schallreduzierung. Bei der notwendigen Abwägung soll die Stadt den Belang des Klimaschutzes höher bewerten als die im Landesentwicklungsplan empfohlenen 1500 m Abstand von Windenergieanlagen zu reinen und allgemeinen Wohngebieten.“

Hintergrund

Im Rahmen der Erstellung des neuen Flächennutzungsplans (Aachen*2030) erarbeitet die Verwaltung sogenannte Konzentrationszonen, in denen WEA vorgesehen sind. Durch die Ausweisung einer solchen Zone wird noch kein Baurecht geschaffen. Dafür muss eine Baugenehmigung nach dem BImSchG (Bundes-Immissionsschutzgesetz) erteilt werden. Da das BImSchG Konzentrationswirkung hat, werden in diesem Rahmen alle für den Betrieb der Anlage erforderlichen Genehmigungen geprüft. Wenn der Betreiber seinen Betreiberpflichten nachkommt und die Anlage keine öffentlichen Interessen einschränkt, hat er einen Rechtsanspruch auf eine Genehmigung. Liegt die WEA im Außenbereich¹⁰, greift die baurechtliche Privilegierung, die das Bauen zwar nicht bei einem entgegenstehenden öffentlichen Interesse, jedoch bei einer Einschränkung des öffentlichen Interesses im Außenbereich ermöglicht [§35 BauGB]. Die Ausweisung von Konzentrationszonen geschieht unter Abwägung verschiedenster Gesichtspunkte wie z.B. Nachhaltige Energieversorgung, Tierschutz und Lärmschutz [93].

Stellungnahme EFA

Bei einer Analyse wie in Punkt C.2.5. gefordert, würden andere Annahmen zugrunde liegen als bei der Suche nach möglichen Konzentrationszonen im Rahmen eines Flächennutzungsplans. Während die vorgeschlagene Analyse einer Überprüfung des theoretisch maximal möglichen Potentials ohne Berücksichtigung anderer öffentlicher Interessen entspricht, wird bei einem Flächennutzungsplan zwischen diesen abgewogen. Eine solche Analyse wäre also nicht als konkreter Ausbauplan zu verstehen, sondern könnte lediglich eine Diskussionsgrundlage bilden. Damit stünde sie aber in Konkurrenz zum render-Projekt, in dessen Rahmen eine Flächenpotenzialanalyse für die Städtereion Aachen erarbeitet wurde und darauf basierend verschiedene Ausbaustufen für WEA entworfen wurden. Daneben wäre diese Analyse aufgrund einer Vielzahl freier Parameter (Höhe der WEA, Abschaltmaßnahmen etc.) sowie nicht quantifizierter Angaben zum Ausbaupfad (Anzahl zu realisierender WEA oder Gesamt-MW) mit

¹⁰ Der Außenbereich beschreibt den Bereich, der außerhalb im Zusammenhang stehender Siedlungen liegt und für den kein Bebauungsplan vorliegt.

einem enormen Aufwand verbunden. Die Erstellung einer gänzlich freien Analyse ohne Randbedingungen stellt somit ein unrealistisches Ziel dar [93].

Anstatt eine neue Analyse anzufertigen, wäre es sinnvoll die Ergebnisse des render-Projekts in die Entwicklung eines Ausbauplans einfließen zu lassen. Darin wird, wie vom Runden Tisch gefordert, auch Bezug auf die Abstandsregelung genommen.

Kosten	Es entstehen lediglich die Personalkosten der ausführenden Mitarbeiter*innen.
Wirksamkeit	Die Analyse würde zwar in Konkurrenz zum render-Projekt stehen, dennoch aber neue Erkenntnisse bringen.
Zeithorizont	Abhängig von den Randbedingungen kann eine solche Analyse viele Jahre in Anspruch nehmen.
Akzeptanz	Da es sich um ein Gedankenexperiment ohne direkte Folgen handelt, werden keine Akzeptanzprobleme erwartet.

C.2.6. Plug-in-PV

„Kleine Photovoltaik-Anlagen, die über einen Stecker direkt in das Netz einer Wohnung einspeisen (Plug-in-PV), ermöglichen es auch Mietern oder Wohnungseigentümern, die über keine geeigneten Dachflächen verfügen, einen Teil ihres Stroms selbst zu produzieren.

Die Stadt soll den örtlichen Netzbetreiber auffordern, die Nutzung von Plug-in-Anlagen bis 600 Watt mit vereinfachtem Anmeldeverfahren zu erlauben (Beispiele: Niederlande, Luxemburg, Österreich, Schweiz, Stadtwerke Bonn...).“

Hintergrund

Als Plug-in-PV-Anlagen werden kleine, nicht fest installierte Photovoltaikmodule bezeichnet, die mit einem Wechselrichter über eine Steckdose direkt an das häusliche Stromnetz angeschlossen werden. Der dabei produzierte Strom wird direkt im gleichen Haus wieder verbraucht. Somit wird kein Strom ins öffentliche Netz eingespeist, sondern der Strombezug um bis zu 10 % reduziert [94]. Je nach Leistungsklasse fallen Anschaffungskosten ab 300 € an, wobei für den Benutzer teilweise noch zusätzliche Kosten durch Befestigungsmaterial entstehen [95].

IKSK: Die Forderung wird nicht berücksichtigt.

Stellungnahme EFA

Nach der Niederspannungsanschlussverordnung muss eine Plug-in-PV-Anlage vom Betreiber beim Netzbetreiber angemeldet werden. Im Gegensatz zu fest installierten PV-Anlagen ist ein vereinfachtes Anmeldeverfahren für Anlagen bis 600 W möglich, ohne die Unterstützung durch einen Elektrofachbetrieb. Ein vereinfachtes Anmeldeverfahren über den Netzbetreiber (Regionetz GmbH) ist aktuell bereits möglich. Das Anmeldeverfahren ist jedoch sehr unübersichtlich und nicht explizit für Plug-in-PV-Anlagen ausgelegt. Weder auf dem Formular noch auf der Website der Regionetz GmbH wird auf Plug-in-PV-Anlagen hingewiesen. [96]

Das Beispiel der Stadt Bonn hat keinen Anstieg in den installierten Plug-in-PV Anlagen nach Einführung der vereinfachten Anmeldung gezeigt. Daraus lässt sich für Aachen eine wahrscheinlich geringe Wirksamkeit dieser Maßnahme ableiten.

In Kombination mit mehr Werbung für Plug-in-PV Anlagen seitens der Stadt könnten die Zahl installierter Anlagen jedoch steigen. Denn im Grundsatz bieten Plug-in-PV Anlagen für die meisten Nutzer viele Vorteile: Der eigene Strombezug kann um bis zu 250 kWh/a pro Modul reduziert werden. Die Möglichkeit, direkt einen eigenen Beitrag zur Energiewende zu leisten, macht diese komplexe Thematik zugänglicher. Des Weiteren amortisieren sich die Anlagen im realen Betrieb je nach Umgebungsbedingungen nach etwa zehn Jahren. [91]

Kosten	Für die Stadt treten keine Kosten auf.
Wirksamkeit	Da die Einführung eines vereinfachten Anmeldeverfahrens in Bonn keine signifikante Erhöhung der Plug-in-PV-Anlagen zur Folge hatte, wird keine hohe Wirksamkeit erwartet.
Zeithorizont	Der zeitliche Horizont ist als kurzfristig einzuschätzen.
Akzeptanz	Durch die Maßnahme kann die Akzeptanz für regenerative Energien gesteigert werden.

C.3.1./ C.3.2. Hemmnisse auf Landes- und Bundesebene

„Die Stadt soll Hemmnisse für erneuerbare Energien auf Landes- und Bundesebene ansprechen und darauf drängen, dass diese abgebaut werden (z.B. Erleichterung von Mieterstrom-Projekten). Sie soll Einfluss auf das Land NRW nehmen mit dem Ziel, den Landesentwicklungsplan (LEP) so zu ändern, dass die Bedingungen für den Windenergie-Ausbau deutlich verbessert werden.“

„Die Stadt soll die Landes- und Bundesregierung auffordern, Umstände, die die Errichtung von Energiespeichern (v. a. Quartiers- und saisonalen Speichern) hemmen, abzubauen und die Umlage von Speicherkosten auf die Netzentgelte zu ermöglichen.“

Hintergrund

Es bestehen im Bundes- bzw. Landesrecht einige Hemmnisse, die den Ausbau erneuerbarer Energien und Speichermöglichkeiten bremsen.

Diese Hemmnisse herauszustellen, ist für die Stadt Aachen ohne weiteres möglich, für die Bundes- bzw. Landesregierung hätte dies allerdings nur einen symbolischen Charakter.

1. Besondere Hemmnisse im Bundesrecht:

- A) Nach § 61 EEG ist bei Bezug von Strom aus einer Anlage mit mehr als 10 kW Leistung über Direktlieferung (Bezug von Fremder Anlage in 4.5 km Radius bei individuell definiertem Preis) die volle und bei Eigenverbrauch (Bezug von eigener Anlage) ein 40 % Anteil der EEG-Umlage zu zahlen. Die Begründung hierfür ist eine solidarische Verteilung der EEG-Umlage auf möglichst viele Schultern. Die Folge ist jedoch auch, dass Anlagen, die nur knapp über 10 kW Leistung leisten, seltener wirtschaftlich sind. Der Nutzen für den durchschnittlichen Verbraucher liegt bei wenigen Cent pro Monat [97]. Eine Aufweichung oder Abschaffung dieser Grenze kann Solaranlagen für Privatleute wirtschaftlicher machen. Eine Gleichstellung von Direktlieferung und Eigenverbrauch kann Mieterstromprojekte, sowie entsprechende Projekte mit Gewerbetreibenden attraktiver machen.
- B) Das Vermieten von Wohnraum wird in Deutschland steuerlich vergünstigt. Der Betrieb einer PV-Anlage auf Miethäusern kann diese steuerlichen Vergünstigungen allerdings einschränken. Dieses Phänomen wird Steuerinfizierung genannt. Es bedeutet, dass alle Einnahmen, also auch die Mieteinnahmen, zu dem nicht vergünstigten Tarif der Einnahmen durch die PV-Anlage zu versteuern sind. Ändern ließe sich hier §15 Investitionssteuergesetz in Bezug auf die aktiv wirtschaftlich genutzte Fläche sowie §9 Gewerbesteuerengesetz in dem Sinne, dass der Betrieb einer PV-Anlage die Begünstigung im Steuerrecht nicht beeinträchtigt. [98, S. 32]
- C) Genossenschaftliche Mietverhältnisse sind nach §5 KStG von der Körperschaftssteuer befreit. Wenn Einnahmen aus eigener Stromproduktion 20% der Gesamteinnahmen übersteigen, wird die Befreiung aufgehoben. Eine Erhöhung oder Löschung dieser Grenze macht es für Genossenschaften attraktiver machen, PV-Anlagen zu installieren. [98, S. 33]

2. Besondere Hemmnisse im Landesrecht:

Im Landesentwicklungsplan (LEP) des Landes NRW aus dem Jahr 2019 ist unter Ziffer 10.2-3 ein planerischer Vorsorgeabstand von 1500 m zwischen WEA und Wohngebieten als Grundsatz der Raumordnung festgelegt. Ein solcher Grundsatz ist im Gegensatz zu einem Ziel nicht verpflichtend, die Kommunen müssen ihn aber bei der Ausweisung von Konzentrationsflächen in Flächennutzungsplänen zum Bau von WEA berücksichtigen. Für das Repowering, also den Austausch alter WEA durch neue, gilt dieser Grundsatz explizit nicht. Genehmigungsverfahren für den Bau einer WEA sind im Gegensatz zur Ausweisung von Konzentrationszonen unabhängig von dieser Empfehlung. Die Formulierung "ist vorzusehen" kann dazu führen, dass Kommunen die Abstandsregelung fehlinterpretieren und als hartes Tabukriterium auffassen. Eine weichere und der Wirksamkeit des Mindestabstands entsprechende Formulierung oder eine Verringerung des Mindestabstandes kann den Windkraftausbau an Land positiv beeinflussen. [99, S. 2]

3. Besondere Hemmnisse für Quartierspeicher:

Quartierspeicher sind in Deutschland aktuell kaum verbreitet [100, S. 5]. Steigt im Zuge der Energiewende der Anteil der erneuerbaren Energien auf ca. 80-90%, ist aber davon auszugehen, dass sie einen wichtigen Teil zum deutschen Strommix beitragen [101, S. 5]. Aktuell werden Fragen zu Speichertechnologien im Bundesgesetz nicht einheitlich geregelt und es gibt keine klare Definition eines Speichers [100, S. 14]. Nach aktueller Rechtslage sind Speicher sowohl als Erzeuger, als auch als Endverbraucher klassifiziert und unterliegen hierdurch einer Doppelbelastung an Abgaben, Umlagen und Steuern [102, S. 27]. Eine einheitliche gesetzliche Regelung auf Bundesebene kann sehr zur Attraktivität und somit zum Ausbau von Speichern beitragen. Bis Speichertechnologien so weit entwickelt sind, dass sie günstiger und effizienter als andere technische Lösungen sind und sich somit auch in wirtschaftlichen Maßstäben ins Stromnetz integrieren lassen, wird allerdings noch viel Zeit vergehen [71, S. 101].

