



FLÄCHENEFFIZIENZ UND ERNEUERBARE ENERGIEN

Ein Leitfaden für Gemeinden

Inhalt

| | |
|----------------------------------|------|
| Vorbetrachtungen | 3 |
| Technologieoptionen | 4 |
| Wärmepumpen..... | 4-5 |
| Biomasse | 5-6 |
| Photovoltaik | 7-8 |
| Solarthermie | 8-9 |
| Kleinwindenergieanlagen | 9-10 |
| Tiefengeothermie | 10 |

Herausgeber: Regionaler Planungsverband Westmecklenburg
c/o Amt für Raumordnung und Landesplanung Westmecklenburg
Wismarsche Straße 159, D-19053 Schwerin, Fon+ 49 385 588 89-160,
E-Mail: poststelle@afrlwm.mv-regierung.de, www.westmecklenburg-schwerin.de
Erstellt durch: Better E „Energie: Beratung, Planung, Innovation“; H. Rabenhorst

Gestaltung: PS. Werbung & Verlag Schwerin Inh. Solveig Hamann,
Zum Kirschenhof 14, 19057 Schwerin, www.werbeagentur-plust.de

Stand: März 2019

Hinweis: Diese Publikation wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Klimaschutzmanagements des Regionalen Planungsverbandes Westmecklenburg kostenlos herausgegeben und ist nicht für den Verkauf bestimmt.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Vorbetrachtungen

Die Energiewende ist Gegenstand lebhafter Diskussionen, sowohl politischer als auch wirtschaftlicher und technischer Natur. Trotz einiger Anreiz- und Förderprogramme wird sowohl das deutsche CO₂-Reduktionsziel als auch das Ausbauziel für erneuerbare Energien für 2020 nicht erreicht. Zur Umsetzung der Energiewende sind verstärkte Anstrengungen nötig. Ferner ist es sinnvoll, sich der ungenutzten Potenziale bewusst zu werden, die in jeder Gemeinde schlummern.

Dazu soll diese Broschüre ein Stück weit beitragen.

Mit der Energiewende wird die Energiebereitstellung ein Stück dezentraler. Dabei verändert sich die Rolle der BürgerInnen, neue Chancen und Notwendigkeiten für Partizipation entstehen. Darüber hinaus wird die weitgehende Unabhängigkeit von externen Ressourcen und die Verlagerung eines Großteils der Wertschöpfung auf regionale Akteure erreicht werden.

In Wohngebieten sind hier neben den hauseigenen Anlagen intelligent gesteuerte Netze oder größere Energiequellen notwendig. Für Nichtwohngebäude stellt sich die Situation anders dar.

Durch zumeist größere Flächen, dazu zählen Grundstücksflächen, genauso wie Dachflächen etc. kann ein Zugewinn an Versorgungspotenzial erwartet werden. Je nach Gebäudetyp und Umgebungsparametern sind Anlagentypen realisierbar, die für Wohngebäude kaum in Frage kommen (z.B. Kleinwindanlagen, Biomasse-Mini-BHKW). Die bessere kurz- wie langfristige Planbarkeit der Energienachfrage im Vergleich zu Wohngebäuden ermöglicht außerdem eine genauere Dimensionierung und die höhere Grundlast sorgt für eine bessere Auslastung der installierten Anlagen. Über das Potenzial zur Selbstversorgung hinaus können Nichtwohngebäude als Energiequellen dienen, um die Energieversorgung eines Wohngebietes o.ä. zu vervollständigen. Es ergeben sich sowohl neue Nutzungswege kommunaler Gebäude als auch u.U. neue Geschäftsmodelle innerhalb der Systemtransformation.

Im heutigen Marktumfeld existiert eine Vielzahl von Technologien, die für Anlagen in Frage kommen. Zusätzlich zu den technischen Gegebenheiten der Anlagen und ihren Synergien müssen bei der Auswahl die öffentliche Wahrnehmung und die Entwicklungspotenziale beachtet werden. Dies in besonderem Maße, wenn öffentliche Gebäude betroffen sind.

