

Dezentrale Nutzung erneuerbarer Energien im ländlichen Raum Sachsens

Kleinanlagen



Grußwort

Energie ist eine wesentliche Grundlage für unseren wirtschaftlichen Wohlstand und unser Wohlbefinden. Wenn wir zurückdenken an die Zeit, als fossile Energieträger noch nicht oder kaum im Einsatz waren, wird uns schnell bewusst, wie sehr wir in unserem Alltag mit seinen zur Selbstverständlichkeit gewordenen Annehmlichkeiten von den begrenzten Erdöl-, Erdgas- und Kohlevorräten abhängig sind. Zu bedenken ist auch, dass die Weltbevölkerung und ihr Energiebedarf ständig steigen.

Auf diese Entwicklungen, wie auch die notwendige Erhaltung unserer Lebensgrundlagen, müssen wir uns einstellen und mit Blick auf unsere Energieversorgung aktiv neue Wege gehen.

Mit den Beschlüssen von Bundestag und Bundesrat wurde im Jahr 2011 der Ausstieg aus der Atomenergie festgelegt. Damit wurden die Weichen zum Ausbau der Versorgung aus erneuerbaren Energien gestellt. Es ist davon auszugehen, dass der tatsächliche Umstellungsprozess eine lang andauernde Entwicklung sein wird, die viele Bereiche betrifft. Die dezentrale Nutzung erneuerbarer Energien kann regionale Wertschöpfungsketten unterstützen und Chancen für den ländlichen Raum eröffnen.

Die Informationsbroschüre „Dezentrale Nutzung erneuerbarer Energien im ländlichen Raum“ zeigt technische Wirkmechanismen bei der energetischen Nutzung von Sonne, Wind, Wasser sowie Biomasse. Sie soll als Orientierungshilfe bei der Vorbereitung von Investitionsentscheidungen für Kleinanlagen dienen und damit Interesse am Kalkulieren und Probieren wecken. Vielleicht gelingt es sogar, den sächsischen Erfindergeist zu animieren. Erst wenn wir uns mit den Möglichkeiten und Grenzen

der kleinmaßstäblichen Energiegewinnung beschäftigen, werden wir auch ein Gefühl für notwendige Umstellungen im Bereich unserer Stromgeräte etc. entwickeln. Hier sind selbstverständlich nicht nur sächsische Ideen und Entwicklungen gefragt.

Mit der Broschüre möchte ich auf die Nutzung erneuerbarer Energien aufmerksam machen und Sie einladen, unter www.laendlicher-raum.sachsen.de zu schauen, was es für Sie und Ihr persönliches Umfeld dazu für Möglichkeiten gibt.



Ihr Frank Kupfer
Sächsischer Staatsminister
für Umwelt und Landwirtschaft

Inhalt

1	Einführung	06
2	Erneuerbare Energien und Wertschöpfung.....	08
3	Erneuerbare Energien im ländlichen Raum	14
3.1	Solarthermieanlagen	15
3.2	Photovoltaikanlagen	24
3.3	Windenergieanlagen	32
3.4	Wasserkraftanlagen	40
3.5	Exkurs – Wärme aus Holz	49
3.6	Herstellung von Hackschnitzel	51
3.7	Holzpelletanlagen	54
3.8	Scheitholzanlagen	61
3.9	Hackschnitzelanlagen	66
3.10	Scheitholz-Kombikessel mit Holzhackschnitzeln oder Pellets	72
3.11	Biogasanlagen	75
	Ausblick	83

1 Einführung



Die Broschüre soll dazu beitragen, den Blick auch ein wenig auf die mehr im Hintergrund stehenden Kleinanlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien zu lenken. Ungeachtet der fortbestehenden Notwendigkeit geeigneter Großanlagen sowohl zur Nutzung erneuerbarer Energien, als auch zur Sicherung der Grundlast aus fossilen Energieträgern sind praktische Anwendung und Optimierung auch im kleinen Maßstab von großer Bedeutung für den weiteren Erfolg technischer Neuerungen und der Energiewende. Die behandelten Beispiele spiegeln wider, dass die Energiewende zunehmend Eingang in das Alltagsbewusstsein findet und technologieaufgeschlossene Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen sich diesen Herausforderungen stellen. Für heimische Produzenten können die regionalen Erfahrungen auch Vorteile im Export bedeuten.

Zur Nutzung der vier klassischen erneuerbaren Energien werden jeweils technische Wirkmechanismen und allgemeine Aspekte entsprechender Anlagentypen vorgestellt. Anhand einzelner Praxisbeispiele, zu denen die Anlagenbetreiber dan-

kenswerter Weise Fotos und Daten auf Fragebögen bereitstellen, werden diese Betrachtungen konkretisiert. Gleichwohl können diese Angaben nur eine grobe Orientierungsgrundlage sein und erheben natürlich nicht den Anspruch der absoluten Vergleichbarkeit. Eigene Erkundigungen und ein fortgesetzter Erfahrungsaustausch zur Ermittlung geeigneter Lösungen für die eigene Situation bleiben unverzichtbar.

Rechtliche Ansprüche können aus der Broschüre nicht abgeleitet werden.

2 Erneuerbare Energien und Wertschöpfung



Regionale Wertschöpfung

Die Umstellung der regionalen Energiebereitstellung hin zu einem effizienten und regenerativen System birgt die große Möglichkeit, dass durch Investitionen und Betriebsaufwendungen in den Klimaschutz Arbeitsplätze entstehen, zusätzliche Einnahmen möglich werden und Energiekosten reduziert werden können. Zudem gibt es zahlreiche Belege, dass Kommunen, die in den Klimaschutz investieren, ihren Finanzhaushalt langfristig verbessern können und Einnahmen generieren. Ein Beispiel ist die Morbacher Energielandschaft (www.energielandschaft.de). Hier wurde seitens der Gemeinde Morbach ein Konversionsgelände umgewandelt in eine Fläche, die der Kommune durch die Nutzung erneuerbarer Energien zusätzliche Steuereinnahmen einbringt. Die Kommune gestaltet dadurch aktiv ihre Zukunftsfähigkeit.

Was bedeutet eigentlich regionale Wertschöpfung?

Der ökonomische Begriff der Wertschöpfung kann nicht strikt angewendet werden, da eine darauf abzielende Wertschöpfungsanalyse für Kommunen nur sehr schwer durchzuführen ist. Es müssten alle Unternehmen und Bürger, alle Leistungen und Vorleistungen in der Region mit den exportierten und importierten Effekten analysiert werden. Deswegen wird häufig eine Definition verwendet, die Teile der Wertschöpfung im ökonomischen Sinne betrachtet und um weitere Indikatoren ergänzt. Sie besagt, dass die Wertschöpfung der Region mit folgenden Faktoren beschrieben werden kann:

- **Ökonomische Faktoren** im Sinne der klassischen Wertschöpfungsermittlung (Investition, Betrieb, Rohstoff-Zulieferung, Produktabnahme, Logistik, regionale Synergien, Kaufkraftentwicklung/-bindung, ...)
- **Soziale Faktoren** (Arbeitsplatzeffekte, Qualifikation, regionale Identität, Netzwerkbildung, allgemeine Sensibilisierung, ...)
- **Ökologische Faktoren** (Klimaschutz, Landnutzung/Flächenverbrauch, Gewässerschutz, Naturschutz, ...)

- **Sonstige Faktoren** (Stärkung der regionalen Leistungsverflechtung, Erhöhung des regionalen Bekanntheitsgrades, Infrastruktur, ...)

Im Folgenden werden beispielhaft einige ökonomische Faktoren betrachtet.

Der Grundgedanke

Durch den Import von fossilen Brennstoffen wie Erdöl oder Erdgas fließt Geld aus einer Region heraus und kann dann nicht mehr zu anderen Zwecken in der regionalen Wirtschaft eingesetzt werden. 2010 wurden in Deutschland 63,2 Mrd. € für fossile Brennstoffe ausgegeben. Wird jedoch Wind, Sonne, Biomasse, Wasser und Geothermie in der Region genutzt, so bleibt mehr Geld in der Region (Abb. 1).