Stellungnahme EFA

Hemmnisse im Landes- und Bundesrecht anzusprechen, ist für die Stadt mit keinem großen Aufwand verbunden. Die Aussichten dadurch Gesetzesänderungen zu erwirken, sind aber nicht besonders hoch. In Hinblick auf Speichertechnologien gilt es zudem zu beachten, dass Quartierspeicher, auch wenn Hemmnisse abgebaut werden, auf Sicht keine wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Option sind. Als Symbol, dass sich die Stadt für Klimaschutz einsetzt ist es gleichwohl nicht abträglich, als Stadt Aachen auch zu Gesetzen höherer Ebenen politische Stellung zu beziehen. Dies sollte dann aber keinesfalls als Schritt zu einem ökologischeren Aachen, auf dem man sich ausruhen kann, gewertet werden.

Kosten	Die Kosten sind als nicht signifikant einzustufen.
Wirksamkeit	Die Wirksamkeit ist voraussichtlich sehr gering.
Zeithorizont	Konkrete Änderungsvorschläge zu Gesetzen könnten binnen eines Jahres eingereicht werden.
Akzeptanz	Die Akzeptanz wird als gut eingeschätzt, da mit der Forderung ein hoher symbolischer Wert einhergeht.

D.1. Pilotprojekt im Bereich Agrophotovoltaik

“Die Stadt soll zusammen mit geeigneten Partnern Pilotprojekte im Bereich Agrophotovoltaik – z. B. mit bifazialen Modulen – (Vorder- und Rückseite nutzbar) initiieren und Fördermittel einwerben.“

Hintergrund

Die Agrophotovoltaik sieht eine doppelte Nutzung von agrarwirtschaftlichen Flächen durch eine Kombination von Solarstromproduktion und Landwirtschaft auf der gleichen Fläche vor. Durch die Anbringung von Solarmodulen in geeigneter Höhe kann eine Steigerung der Landnutzungsrate auf bis zu 160 % [103] gelingen. Zudem können sich landwirtschaftliche Vorteile ergeben, welche derzeit in verschiedenen Forschungsvorhaben am Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) untersucht werden. Die Technologie hat bereits in Japan, China und im europäischen Raum vornehmlich in Frankreich Anwendung gefunden [104].

IKSK: Die Stadt sieht derzeit keine Projekte im Bereich der Agrophotovoltaik-Anlagen (APV) vor.

Stellungnahme EFA

Das Pilotprojekt des ISE zeigt vielversprechende Ergebnisse, sowohl für direkte landwirtschaftliche Vorteile, wie etwa eine erhöhte Bodenfeuchtigkeit oder künstliche Verschattung, welche das Wachstum einiger Pflanzen begünstigt [105], als auch im energietechnischen Sinne. Durch das enorme Flächenpotenzial könnte mit einer Bebauung von nur 4 % der dt. Ackerfläche eine Gesamtleistung von 500 GWp [104] bereitgestellt werden. Demgegenüber stehen derzeit, neben auch absehbaren landwirtschaftlichen Nachteilen, noch rechtliche Probleme sowohl bei der Förderbarkeit entsprechend der EU-Agrarförderung bei Doppelnutzung von landwirtschaftlichen Flächen, als auch bei Aufnahme in die Einspeisetarifverordnung [104]. Aufgrund einer bisher noch nicht im gesetzlichen Regelwerk vorgesehenen dualen Flächennutzung, existieren derzeit weder eine Einspeisevergütung nach EEG, noch Ansprüche auf EU-Agrarsubventionen für Landwirte. Agrarzuschüsse und Genehmigungsverfahren für APV-Anlagen werden in den EU-Staaten sehr unterschiedlich gehandhabt, sodass es zu Wettbewerbsverzerrungen kommt. Aktuell werden zum Beispiel in Frankreich EU-Agrarzuschüsse für die Landfläche von APV-Anlagen nach § 12 Abs. 3 Nr. 6 der Direktzahlungen-Durchführungsverordnung (DirektZahlDurchfV) [104] gezahlt, während dies in Deutschland nicht möglich ist.

Das ISE sieht das größte Potential der APV derzeit in Kombination mit dem Obst-/Wein-/Beerenbau sowie mit so genannten Cash-Crops (Kulturen mit hohen Deckungsbeiträgen – z. B. Spargel, Hopfen). Generell sollte darauf abgezielt werden, möglichst viele Synergien zu erzeugen (Hagelschutz, Sonnenbrandschutz, Vogelschutznetze). Hierdurch können Kosten kompensiert und somit rentablere Business Modelle dargestellt werden [104].

Kosten	Die Investitionskosten sind schwer abzuschätzen, da diese stark an die örtlichen Gegebenheiten gekoppelt sind. Es kann dennoch laut [104] mit einem rund 1/3 höheren finanziellen Aufwand im Vergleich zu Freiflächenanlagen gerechnet werden.
Wirksamkeit	Neben der höheren Landnutzungseffizienz wurden durch eine Teilverschattung der Anbaufläche für einige Bodenfrüchte gesteigerte landwirtschaftliche Ernteerträge festgestellt [105]. Exakte Werte für die Feststellung der Wirksamkeit sind dem Abschlussbericht des Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) zu entnehmen, sobald dieser erscheint. Zukünftig werden laut dem Fraunhofer ISE im Rahmen mehrerer Projekte auch weitere Pilotanlagen gebaut [104].
Zeithorizont	Länder wie China, Japan und auch Frankreich haben bereits gezeigt, dass die landwirtschaftliche Umsetzung der Maßnahme möglich ist [104]. Der limitierende zeitliche Faktor hinsichtlich einer ökonomisch sinnvollen Umsetzung ist die mangelnde Rechtslage in Deutschland. Wann und inwiefern sich diese auch auf EU-Ebene ändern lässt, ist praktisch nicht abzuschätzen. Die tatsächliche Bauzeit kann, unter Berücksichtigung der jeweiligen Randbedingungen, in etwa so lang wie die einer Freiflächen-PV-Anlage abgeschätzt werden. Die entscheidenden Randbedingungen sind dabei etwa das Vorhandensein eines Überbaus oder einer Fahrrinne für die Baumaschinen.
Akzeptanz	Dem ISE zufolge ist die bürgerliche Akzeptanz einer der wichtigsten und entscheidendsten Faktoren für die Umsetzung einer APV-Anlage [104]. Es ist eine große Bauhöhe erforderlich, um das Durchfahren von landwirtschaftlichen Großmaschinen zu ermöglichen. Dieser Umstand kann zu einer erheblichen Beeinträchtigung des landschaftlichen Bildes führen. Durch sogenannte Bürgerwerkstätten wurde eine frühzeitige Einbindung der Bürger und deren Mitspracherecht sichergestellt [106].

D.2. Stromspeicher und Elektrolyse

“Die Stadt soll die STAWAG, die Regionetz und die Aachener Hochschulen auffordern, Konzepte für die Speicherung von Elektro-Energie in Aachen zu entwickeln. In einem ersten Schritt soll mindestens der in Aachen verbrauchte Wasserstoff durch eine Elektrolyseanlage erzeugt werden.”

Hintergrund

Zur Erhöhung des Ausnutzungsgrades von volatilen regenerativen Erzeugungsanlagen können u.a. Speicherlösungen für elektrische Energie in das Stromsystem integriert werden [71, S. 50]. So kann die Stromerzeugung vom Strombedarf zeitlich entkoppelt werden.

Die Produktion von Wasserstoff mithilfe von Elektrolyse ist bei der Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom klimaneutral. Besonders im Vergleich zu herkömmlicher Herstellung (Dampfreformierung, siehe [107]) birgt die Elektrolyse ökologische Vorteile [108].

Die angesprochenen Akteure sind der lokale Energieversorger (STAWAG), einer der größten lokalen Netzbetreiber (Regionetz) und die Hochschulen (RWTH Aachen und FH Aachen).

Klimaschutzkonzept: Die Stadt sieht derzeit weder einen Stromspeicher noch eine Elektrolyseanlage vor. Das integrierte Klimaschutzkonzept (IKSK) beinhaltet allerdings Maßnahmen, die die Nutzung von Wasserstoff anregen sollen.

Stellungnahme EFA

1. Stromspeicher

Die Integration von Stromspeichern ist nur eine Möglichkeit, das Stromsystem zu flexibilisieren. Gegenüber den anderen möglichen Maßnahmen, z.B. dem Netzausbau, dem Lastmanagement, der Flexibilisierung konventioneller Erzeuger oder dem Import/Export von Strom über die Landesgrenze hinweg, ist der Ausbau von Speichern allerdings die teuerste [71, S. 51]. Die Kosten für gängige Batteriesysteme rangieren im Bereich von 472 €/kWh (Natrium-Batterien) bis 907 €/kWh (Lithium-Batterien) [71]. Aufgrund der Vielzahl von Flexibilisierungsmöglichkeiten ist die Abschätzung des Speicherbedarfs je nach den getroffenen Annahmen unterschiedlich und die Notwendigkeit einer Investition kann nicht direkt ermittelt werden [71, S. 53]. Bei der Wahl der Flexibilisierungsoption sind somit unbedingt die lokalen Randbedingungen zu berücksichtigen, um die wirtschaftlich und ökologisch optimale Lösung zu finden. Zum Beispiel würde die Errichtung von Speichern bei geringen Anteilen erneuerbarer Erzeugungsleistung (z.B. <40 %) nicht der Integration erneuerbarer Energien dienen, sondern vielmehr der Einsatzoptimierung fossiler Kraftwerke. Diese werden zu Zeiten hoher Einspeisung aus regenerativen Erzeugungsanlagen nicht heruntergefahren, sondern laufen weiter auf Volllast und füllen die Speicher. Somit wäre ein CO₂-Emissionsanstieg die Folge [71, S. 115]. Bei Anteilen regenerativer Erzeugungsanlagen von unter 40% können elektrische Speicher durch die wirtschaftlich attraktivere Flexibilisierung der thermischen Kraftwerke oder Einspeisemanagement ersetzt werden. Bei einem Anteil regenerativer Erzeugungsanlagen von

unter 40% können elektrische Speicher durch die wirtschaftlich attraktivere Flexibilisierung der thermischen Kraftwerke oder durch Einspeisemanagement ersetzt werden [71, S. 91, S. 95]. Allerdings sind elektrische Speicher bei sehr hohen Anteilen regenerativer Versorgungsanlagen im Stromnetz (z.B. > 85 %) unabdingbar, um zum Beispiel Abweichungen von Prognosen oder starke zeitliche Schwankungen der Einspeisung aufzufangen [71, S. 51, S. 65] und Abregelungen zu vermeiden [65, S. 115]. Zusätzlich können die CO₂-Emissionen weiter reduziert werden, wenn überschüssiger grüner Strom zum Füllen der Speicher verwendet wird und beim Ausspeichern den konventionell erzeugter Strom verdrängt [71, S. 92].

Im IKS der Stadt Aachen ist zwar eine CO₂-Reduktion um 50 % im Vergleich zum Jahr 1990 vorgesehen, es wird allerdings kein explizites Ziel für den Anteil Erneuerbarer Energien angegeben. Die Berechnung des Anteils erneuerbarer Erzeugungsanlagen im Strommix aus den CO₂-Emissionsreduktionen ist nicht ohne weiteres möglich. Auf Basis der derzeitigen regenerativen Erzeugungsleistung der Stadt Aachen von 21% [64, S. 17] (17 % in der Städte Region Aachen [64, S. 16] und unter Berücksichtigung des render-Projekts [78] kann aber davon ausgegangen werden, dass selbst bei einer Realisierung der ambitioniertesten Ziele ein Anteil von 75 % erneuerbaren Stroms im Strommix nicht überschritten wird. Den Ergebnissen von Stadler et al. [71] folgend kann daraus geschlossen werden, dass eine Integration von elektrischen Speichern derzeit weder wirtschaftlich noch ökologisch sinnvoll ist.