Ziel des Leitfadens ist es, Optionen der erneuerbaren Energiebereitstellung aufzuzeigen und durch welche Parameter die Entscheidung für und wider die jeweiligen Anlagen beeinflusst werden. Wo möglich, sollen die Technologieoptionen anhand von Kennwerten verglichen werden.

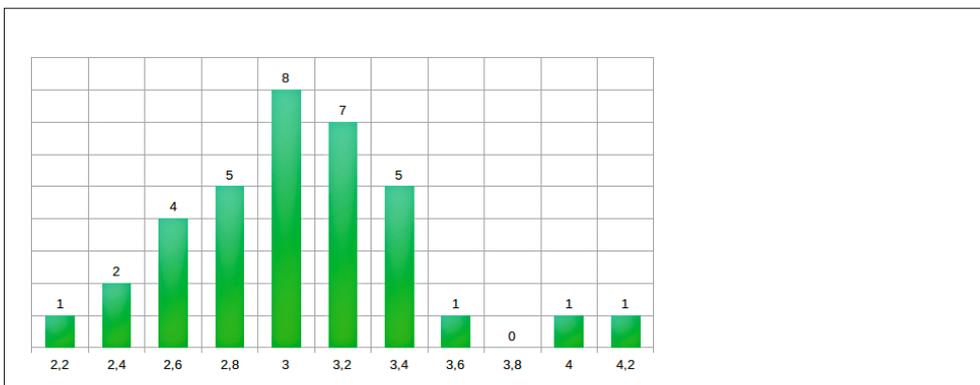
Technologieoptionen

| Wärmepumpen | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> + effiziente Technologie + weitgehend witterungs- und saisonal unabhängig + Skalierbarkeit auf größere Wärmebedarfe + Nutzung von Abwärmepotenzialen + Potenzial: Sektorkopplung | <ul style="list-style-type: none"> - kostenintensiv (1400 Euro /kW) - Stromversorgung notwendig - u.U. aufwendige Installationsarbeiten - höchste Effizienz bei niedrigen Vorlauftemperaturen - exklusiv neuerer Gebäudebestand - Grundwasser-/Sole-Wärmepumpe genehmigungspflichtig |
| Anlageneffizienz: | GW-/Sole Wärmepumpen ~ Jahresarbeitszahl 5 Luft Wärmepumpen ~ Jahresarbeitszahl 3 |
| Flächeneffizienz: | Erdkollektor ~ 2 fache zu beheizende Fläche |
| Potenzial: | negativer Residuallastausgleich, Power2Heat, Wärmenetze 4.0 |

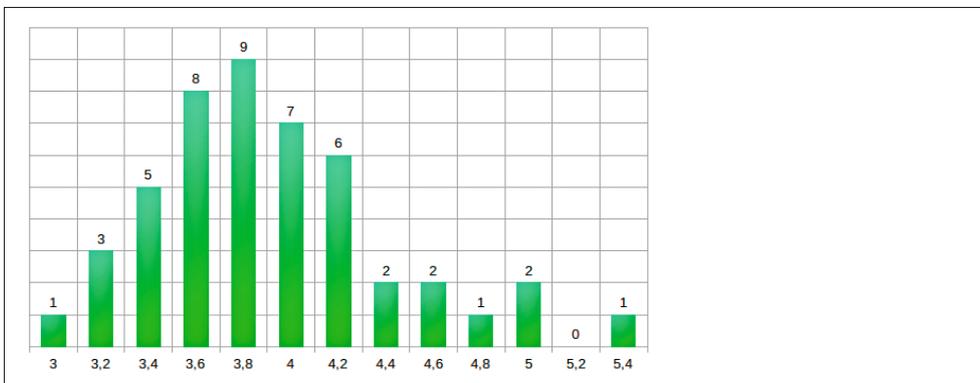
Wärmepumpen fanden lange Zeit trotz ihrer erprobten Technologie nur marginale Beachtung. Das ist einerseits darauf zurückzuführen, dass ihr effizienter Einsatz an niedrige Temperaturgefälle und somit zumeist an die Verwendung von Flächenheizungen gebunden ist. Auch ihre vergleichsweise hohen Kosten schreckten viele VerbraucherInnen von der Wahl einer Wärmepumpe ab. Zusätzlich besteht bei effektiven Anlagen mit Erdkollektoren oder -sonden ein erheblicher Planungs- und Genehmigungsaufwand. Durch die baurechtlichen Gegebenheiten der EnEV und damit die Stärkung von Effizienzmaßnahmen im Gebäudebereich ergab sich ein Anwendungsgebiet mit hohem Potenzial für die Technologie Wärmepumpe. Vor allem bei Neubauten werden heute zu einem großen Teil Wärmepumpensysteme installiert, da die genannten Voraussetzungen erfüllt sind. Moderne Wärmepumpen sind in der Lage, bei günstigen Bedingungen Jahresarbeitszahlen (JAZ) von 5 zu erreichen. Hierbei ist die technische Lernkurve noch nicht beendet. Die Möglichkeit der bidirektionalen Verwendung bietet sich zusätzlich an.