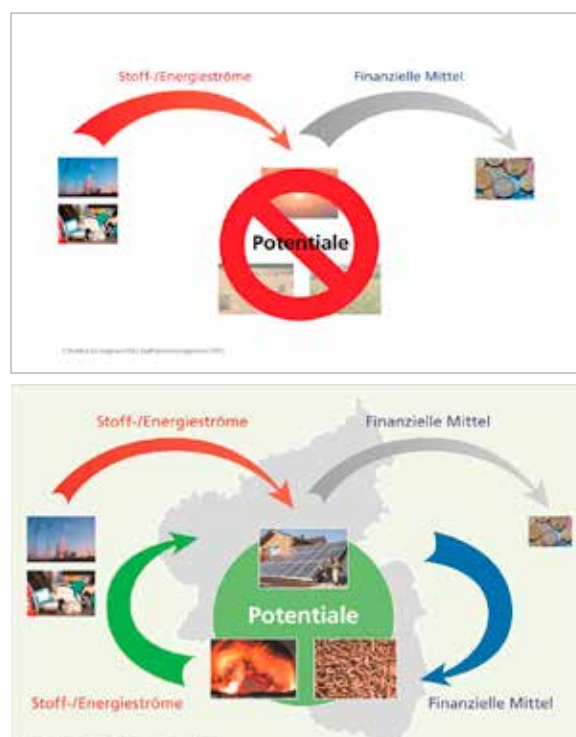


Abb. 1: Eine Region ohne und mit Nutzung ihrer eigenen energetischen Potenziale [IfaS 2011]

Erzeugen die Bürger und Unternehmen beispielsweise selbst Strom durch erneuerbare Energien, so wird dieser Strom von den Energieunternehmen vergütet. Dies ist im sogenannten EEG - dem Erneuerbaren Energien Gesetz - geregelt. Durch diese Regelung wird dem Bürger garantiert, dass dieser Strom langfristig (teilweise 20 Jahre) zu einem festen Preis abgenommen wird. Investitionsinteressierte Bürger haben damit eine gute Kalkulationsgrundlage und Planungssicherheit. Regionale Wirtschaftskreisläufe werden stimuliert.

Zahlen aus Sachsen

In Sachsen hat die SAENA eine Analyse der Beschäftigungs- und Umsatzentwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien durchgeführt (Abb. 2). Diese besagt, dass in Sachsen 2009 im Bereich der erneuerbaren Energien 10.773 Personen beschäftigt waren. Dagegen waren im Braunkohlesektor 2006 nur 7.580 Mitarbeiter zu verzeichnen. Die SAENA schätzt, dass die Anzahl der Beschäftigten bis 2012 auf rund 12.000 steigt. Somit arbeiten in Sachsen mehr Menschen im Bereich der erneuerbaren Energien als im Sektor der Braunkohle. Der Umsatz steigerte sich bei den erneuerbaren Energien von 421 Mio. € in 2002 auf 3.323 Mio. € in 2009. Für das Jahr 2012 werden 4.125 Mio. € an Umsatz erwartet.

Regionale Wertschöpfung in Kommunen

Auch in einer einzelnen Kommune können die Beschäftigungseffekte bedeutend sein, wie das Beispiel der Stadt Ottweiler (knapp 15.000 Einwohner) zeigt (Abbildung 3). In Abbildung 3 sind die möglichen Arbeitseinkommen in Ottweiler in Euro pro Jahr aufgezeigt. Der „autonome Trend“ (heller Balken) verdeutlicht, was es bedeutet, wenn es den Bürgern, Unternehmen und der Stadt nicht gelingt, den Ausbau der erneuerbaren Energien durch gezielte Maßnahmen (z. B. Gründung von Energiegenossenschaften zur Finanzierung von Bürgerenergieparks, Aufbau von Wärmenetzen, Finanzierung von PV-Anlagen oder Holzheizungen) voranzubringen. Die dunkleren Balken zeigen dagegen, wie es sich auswirken könnte, wenn die zuvor genannten Maßnahmen zukünftig umgesetzt werden. Wie in der Abbildung ersichtlich wird, kann durch die gezielte Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen und vor allem durch den Ausbau der erneuerbaren Energien (EE) das Arbeitseinkommen einer Region mehr als verdoppelt werden. Jeder Einzelne kann also durch die Beteiligung an solchen Projekten dazu beitragen, dass zusätzliche Einnahmen in der Region bzw. in der kommunalen Gemeinschaft entstehen und Arbeitsplätze für Handwerker, Bauarbeiter, Landwirte, Forstwirte und Ingenieure gesichert werden. Die hier vorgestellten Kleinanlagen können auch der Energie-Eigenversorgung dienen.

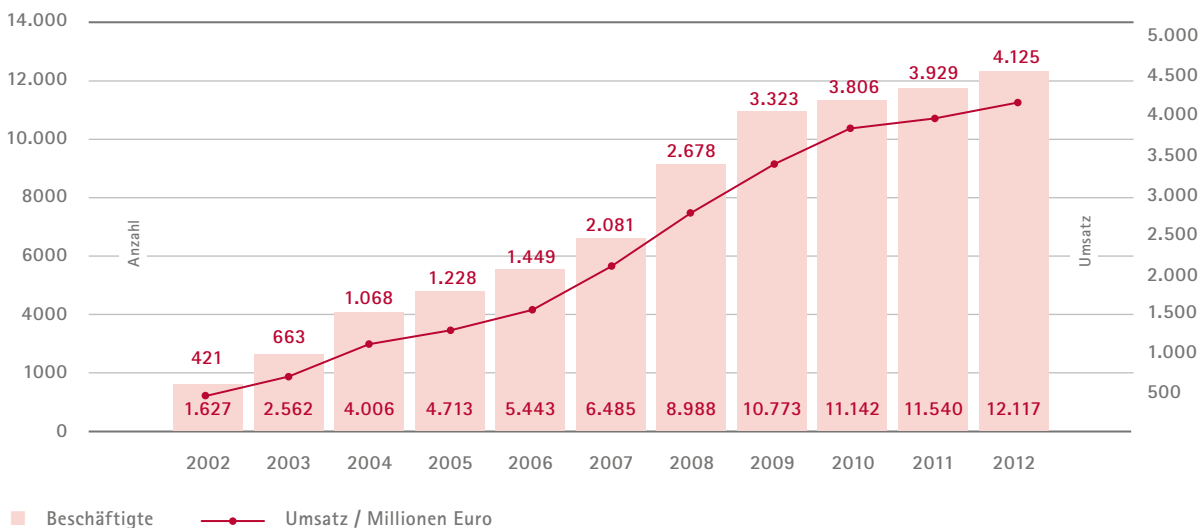


Abb. 2: Umsatz- und Arbeitsplatzenwicklung in Sachsen im Bereich der erneuerbaren Energien [SAENA 2010]

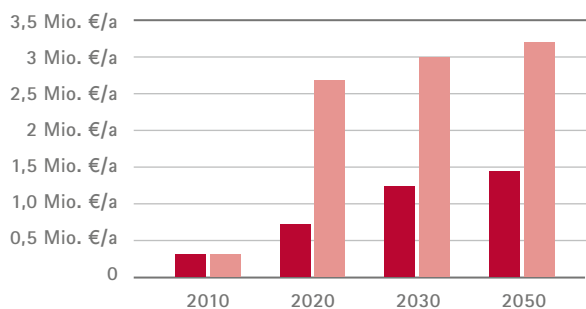


Abb. 3: Steigerung der Nettobeschäftigungseffekte einer Kommune durch den gezielten Ausbau von erneuerbaren Energien am Beispiel Ottweiler [IZES 2011]

Vor allem im ländlichen Raum sind Kommunen oftmals durch schwache Finanzkraft geprägt. Abbildung 4 legt dar, wie eine Kommune durch erneuerbare Energien direkt und indirekt profitieren kann. Neben den kommunalen Steuern, wie die Gewerbesteuer sowie dem kommunalen Anteil an der Einkommenssteuer, kann eine Kommune bei eigenen Investitionen durch direkte Gewinne und bei Verpachtung von Gemeindeflächen (z. B. für Windkraft) durch Pachterlöse Einnahmen generieren. Durch die Steigerung des Einkommens der Beschäftigten in der Kommune werden neben direkten Erlösen durch die Einkommenssteuer auch indirekte Vorteile generiert: Das erhöhte Einkommen bedeutet eine stärkere Kaufkraft, die z. B. für den Einzelhandel immens wichtig ist.