Im Bereich Speichertechnologien stellen sich die Bemühungen von Unternehmen aus Aachen wie folgt dar.

Trotz des kontinuierlichen Ausbaus regenerativer Erzeugungsanlagen hat die STAWAG als gewinnorientiertes Unternehmen derzeit keinen Bedarf an (momentan) unwirtschaftlichen Stromspeichern (zu Wirtschaftlichkeitshemmnissen von Stromspeichern sei auf die Auswertung der Maßnahme C.3.2 verwiesen). Gleichwohl haben die STAWAG und die Regionetz GmbH zusammen mit der RWTH Aachen das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte ALigN-Projekt (Ausbau von Ladeinfrastruktur durch gezielte Netzunterstützung) initiiert, in dem es um den Aufbau von ca. 1000 Ladepunkten im Aachener Raum geht. Für die Ladesäulen sind Stromspeicher geplant, die Netzengpässen vorbeugen sollen. Etwaige Spitzenlasten sollen von Stromspeichern gedeckt werden. [61]

Die Aachener Hochschulen forschen hingegen in verschiedenen Projekten an Stromspeichern in unterschiedlichen Leistungsklassen und Speicherkapazitäten. Hier sind zum Beispiel Projekte für Kurzzeitspeicher (v.a. Batteriespeicher: z.B. M5Bat, BESS) aber auch Langzeitspeicher (aufgrund lokaler Verhältnisse im Raum Aachen nur Power-to-X (PtX) relevant) zu nennen (Kurzspeicher: [109][110–112]; Langzeitspeicher: [113, 114]). Zwischen der Hochschule und der STAWAG besteht ein enges Verhältnis, welches immer wieder förderfähige Kooperationen hervorbringt [61].

Der Argumentation der vorherigen Abschnitte folgend ergibt es derzeit keinen Sinn für gewinnorientierte Unternehmen, in Stromspeicher zu investieren. Allerdings muss damit gerechnet werden, dass der Speicherbedarf in Aachen mit zunehmender Einspeisung aus regenerativen Erzeugungsanlagen steigen wird. Somit werden Stromspeicher zwar nicht kurzfristig, aber zumindest mittelfristig eine wichtige Rolle spielen. Zur Forschung und Weiterentwicklung der bestehenden Technologien können Kooperationen mit den

Hochschulen zu förderfähigen Projekten führen, die den Aufbau von Demonstrationsanlagen ermöglichen.

2. Elektrolyse

Der größte Wasserstoffabnehmer der Städte Region Aachen ist die Wasserstofftankstelle am Prager Ring. Sie nimmt den Grundbedarf des in Aachen verbrauchten Wasserstoffs ab. Der Wasserstoffbedarf der Hochschule ist sehr fluktuierend und stark projektabhängig, sodass hier ein hoher Speicherbedarf besteht [115].

Die Produktion von Wasserstoff am Standort Aachen wird von der STAWAG derzeit nicht verfolgt [61]. Nichtsdestotrotz besteht ein hohes Interesse an Wasserstoff als potenzielles Speichermedium für Windstrom. Ein gemeinsames Projekt der RWTH Aachen, einem Fraunhofer Institut und der Siemens AG zur CO₂-freien Wasserstoffversorgung durch Elektrolyse zur Nutzung in den Bereichen Mobilität, ÖPNV und KWK ruht aufgrund nicht ausreichender Fördermittel [61, 116]. Da allerdings die Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse derzeit noch 4-8 mal so teuer ist wie der herkömmliche Erzeugungspfad (Dampfreformierung, siehe [108, S. 35]), ist eine lokale Herstellung von Wasserstoff momentan noch unwirtschaftlich [71] und bedarf deshalb öffentlicher Fördergelder.

Die Unwirtschaftlichkeit von PtX-Anlagen folgt unmittelbar aus den hohen Strombezugskosten. Des Weiteren ist die Übergabe der „grünen Eigenschaft“ des Stroms an den Wasserstoff (somit dann grüner Wasserstoff) nicht ohne weiteres möglich. Je nach Strombezugsoption ergeben sich Strompreise von 14.5 bis 8.2 ct/kWh [117]. Die spezifischen Investitionskosten von Elektrolyseuren rangieren im Bereich von 1000-5000 €/kW (Alkalische Elektrolyse, je nach Leistungsklasse) und > 2000 €/kW (PEM-Elektrolyseure) [118].

Des Weiteren entsteht selbst bei einer Ausnutzung der günstigsten Strombezugskosten durch die direkte Kopplung mit einer regenerativen Erzeugungsanlage das Problem, dass der Elektrolyseur immer in Konkurrenz zur Direktvermarktung des Stroms steht. Somit muss der Wasserstoffpreis die Investitionskosten des Elektrolyseurs, die Umwandlungsverluste und den potenziell erwirtschafteten Preis durch Handel an der Strombörse kompensieren. Wird ein Gesamtsystem aus regenerativer Erzeugungsanlage und Elektrolyseur aufgebaut, so muss auch die Investitionssumme der Erzeugungsanlage erwirtschaftet werden. Ebenfalls zu berücksichtigen ist die Einspeisevergütung, die im Falle einer Eigenversorgung nicht gezahlt wird [119]. Dies legt die Kombination von bereits beschriebenen Anlagen und einem Elektrolyseur nahe.

Neben einer Verringerung der Umwandlungsverluste und einer Reduzierung der Stromgestehungskosten ist für einen wirtschaftlichen Betrieb von PtX-Anlagen eine umfassende Reform der Strombesteuerung notwendig. Derzeit sind solche Projekte nur mithilfe einer Förderung durch Land oder Bund umsetzbar.

Der vorherigen Argumentation folgend ergibt es derzeit keinen Sinn für gewinnorientierte Unternehmen, in regenerativ gespeiste Wasserstoffherzeugung zu investieren. Allerdings muss damit gerechnet werden, dass der Wasserstoffbedarf in Aachen in Zukunft steigen wird. Die Einbindung von PtX-Anlagen und somit auch der regenerativ gespeisten Wasserstoffherstellung wird bei hohen Anteilen von regenerativen Erzeugungsanlagen (z.B. > 85 %) immer weiter an

Bedeutung gewinnen und zur Verringerung von Abregelungen führen [71]. Zur Forschung und Weiterentwicklung der bestehenden Technologien können Kooperationen mit den Hochschulen zu förderfähigen Projekten führen, die den Aufbau von Demonstrationsanlagen ermöglichen.

Kosten	Aufgrund ihrer Unwirtschaftlichkeit kommen Stromspeicher- und Wasserstoffprojekte nicht ohne eine Förderung aus. Die Kosten zur Errichtung eines Stromspeichers orientieren sich stark am Speicherbedarf und der eingesetzten Technologie. Somit können keine pauschalen Kosten beziffert werden. Die Kosten für Batteriespeicher liegen zwischen 450 €/kWh und 900 €/kWh. Die spezifischen Investitionskosten von Elektrolyseuren im relevanten Bereich (> 1 MW) liegen über 1 Mio. € (für eine unwirtschaftliche Anlage). Daneben fallen Kosten für einen Wasserstoffspeicher an.
Wirksamkeit	Der Aufbau von elektrischen Energiespeichern wäre derzeit ein rein symbolisches Zeichen für den Klimaschutz durch eine Erhöhung des EE-Ausnutzungsgrades. Tatsächlich klimawirksame CO ₂ -Einsparungen sind erst bei höheren Anteilen regenerativ erzeugten Stroms realisierbar. Auch die Installation regenerativ gespeister Elektrolyse-Anlagen hätte in Anbetracht der geringen lokalen Nachfrage ohne industrielle Großabnehmer nur einen symbolischen Charakter. Der Aufbau von Demonstrationsanlagen für beide Technologien wird allerdings als hochwirksam eingestuft. So kann durch den Industriepartner Knowhow im operativen Betrieb gesammelt und Forschung an einzelnen Komponenten sowie dem Gesamtsystem durchgeführt werden.
Zeithorizont	Der organisatorische Aufwand eines geförderten Projekts wird auf ca. ein Jahr geschätzt. Da die Technologien für Stromspeicher und Wasserstoffherstellung marktreif sind, sollte die Inbetriebnahme kurzfristig möglich sein.
Akzeptanz	Die Installation von Stromspeichern und PtX-Anlagen stellt eine Flexibilisierungsoption dar, die im Allgemeinen beliebter ist als der Netzausbau.

D.3. Power-to-Heat, Wärmespeicher und Geothermie

“Die Stadt soll die STAWAG und die Hochschulen auffordern, die ökologische Bilanz einer Power-to-Heat-Anlage im Aachener Fernwärmenetz zu untersuchen und bei positivem Resultat eine solche Anlage zu errichten. Die Kombination mit einem saisonalen Wärmespeicher ist zu prüfen. Die Power-to-Heat Anlage soll dabei erneuerbare Erzeugungsspitzen abfangen und so eine Abregelung der Erzeugungsanlagen verhindern. Eine Ausführung als Erdwärmeanlage ist hierbei zu prüfen.”

Hintergrund

Derzeit besitzt die STAWAG einen Liefervertrag mit RWE, der die Abnahme von Abwärme aus dem Kraftwerk Weisweiler zur Fernwärmebereitstellung vorsieht (ca. 350 GWh pro Jahr, 5% des gesamten Aachener Wärmebedarfs) [61]. Infolge des Beschlusses des Kohleausstiegs bis 2038 wird das KW Weisweiler im Frühjahr 2029 abgeschaltet werden [120]. Damit müssen Alternativen zur Fernwärmebereitstellung untersucht werden. Mit einer Entscheidung für eine Power-to-Heat-Anlage kann dabei ein Grundstein für die Sektorenkopplung gelegt werden. Ein saisonaler Wärmespeicher kann dagegen die überschüssige Erzeugungsleistung aus dem Sommer im Winter nutzbar machen und zusätzlich bei bestehenden Kraftwärmekopplungs-Anlagen (KWK) die Wärme- von der Stromerzeugung entkoppeln. Mit der der Nutzung von Geothermiesystemen können zusätzliche Wärmequelle erschlossen werden.

IKSK: Die Stadt sieht derzeit weder eine Power-to-Heat-Anlage noch einen saisonalen Wärmespeicher vor. Tiefengeothermie wird zwar als Beispiel zur erneuerbaren Fernwärmeversorgung erwähnt, Pläne werden allerdings nicht konkretisiert.

Stellungnahme EFA

1. Power-to-Heat (PtH)

Unter ständig anwachsendem ökologischem Bewusstsein und nach dem Beschluss der Bundesregierung, aus der Kohleverstromung auszusteigen, muss die STAWAG nach einer Alternativlösung zur Bereitstellung der Fernwärme suchen. Hierzu beschäftigt sich die STAWAG seit ca. 10 Jahren mit einer Reihe von Technologien, wie z.B. Tiefengeothermie am Standort Weisweiler oder am Aachener Kreuz, Nutzung der Abwärme aus der Müllverbrennungsanlage (MVA) in Weisweiler, Nutzung einer integrierten Lösung aus Solarthermie, Wärmespeicher und Hochtemperatur-Wärmepumpen sowie Abwärmenutzung aus dem Klärwerk Soers. Daneben steht der STAWAG zur Fernwärmebereitstellung des Campus Melaten und Teilen der Innenstadt ein 10 MW Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Verfügung und ein weiteres 20 MW BHKW ist in Planung. Bis zum Jahr 2030 will die STAWAG die Wärmeversorgung kohlefrei sicherstellen. [61, 62]

Grundsätzlich ist es sinnvoll, auf ein breites Technologieportfolio zurückzugreifen und auf hohe Brennstoffausnutzungsgraden für konventionelle Systeme (BHKW, MVA) und regenerative Systeme (z.B. Geothermie, Solarthermie oder Wärmepumpensysteme) zu setzen, da auch die Anforderungen an das das Fernwärmenetz der Stadt Aachen sehr unterschiedliche sind. So

rangieren die Vorlauftemperaturen derzeit zwischen 90 °C und 125 °C, während in Neubaugebieten auch Vorlauftemperaturen von 70 °C ausreichen würden. [61]