Dabei kann in warmen Monaten die überschüssige Wärme aus einem oder mehreren Gebäuden zu Zwecken der Kühlung in den Untergrund abgeführt werden. Die im Erdboden gespeicherte Energie kann dann bei steigendem Wärmebedarf wieder abgerufen werden. Wärmepumpen sind weiterhin fähig, in Nahwärmenetzen als effektive Wärmequellen zu dienen. Sie bieten weiterhin die Möglichkeit sog. Smarter Netze, also stark modularer Netze mit IT-Überwachung und Steuerung. Im zukünftigen Energiesystem übernehmen Wärmepumpen zusätzlich die wichtige Rolle des Lastausgleichs. Dabei werden Überkapazitäten in der Stromgestehung zu Wärme gewandelt und so kurzfristige Überangebote gepuffert. Das Potenzial der Wärmepumpen ist von der Bundesregierung erkannt worden. Dementsprechend kann

bei einer geplanten Installation ein Großteil der nötigen Investitionen durch Förderungen und Zuschüsse der KfW bzw. des BAFA gedeckt werden. Hierbei werden zukunftssträngige Technologiekombinationen bevorzugt. So muss bei der Planung eines Systems mit Wärmepumpen beachtet werden, dass der nötige Strom idealerweise aus Erneuerbaren generiert wird. Es ergeben sich Synergien mit z.B. PV-Anlagen.



◀ Verteilung Jahresarbeitszahlen von LuftWP (oben) und ErdreichWP (unten);
Quelle: „WP Monitor“ - Feldmessung von Wärmepumpenanlagen; Fraunhofer ISE, 2014



Jahresarbeitszahl JAZ:
Menge Heizungswärme im Verhältnis zum eingesetzten Strom im Laufe eines Jahres; Gebäude-/Anlagenspezifisch

Leistungszahl COP:
Menge Heizungswärme im Verhältnis zum eingesetzten Strom, festgelegte Bedingungen

Biomasse

+ speicherbare Ressource
 + kaum technische Herausforderungen
 + in allen Sektoren einsetzbar
 + keine saisonale o. Witterungsabhängigkeit

- Konkurrenz zu Nahrungsmitteln
 - Umweltbelastung durch Anbau
 - negative CO₂ Bilanz

Anlageneffizienz: Exklusive Strombereitstellung: **40%, KWK: 80% +**

Flächeneffizienz: **1 ha Mais > 45t Mais > 9000 m³ Biogas > 18 MWh_{el}**
 > 5 Haushalte (+12 MWh_{th})

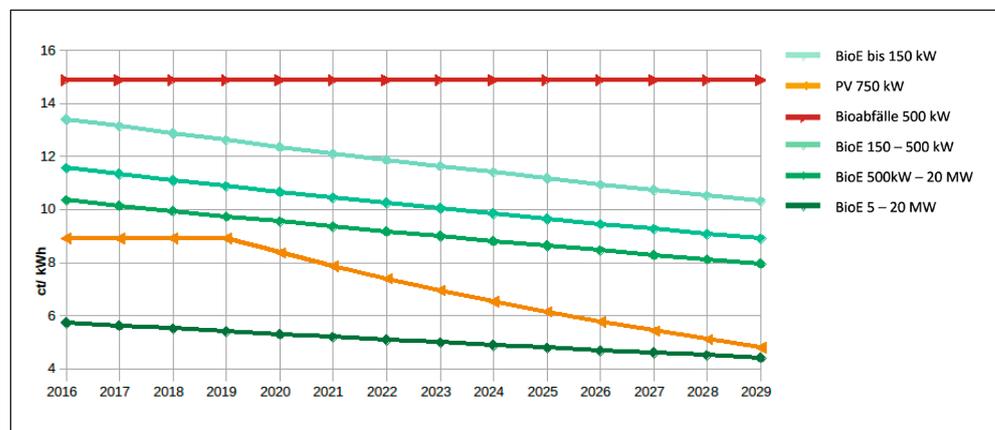
Potenzial: Positiver Residuallastausgleich, Spitzenlast abdecken, strategische Reserve