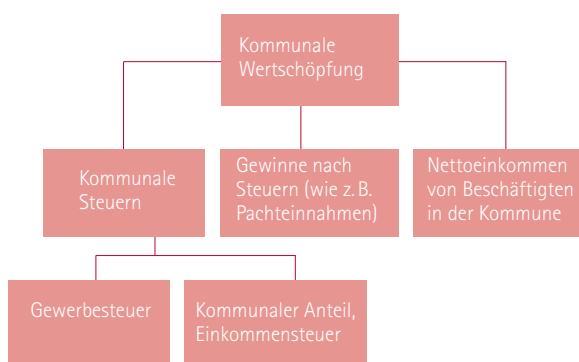


Abb. 4: Mögliche Vorteile einer kommunalen Verwaltung durch Investitionen in EE [IZES 2011]

Fazit

Durch einen gezielten Ausbau von erneuerbaren Energien können die Menschen im ländlichen Raum profitieren und die Gemeinden können ihr steuerliches Aufkommen erhöhen. Gemeinsam können die Menschen ihre Region ökonomisch stärken.

Die Gemeinden müssen den Ausbau erneuerbarer Energien planen, mit gutem Beispiel bei der Energieeinsparung vorgehen und die Bürger auf diesem Weg mitnehmen. Die Bürger sollten die Chancen für sich und ihre Gemeinde erkennen. Dies ist mit einigem Aufwand verbunden, aber es lohnt sich, wie die Beispiele auch aus Oederan und Delitzsch in Sachsen zeigen.

Weiterführende Informationen

- IfaS (2011): Wissenschaftliche Begleitung der Bioenergie-Region Cochem-Zell. Präsentation im Rahmen des „Workshop Bioenergie-Regionen“. Kreisverwaltung Cochem-Zell
- SAENA GmbH (2010): Erfassung der Beschäftigungs- und Umsatzentwicklungen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Freistaat Sachsen für das Jahr 2009. Studie, Sächsische Energieagentur SAENA, Dresden
- IZES (2011): Integriertes Klimaschutzkonzept und Teilkonzept für die Stadt Ottweiler
- IÖW (2010): Kommunale Wertschöpfung durch erneuerbare Energien. Institut für ökol. Wirtschaften (IÖW) im Auftrag der AEE, Abschlussbericht, Berlin

Energiegemeinde Oederan

Allgemeines zu Oederan	Bundesland:	Sachsen
	Gemeinde (PLZ):	09569
	Landkreis:	Mittelsachsen
	Bürgermeister:	Steffen Schneider
	Einwohner:	7.451
	Haushalte:	3.633
	Fläche:	55,58 km ²
	Nutzungsarten der Flächen:	11 % Wald 58 % Landwirtschaft 31 % Siedlung
Energie	Stromverbrauch der Gemeinde im Jahr 2010:	35,5 GWh/a
	Stromproduktion aus erneuerbaren Energien der Gemeinde im Jahr 2010:	0,146 GWh/a
	Wärmeverbrauch der Gemeinde im Jahr 2010:	56,6 GWh/a
	Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien der Gemeinde im Jahr 2010:	2,37 GWh/a
Erneuerbare Energien Anlagen	PHOTOVOLTAIK	
	Anlagenanzahl:	17
	installierte PV-Leistung:	154 kWp
	produzierte Strommenge im Jahr 2010:	140.000 kWh/a
	SOLARTHERMIE	
	Anlagenanzahl:	77
	installierte Solarthermie-Fläche:	1.937 m ²
	produzierte Wärmemenge im Jahr 2010:	1.147.000 kWh/a
	BIOMASSE	
	Anzahl Biogasanlage:	z. Z. zwei Biogasanlagen im Bau
	Anzahl Heizwerke:	2
	Brennstoff:	Erdgas / Holzpellets
	installierte Leistung:	3.500 kW, 500 kW
	produzierte Wärmemenge im Jahr 2010:	ca. 4.000.000 kWh/a
	WINDKRAFTANLAGEN	keine
	WASSERKRAFTANLAGEN	keine
	GEOOTHERMIE	keine
Nahwärmenetz	Baujahr:	1993 bzw. 2010
	Länge des Nahwärmenetzes:	1.100 m bzw. 500 m
	Wärmequelle:	siehe Heizwerk
	versorgte Gebäude:	Wohngebiet bzw. Kommunaleinrichtungen
Sind weitere EE-Anlagen geplant?	Photovoltaikanlagen	
Besonderheiten, Sonstiges	seit 1996 deutschlandweite Initiative: Tag der erneuerbaren Energien seit 2006 Teilnahme am european energy award - zertifiziert 2008 und 2011	

Energiegemeinde Delitzsch

Allgemeines zu Delitzsch	Bundesland:	Sachsen
	Gemeinde (PLZ):	04509
	Landkreis:	Nordsachsen
	Bürgermeister:	Dr. Manfred Wilde
	Einwohner:	26.532
	Haushalte:	ca. 13.500
	Fläche:	83,58 km ²
	Nutzungsarten der Flächen:	nicht bekannt
Energie	Stromverbrauch der Gemeinde im Jahr 2010:	143,5 GWh/a
	Stromproduktion aus erneuerbaren Energien der Gemeinde im Jahr 2010:	
	Wärmeverbrauch der Gemeinde im Jahr 2010:	232,0 GWh/a
	Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien der Gemeinde im Jahr 2010:	keine Angabe
Erneuerbare Energien Anlagen	PHOTOVOLTAIK	
	Anlagenanzahl:	58, u. a. eine PV-Anlage auf dem Bürgerhaus mit 13,8 kWp und einer Modulfläche von 103 m ²
	installierte PV-Leistung:	3.935 kWp
	produzierte Strommenge im Jahr 2010:	1.645.021 kWh/a
	SOLARTHERMIE	
	Anlagenanzahl:	unbekannt
	installierte Solarthermie-Fläche:	
	produzierte Wärmemenge im Jahr 2010:	
	BIOMASSE	
	Anzahl Biogasanlage:	keine
	Anzahl Biomasseanlagen:	11
	installierte Leistung:	20.475 kW
	produzierte Strommenge im Jahr 2010:	115,4 GWh/a
	produzierte Wärmemenge im Jahr 2010:	unbekannt
	Anzahl Heiz(kraft)werke:	2
	Brennstoff:	Gas/ BHKW mit KWK
	installierte Leistung:	keine Angabe
	produzierte Wärmemenge im Jahr 2010:	ca. 4.0 GWh/a
	WINDKRAFTANLAGEN	keine
	WASSERKRAFTANLAGEN	keine
	GEOTHERMIEANLAGEN	mehrere Anlagen installiert, u. a. im Wohnungsbereich in der Altstadt oder in der Stadtbibliothek von Delitzsch
Nahwärmenetz	nicht vorhanden	
Sind weitere EE-Anlagen geplant?	Ja, umfassende Berücksichtigung von erneuerbaren Energien u. a. Geothermie bei Neu- und Umbauten (z. B. Kita „Zauberhaus“)	
Besonderheiten, Sonstiges	Siegerin im Bundeswettbewerb „energieeffiziente Stadt“ 2010 gemeinsam mit 4 anderen Städten, EEA-Silber, Solarbundesliga Spitzenplatz sächsische Mittelstädte, Bioenergiebundesliga 3. Platz	

3 Erneuerbare Energien im ländlichen Raum



3.1 Solarthermieranlagen

Stand der Technik

Solarthermie – „aus Licht wird Wärme“

- zur Warmwasserbereitung (z. B. Duschen, Waschen) und
- zur Heizungsunterstützung.