Mit einer Flexibilisierung der Fernwärmebereitstellung durch den Einsatz verschiedener Technologien kann somit auch der Ausbau und die Modernisierung des Fernwärmenetzes vorangetrieben werden. Dieser Ansatz wird „bedarforientierte Fernwärmebereitstellung“ genannt. Langfristig soll so die Vorlauftemperatur gesenkt werden, um die Einbindung von Niedertemperaturwärme aus Tiefengeothermie und Solarthermie ohne Wärmepumpe zu ermöglichen und die Wärmeverluste zu verringern. [61]

Als PtH wird eine Technologie bezeichnet, die aus Strom direkt (in Form einer elektrischen Widerstandsheizung oder Elektroheizkessels) oder indirekt (in Form einer Wärmepumpe) in einem hybriden System Wärme erzeugt. In einem hybriden System existiert neben der PtH Anlage mindestens ein Wärmeerzeuger, der mit chemischen Energieträgern versorgt wird. [71]

Grundsätzlich eignen sich PtH-Anlagen aufgrund der geringen spezifischen Investitionskosten von <100 €/kW gut für das Abfangen von Erzeugungsspitzen und den resultierenden niedrigen Volllaststunden [71]. Zudem leistet die PtH-Technologie einen Beitrag zur Sektorenkopplung, da Stromüberschüsse fast vollständig integriert werden können (abhängig vom Strommarktdesign, alternativer Wärmequellen und der Entwicklung der Gebäudesanierung) [71]. Dieser Beitrag ist aber (ähnlich wie der Beitrag der Stromspeicher) von der Entwicklung aller Flexibilitätsoptionen (z.B. Lastmanagement, Flexibilisierung thermischer Kraftwerke, etc.) abhängig und wird beispielsweise vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMVIT) als gering eingeschätzt [121]

Die Rolle des „Sektorenkopplers“, welche *Stadler et al.* [71] der PtH-Technologie zusprechen, wird relevant, sobald ausreichende Überschussmengen Strom zur Verfügung stehen. Wie bereits in der Auswertung von Maßnahme D.2. erwähnt, ist ein Anteil von regenerativen Erzeugungsanteilen von weniger als 75 % am Strommix in Aachen im Jahr 2030 wahrscheinlich. Eine realistischere Annahme wäre ein Anteil von 24 %, bei dem die Menge an erzeugtem Überschussstrom sehr gering wäre [64].

Ob in einer KWK-Anlage ein elektrischer Heizer oder ein Wärmepumpensystem eingesetzt wird, hängt von den lokalen Randbedingungen ab. Allgemein gilt: wenn kleine Temperaturhübe notwendig sind und eine Wärmequelle auf konstant hohem Temperaturniveau zur Verfügung steht (z.B. durch Solar- oder Geothermie, Abwärme, etc.), ist eine Wärmepumpe effizient. Demzufolge ist es zur Bereitstellung von Fernwärme nicht sinnvoll, die Umgebung als Wärmequelle zu nehmen, da das Temperaturniveau sehr niedrig ist und somit der Leistungsvorteil Wärmepumpe gegenüber dem elektrischen Heizer verschwindet. Des Weiteren sinkt die Leistungszahl bei sehr kalten Umgebungstemperaturen (z.B. < 0 °C) weiter ab, sodass der Einsatz von Großwärmepumpe wahrscheinlich nicht weiter gerechtfertigt ist. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen muss ein elektrischer Heizer hinzugezogen werden. [122]

Allerdings können große Wärmepumpensysteme die notwendige Vorlauftemperatur des Fernwärmenetzes durch die Nutzung geeigneter Abwärmequellen (z.B. Solarthermie, Geothermie, Klärwerk, saisonaler Speicher) liefern. Eine ökologische Bilanz einer solchen Anlage wurde für den Standort Aachen nach Angaben des Instituts LTT der RWTH Aachen noch

nicht berechnet. Allerdings steht die STAWAG bei der Entwicklung von Konzepten zur Fernwärmebereitstellung u.a. in engem Kontakt mit den Hochschulen. [61]

Insgesamt ergibt es derzeit wirtschaftlich und ökologisch keinen Sinn, in PtH-Technologien zu investieren. Allerdings kann damit gerechnet werden, dass der Anteil erneuerbarer Erzeugungsanlagen und somit die Menge an Überschussstrom in Aachen in Zukunft steigen wird. Die Einbindung von PtH-Anlagen wird bei hohen Anteilen von regenerativen Erzeugungsanlagen immer weiter an Bedeutung gewinnen und zur Verringerung von Abregelungen führen. Zur Forschung und Weiterentwicklung der bestehenden Technologien können Kooperationen mit den Hochschulen zu förderfähigen Projekten führen, die den Aufbau von Demonstrationsanlagen ermöglichen.

2. Saisonaler Wärmespeicher

Auch Wärmespeicher können zusammen mit PtH-Anlagen einen Beitrag zur Sektorenkopplung leisten, indem Sie Wärmeproduktion (die abhängig von Stromüberschüssen ist) und -bedarf zeitlich voneinander entkoppeln und so die starken Schwankungen vom Strom- in den Wärmesektor verlagern.

Für Wärmespeicher gibt es grundsätzlich drei verschiedene Konzepte: sensible, latente und thermochemische Speicher. Aufgrund der Kostenunterschiede, der Langlebigkeit und des einfachen Betriebs kommen für saisonale Speicher in Wärmenetzen (derzeit) ausschließlich sensible Wärmespeicher in Frage [123]. Sensible Wärmespeicher sind z.B. Wasserspeicher, die Wärme mittels einer Temperaturdifferenz zwischen dem Ein- und Ausspeichervorgang speichern. Die Wärmemenge ist hier von der Temperaturdifferenz, der Masse und der spezifischen Wärmekapazität des Speichermediums abhängig [71]

Ob ein Speicher drucklos ($< 100\text{ °C}$) oder druckbehaftet (bis zu 130 °C) ausgeführt wird, hängt neben der Vorlauftemperatur und dem Aufstellungsort von der Kapazität des Speichers ab [123]. Während ein druckloser Speicher aufgrund einer geringeren mechanischen Belastung größer dimensioniert werden kann [122], erhöht sich der Aufwand der hydraulischen Einbindung in das Fernwärmenetz [71]. Mit einem druckbehafteten Speicher kann zwar eine 30 - 40 % höhere Speicherkapazität realisiert werden, allerdings sind auch die Investitionskosten höher. Für sensible Saisonalpeicher können Kosten von 0.5 - 3 €/kWh veranschlagt werden [71].

Die Dimensionierung eines saisonalen Speichers sollte so groß wie möglich ausfallen, da das Oberflächen-/Volumenverhältnis mit steigender Größe abnimmt. Dieses Verhältnis ist proportional zu den Wärmeverlusten [123]. Hieraus wird klar, dass ein großer Saisonalpeicher deutlich effizienter ist als viele kleine. Eine vereinfachte Beispielrechnung eines SaisonalSpeichers zur Deckung des gesamten (und anteiligen) Aachener Fernwärmebedarfs im Winter durch Einspeicherung im Sommer ist im Anhang zu finden. Die Rechnung macht deutlich, dass bei sinnhaften Größen für Saisonalpeicher der Aufstellungsort ein weiteres Problem darstellt.

Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit eines saisonalen Speichers kann in dieser Betrachtung nicht abschließend geklärt werden, da zu viele Einflussfaktoren bestehen (z.B. die Kosten und Wahl des Speichers, der Peripherie, des Isoliermaterials, etwaigen Wärmepumpensystem (um

Wärmeverluste auszugleichen). Eine einfache Rechnung verdeutlicht das Dilemma: Da bei einem Saisonalspeicher nur einmal im Jahr Geld verdient werden kann (Einspeichern im Sommer, Ausspeichern im Winter), generiert ein Speicher mit einer Kapazität von 1 % des Aachener Fernwärmebedarfs (3.5 GWh) bei einem Brutto-Fernwärmepreis von 32.97 €/kW/a (Grundpreis, Annahme: übers Jahr gemittelte konstante Leistung) plus 60.12 €/MWh (Brutto-Arbeitspreis) plus 6.47 €/MWh (Brutto-CO₂-Emissionspreis) [124] bei der Ausspeicherung über ein Viertel Jahr (2190 h) einen Umsatz von 284532 €/a. Mit dieser Summe müssen u.a. die oben genannten Kostenpunkte gedeckt werden, wobei die Investitionskosten für den Speicher allein ca. 1.75 Mio. € betragen. Darüber hinaus legt die Fördermittelbereitstellung des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) nahe, dass der Einsatz eines saisonalen Speichers zur Nutzung von „Sommerwärme“ im Winter derzeit unwirtschaftlich ist [123].

Des Weiteren wird die Rolle des „Sektorenkopplers“, die *Stadler et al.* [67] den Wärmespeicher zusprechen, erst relevant, sobald ausreichende Überschussmengen Strom zur Verfügung stehen, um den Speicher mittels PtH-Anlagen zu beladen. Wie bereits in der Auswertung von Maßnahme D.2. erwähnt wurde, kann ein Anteil von regenerativen Erzeugungsanteilen von < 75 % im Jahr 2030 nahezu ausgeschlossen werden. Eine realistischere Annahme wäre ein Anteil von 24 % [64], wodurch die Menge an vorhandenem Überschussstrom die Größe des Speichers stark limitieren würde. Bei kleinen Speichern ist der Anteil des Verlustwärmestroms aufgrund des ungünstigeren Oberflächen-Volumen-Verhältnisses deutlich höher. Somit ist auch nicht mit einem ökologischen Mehrwert für die Wärmeversorgung zu rechnen.

Auch die Installation eines saisonalen Wärmespeichers ist somit derzeit weder aus ökologischen noch aus wirtschaftlichen Beweggründen sinnvoll. Allerdings ist wegen des steigenden Anteils erneuerbarer Energien auch mit einem Anstieg der Menge an Überschussstrom in Aachen zu rechnen. Die Einbindung von PtH-Anlagen durch saisonale Wärmespeicher in das Fernwärmenetz wird bei hohen Anteilen von regenerativen Erzeugungsanlagen weiter an Bedeutung gewinnen. Des Weiteren gelten besonders die sensiblen Wärmespeicher als technologisch ausgereift und sind sehr günstig. Sobald ausreichend Überschussstrom vorhanden ist, sollte eine Implementierung angestrebt werden. Des Weiteren sind derartige Speicher weitestgehend gesellschaftlich akzeptiert [Quelle Stadler et al.]. Zur Forschung und Weiterentwicklung der bestehenden Technologien können Kooperationen mit den Hochschulen zu förderfähigen Projekten führen, die den Aufbau von Demonstrationsanlagen ermöglichen. Zur Forschung und Weiterentwicklung der bestehenden Technologien können auch bei den saisonalen Wärmespeichern Kooperationen mit den Hochschulen zu förderfähigen Projekten führen, die den Aufbau von Demonstrationsanlagen ermöglichen.

3. Geothermie

Die Geothermie ist sehr stark an die geologischen Randbedingungen vor Ort gebunden. Obwohl Aachen über hydrothermale Quellen verfügt, die auch von der STAWAG genutzt werden [1], ist das Potential zur Bereitstellung von Fernwärme sehr gering. Der Grund dafür ist, dass das Temperaturniveau der derzeit erschlossenen oberflächennahen Quellen zu niedrig ist und ein zu starker Eingriff in die natürlichen Quellen vermieden werden soll [68]. Für genauere Ausführungen sei hier auf die Auswertung von Maßnahme C.1.4 verwiesen.

In der Geothermie sind oberflächennahe Konzepte und die Tiefengeothermie zu unterscheiden. Die oberflächennahe Geothermie spielt lediglich auf Gebäude- bzw. Quartiersebene zur Bereitstellung von Raumwärme eine Rolle. Das Temperaturniveau liegt auch hier zu niedrig, um eine Speisung des Fernwärmenetzes zu realisieren. Deshalb kommt hierfür ausschließlich die Nutzung von Tiefengeothermie in Frage [68]. Als Blaupause für die erfolgreiche Umsetzung von Tiefengeothermie gilt der Standort München, an dem Temperaturen von 80-140°C bei Schüttungsraten von bis zu 180 l/s in Anlagen von bis zu 20MW realisiert werden können [125].