Die Verwendung von **Biomasse** kann als die historisch erste erneuerbare Energie betrachtet werden. Vor der Einführung der industriellen Energiebereitstellung und -verteilung war das Verbrennen von Pflanzen und Dung die einzige Möglichkeit der Deckung des Wärmebedarfs. Die verwendeten Pflanzen binden dabei in ihrem durch die Sonne angetriebenen Wachstumsprozess Kohlendioxid (CO₂) aus Boden und Atmosphäre und wandeln diesen in mehreren Zwischenschritten in energiereiche Biomasse um. Die Pflanzenmasse kann geerntet und anschließend die Energieträger Methan (CH₄) sowie Wasserstoff nutzbar gemacht werden. Die verbreitetste Verwendung stellt bei Kleinanlagen die Verfeuerung von Holz dar, während mittelgroße bis große Anlagen hauptsächlich Biogas aus Vergärungsprozessen verwenden. Die CO₂ Bilanz reiner Biomasse ist ausgeglichen, da bei der Verbrennung maximal so viel CO₂ freigesetzt wird, wie die jeweiligen Pflanzen aus der Umwelt gebunden haben. Wird jedoch der gesamte Prozess betrachtet (Anbau, Ernte und Logistik), weist Biomasse eine negative Bilanz auf.

Dies in Zusammenhang mit der Notwendigkeit eines technisch realisierten Anbaus, welcher die Eutrophierungsproblematik verstärkt, ist der am häufigsten genannte Kontrapunkt der Bioenergie. Da die Prozesse als klassi-

Degression Vergütung Bioenergie > versch. Leistungsklassen im Vergleich;

Quelle: FNR – Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V.; 2016



sche Verbrennungsprozesse funktionieren, ergibt sich zusätzlich die Notwendigkeit der Abgasreinigung sowie u. U. eine Rauchgasbelästigung der AnwohnerInnen. Zusätzlich werden Bioenergieanlagen von vielen Nachbarschaften aufgrund ihres Geruchsmilieus abgelehnt. Die Ähnlichkeit der Biomasse zu konventionellen Rohstoffen des Energiesystems stellt auch einen Vorteil dar. Es müssen wenige systemische und technische Anpassungen vorgenommen werden und die Verwendung in einem Großteil des Gebäudebestands ist möglich, da mit der Verbrennung von Biomasse hohe Vorlauftemperaturen erzielt werden können. Ebenso ist Biomasse lagerbar, ermöglicht also die von Witterung und Saison entkoppelte Deckung der Nachfrage sowie das Anlegen strategischer Reserven. Biomasse bietet sich aufgrund dieser Eigenschaft zum Lastausgleich im zukünftigen System fluktuierender erneuerbarer Energien an. Zuletzt unterliegt Biomasse im Vergleich zu konventionellen Rohstoffen weitaus weniger Preisschwankungen. Die Marktlage der Bioenergie stellt sich trotzdem kompliziert dar.