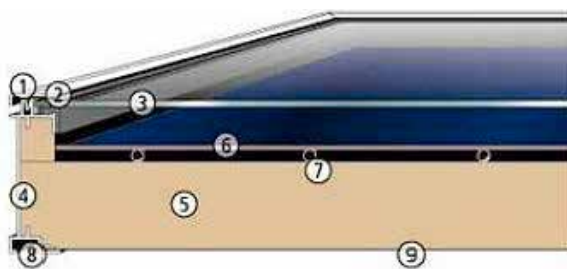
Sonnenkollektoren

wandeln die Strahlung der Sonne in Wärmeenergie um. Eine Kollektorfläche von 4 bis 5 m² kann so jährlich 50 bis 65 % des Warmwasserbedarfs eines 3 bis 4 Personenhaushaltes mit Sonnenenergie decken (ca. 2.550 kWh pro Jahr beträgt der Warmwasserbedarf insgesamt). Die jährliche Energieeinsparung entspricht in etwa 1.500 kWh oder 150 m³ Gas bzw. 150 l Heizöl. Im Sommer wird sogar meist der gesamte Warmwasserbedarf gedeckt. Bei einer Fläche von 10 bis 15 m² können Solarkollektoren bei gut wärmegeprägten Einfamilienhäusern rund ein Viertel des gesamten Bedarfs an Wärme für Heizung und Warmwasser liefern. Die häufigste Kollektorbauform (Marktanteil 90 %) ist die des Flachkollektors (Abb. 5 a). Diese Bauform zeichnet sich durch ein günstiges Preis-/Leistungsverhältnis aus. Ein weiterer Vorteil

sind die verschiedenen Montagemöglichkeiten (beispielsweise auf oder in dem Dach, an der Fassade oder frei aufgeständert). Standardkollektoren besitzen eine Bruttokollektorfläche (Außenmaße) von etwa 2 bis 2,5 m² und wiegen ungefähr 40 kg.

Bei Vakuum-Röhrenkollektoren ist der Wärmeverlust geringer, da sich die Absorberstreifen in luftleeren Glasröhren befinden (Abb. 5 b). Der Wirkungsgrad von Röhrenkollektoren ist entsprechend bis zu einem Drittel höher. Besonders bei bewölktem Himmel und bei niedrigen Außentemperaturen leisten Röhrenkollektoren deutlich mehr. Nachteilig ist der höhere Preis (in etwa 30 %).

Ob Flachkollektor oder Vakuum-Röhrenkollektor – alle Anlagenvarianten sind heute technisch ausgereift. Thermische Solaranlagen haben eine Mindestlebensdauer von ca. 20 Jahren (und übertreffen damit i. d. R. die Lebensdauer eines Heizkessels).



- 1 Rahmen
- 2 Dichtung
- 3 transparente Abdeckung
- 4 Rahmen Seitenwandprofil
- 5 Wärmedämmung
- 6 Vollflächenabsorber
- 7 Flüssigkeitskanal
- 8 Befestigungsnut
- 9 Rückwand

Abb. 5 a: Flachkollektor (DGS - Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e. V.)

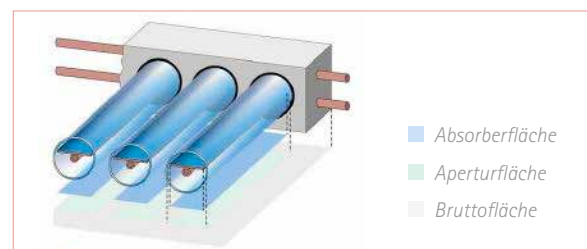


Abb. 5 b: Vakuum-Röhrenkollektor (DGS - Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e. V.)

Absorber

ist der wesentliche Bestandteil eines Sonnenkollektors. Er besteht aus einem oder mehreren Blechen aus Aluminium, Stahl oder Kupfer (aufgrund der stark gestiegenen Kupferpreise häufiger aus Aluminium). Das Absorberblech ist durch Galvanik bzw. durch Aufdampfen schwarz oder tiefblau beschichtet. Man verwendet Absorber mit speziellen selektiven Schichten, um vor allem geringe Strahlungsverluste (hohe Strahlungsaufnahme und geringe Reflektion) zu gewährleisten. Auf der Unterseite des Absorberbleches sind Rohre befestigt, durch die ein Wärmeträgermedium (Wasser-Glykol-Gemisch) fließt. Der Absorber ist in einem evakuierten Glaszylinder (Vakuum-Röhrenkollektor) oder einem wärmeisolierten Gehäuse eingebettet und mit einer transparenten Abdeckung aus Sicherheitsglas geschützt (Flachkollektor). Das Solarsicherheitsglas ist eisenarm, besitzt dadurch eine sehr hohe Lichtdurchlässigkeit und ist beständig gegen Hagelschlag.

Solarspeicher

bevorratet das Warmwasser und ist in der Regel als Schichtenspeicher ausgelegt. Der im Solarspeicher befindliche Solarwärmetauscher überträgt die im Sonnenkollektor gewonnene solare Wärme auf das Wasser.

Solarregler

steuert die Solarpumpe über die Temperaturdifferenz zwischen dem Sonnenkollektor und dem Warmwasserspeicher.

Solarstation

ist eine komplette Einheit aus Temperaturfühlern, Manometer, Umwälzpumpe, Schwerkraftbremse, Überdruckventil (Sicherheitsarmatur), Absperrventilen und Entlüfter und manchmal auch Durchfluss-Anzeigergerät und Wärmemengenzähler.

Man unterscheidet in Wohngebäuden im Wesentlichen zwei Arten von Solarthermieanlagen:

a) **Anlagen zur Warmwasseraufbereitung:** Anlagen zur solaren Warmwasseraufbereitung erwärmen das Wasser im Sommerhalbjahr fast vollständig. Im Winterhalbjahr erfolgt die Warmwasseraufbereitung hauptsächlich über die Heizung (betrieben mit Gas, Öl oder Holz). An sonnigen Wintertagen unterstützt die Solarwärmeanlage die Warmwasseraufberei-

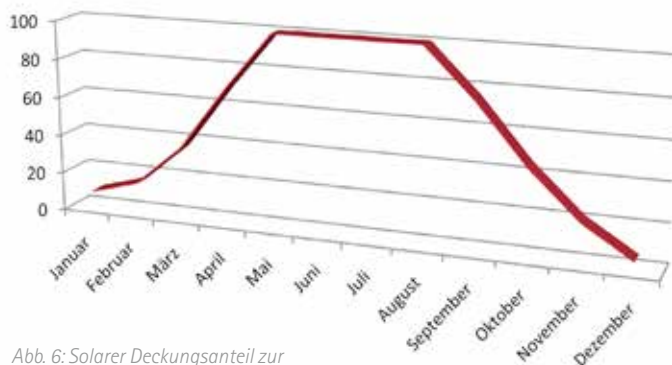


Abb. 6: Solarer Deckungsanteil zur Warmwasseraufbereitung [ARGE SOLAR]

Anlagen können verhältnismäßig einfach in vorhandene Warmwassersysteme eingebunden werden. Aufgrund der hohen Globalstrahlung in Sachsen (1.000 bis 1.100 kWh/(m² * a)) können bei einer nach Süden ausgerichteten Kollektorfläche je nach Anlagentechnik jährlich pro Quadratmeter zwischen 500 und 700 kWh erzielt werden. Das monatliche Angebot an Solarenergie ist dem des Bedarfs an Heizenergie gegenläufig. Deshalb ist es sinnvoll, zumindest den über das Jahr hinweg fast gleichbleibenden Energiebedarf zur Warmwassererzeugung mit Sonnenenergie zu decken.