Das Potential von Tiefengeothermie wird auch im Raum Aachen als potenziell hoch eingestuft, da die Thermalquellen mit einer Temperatur von ca. 60-70°C auf eine noch heißere Wärmequelle im Untergrund schließen lassen. Bei einem durchschnittlichen Temperaturgradient (i.A. ca. 30K/km Bohrtiefe [126]), könnten somit schon bei moderaten Bohrtiefen hohe Temperaturen erreicht werden [68]. Des Weiteren ermöglicht die geologische Struktur des Rheinischen Beckes mit seinem stark rissigem Kluftsystem in den Karbonaten des Devons und Karbons potenziell den Einschluss von großen Mengen Wasser, welches zur Förderung genutzt werden könnte. [68]

Im Dezember 2019 wurde die Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (IEG) gegründet. Aachen ist derzeit der Standort für zwei Abteilungen der IEG. Diese beschäftigen sich u.a. im Zuge des Kohleausstiegs im rheinischen Revier intensiv mit der Machbarkeit und Umsetzung von geothermaler Wärmeproduktion und den entsprechenden Erkundungs- und Aufsuchungstätigkeiten. [68]

Das Interreg¹¹-geförderte DGE-Rollout-Projekt untersucht u.a. den Standort des RWE Braunkohle-Kraftwerks Weisweiler hinsichtlich seines Potentials für tiefengeothermale Wärmeproduktion. Hierfür ist zunächst eine Erkundungsbohrung geplant, die als Monitoring-Station aller zukünftigen Aufsuchungsarbeiten dient. Das IEG wird am Standort Weisweiler ein Reallabor für Tiefengeothermie sowie weitere Einrichtungen etablieren. Die hohen Kosten einer solchen Erkundungsbohrung können dadurch gerechtfertigt werden, dass wenn sich die Karbonate der Aachener Region als fündig und produktiv erweisen sollen, eine nahezu flächendeckende geothermale Nutzung dieses Gesteins über ihr gesamtes Verbreitungsgebiet in Nordwest-Europa möglich sein könnte. [66, 68, 127]

Je nach Temperaturniveau der Wärmequelle kann eine direkte Bereitstellung von Fernwärme oder die Nutzung einer Wärmepumpe mit hoher Leistungszahl realisiert werden.

Darüber hinaus untersucht das Fraunhofer IEG zusammen mit der STAWAG ein Gebiet unmittelbar östlich von Aachen im Bereich des Autobahnkreuz Aachen auf dessen Eignung für die Tiefengeothermie. Hierzu sind zunächst seismische Untersuchungen und Probebohrungen vorgesehen, die Aufschluss über die Untergrundverhältnisse der Aufsuchungsfelder der STAWAG (Kreuz Aachen) und RWE (Weisweiler) liefern sollen [61]. Erst nach der Auswertung der Untersuchungen können weitere Details zum Vorgehen festgelegt werden.

Die Prüfung von geothermalen Wärmequellen wird demnach bereits von der STAWAG in Kooperation mit dem Fraunhofer IEG durchgeführt.

¹¹ Interreg ist eine Gemeinschaftsinitiative des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung

Kosten	Die Investitionskosten sind im Vergleich mit anderen Energiespeichern für PtH-Anlagen als gering und für als sensible Wärmespeicher ausgeführte Saisonalspeicher als sehr gering einzustufen. Die Kosten der Geothermie orientieren sich an der Bohrungstiefe und sind somit für die Tiefengeothermie deutlich höher als für die oberflächennahe Geothermie.
Wirksamkeit	Die Kombination aus PtH und saisonalen Wärmespeichern ist eine wichtige Säule der Sektorenkopplung. Es müssen allerdings ausreichende Mengen an Überschussstrom vorhanden sein, damit die Maßnahme ökologische Wirksamkeit zeigt. Der Einsatz von Tiefengeothermie ist als besonders wirksam einzustufen. Der Erfolg eines solchen Projekts ist allerdings nicht gesichert und das Investitions-Risiko ist hoch.
Zeithorizont	Die Einführung von PtH im Raum Aachen ist wegen des benötigten hohen Anteils regenerativer Erzeugungsanlagen erst nach 2030 sinnvoll. Der organisatorische Aufwand eines Förderprojektes beträgt ca. 1 Jahr. Die Realisierung des Projektes wird auf <1/2 Jahre geschätzt, da alle Komponenten bereits marktreif sind. Bis zum Auslaufen des Kohlekraftwerks in Weisweiler (2029) soll darüber hinaus die Machbarkeit tiefengeothermischer Wärmegewinnung nachgewiesen sein.
Akzeptanz	Die Akzeptanz für Energiespeichersysteme ist verglichen mit dem Netzausbau hoch. Das missglückte Geothermieprojekt der RWTH-1-Bohrung am Super C in Aachen hat die Akzeptanz für weitere Maßnahmen allerdings reduziert.

D.4. Pflanzenkohle

„Die Stadt soll die STAWAG und die Hochschulen auffordern, ein Pilotprojekt zur Einlagerung von Pflanzenkohle durchzuführen.“

Hintergrund

Bei Pflanzenkohle, auch “Biokohle” genannt, handelt es sich um Biomasse (z.B. Stroh, Grünschnitt, Gülle, Gärreste, Klärschlamm, etc.), die unter Hitzeeinwirkung in einer sauerstoffarmen Atmosphäre behandelt wurde. Bei der Behandlung entstehen stabile Kohlenstoffverbindungen. Pflanzenkohle kann zu verschiedenen Zwecken eingesetzt werden. Im Kontext der Klimaerwärmung wird Pflanzenkohle als Mittel zur langfristigen Kohlenstoffspeicherung in landwirtschaftlich genutzten Böden (Carbon Capture and Storage CCS) diskutiert. Durch die hohe Stabilität der Pflanzenkohle verbleibt der Kohlenstoff länger in einer festen Bindung als in der unbehandelten Biomasse, in der er durch einen natürlichen biologischen Abbauprozess wesentlich schneller in die Atmosphäre gelangt. Je nach Standort und Art der Pflanzenkohle kann diese den Kohlenstoff zwischen mehreren Jahrzehnten bis zu mehreren Jahrtausenden länger binden. Ein Teil der chemischen Energie des Ausgangsstoffes wird darauf verwendet, die benötigte Energie für den Herstellungsprozess zur Verfügung zu stellen. Der Energiebedarf der Herstellung der meisten Biokohlen führt somit nicht zu einer erheblichen Verschlechterung der Kohlenstoffbilanz. Nichtsdestotrotz kommt es bei der Herstellung zur Bildung einiger Schadstoffe. Der Herstellungsprozess muss dementsprechend so ausgelegt und betrieben werden, dass keine Gefahr für Mensch und Umwelt entsteht. [128]

Bei der Einbringung von Pflanzenkohle in Böden konnten verschiedene positive Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum beobachtet werden. Pflanzenkohle kann die Nährstoff- und Wasserspeicherkapazität des Bodens erhöhen und somit dessen Fruchtbarkeit steigern. Bei mit Pflanzenkohle behandelten Böden ist außerdem eine Tendenz zur Verringerung der Nitrat Auswaschung zu erkennen, sodass eine effizientere Düngung möglich wird. [128, 129]

IKSK: Die Forderung wird im IKSK nicht berücksichtigt.

Stellungnahme EFA

Die Meinungen zur Signifikanz des Beitrags der Pflanzenkohle zur CO₂-Reduktion gehen stark auseinander. Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung und die Deutsche Forschungsgemeinschaft schätzen das Potenzial sehr hoch ein [130, 131]. Das Umweltbundesamt und die Verfasser des IPCC Berichts 2018 halten die Pflanzenkohle im CCS-Kontext immerhin für erwähnenswert, auch wenn hier keine Quantifizierung des CO₂-Einsparungspotenzials vorgenommen wird [129, 132]. Der BUND misst der Pflanzenkohle als Kohlenstoffspeicher dagegen keine Bedeutung bei [133].

Diese Streuung der Meinungen rührt daher, dass die Wirkung der Pflanzenkohle je nach Ausgangsstoff, Herstellung und Einsatzort stark variieren kann. Darüber hinaus sind Vergleiche der Untersuchungen wegen fehlender Daten nur eingeschränkt möglich. Klarheit kann hier nur

weitere Forschung schaffen. Den Forschungsbedarf ist angesichts der möglichen CCS-Potenziale gegeben.

Die Stadt Köln zeigt auf, inwieweit Städte ihren Beitrag zur Forschung leisten können. In Kooperation mit Toyota und RheinEnergie betreibt die Stadt ein Waldlabor, das Erkenntnisse über die Bewirtschaftung und die Auswirkungen des Klimawandels liefern soll [134]. Mit der RWTH gibt es in Aachen einen kompetenten Ansprechpartner, der mit dem ABC4Soil-Projekt bereits auf dem Gebiet der Pflanzenkohle forscht [135]. Inwieweit die STAWAG zu der Forderung beitragen kann, ist nicht auf den ersten Blick ersichtlich.

Kosten	Durch die Aufforderung entstehen der Stadt keine Kosten. Würde sie sich für eine Kooperation und Trägerschaft eines Projekts entscheiden, könnte sie die Höhe der Fördersumme selbst festlegen.
Wirksamkeit	Die Wirksamkeit hängt maßgeblich von den Forschungsergebnissen der Pilotprojekte und der allgemeinen Forschung auf dem Gebiet der Pflanzenkohle ab, sodass das Potenzial aktuell noch nicht quantifiziert werden kann.
Zeithorizont	Forschungsprojekte im Bereich der Pflanzenkohle sind meist auf die Dauer einiger Jahre angelegt. Das ABC4soil-Projekt der RWTH hat beispielsweise eine Laufzeit von 3 Jahren.
Akzeptanz	Die Bindung von CO ₂ in Böden dürfte in der Bevölkerung beliebter sein als die unterirdische Speicherung von CO ₂ als Gas. Allerdings müssen zur flächigen Einbringung der Pflanzenkohle zunächst die Landwirte überzeugt werden, die ohne Anreiz wahrscheinlich auf eine Umstellung von herkömmlichen Düngemitteln auf Pflanzenkohle verzichten werden.

4. Anhang

Anhang B.1.

Umrechnung der Bilanzierung B.1 des RT, welche unter <https://klimanotstand-aachen.de/foerderung-altbau-sanierung/> zu finden ist, von fünfjähriger auf einjährige Betrachtungsdauer zwecks Vergleichbarkeit mit dem IKSK:

	Wert	Einheit	Bemerkung
Angestoßene Investitionen	200	Mio. €/a	20 Mio. €/a Fördersumme führt mit einer Förderquote von 10% zu 200 Mio €/a angestoßenen Investitionen (Annahme RT)
Maßnahmendauer	1	a	
Gesamtinvestitionen	200	Mio. €	
Jährliche Endenergieeinsparung pro €	0,4	kWh/(€*a)	Annahme RT
Einsparung Primärenergie	80	Mio. kWh/a	200 Mio. € * 0,4 kWh/(€*a)
THG-Vermeidung pro kWh	0,25	kg/kWh	Annahme RT
Brutto-THG-Vermeidung	20	Mio. kg/a	80 Mio. kWh/a * 0,25 kg/kWh
Nutzungsdauer der Maßnahme	25	a	Annahme RT
Brutto-THG-Vermeidung über Nutzungsdauer	500	Mio. kg	20 Mio. kg/a * 25 a
THG-Emissionen der Maßnahme pro €	0,1	kg/€	Annahme RT
THG-Emissionen der Maßnahme	20	Mio. kg	0,1 kg/€ * 200 Mio. €
Netto-THG-Vermeidung über Nutzungsdauer	480	Mio. kg	500 Mio. kg - 20 Mio. kg
Jährliche Netto-THG-Vermeidung	19,2	Mio. kg/a	480 Mio. Kg / 25 a
Netto-THG-Vermeidung pro €	2,4	kg/€	480 Mio. kg / 200 Mio. €
Jährliche Netto-THG-Vermeidung pro €	0,096	kg/(€*a)	2,4 kg/€ / 25 a

Überschlägige Berechnung des THG-Vermeidungsfaktors pro €:

	Wert	Einheit	Bemerkung
spez. Endenergieverbrauch eines Gebäudes pro Jahr	200	kWh/(m ² a)	Annahme auf Basis von [17]; Gebäude vor 1979 errichtet
Prozentuale Endenergieeinsparung durch Sanierung	50	%	[17]
Endenergieeinsparung pro Jahr	100	kWh/(m ² a)	200 kWh/(m ² a) * 0,5
Sanierungskosten bei 50% Endenergieeinsparung	350	€/m ²	[17]
Nutzungsdauer der Sanierung	25	a	Annahme RT/EFA
Endenergieeinsparung über Nutzungsdauer	2.500	kWh/m ²	100 kWh/(m ² a) * 25 a
Eingesparte Endenergie pro € über Nutzungszeitraum	7,14	kWh/€	2.500 kWh/m ² / (350 €/m ²)

THG-Vermeidungsfaktor	0,25	kg/kWh	[136]
THG-Vermeidung pro € über Nutzungszeitraum	1,79	kg/€	7,14 kWh/€ * 0,25 kg/kWh
Jährliche (Brutto-) THG-Vermeidung pro €	0,07	kg/(€*a)	1,79 kg/€ / 25 a
Über 5 Jahre gemittelte jährliche (Brutto-) THG-Vermeidung der Sanierungsförderung pro € ¹²	0,21	kg/(€*a)	$\frac{1}{n} \sum_k^n k * 0,07 \left[\frac{kg}{€ * a} \right]$ $= \frac{1}{2} (n + 1) * 0,07 \left[\frac{kg}{€ * a} \right]$ $n=5$

Anhang B.4.