Durch die Novellierung des EEG 2016 und der verordneten Degression der Vergütung produzierten Stroms (siehe Abbildung) sind zumeist nur Neuanlagen realisierbar, welche Wärme und Strom im KWK-Betrieb bereitstellen. Die Abnahme der Wärme erfordert jedoch in vielen Fällen die Errichtung eines Verteilernetzes, was wiederum Investitionen erfordert. So muss bereits in der Planungsphase eine möglichst große Marktabdeckung aller Sektoren vorbereitet werden. Für Kleinanlagen kommt erschwerend hinzu, dass hier die Abgasreinigung weniger effizient gestaltet werden kann. Nach dem bisherigen Erfolgsgang von Biomasseanlagen verengt sich somit das Feld für Neuanlagen immer weiter. Vor allem im Bereich der Wohngebäude sind effizientere Lösungen vorhanden. Im Bereich größerer Liegenschaften kann im Einzelfall der Mehrwert gegenüber anderen Optionen überwiegen, zum Beispiel wenn lokal eine Quelle von Reststoffbiomasse besteht oder andere Synergien genutzt werden können.

Photovoltaik

+ geringe spezifische Kosten
 + modulare Bauweise > flexible Anlagengröße
 + steile Lernkurve
 (2010: 2800 Euro/kW > 2019: 800 Euro/kW)
 + wartungsarm

- geeignete Dach- o. Freiflächen nötig
 - Witterungsabhängigkeit
 - ausschließlich Strombereitstellung

Anlageneffizienz: Amorphes Silizium: **10%** Polykristallin: **18%** Monokristallin: **23%**

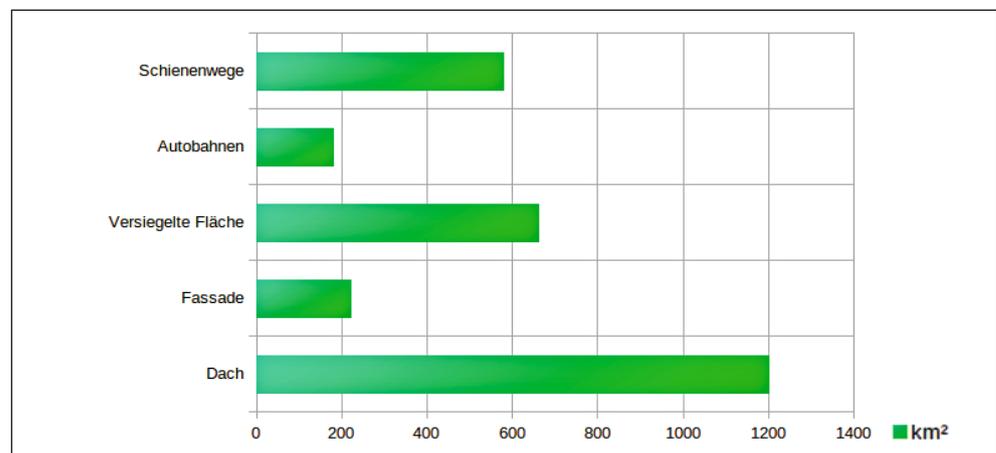
Flächeneffizienz: **1ha Photovoltaik** > 50% Flächennutzung > 5000 m² > 1000 kWh/m²*a > **5 GWh_{el}**