Typische solarthermische Anlagen zur Warmwasseraufbereitung für Einfamilienhäuser haben eine Kollektorfläche von ca. 4 bis 7 m² und einen Warmwasserspeicher mit einem Inhalt von 300 bis 400 l.

b) **„Kombianlagen“, die neben der Warmwasserbereitung auch zusätzlich der Heizungsunterstützung dienen:**

Bei einem durchschnittlichen Gebäude entfallen nur weniger als 20 % des Wärmebedarfs auf die Warmwasserbereitung. Für das Heizen wird hingegen 80 % des Wärmebedarfs benötigt. Bei den Kombianlagen wird zusätzlich zum Warmwasser auch ein Teil der benötigten Wärme für die Unterstützung der Heizung genutzt. Dazu werden deutlich größere Kollektorflächen und große Kombispeicher bzw. Pufferspeicher benötigt.

Typische solarthermische Kombianlagen für Einfamilienhäuser haben eine Kollektorfläche von 9 bis 15 m² und ein Speichersystem von 750 bis 1.000 l.

In Kombination mit Gas- oder Pellet-Brennwertkessel bietet die Solarthermie eine besonders energiesparende, sichere und effiziente Wärmeversorgung.

Funktionsweisen (Abb. 7)

zur Warmwasserbereitung

In Deutschland werden überwiegend Zweikreisanlagen mit Zwangsumlauf eingebaut.

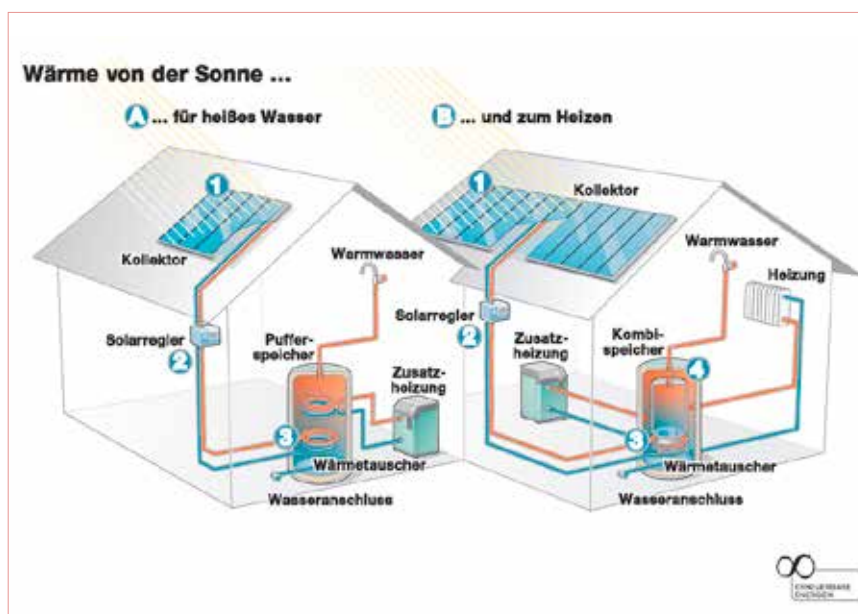
Die Sonnenkollektoren sammeln das Licht. Absorber wandeln die Sonnenenergie in Wärmeenergie um. Die Strahlungswärme erhitzt ein (frostsicheres) Wärmeträgermedium im Solarkreis (1. Kreis). Dieses wird durch die Umwälzpumpe in den Solarspeicher befördert. Der dort befindliche Wärmetauscher gibt die Wärme an das Trinkwasser (2. Kreis) im Speicher ab. Eine Regelung einrichtung schaltet je nach Temperaturdifferenz zwischen Sonnenkollektor und Warmwasserspeicher eine Umwälzpumpe ein. Liefert die Sonne nicht genug Wärme, beispielsweise im Herbst, wird das Wasser über den Heizungswärmetauscher im Warmwasserspeicher vom Heizkessel auf die gewünschte Temperatur nachgeheizt. Mitentscheidend für die Höhe des Zusatzenergiebedarfs ist die am Kesselregler eingestellte Temperatur. Je niedriger die eingestellte Temperatur, bei der das Nachheizen beginnen soll, desto höher ist der Deckungsanteil der Solarenergie.

zur Heizungsunterstützung

Besonders umweltfreundlich ist die Nutzung von Solarthermie kombiniert mit einer Holz- oder Gasbrennwertheizanlage.

Sogenannte Kombianlagen arbeiten im Prinzip so, wie Anlagen zur reinen Brauchwassererwärmung. Die Kollektorfläche und der Speicher sind nur größer dimensioniert. Man verwendet statt des einfachen Trinkwasserspeichers entweder einen Kombispeicher oder ein Zweispeichersystem aus Brauchwasserbereiter und großem Pufferspeicher für die Heizungsanlage. Der Pufferspeicher hält die Wärme sonnenreicher Stunden für die Zeit gesteigerter Nachfrage bereit. Steht im Winter nicht genügend Sonnenstrahlung zur Verfügung, wird die konventionelle Heizung zugeschaltet, sobald die Temperatur im oberen Teil des Speichers zu gering ist.

- Der Markttrend geht von reiner Warmwasserbereitung zur Kombianlage (Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung).



- 1 Sonnenstrahlen erwärmen den Kollektor und das darin enthaltene Wasser
- 2 Das bis zu 90°C heiße Wasser zirkuliert zwischen Kollektor und Pufferspeicher
- 3 Der Wärmetauscher gibt Solarwärme an das Wasser im Pufferspeicher ab
- 4 Der Pufferspeicher stellt die Wärme auch nachts und an kalten Tagen zur Verfügung

Abb. 7: Aufbau thermischer Solaranlagen [Agentur für Erneuerbare Energien]

Zielgruppen

Direkt

- Hauseigentümer (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus)
- Betreiber von privaten Schwimmbädern und Saunen
- Pensionsbetreiber, Hotelbesitzer
- Vereine
- Wohnungsbaugesellschaften (Solaranlagen sind unter bestimmten Umständen über die Umlagen refinanzierbar)
- Energieversorgungs-Kontraktoren (z. B. Stadtwerke) als Investitionspartner
- Kommunen

Indirekt

- Installationsfirmen
- Architekten, Planer
- Gebäudeenergieberater
- Verbände

Wirtschaftlichkeit und Kosten

Kostenaufteilung solarthermischer Anlagen zur Warmwasserbereitung im Ein- und Zweifamilienhausbereich (Abb. 8)

Die Kosten für eine thermische Anlage zur Warmwasserbereitung (ca. 4 bis 6 m²) inklusive einem 300-l-Speicher liegen zwischen 4.000 € bis 6.000 €.

Die Kosten für eine Solaranlage zur Heizungsunterstützung betragen ca. 8.000 € bis 12.000 €.

In der Regel amortisiert sich eine thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung energetisch bereits nach anderthalb Jahren, d. h. sie erwirtschaftet über ihre Laufzeit hinweg mehr Energie als für ihre Produktion benötigt wurde. Bei Kombianlagen liegt die durchschnittliche energetische Amortisation bei zwei bis vier Jahren.

Eine thermische Solaranlage zur Wassererwärmung spart über eine Laufzeit von 25 Jahren etwa 16 Tonnen Kohlendioxid ein. Da der Warmwasserbedarf eines Haushaltes über den Jahresverlauf fast konstant ist, ergeben sich günstige Voraussetzungen für die Nutzung der Sonnenenergie zur Warmwasserbereitung. Im Sommer kann der Bedarf an Warmwasser nahezu vollständig über die Solaranlage bereitgestellt und somit in dieser Periode die Heizungsanlage i. d. R. abgeschaltet werden.

Eine solare Heizungsunterstützung ist besonders sinnvoll, wenn schon andere Möglichkeiten zur Energieeinsparung (beispielsweise Dämmung, Luftdichtheit, Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung) ausgeschöpft sind und dadurch insgesamt nur noch wenig Heizwärme benötigt wird.

Weitere mögliche Abnehmer der Sonnenwärme sind beispielsweise Waschmaschine und Geschirrspüler (wenn technisch geeignet).

Neben einem Komfortgewinn steigert Solarthermie häufig auch den Wert der Immobilie. Seit 2007 sind Vermieter und Verkäufer gemäß der Energieeinsparverordnung – kurz EnEV – gesetzlich verpflichtet, einen Energieausweis vor Verkauf, Vermietung oder Verpachtung einer Bestands-Immobilie (Ausnahme Baudenkmäler) erstellen zu lassen. Solarthermische Anlagen verbessern die Bilanz des Energieausweises.