Um die Differenz der Strommenge vor und nach dem Repowering mit 3300 kW-Anlagen nachzuvollziehen, wurden die aktuellen Ertragsdaten herangezogen. Die Annahme der Volllaststunden des RT wurde gemittelt berechnet. Der Endwert des RT wurde mit dem Endwert verglichen, der bei Anzahl der Volllaststunden, wie im IKSK angenommen, erreicht wird. Dieser Vergleich ist rein hypothetisch, da nach aktuellen gesetzlichen Bestimmungen nicht alle Anlagen repowert werden können und dies auch so nicht im IKSK erwähnt wird.

Tage pro Monat (Summe 476)	Anlage	Power Tower 1	NEA	Aseag	Standort 3	Standort 4	Standort 7	Standort 9		Standort 1	Standort 2	Standort 8	Orsbach	RWTH
31	Januar 2019	310.372	192.874	228.940	347.074	316.060	300.427	295.705						
28	Februar	265.904	222.987	211.758	290.163	245.855	222.805	248.191						
31	März	429.113	434.483	351.199	445.450	430.651	446.690	384.296						
30	April	122.035	155.825	130.247	109.417	144.716	142.046	138.498						
31	Mai	83.443	101.059	84.704	115.569	97.512	92.177	87.748						
30	Juni	117.316	142.594	84.808	141.223	139.411	118.962	129.335						
31	Juli	62.806	24.169	54.399	80.792	74.631	68.430	66.079						
31	August	135.295	90.801	109.709	156.069	136.578	119.215	126.402						
30	September	177.674	91.389	151.889	219.811	197.070	167.921	179.616						
31	Oktober	311.775	202.018	272.092	363.315	305.286	240.057	284.047						
30	November	166.194	146.024	122.894	279.486	221.341	194.927	206.442						
31	Januar 2020	385.098	441.970	373.369	504.916	434.853	385.181	432.985						
29	Februar	434.414	656.918	526.431	761.365	532.364	660.260	694.785						
31	März	329.382	352.906	195.611	398.378	32.586	349.857	329.896						
30	April	140.425	92.947	101.614	157.720	0	132.070	147.529						
31	Mai	89.152	98.986	106.143	152.174	70.816	131.995	132.816						
Wert [Einheit]	Berechnungsmethode													
Strommenge im vorliegenden Zeitraum [kWh/476 Tage]	Summe über die 15 Monate	3.560.398	3.447.950	3.104.809	4.522.872	3.377.730	3.773.020	3.882.370						
Strommenge pro Jahr [kWh/a]	Strommenge Zeitraum / 476 * 365	2.856.143	2.765.938	2.490.671	3.628.238	2.709.608	3.026.708	3.114.429	Volllaststunden pro Jahr * max. Leistung	2.670.206	2.670.206	3.204.247	142.411	890.069
maximale Leistung [kW]	Website Aachen hat Energie (2)	1.500	1.500		1.800	1.800	1.800	1.800	Website Aachen hat Energie (5)	1.500	1.500	1.800	80	500
aktuelle Volllaststunden pro Jahr [h/a]	Strommenge pro Jahr / max. Leistung	1.904	1.844		2.016	1.505	1.682	1.730		1.780	1.780	1.780	1.780	1.780
Volllaststunden nach Repowering [h/a]	Annahme IKSK (3) Annahme RT (4)	2.750 3.200	2.750 3.200		2.750 3.200	2.750 3.200	2.750 3.200	2.750 3.200		2.750 3.200	2.750 3.200	2.750 3.200	2.750 3.200	2.750 3.200
Strommenge pro Jahr [kWh/a]	Volllaststunden IKSK pro Jahr * 3300	9.075.000	9.075.000		9.075.000	9.075.000	9.075.000	9.075.000		9.075.000	9.075.000	9.075.000	9.075.000	9.075.000
nach Repowering mit 3300 kW-Anlagen	Volllaststunden RT pro Jahr * 3300	10.560.000	10.560.000		10.560.000	10.560.000	10.560.000	10.560.000		10.560.000	10.560.000	10.560.000	10.560.000	10.560.000
aktuelle Gesamtstrommenge [kWh/a]	Summe über 11 Anlagen	30.168.872												
aktuelle Gesamtleistung [kW]	Summe über 11 Anlagen	15.580												
Gesamtstrommenge [kWh/a] nach Repowering mit 3300 kW-Anlagen	mit Annahme IKSK mit Annahme RT	99.825.000 116.160.000												
Differenz Strommenge neu-alt [kWh/a]	mit Annahme IKSK mit Annahme RT	69.656.128 85.991.128												
Wert vom RT [kWh/a] (6)		85.000.000												

¹² hier wurde beachtet, dass sich die eingesparten THG-Emissionen pro Jahr kumulieren. Die im ersten Jahr ausgeschütteten Fördergelder sparen 0,07 kg/(€*a) für die nächsten 25 Jahre der Nutzungsdauer ein, ohne dass weitere Investitionen nötig sind. Im zweiten Jahr werden dementsprechend schon 0,07 kg/€ aus dem ersten Jahr plus 0,07 kg/€ aus dem zweiten Jahr eingespart. Dieser Effekt wurde über einen Zeitraum von 5 Jahren berücksichtigt und ein Mittelwert der jährlichen THG-Einsparungen pro Euro für die Maßnahme errechnet.

Anhang D.3.

Hier wird die Größe des Saisonspeichers abgeschätzt. Dafür gelten folgende Annahmen:

- Der Wärmeverlust ist vernachlässigbar
- Die spezifische Wärmekapazität des Wassers ist nicht temperaturabhängig
- Die Vorlauf- und Rücklauf-temperatur sind über das gesamte Jahr konstant
- Im Winter fallen 75% des Fernwärmebedarfs eines Jahres an
- Es wird ein Kugelspeicher verwendet, da dieser das beste Oberflächen-Volumen Verhältnis besitzt
- Dichte des Wassers beträgt $1000 \text{ kg/m}^3 = \text{konstant}$

$$Q_{\text{Fernwärme,Aachen}} = 350 \frac{\text{GWh}}{\text{Jahr}}$$

$$Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}} = 0.75 * Q_{\text{Fernwärme,Aachen}} = m_{\text{Wasser}} * c_{p,\text{Wasser}} * (T_{\text{Vorlauf}} - T_{\text{Rücklauf}})$$

Umgestellt nach dem nötigen Massenstrom

$$\dot{m}_{\text{Wasser}} = \frac{Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}}{c_{p,\text{Wasser}} * (T_{\text{Vorlauf}} - T_{\text{Rücklauf}})} = \frac{0.75 * 350 \frac{\text{GWh}}{\text{Jahr}}}{4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * (120 - 60)\text{K}} = 3770 \text{ M} \frac{\text{kg}}{\text{Jahr}}$$

Diese Menge Wasser entspricht der gesamten Fernwärmeleistung. Wir können also linear skalieren

$$\dot{m}_{\text{Wasser}}(100\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 3770 \text{ M} \frac{\text{kg}}{\text{Jahr}}$$

$$\dot{m}_{\text{Wasser}}(50\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 1880 \text{ M} \frac{\text{kg}}{\text{Jahr}}$$

$$\dot{m}_{\text{Wasser}}(10\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 377 \text{ M} \frac{\text{kg}}{\text{Jahr}}$$

$$\dot{m}_{\text{Wasser}}(1\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 37.7 \text{ M} \frac{\text{kg}}{\text{Jahr}}$$

Diese Menge Wasser muss bei einer Temperatur von 120°C in einem saisonalen Wärmespeicher im Sommer eingespeichert werden. Das benötigte Volumen, bzw. der benötigte Radius des Behälters ergibt sich zu:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_i}{\rho_{\text{Wasser}}}$$

$$\dot{V}(100\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 3.77 \text{ M} \frac{\text{m}^3}{\text{Jahr}}$$

$$\dot{V}(50\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 1.88 \text{ M} \frac{\text{kg}}{\text{Jahr}}$$

$$\dot{V}(10\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 0.377 \text{ M} \frac{\text{kg}}{\text{Jahr}}$$

$$\dot{V}(1\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 0.0377 \text{ M} \frac{\text{kg}}{\text{Jahr}}$$

Wobei m_i den jeweiligen Massenstrom an Wasser pro Jahr, abhängig von der eingespeicherten Menge der Winterfernwärme ist.

Um diese Werte ins Verhältnis zu setzen, einer der größten Wärmespeicher in Deutschland steht in Nürnberg. Sein Fassungsvermögen beträgt 33 M.L Wasser. Dies entspricht ca. 1% des Aachener Fernwärmebedarfs im Winter.

Die Abmessungen dieses zylindrischen Wärmespeichers betragen: Höhe: 70m, Durchmesser: 26m.

Die Durchmesser der Kugelspeicher ergeben sich somit mit:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_i}{\rho_{\text{Wasser}}} = \frac{4}{3} * \pi * r^3$$

zu

$$r(100\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 96.5 \text{ m}$$

$$r(50\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 76.6 \text{ m}$$

$$r(10\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 44.8 \text{ m}$$

$$r(1\% Q_{\text{Fernwärme,Aachen,Winter}}) = 20 \text{ m}$$

Da der Radius kubisch in die Gleichung eingeht, verringert sich der Radius bei Verkleinerung des Volumens um den Faktor 100 lediglich um den Faktor $\sqrt[3]{100} = 4.6$.

Problematisch ist der Wärmeverlust des Speichers, welcher erst ab einem Wert von 100.000 m³ bei einem Wert von 10% liegt [137]. Dies würde einem Radius von 28.8 m entsprechen und die minimale sinnvolle Größe eines Saisonspeichers darstellen (abhängig von Vorlauftemperatur, Isolierung, etc.).

5. Literatur

1. Stadt Aachen (2020) Integriertes Klimaschutzkonzept. Strategiekonzept 2030 mit Handlungsprogramm 2025.
http://ratsinfo.aachen.de/bi/___tmp/tmp/45081036645667394/645667394/00383623/23-Anlagen/01/008TOP-Anlage1.pdf. Zugriffen: 15. Juni 2020
2. Stadt Aachen (2019) Energie- und CO₂-Bilanz 2017.
<http://ratsinfo.aachen.de/bi/vo020.asp?VOLFDNR=19738>
3. Runder Tisch Klimanotstand Aachen (2020) Runder Tisch Klimanotstand Aachen.
<https://www.runder-tisch-klimanotstand-ac.de/>. Zugriffen: 30. Juli 2020
4. Dr. Massimo Genoese Gabler Wirtschaftslexikon. Konzessionsabgabe.
<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/konzessionsabgabe-39903>. Zugriffen: 30. Juli 2020
5. STAWAG – Stadtwerke Aachen AG (2020) Geschäftsbericht 2019. Klimaschutz mit Leben füllen
6. Lambertz M, Schröter F (14. Mai 2020) PV-Anlagen auf städtischen Gebäuden
7. Stadt Aachen Haushaltsplan 2019
8. Aachener Nachrichten (2019) Stadt Aachen kann aus dem vollen schöpfen.
https://www.aachener-nachrichten.de/lokales/aachen/kaemmerin-in-aachen-legt-nahezu-ausgeglichenen-haushaltsentwurf-vor_aid-46391145
9. Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) Energieeffizient Sanieren – Kredit (151, 152).
[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kredit-\(151-152\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kredit-(151-152)/). Zugriffen: 10. Juli 2020
10. BAFA Förderprogramm im Überblick.
https://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_im_ueberblick_node.html. Zugriffen: 07. Juli 2020
11. Umweltbundesamt (2020) Energiesparende Gebäude.
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energiesparende-gebaeude#eigentuemmer>. Zugriffen: 20. Juni 2020
12. Land NRW (2020) Öffentliche Wohnraumförderung des Landes Nordrhein-Westfalen 2018 – 2022 - Modernisierungsrichtlinie 2020
13. Stadt Düsseldorf (2020) Förderprogramm „Klimafreundliches Wohnen und Arbeiten in Düsseldorf“: Richtlinie 2020. Amtliche Bekanntmachungen 75(20)
14. Stadt Köln Altbausanierung und Energieeffizienz. <https://www.stadt-koeln.de/artikel/67219/index.html>. Zugriffen: 27. Juni 2020
15. Stadt Münster Förderprogramm "Klimafreundliche Wohngebäude der Stadt Münster".
<https://www.stadt-muenster.de/klima/bauen-sanieren/foerderprogramm.html>. Zugriffen: 27. Juni 2020
16. Referat für Gesundheit und Umwelt - Stadt München (2020) Münchner Förderprogramm Energieeinsparung
17. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014) Sanierungsbedarf im Gebäudebestand. Ein Beitrag zur Energieeffizienzstrategie Gebäude
18. Halper C (2012) Einsparungen von 80 Prozent sind möglich, aber teuer. IWO - Institut für Wärme- und Oeltechnik.
https://www.zukunftsheizen.de/fileadmin/user_upload/3_Technik/3.6_Projekte_und_Studien/3.6.4_Aktion_Energie-Gewinner/Fachbeitrag_Energetische_Sanierung_IWO.pdf. Zugriffen: 10. Juli 2020