Potenzial: Stützpfeiler Strombereitstellung

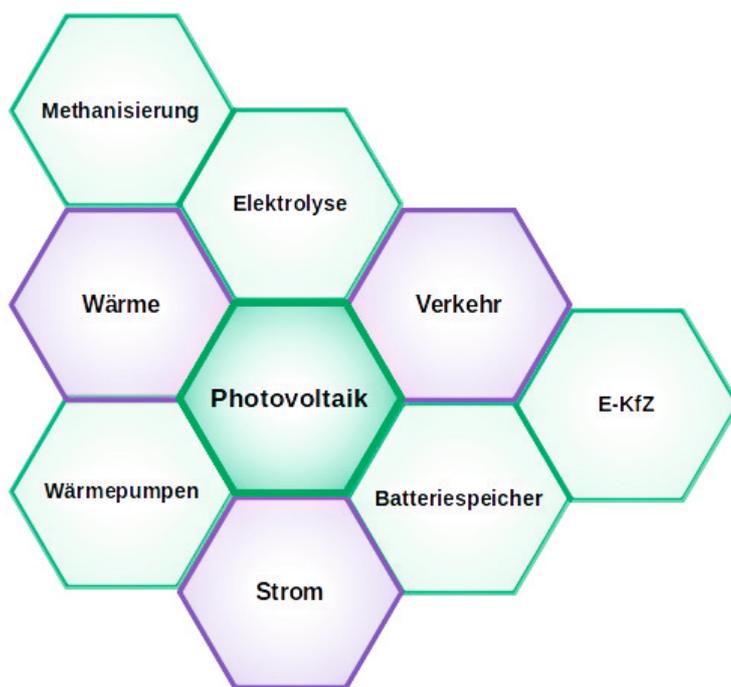
Photovoltaik ist neben der Windenergie die am besten wahrzunehmende Veränderung des Energiesystems. Auf Hausdächern wie in Flächenanlagen ist photovoltaische Stromgestehung anzutreffen. Der Grund dieses Siegeszugs ist vor allen Dingen im einfachen Aufbau und der modularen Erweiterbarkeit von PV-Anlagen zu sehen. So können schon mit geringen Investitionen kleinere Anlagen errichtet werden, eine Option, die für Wohngebäude ebenso wie für öffentliche Gebäude existiert. Da PV-Anlagen außerdem einer steilen Preis-Lernkurve unterliegen und aktuelle Forschungsergebnisse zukünftig Effizienzsteigerungen der Module versprechen, bietet sich Photovoltaik als tragende Technologieoption der Stromversorgung an. Um diese Rolle zu erfüllen, muss ein Weg zum Ausgleich der Witterungsabhängigkeit gefunden werden. Hier kann das zukünftige Energiesystem sich seiner Modularität als Stärke bedienen. Da die photovoltaische Stromversorgung nicht die einzige Stütze des Energiesystems ist, sondern die Stromversorgung zu ca. 50% übernimmt und die verschiedenen europäischen Regionen untereinander Strom austauschen, wirken sich lokale Wetterphänomene nur geringfügig aus. So fand eine Studie des Deutschen Wetterdienstes zur Wahrscheinlichkeit der „Dunkelflaute“, also des Rückgangs sowohl der

Verteilung der Flächenpotenziale BRD in km²

Quelle: 100% Erneuerbare Energien für Strom und Wärme in Deutschland.; Fraunhofer ISE; 2012



PV- als auch der Windstromgestehung aufgrund von Wetterereignissen, heraus, dass die Gefahr hierfür gering ist. So fiel in einem simulierten Stromsystem aus PV und Wind mit historisch gemittelten Wetterdaten die Leistung nur an 0,2 Tagen pro Jahr unter 10% der Nennleistung. Der Norden Deutschlands eignet sich mit einer mittleren jährlichen Globalstrahlung von ca. 1000 kWh/m² für photovoltaische Energiegestehung. Im Zusammenspiel mit der oben genannten Modularität können so Energiequellen an Orten entstehen, die z.B. für Windenergieanlagen aufgrund baulicher Beschränkungen unzugänglich sind.



< Das Zusammenwirken von PV-Anlagen mit Anwendungen aller Sektoren ist möglich. Das zukünftige Energiesystem zeichnet sich durch seine große Modularität aus. Anwendungen aller drei Energiesektoren können zum negativen Lastausgleich verwendet werden bzw. PV-Anlagen zur multimodalen Energiebereitstellung dienen.

Solarthermie

+ günstigste spezifische Kosten (300 Euro/kW)
 + steilste Lernkurve
 + modulare Bauweise

- saisonale Abhängigkeit
 - saisonaler Gegensatz >
 Wärmenachfrage/-Bereitstellung

Anlageneffizienz: Flachkollektoren: bis **35%** Vakuumröhrenkollektoren: bis **70%**

Flächeneffizienz: 1 ha **Flachkollektoren** > 50% Flächenutzung > 5000 m² > 260 kWh/m² > **1,3 Gwh_{th}**
 1 ha Vakuumröhrenkollektoren > 700 kWh/m² * 5000 m² > 3,5 GWh_{th}