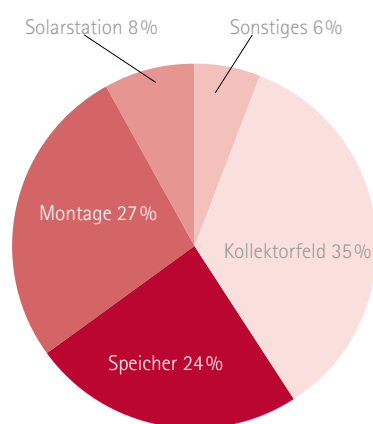


Abb. 8: Zusammensetzung der Kosten einer Solarthermieanlage [ARGE SOLAR]

Wirtschaftlichkeit einer Musteranlage

Installation einer 5 m² großen Solarthermieanlage mit Flachkollektoren zur Brauchwassererwärmung auf dem Dach eines Einfamilienhauses, das von vier Personen bewohnt wird:

- 5 m² Flachkollektoren: 1.250 € – 2.250 €
- Steigleitungen, Pumpenbauteile, Regelung, Montage sowie Verrohrung: 1.300 € – 1.600 €
- 300-l-Speicher: ab 1.500 €
- Anschaffungskosten mit Montage: 4.000 – 6.000 €
- Jährliche Betriebs- und Wartungskosten: ca. 50 €
- Jährliche Heizöl-/Gas-Ersparnis: 150 l Heizöl bzw. 150 m³ Gas – je höher die Energiepreise, desto wirtschaftlicher können Solarthermieanlagen werden.

Bei einer Kombianlage müssen für ein Einfamilienhaus ca. 12 bis 15 m² (Flach-)Kollektoren und ein 750 bis 1.000-l-Speichervolumen eingeplant werden. Die Preise für Kombianlagen zur Heizungsunterstützung liegen in einer Größenordnung von etwa 8.000 bis 12.000 € (inkl. Montage). Hierbei lassen sich Energieeinsparungen je nach Wärmestandard des Hauses von 5 bis 20 % realisieren. Eine genaue Auslegung optimiert den solaren Jahresenergieertrag.

Optimale Rahmenbedingungen

Für die Warmwasserbereitung sind Solaranlageninstallationen in Ost- bis Westrichtung möglich, ein 20 bis 40 Grad geneigtes Süddach ist optimal.

Für heizungsunterstützende Anlagen sind Dächer in südlicher Richtung (SSO bis SSW) mit einer Neigung von 40 bis 60 Grad optimal (auf Grund des Sonnenstandes in den Frühjahrs- und Herbstmonaten).

Für die Warmwasseraufbereitung werden in etwa 1 bis 1,5 m² Flachkollektor bzw. 0,5 bis 1 m² Vakuumröhrenkollektoren pro Person benötigt. Das Speichervolumen wird auf den 1,5 fachen Warmwasserbedarf pro Tag ausgelegt und beträgt ca. 80 bis 100 Liter je Person.

Die Installation einer Anlage bietet sich besonders an, wenn die Heizung modernisiert oder das Gebäude/Dach saniert wird. Wenn das Dach erneuert wird, bietet sich auch eine Indachkollektormontage an. Diese ist optisch noch gefälliger und die Sonnenkollektoren kühlen im Winter weniger aus.

Bei einem Neubau sollte die Solaranlage bereits eingeplant werden, dies erspart gegenüber nachträglichem Einbau 20 % Kosten (u. a. bei der Verlegung der Verrohrung). Ausreichender Platz für Speicher muss vorhanden sein. Dabei sind Raumhöhe und Türbreite zu beachten.

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – kurz EEWärmeG – verpflichtet Eigentümer neu errichteter Gebäude dazu, den Energiebedarf ihres Gebäudes anteilig mit erneuerbaren Energien zu decken. Die Mindestanteile richten sich nach der eingesetzten Energiequelle. Für Solarthermie gilt: 0,04 m² Fläche pro m² beheizter Nutzfläche.

Genehmigung

Eine Baugenehmigungspflicht für solarthermische Anlagen besteht grundsätzlich nicht. Ausnahmen können denkmalgeschützte Häuser darstellen. Zuständig ist in diesem Fall die Denkmalschutzbehörde.

Hinweis: Kürzlich entschied der Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg, da auch der Klimaschutz als Staatszielbestimmung im Grundgesetz verankert ist, dass den Belangen des Denkmalschutzes auch bei einer erheblichen Beeinträchtigung nicht automatisch der Vorrang gegenüber den Belangen des Klimaschutzes einzuräumen ist. (Urteil vom 01.09.2011, Az. 1 S 1070/11).

Beachten: Die Montage einer Solarthermieanlage auf ein Asbestzementdach ist nach § 18, Abs. 1, Nr. 1 in Verbindung mit Nr. 1, Abs. 2 des Anhang IV zur Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) verboten.

Hemmnisse

Die Wärmegestehungskosten liegen bei Solarthermie (6 m²) in etwa bei 20 ct/kWh und damit noch deutlich über dem Preis konventioneller Energieträger (außer elektrischem Strom). Die Verhältnisse verschlechtern sich bei Kleinhaushalten oder langen Abwesenheiten (Urlaub) im Sommer.

Die Förderung für Solarthermie ist vergleichsweise gering (Einspeisevergütung nicht möglich, nur noch Kombianlagen im Marktanreizprogramm berücksichtigt).

Die Wärmegestehungskosten sind im Mietwohnbereich (Wohnungsbaugesellschaften), teilweise deutlich geringer als bei Ein- und Zweifamilienhäusern. In größeren Wohnobjekten besteht ein höherer Wärmebedarf, der durch eine größere Dachfläche auch mit relativ niedrigen Mehrinvestitionen gedeckt werden kann. Als Hemmnis kann hier das Mietrecht wirken. Nur ein Teil der Investitionen für eine Solarenergieanlage ist gemäß § 559 BGB auf den Mieter umlegbar, so dass Wohnungsunternehmen eine derartige Investition in den meisten Fällen nicht umsetzen.

Förderung

BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle)

Im Rahmen des Marktanreizprogramms werden thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung (die bereits über ein Heizungssystem verfügen) gefördert. Eine Ausnahme sind Anlagen zur Bereitstellung von Prozesswärme, die auch im Neubau förderfähig sind.

1. Basisförderung: Förderfähig ist die Erstinstallation von thermischen Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung oder zur kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung

- bis 16 m² Kollektorfläche pauschal 1.500 €
- 16,1 bis 40 m² Kollektorfläche 90 €/m²
- über 40 m² Kollektorfläche 90 €/m² bis 40 m² plus 45 €/m² über 40 m²

Die Erweiterung bereits in Betrieb genommener Anlagen wird mit 45 € je zusätzlich installiertem und angefangenem m² Bruttokollektorfläche bezuschusst.

2. Bonusförderung: Zusätzlich zur Basisförderung können ein oder mehrere Boni in Anspruch genommen werden.

3. Innovationsförderung: Gefördert werden auch besonders innovative Anwendungen im Gebäudebestand und Neubau, z. B. thermische Solaranlagen mit einer Bruttokollektorfläche zwischen 20 und 100 m² für Wohngebäude mit mindestens drei Wohneinheiten, mit einer Nutzfläche von mindestens 500 m² für Nichtwohngebäude oder thermische Solaranlagen zur solaren Kältenutzung.

KfW Kreditanstalt für Wiederaufbau

Die Finanzierung einer Solarkollektoranlage ist im Rahmen des Programms „Energieeffizient Sanieren“ möglich (Förderung von Komplettlösungen, die zum KfW-Effizienz-Standard führen bzw. energetische Einzelmaßnahmen, die den technischen Mindestanforderungen entsprechen). Im Rahmen des KfW-Programms „Erneuerbare Energien - Premium“ werden die Errichtung und Erweiterung von Solarkollektoranlagen von mehr als 40 m² Bruttokollektorfläche als solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung und/oder Raumheizung von Wohngebäuden mit drei oder mehr Wohneinheiten oder Nichtwohngebäuden mit mindestens 500 m² Nutzfläche zur überwiegenden Bereitstellung von Prozesswärme oder zur solaren Kälteerzeugung unterstützt.