19. Stadt Münster (2020) Förderprogramm Energieeinsparung und Altbausanierung der Stadt Münster - Änderung der Richtlinien zum Förderprogramm "Klimafreundliche Wohngebäude für Münster"
20. Stadt Köln (2018) Eine Million Euro für die Altbausanierung. <https://www.stadt-koeln.de/politik-und-verwaltung/presse/eine-million-euro-fuer-die-altbausanierung?kontrast=weiss>. Zugegriffen: 27. Juli 2020
21. Stadt Düsseldorf (2020) Genehmigung einer Eilentscheidung gemäß § 60 Abs. 1 Satz 1 GO NRW: Förderprogramm Klimafreundliches Wohnen und Arbeiten in Düsseldorf
22. Stadt Düsseldorf Förderprogramm "Klimafreundliches Wohnen und Arbeiten in Düsseldorf". <https://www.duesseldorf.de/umweltamt/projekte/klimafreundliches-wohnen-und-arbeiten.html>. Zugegriffen: 30. Juli 2020
23. Runder Tisch Klimanotstand Aachen Forderungen im Bereich Energie. <https://www.runder-tisch-klimanotstand-ac.de/energie/>. Zugegriffen: 15. Juni 2020
24. Stadt Aachen (2016) Energiebericht 2016. Gebäudemanagement der Stadt Aachen. http://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/planen_bauen/gebaeudemanagement/_allgemein/downloads/Energiebericht-2016.pdf. Zugegriffen: 15. Juni 2020
25. Europäische Kommission (2019) Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Lichtquellen und separate Betriebsgeräte gemäß der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 244/2009, (EG) Nr. 245/2009 und (EU) Nr. 1194/2012 der Kommission. L 315/209
26. Vossik A (2020) Verbot von Leuchtstoffröhren: Das Aus für die Stromfresser. <https://partner.mvv.de/blog/verbot-von-leuchtstoffroehren-das-aus-fuer-die-stromfresser>. Zugegriffen: 15. Juni 2020
27. Stadt Aachen (2017) Beteiligungsbericht 2017
28. RWTH Aachen (2019) Warum an der RWTH arbeiten? <https://www.rwth-aachen.de/cms/root/Die-RWTH/Arbeiten-an-der-RWTH/~owv/Warum-an-der-RWTH-Aachen-arbeiten-/>. Zugegriffen: 15. Juni 2020
29. Runder Tisch Klimanotstand Aachen Städtisches Energiespar-Programm. <https://klimanotstand-aachen.de/staedtisches-energiespar-programm/>. Zugegriffen: 27. Juni 2020
30. Stadt Aachen Selbstverständnis und Steckbrief. Steckbrief des Gebäudemanagements E26. http://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/planen_bauen/gebaeudemanagement/GEBAEUDEMAGEMENT/1selbstverstaendnis/index.html. Zugegriffen: 27. Juni 2020
31. Runder Tisch Klimanotstand Aachen Abschätzung der Klimawirkung von Zusatzaufwand. <https://klimanotstand-aachen.de/abschaetzung-der-klimawirkung-von-zusatzaufwand/>. Zugegriffen: 27. Juni 2020
32. Stadtwerke Düren (Hrsg) 1000 Euro für 1000 Dächer. Klimaschutz vor Ort: Kreis Düren fördert 1000 Solarstrom-Projekte
33. Ingo Latotzki (2020) Kreis Düren will bis 2035 klimaneutral sein. <https://wirtschaft.eifel.info/2020/06/06/kreis-dueren-will-bis-2035-klimaneutral-sein/>
34. Dr. Maria Vankann (02. Juli 2020) PV-Förderprogramm der Stadt Aachen in Bezug auf das integrierte Klimaschutzprogramm
35. Kreis Düren (2019) Kreis Düren fördert Klimaschutz mit einer Million Euro. https://www.kreis-dueren.de/aktuelles/index.php?pm=/aktuelles/presse/wirtschaft/2019-05-24_Kreis_Dueren_foerdert_Klimaschutz_mit_einer_Million_Euro.php
36. Josef Kreutzer (2019) 500.000 Euro Förderung lösen Investitionen von 6,5 Mio. Euro in Klimaschutz aus. <https://wirtschaft.eifel.info/2019/08/23/500-000-euro-foerderung-loesen-investitionen-von-65-mio-euro-in-klimaschutz-aus/>

37. SPD Siegen-Wittgenstein (2019) SPD und Grüne beantragen 1000-Dächer-Förderprogramm für Photovoltaik. <https://www.spd-fraktion-siegen-wittgenstein.de/2019/11/28/spd-und-gruene-beantragen-1000-daecher-foerderprogramm-fuer-photovoltaik/>
38. Aachen hat Energie Klimanotstand in Aachen. PV-Anschub-Förderung. <https://klimanotstand-aachen.de/forderung-1-pv-anschub-foerderung/>
39. Aachen hat Energie (2019) Windkraftanlagen in Stadt und Region Aachen. <https://www.aachen-hat-energie.de/gpx/windanlagen.htm>. Zugegriffen: 13. Juni 2020
40. Stadt Aachen (2019) Steuerung der Windenergienutzung in Aachen, Ratsantrag 510/17 vom 01.07.2019 "Repowering-Konzept für Windenergieanlagen im Norden der Stadt Aachen". Stadt Aachen. <http://ratsinfo.aachen.de/bi/to020.asp?TOLFDNR=96453>. Zugegriffen: 20. Juni 2020
41. Meiners K (22. Juni 2020) Zusammenarbeit zwischen Verwaltung und WEA-Betreibern. Position: Stellvertretender Fachbereichsleiter Umwelt Stadt Aachen
42. STAWAG Energie GmbH (2019) Bürgerbeteiligung Windpark Münsterwald. Emissionen erfolgreich beendet. STAWAG Energie GmbH. <https://buergerbeteiligung.stawag.de/>. Zugegriffen: 13. Juni 2020
43. Energieagentur NRW Windenergie in NRW. https://www.energieagentur.nrw/windenergie/a_bis_z_windenergie_in_nrw. Zugegriffen: 01. Juli 2020
44. Schatke A (25. Mai 2020) Maßnahmen zur Akzeptanzsteigerung von Windenergieanlagen. Position: Masterandin bei Trianel
45. Runder Tisch Klimanotstand Aachen Eins-zu-eins-Repowering von Windenergie-Anlagen. <https://klimanotstand-aachen.de/forderung-4-eins-zu-eins-repowering-von-windenergieanlagen/>. Zugegriffen: 23. Juni 2020
46. STAWAG – Stadtwerke Aachen AG Faktenblatt. Windpark Münsterwald. https://www.stawag-energie.de/fileadmin/energie/content/Dokumente/Datenblaetter/Datenblatt_WP_M%C3%BCnsterwald_2018.pdf. Zugegriffen: 23. Juni 2020
47. Landesregierung Baden-Württemberg Verordnung der Landesregierung zur Öffnung der Ausschreibung für Photovoltaik-Freiflächenanlagen für Gebote auf Acker- und Grünlandflächen in benachteiligten Gebieten (Freiflächenöffnungsverordnung - FFÖ-VO) Vom 7. März 2017. http://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/cqh/page/bsbawueprod.psm!;jsessionid=2ECA5A2276E5768CF0D669846FC03F89.jp90?pid=Dokumentanzeige&showdoccase=1&js_peid=Trefferliste&documentnumber=1&numberofresults=6&fromdoctodoc=yes&doc.id=jlr-PhotFFA%C3%96VBWrahmen&doc.part=X&doc.price=0.0&doc.hl=1#jlr-PhotFFA%C3%96VBWrahmen
48. Bayerische Staatsregierung Verordnung über Gebote für Freiflächenanlagen vom 7. März 2017. <https://www.verkuendung-bayern.de/gvbl/2017-31/>
49. Clearingstelle EEG KWK (2018) Was sind »benachteiligte Gebiete« i.S.d. EEG und wo finde ich eine Übersicht der benachteiligten Gebiete Deutschlands? https://www.clearingstelle-eeeg-kwkg.de/haeufige-rechtsfrage/143?rate=cESedMhrn_rZigs5sbAFsAbi7ArFpxly6b3AsYPCI
50. Rat der Europäischen Gemeinschaften (1986) Richtlinie 86/465/EWG des Rates vom 14. Juli 1986 betreffend das Gemeinschaftsverzeichnis der benachteiligten landwirtschaftlichen Gebiete im Sinne der Richtlinie 75/268/EWG
51. Landesregierung Nordrhein-Westfalen (NRW) Verordnung zur Änderung der Verordnung über den Landesentwicklungsplan vom 12. Juli 2019. https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_vbl_detail_text?anw_nr=6&vd_id=17882

52. STAWAG – Stadtwerke Aachen AG Anlagen in Betrieb. <https://www.stawag-energie.de/betriebsfuehrung/>
53. Münz A (2020) Webinar Direktvermarktung Post EEG
54. Metzger J, Kelm T, Fuchs A-L, Kahles M, Fietze D (2020) Analyse der Stromeinspeisung ausgeförderter Photovoltaikanlagen und Optionen einer rechtlichen Ausgestaltung des Weiterbetriebs. Weiterbetrieb ausgeförderter Photovoltaikanlagen – Kurzgutachten. Climate Change, Bd 10, Dessau-Roßlau
55. Bouattour MA, Herz S (2020) Post-EEG-Anlagen. Rechtzeitig umrüsten und Solarstrom selbst nutzen
56. Fraunhofer IEE (2018) Altersstruktur der Windenergieanlagen. http://windmonitor.iee.fraunhofer.de/windmonitor_de/3_Onshore/2_technik/6_altersstruktur/. Zugegriffen: 02. Juli 2020
57. Rechner Photovoltaik Photovoltaik Lebensdauer. <https://www.rechnerphotovoltaik.de/photovoltaik/planung/lebensdauer>. Zugegriffen: 02. Juli 2020
58. Berneiser Jessica, Gözl S (2020) Wie geht es weiter mit privaten PV-Anlagen nach Auslaufen des EEG-Förderzeitraumes? Energiewirtschaftliche Tagesfragen 70(3):44–48
59. Bornefeld B (21. Juli 2020) Anschlussvergütung von Post-EEG-Anlagen. Position: STAWAG Vertrieb Privat- und Gewerbekunden
60. Runder Tisch Klimanotstand Aachen Anschlussförderung für alte PV- und Windanlagen. <https://klimanotstand-aachen.de/forderung-3-anschlussfoerderung-fuer-alte-pv-und-windanlagen/>. Zugegriffen: 03. Juli 2020
61. Hyrenbach W (29. Juni 2020) Stromspeicher, Wärmespeicher, Power-to-Heat, Wasserstoff. Position: Leiter Wärme Systemoptimierung und Grundsatzfragen, Online
62. STAWAG – Stadtwerke Aachen AG (2020) Mit Klimaschutz nachhaltig wachsen. Stawag zieht Bilanz für 2019, Aachen
63. Energieagentur NRW (Hrsg) Solaratlas für Nordrhein-Westfalen
64. Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e. V. Regionaler Energieplan Aachen 2030. Gemeinsam zur EnergieRegion
65. Schabbach T, Leibbrandt P (2014) Solarthermie. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
66. Interreg North-West Europe (2020) DGE-Rollout. Roll-out of Deep Geothermal Energy in NWE. <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/dge-rollout-roll-out-of-deep-geothermal-energy-in-nwe/>. Zugegriffen: 07.2020
67. STAWAG – Stadtwerke Aachen AG (2019) Geschäftsbericht 2019. Klimaschutz mit Leben füllen
68. Frank Strozyk (05. Juni 2020) Geothermie am Standort Aachen; Fraunhofer IEG, RWTH Aachen
69. Juhlich K (2016) CO₂-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe
70. Jenbacher Gasmotoren Österreich (2015) Baureihe6-2015 2. <http://www.iwk.ch/de/assets/contentfiles/lieferprogramm/pdf/Baureihe6-2015%202.pdf>
71. Stadler I (2014) Energiespeicher. Bedarf, Technologien, Integration. Springer Vieweg, Berlin
72. Berger T, Prasser P, Reinke HG (2013) Einsparung von Grauer Energie bei Hochhäusern. Beton- und Stahlbetonbau 108(6):395–403. doi:10.1002/best.201300019
73. Stadt Aachen (04. Mai 2020) Plusenergiehaus-Standard für Grundstücke der Stadt Aachen
74. Stadt Aachen EU-GUGLE: ein Sanierungsprojekt in Aachen. Stadt Aachen. http://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/energie/gebaeude_effizienz/eu_gugle/index.htm. Zugegriffen: 28. Juni 2020
75. EU-GUGLE Aachen