Potenzial: Wärmebereitstellung in Kombination, Warmwasser, (Nah-)Wärmenetz

Anlagen der **Solarthermie** werden seit jeher zur Frisch- und Brauchwassererwärmung genutzt (erstes Patent 1891). Solarthermische Kollektoren sind die Anlagen mit den geringsten spezifischen Kosten und der vergleichbar steilsten Lernkurve. So konnte durch die DGS e.V. eine Kostensenkung von 18 % bei Verdopplung der installierten Fläche ermittelt werden, gegenüber z.B. photovoltaischen Anlagen mit 15,5%. Mit dem Anspruch, mittelfristig die Wärmeversorgung aller (Nicht-)Wohngebäude durch erneuerbare Energien zu gewährleisten, stellt sich die Frage nach der zukünftigen Rolle der Solarthermie. Einerseits können mit modernen Kollektoren effektiv hohe Temperaturen erreicht werden, die das Potenzial zur Vollversorgung mit Wärme besitzen. Andererseits liefern solarthermische Anlagen den Hauptanteil ihrer Jahreswärmemenge in den Monaten mit dem geringsten Wärmebedarf. Um eine ganzjährige Wärmebedarfsdeckung zu ermöglichen, ist dieser Gegensatz von Wärmebereitstellung und Wärmenachfrage zu überbrücken. Dies kann durch die Implementierung von Speichern geschehen. Im benachbarten Dänemark basiert ein Großteil der generierten Nahwärme auf solarthermischen Großanlagen in Kombination mit einfachen Großspeichern. Vielfach sind Speicher für einzelne Wohngebäude wenig effektiv. Schon kleinere Cluster von Gebäuden können mit einem gemeinsamen Speicher weitaus effizientere Wärmebereitstellung realisieren. Große Kollektorfelder können diese Speichereinheiten komplettieren und eine nachhaltige Wärmeversorgung für eine größere VerbraucherInnenzahl in einem Wärmenetz garantieren. Auf Hausdächern stehen solarthermische Anlagen in „Konkurrenz“ zur PV-Stromgestehung. Diese ist lange Zeit in der öffentlichen Wahrnehmung positiver aufgenommen worden und ermöglichte Hauseignern durch niedrigere Anfangsinvestitionen einen einfachen Einstieg in die Erneuerbaren. Zusätzlich bieten PV-Anlagen ein größeres Potenzial für Synergien mit anderen erneuerbaren Energien (siehe S 4). Im Neubaubereich sollte jedoch aufgrund der steigenden Wirkungsgrade der Kollektoren und des niedrigeren Heizenergiebedarfs der Gebäude sowie der geringeren Vorlauftemperaturen der Heizungen eine solarthermische Wärmeversorgung in Betracht gezogen werden. Eine Warmwasserversorgung kann im Neubau schon durch wenige Quadratmeter gewährleistet werden. In Bestandsgebäuden bieten sich Warmwasser- oder Heizungssysteme an, wenn größere Flächen genutzt werden können, so z.B. auf großen Mehrfamilienhäusern oder öffentlichen Gebäuden.

Kleinwindenergieanlagen

+ kurze Anlaufzeiten
+ Windkraftanlagen möglich >
z.B. Pumpenbetrieb

- Witterungsabhängigkeit
- begrenzte Einsatzmöglichkeiten
- spezifische Kosten 900 - 1000 Euro/kW

Potenzial: Inselnetze, Spezialanwendungen

Die Entwicklung der **Windenergie** zur Triebfeder der erneuerbaren Energien im Stromsektor ist besonders dem frühen Investitionsinteresse sowohl großer Konzerne als auch kleinerer Akteure geschuldet. So lag der Anteil der Bürgerenergie an der installierten Leistung in 2012 bei ca. 50%, im Jahr 2017 noch bei 32%. Besonders im Norden Deutschlands bieten die hohen mittleren Windgeschwindigkeiten gute Voraussetzungen. Die Windenergieanlagenindustrie ist dementsprechend ein etablierter Sektor mit großem unternehmerischem Engagement in den betroffenen Regionen. Es zeigt sich, wie die Transformation des Energiesystems der lokalen Wertschöpfung zugutekommen kann. Die On- und Offshore Windenergie stellt auch im transformierten Energiesystem 2050 einen Großteil der Stromerzeugung (~ 50%). Im Wohngebäudebereich indes bieten sich Kleinwindenergieanlagen nur in speziellen Fällen an, da sonst vorhandene Flächen durch effizientere Technologien genutzt werden können. Auf größeren Gebäuden oder bei Liegenschaften mit entsprechenden Freiflächen kann eine Installation realisierbar sein. So kann eine Windenergieanlage in einem Inselnetz eine definierte Strommenge an eine lokale Anlage liefern.