Hausbank

Sonderprogramme von Banken und Sparkassen und aktuelle Informationen zu bestehenden Förderprogrammen finden Sie auch im Internet unter www.saena.de unter der Rubrik „Förderung“.

Legionellen

Legionellen sind Bakterien, die in verschiedenen Formen auftreten. Sie vermehren sich bei langen Aufenthaltszeiten im Wasser bei 25 bis 50°C gut und können in hohen Konzentrationen (z. B. über das Einatmen von Aerosolen beim Duschen) bei gesundheitlich weniger stabilen Menschen zu Lungenentzündungen führen.

Empfehlung

Abtöten der Bakterien z. B. durch Erhitzung auf über 60°C. Da Solaranlagen zur Warmwassererwärmung auch bei Temperaturen von 30 – 50°C noch einen signifikanten Anteil thermischer Energie gewinnen (über 20 % des Jahresertrags) wird empfohlen, sie auch in diesem Temperaturbereich zu nutzen, aber ggf. eine zusätzliche Hygienisierungsmaßnahme vorsorglich zu treffen.

Vorschriften

Mit dem Inkrafttreten der Trinkwasserverordnung (Nov. 2011) sind z. B. Vermieter von Mehrfamilienhäusern oder auch andere Anlagen wie Krankenhäusern, Hotels u. ä. – mit Speichern über 400 Liter Inhalt – verpflichtet, die Anlagen dem Gesundheitsamt zu melden und die Wasserkreisläufe regelmäßig durch ein zugelassenes Labor untersuchen zu lassen.

Bei kleinen Anlagen – z. B. Eigenheime mit Speicherinhalten bis unter 400 Liter – ist das bisher nicht vorgeschrieben (siehe auch DVGW Arbeitsblatt W551).

Entwicklungen

Derzeit erscheint das ‚Legionellen-Risiko‘ durch die bestehenden Vorschriften zu gering für gesundheitliche Vorsorgemaßnahmen. Ferner ist es bei ‚kalkhaltigem‘ Wasser ungünstig, dies auf über 60°C zu erhitzen, da dann die Härtebildner beginnen sich abzusetzen und die Wärmeverluste ansteigen.

Alternative Methoden, wie chemische Verfahren, die aber ein komplettes Spülen der Leitungen erfordern bzw. intensive UV-Strahlung vor der Zapfstelle können ggf. auch bedarfsweise eingesetzt werden.

Weiterführende Informationen

- Agentur für Erneuerbare Energien, Berlin, <http://www.unendlich-viel-energie.de/>
- Bundesverband Solarwirtschaft e.V., Berlin <http://www.solarwirtschaft.de/>
- Bundesnetzagentur <http://www.bundesnetzagentur.de>
- dena Deutsche Energie-Agentur, Berlin <http://www.dena.de/>
- DGS Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V., Berlin <http://www.dgs.de>
- DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
- SAENA www.saena.de

Musterbeispiele

Solarthermieanlage in Leipzig

Daten	Standort:	Leipzig (Abb. 9)
	Betreiber:	Privathaus, Lutz Unbekannt
	Baujahr:	1996
Energie	solare Nutzung:	Kombianlage
	Dachform:	Satteldach
	Ausrichtung (Dach):	Süd
	Neigungswinkel:	38°
	Aufständerung der Kollektoren:	nein, Dachintegration
	Verschattung:	nein
	Kollektorart:	Flachkollektor
	Kollektoranzahl:	6
	Kollektorhersteller:	Pro Solar GmbH
	Kollektorfläche:	14 m ²
	Speichertyp:	Kombispeicher
	Speicherinhalt:	1.000 l
	Warmwasserbereitung:	interner Wärmetauscher
Besonderheiten:	Zweischichtige Einspeicherung der Wärme in Kombispeicher mittels externen Plattenwärmetauschern; Steuerung über Strahlungssensor	
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	Mittlere jährliche Globaleinstrahlung vor Ort:	1.034 kWh/m ²
	Solare Wärmeerzeugung Kollektor (Prognose):	4.209 kWh/a
	tatsächliche solare Wärmeerzeugung (i. D.) mit WMZ gemessen:	2.800 kWh/a
	tatsächlich genutzte solare Wärme (i. D.):	57 % der WW-Bereitstellung; 27 % gesamter Deckungsanteil an WW incl. Heizungsunterstützung
	Abdeckungsbedarf der solaren Wärme am Wärmebedarf:	-
	Förderungshöhe:	2.000 €
	weitere finanzielle Förderung:	-
	Investitionskosten:	10.300 €
	spez. Investitionskosten:	736 €/m ²
	jährliche Einsparung an Brennstoffen:	1.042 €/a
jährliche Wartungskosten:	~ 25 €/a	
Amortisationsdauer:	~ 18 Jahre	
Sonstiges	weitere Wärmequellen:	Kaminkessel, 14 kW geschlossen
	vorhandenes Heizungssystem:	Fußbodenheizung
	beheizte Fläche des Gebäudes:	180 m ²
	energetischer Zustand des Gebäudes:	~ ENEC 2009
	erforderliche Genehmigungen:	keine
	benötigte Versicherungen:	optional: Wohngebäudeversicherung
	Auf dem Dach befindet sich auch noch eine Photovoltaikanlage, die hier allerdings nicht Gegenstand der genaueren Betrachtung war.	
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Wärmemengenzähler ausgefallen, Solarflüssigkeit musste einmal komplett gewechselt werden, Entlüfter zieht nachts im Sommer Luft, deshalb Einbau von Kugelhähnen zum Abdichten, Regelung defekt, musste getauscht werden, zusammen mit dem zugehörigen Strahlungssensor	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine Angaben	



Abb. 9: Lutz Unbekannt

Solarthermieanlage in Leipzig, Mölkau

Daten	Standort:	Leipzig (Abb. 10)
	Betreiber:	H. Pelzer
	Baujahr:	2010
Energie	solare Nutzung:	Kombianlage
	Dachform:	Flachdach
	Ausrichtung (Dach):	Süd
	Neigungswinkel:	55°
	Aufständigung der Kollektoren:	Ja, Sonderkonstruktion
	Verschattung:	keine
	Kollektorart:	Vakuümrohrenkollektor
	Kollektoranzahl:	6
	Kollektorhersteller:	FK-solar Solinas 3 (D)
	Kollektorfläche:	12 m ²
	Speichertyp:	Solarschichtenspeicher
	Speicherinhalt:	1.000 l + 500 l
	Warmwasserbereitung:	Puffer- und Trinkwasserspeicher
	Besonderheiten:	Auslegung auf optimierten Ertrag in der Übergangszeit
	Wirtschaftlichkeits- betrachtung	Mittlere jährliche Globaleinstrahlung vor Ort:
olare Wärmezeugung Kollektor (Prognose):		4.000 kWh/a
Abdeckungsbedarf der solaren Wärme am Wärmebedarf:		10 %
Investitionssumme:		18.000 € (inkl. Gas-Brennwert 16 kW)
Förderungshöhe:		208 €/m ²
weitere finanzielle Förderung:		keine
Investitionssumme (abzüglich Förderungen):		15.500 € (inkl. Gas-Brennwert 16 kW) €
spez. Investitionskosten:		86 €/m ²
jährliche Einsparung an Brennstoffen:		400 €/a
jährliche Wartungskosten:		50 €/a
Amortisationsdauer:		oberhalb der erwarteten Lebensdauer
Sonstiges	weitere Wärmequellen:	Gasheizung
	vorhandenes Heizungssystem:	Fußbodenheizung und Heizkörper
	beheizte Fläche des Gebäudes:	212 m ²
	energetischer Zustand des Gebäudes:	30 kWh/(m ² *a)
	erforderliche Genehmigungen:	keine
	benötigte Versicherungen:	keine Angaben
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	keine	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und dem Bau der Anlage?	Bau der Sonderkonstruktion	



Abb. 10: Stefan Fleischfresser

3.2 Photovoltaikanlagen

Stand der Technik

Bei der Photovoltaik wird in Solarzellen Sonnenlicht (Photonen) direkt in elektrische Energie umgewandelt – "aus Licht wird Strom" (Abb. 11 und 12).