76. Tagesschau.de (2019) Hintergrund: Wer wie viel CO₂ ausstößt. Tagesschau.de. <https://www.tagesschau.de/faktenfinder/co2-emissionen-103.html>. Zugegriffen: 28. Juni 2020
77. STAWAG – Stadtwerke Aachen AG (2020) Energetische Nutzung der Thermalquellen
78. Schroeder C (2016) Potentiale und Möglichkeiten der energetischen Thermalwassernutzung in Aachen, RWTH Aachen
79. Plum W (2018) fp-Gutachten, STAWAG Thermalquellen. Primärenergiefaktor Netz "Thermalquelle"
80. STAWAG – Stadtwerke Aachen AG (2017) STAR - Das Kundenmagazin der STAWAG. Heißes Gold von Burtscheid
81. Lieser U (22. Mai 2020) Allgemeine Thermalwassernutzung in Aachen
82. Stadt Aachen (2020) Flächennutzungsplan Aachen 2030. http://www.aachen.de/de/stadt_buerger/planen_bauen/aachen2030/fnp_neu/index.html
83. Stadt Aachen (2019) Niederschrift öffentliche/nichtöffentliche Sitzung des Rates der Stadt Aachen. Resolution zum Klimanotstand, Aachen
84. Umweltbundesamt Wie viel CO₂ verursacht eine Kilowattstunde Strom im deutschen Strommix? <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/strom-waermeversorgung-in-zahlen?sprungmarke=Strommix#Strommix>. Zugegriffen: 27. Juni 2020
85. Bundesnetzagentur (2020) Archivierte EEG-Ver-gü-tungs-sät-ze und Daten-meldungen. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/ArchivDatenMeldgn/ArchivDatenMeldgn_node.html. Zugegriffen: 11. Juli 2020
86. Solaranlagen Portal (2020) Wozu noch eine Photovoltaikanlage kaufen? Eine Einschätzung. <https://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/anlage>. Zugegriffen: 11. Juli 2020
87. Geschäftsentwicklung und Fachbereich Energiemanagementsystem der DB Station&Service AG (11. Juni 2020) Dachvermietungsmodelle Deutsche Bahn
88. Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland (2010) Solaranlagen und Denkmalschutz. Information der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger, erarbeitet im Frühjahr 2010 von der Arbeitsgruppe Bautechnik
89. Claudia Ellenbeck (13. Mai 2020) PV-Anlagen auf denkmalgeschützten Gebäuden
90. Stadt Aachen Solarpotenzialkataster der Städteregion Aachen. <https://www.solare-stadt.de/staedteregion-aachen/Solarpotenzialkataster?s=5>. Zugegriffen: 27. Juni 2020
91. Stadt Aachen Geodartenportal Stadt Aachen. https://geoportal.aachen.de/extern/?lang=de&basemap=web5d25df219da7088cuv&blop=1&x=294835.19969447&y=5628552.6420851&zl=9&hl=0&layers=fnp_etr57dfffb1220b0d|bodendenkmal5ccc05947477eho1ul|denkmalbereiche57dffac0319bd|baudenkmal57dfffa78bff7f&theme=1. Zugegriffen: 27. Juni 2020
92. Fachagentur Windenergie an Land 20 Jahre Erfahrungen mit der privilegierten Zulässigkeit von Windenergieanlagen im Außenbereich
93. Stadtverwaltung Aachen (12. Mai 2020) Ausweisung von Flächen zur Winderngienutzung
94. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (04. Mai 2020) Plug-In-PV Module
95. Infinitum Energie GmbH Plug & Play Anlagen. www.solar-pac.de
96. Regionetz (2018) Anschlussanfrage -Stromeinspeisung für den Parallelbetrieb mit dem Netz der Regionetz GmbH
97. Littmann S, dpa (2014) Sonnensteuer: Hausbesitzer mit Solaranlage sollen EEG-Umlage bezahlen. Wirtschaftswoche
98. Bergner J, Siegel B, Quaschnig V (2020) Hemnisse und Hürden für die Photovoltaik

99. Burda M 20190918-Kurz-Erklärt-LEP-NRW-Verbände-final
100. Sievers J Arbeitspapier Politische Zielsetzungen und rechtlicher Rahmen für Quartierspeicher
101. Agora Energiewende Stromspeicher in der Energiewende
102. Gaudchau E, Resch M, Zeh A (2016) Quartierspeicher: Definition, rechtlicher Rahmen und Perspektiven. ÖW 31(2):26. doi:10.14512/OEW310226
103. Schneider K, Schindele S Agrophotovoltaik: hohe Ernteerträge im Hitzesommer
104. Schönberger F (10. Juni 2020) Perspektiven der Agrophotovoltaik. Untersuchungsstand am Fraunhofer ISE
105. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE Agrarwirtschaftliche Perspektive. <https://www.agrophotovoltaik.de/machbarkeit/agrarwirtschaftliche-perspektive/>
106. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE Bürgerwerkstatt. <https://www.agrophotovoltaik.de/machbarkeit/burgerwerkstatt/>. Zugegriffen: 30. Juli 2020
107. The Linde Group Hydrogen. https://www.linde-engineering.com/de/images/H2_1_1_e_12_150dpi_NB_tcm20-4258.pdf
108. Ramesoh S, Fishedick M, Arnold K, Merten F, Nitsch J, Schmid S, Viebahn P, Pehnt M, Knörr W, Gärtner S, Reinhardt G (2006) Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Einführung alternativer Kraftstoffe, insbesondere regenerativ erzeugten Wasserstoffs. Endbericht
109. RWTH Aachen, PGS Projekt: M5BAT Website. <http://m5bat.de/de-de/>
110. PGS RWTH Aachen Projekt: Exergy Batteriespeichersystem (BSS) in Aachen. <https://www.pgs.eonerc.rwth-aachen.de/go/id/dykhb>
111. PGS RWTH Aachen Projekt: FUBIC. <https://www.pgs.eonerc.rwth-aachen.de/go/id/dyluo>
112. PGS RWTH Aachen Projekt: WMEP (KfW 275). <https://www.pgs.eonerc.rwth-aachen.de/go/id/qrxo>
113. LTT RWTH Aachen Projekt: Kopernikus Power-to-X. <https://www.ltt.rwth-aachen.de/cms/LTT/Forschung/Forschung-am-LTT/Energiesystemtechnik/Aktuelle-Projekte/~pzii/Kopernikus-Power-to-X/>
114. LTT RWTH Aachen Projekt: PtG-MSE: Power to Gas-Modellvorhaben für sektorübergreifende Energiesysteme. <https://www.ltt.rwth-aachen.de/cms/LTT/Forschung/Forschung-am-LTT/Energiesystemtechnik/Aktuelle-Projekte/~fmmoa/PtG-MSE-Power-to-Gas-Modellvorhaben-fue/>
115. RWTH Professoren (06/2020) Wasserstoff
116. WDR (2019) Aachener Stadtwerke wollen Wasserstoff testen. <https://www1.wdr.de/nachrichten/rheinland/stawag-testet-wasserstoff-100.html>
117. Deutsche Energie-Agentur Power to X: Strombezug. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/607/9264_Power_to_X_Strombezug.pdf
118. Verbund kommunaler Unternehmen e.V. (2015) Power to Gas – Chancen und Risiken für kommunale Unternehmen. <https://www.vku.de/publikationen/2016/power-to-gas/>
119. Bundesnetzagentur (2020) Ausschreibungsverfahren für Windenergieanlagen an Land. Grundzüge. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Ausschreibungen/Wind_Onshore/Ausschreibungsverfahren/Ausschr_WindOnshore_node.html
120. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020) Öffentlich-rechtlicher Vertrag zur Reduzierung und Beendigung der Braunkohleverstromung in Deutschland - Entwurf

121. Köfinger M, Basciotti D, Lager D, Terreros O, Zauner C, Böhm H, Lindorfer J, Tichler R, Zauner A (2018) Innovative saisonale Wärmespeicher für urbane Wärmenetze. SeasonalGridStorage
122. Roskosch D (08. Juni 2020) Wärmepumpen, Wärmespeicher, Power-to-Heat, Online
123. Maier M (2017) Grosswärmespeicher. Zentraler Baustein einer flexiblen Strom- und Wärmeversorgung
124. STAWAG – Stadtwerke Aachen AG (2020) Anlage Preisblatt FernwärmeSTA. https://www.stawag.de/fileadmin/stawag/content/Dokumente/Waerme/Preisblatt_Fernw%C3%A4rmeSTAR.pdf
125. Stadtwerke München Geothermie. <https://www.swm.de/privatkunden/unternehmen/energieerzeugung/geothermie.html>
126. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007) Tiefe Geothermie in Deutschland, 1. Aufl
127. Bracke R (2019) Interreg NWE Projekt DGE Rollout. Wärmewende, Wärmenetze, Pilotstandorte
128. Sabine Gruber (2013) Sachbilanz von Technologien und Verfahrenskombinationen für ausgewählte biogene Abfallfraktionen (Vergärung, Kompostierung, Hydrothermale Carbonisierung und Pyrolyse)
129. Umweltbundesamt (2016) Chancen und Risiken des Einsatzes von Biokohle und anderer „veränderter“ Biomasse als Bodenhilfsstoffe oder für die C-Sequestrierung in Böden
130. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2014) Klimaschutz durch Biokohle in der deutschen Landwirtschaft: Potentiale und Kosten
131. Deutsche Forschungsgemeinschaft (2020) Erzeugung von Pflanzenkohle. <https://www.spp-climate-engineering.de/index.php/Erzeugung-von-Pflanzenkohle.html>
132. Intergovernmental Panel on Climate Change (2018) Global Warming of 1,5°C
133. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (2015) Terra Preta / Pyrolysekohle. BUND-Einschätzung ihrer Umweltrelevanz
134. Stadt Köln Waldlabor Köln. <https://www.koeln-waldlabor.de/>. Zugriffen: 30. Juli 2020
135. RWTH Aachen (2019) ABC4Soil. <https://www.teer.rwth-aachen.de/go/id/qvjj>
136. Umweltbundesamt (2011) Umweltwirkung von Heizungssystemen in Deutschland
137. Fisch N, Bodmann M, Kühl L, Sasse C, Schnürer H (2005) Wärmespeicher, 4. Aufl. BINE-Informationspaket. Solarpraxis, Berlin

Impressum

Veröffentlichung

09/2020

Autoren

Christian Bruchhaus
Malte Drögemüller
Leonard Gobbers
Robert Halver
Katharina Hartz
Patrick Horst
Phil Kosmata
Christian Mänken
Nils Petersen
Sophia Tepe
Paul Zelle

Herausgeber

Energie Forum Aachen e.V.

Roermonder Str. 12

52072 Aachen

info@efaachen.de

www.efaachen.de