Dies ist u.a. sinnvoll, da durch kleine vertikale/ horizontale Windenergieanlagen auch Schwachwinde nutzbar gemacht werden können und somit geringe Grundlasten gespeist werden können. Ebenso kann bei einer sehr kleinen Anzahl von VerbraucherInnen eine Kleinwindanlage sinnvoll sein (z.B. Nordseeinseln). Windkraftanlagen können zudem zum mechanischen Antrieb von z. B. Hubpumpen eingesetzt werden, eine Einsatzmöglichkeit, deren Verwendung im norddeutschen Raum jedoch in Frage steht.

Tiefengeothermie

| | |
|--|--|
| + Bereitstellung von Strom und Wärme + quasi unbegrenztes Potenzial | - hohe spezifische Kosten - aufwendige Vorarbeiten - saisonal unabhängig |
|--|--|

Potenzial: Spezialanwendungen

Die Landfläche Mecklenburg-Vorpommerns ist aufgrund der Lage im norddeutschen Tiefland als grundsätzlich geeignet für **Tiefengeothermie** anzusehen. Bei der Errichtung einer Geothermieanlage ist eine Vorerkundung des Bodens vorzunehmen, da Grundwasserschutz und die Integrität des Bodens gewährleistet sein müssen. Die durchzuführenden Bohrungen stellen einen hohen zeitlichen wie organisatorischen Aufwand dar, da spezialisierte Bohranlagen und Personal benötigt werden. Dadurch sind die Investitionen in eine Tiefengeothermieanlage im Vergleich der Technologien die höchsten. Auch die Gebäudeintegrierbarkeit ist kaum vorhanden. In Bestandsgebäuden sind umfangreiche Erdarbeiten zumeist auszuschließen, während im Bereich Neubauten nur größere Gebäude (große Mehrfamilienhäuser, öffentliche Gebäude) in Frage kommen. Ist allerdings eine hohe Wärmegrundlast im betrachteten Neubau zu erwarten, also eine hohe Wärmenachfrage im gesamten Jahresverlauf, kann eine geothermische Anlage in Betracht gezogen werden. Die Anlagen können weiterhin im bidirektionalen Betrieb genutzt werden, d.h. den Wärmebedarf sowie den Kühlungsbedarf decken. Spezielle Vereinfachungen, so z.B. die sogenannten Energiepfähle, die tiefe Erdwärmesonden mit der Verankerung des Bauwerkes verbinden, können im Einzelfall den Ausschlag geben.

Leseempfehlungen

- 1) Metaanalyse Investitionskosten von Energiewende Technologien; 2016; Agentur für erneuerbare Energien; http://www.forschungsradar.de/fileadmin/content/bilder/Vergleichsgrafiken/meta_investitionskosten_2016/AEE_Metaanalyse_Investitionskosten_dez16.pdf
- 2) <https://www.photovoltaiik.org/wirtschaftlichkeit/preisentwicklung>
- 3) <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-wirtschaftlichkeit/>
- 4) Effiziente Systeme und erneuerbare Energien; Bundesverband d. Deutschen Heizungsindustrie; 2017; https://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user_upload/Broschueren/BDH_Effiziente_Systeme_und_erneuerbare_Energien_2017.pdf
- 5) <https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/wp-monitor-plus/german/index/messdaten.html>
- 6) <https://www.energie-experten.org/heizung/waermepumpe/arten/grosswaermepumpe.html>
- 7) https://www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/vergleich.html
- 8) <https://www.solarserver.de/solar-magazin/vernetzte-solarwaerme-im-wohnungsbau.html>
- 9) Erneuerbare Energien, Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte; Kaltschmitt, Streicher, Wiese; 2014;
- 10) Lokale Impulse für Energieinnovationen, Bürgerwind, Contracting, KWK, Smart Grid; G. Fuchs; 2017
- 11) Handbuch regenerative Energietechnik; Wesselak, Schabbach, Link, Fischer; 2017