Solarzellen

bestehen zumeist (95 %) aus Silizium (Si). Strahlt die Sonne auf die Solarzellen, baut sich zwischen der oberen (n-dotierten) und unteren (p-dotierten) Schicht eine Gleichspannung auf (bei Siliziumzellen ca. 0,5 bis 0,6 Volt). Man unterscheidet zwischen (mono- oder poly-) kristallinen Si-Solarzellen



Abb. 11: Netzgekoppelte Anlagen [ARGE SOLAR]

(Marktanteil etwa 85 %) und Dünnschichtzellen auf Basis von amorphen Si, CIS bzw. CdTe (Marktanteil etwa 15 %).

Solarmodule

bestehen in der Regel aus etwa 48, 60 bzw. 72 Solarzellen, die in Reihen beziehungsweise Serien verschaltet sind. Diese sind in Kunststoff eingebettet, auf Glas laminiert, mit 2 Anschlusskabeln und überwiegend mit einem Aluminiumrahmen versehen. Im Durchschnitt beträgt die Solarmodulfläche zwischen 1,3 und 1,7 m² und liegt derzeit im Leistungsbereich zwischen 180 und 260 Wp. Ein hoch effizientes Marken-Modul (verschattungsfrei montiert) wandelt Licht zwischen dem 0,2- (trüber Wintertag) und dem 7,5-fachen (sonniger Sommertag) seiner angegebenen Nennleistung in Strom um. Somit erbringt ein 100 Wp-Modul zwischen 20 Wh und 750 Wh Tagesertrag.

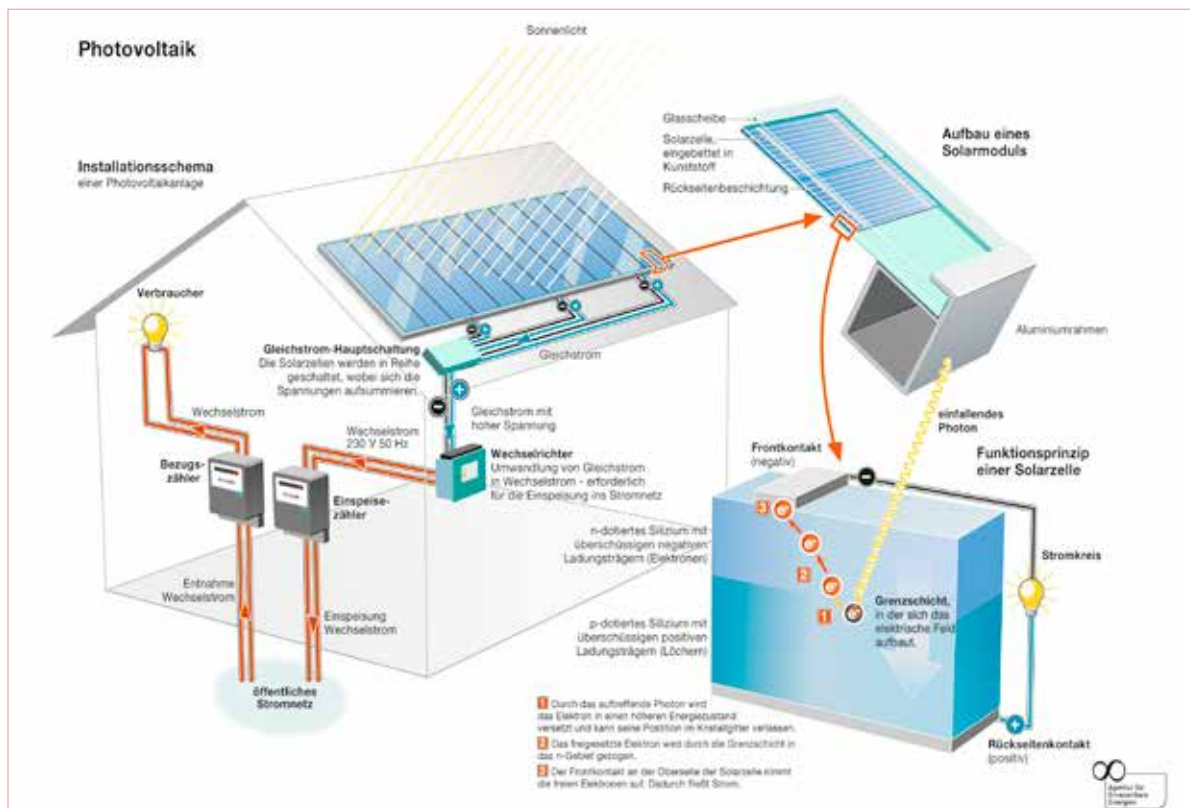


Abb. 12: Aufbau einer Photovoltaikanlage [Agentur für Erneuerbare Energien]

Solargeneratoren

bestehen aus mehreren Solarmodulen, die in der Regel in Serie hintereinander geschaltet einen sogenannten „String“ (englisch geläufig für „Strang“) bilden.

Man unterscheidet:

Inselanlagen

arbeiten komplett unabhängig vom öffentlichen Stromnetz und speichern die überschüssige Energie häufig in Blei-, Lithium- oder Nickel-Cadmium-Akkus. Sie eignen sich beispielsweise für Jagdhütten, Wochenendhäuser, Messeinrichtungen und Klein-geräte.

Netzgekoppelte Anlage

Der in den Solarmodulen aus Licht erzeugte Gleichstrom ($\eta = 10-18\%$) wird von einem hocheffizienten Wechselrichter ($\eta \sim 97\%$) in netzsynchronen Wechselstrom/Drehstrom umgewandelt. Dieser wird ins öffentliche Stromnetz eingespeist beziehungsweise im Haushalt zeitgleich verbraucht. Das Netz nimmt den Strom des Solarkraftwerks auf, der somit allen Verbrauchern zur Verfügung steht.

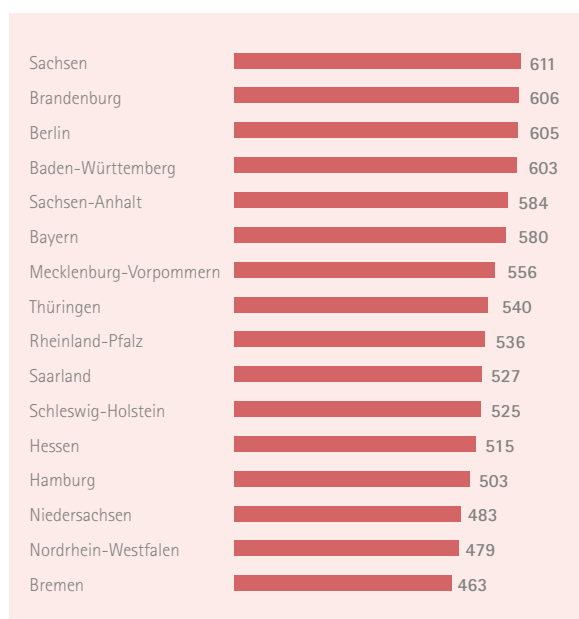


Abb. 13: Sonnenstunden im Sommer 2011 nach Bundesländern (Statistica 2011)

Zielgruppen

Direkt

- Hauseigentümer (Einfamilienhaus, ... – Mehrfamilienhaus)
- Kleingewerbe, Dienstleister, Handel
- Land- und Forstwirte, Gartenbau sowie Eigentümer sonstiger Hallen (z. B. Reithallen)
- Vereine (Vereinshäuser)
- Wohnungsbaugesellschaften (Achtung: Gemeinnützigkeit und steuerliche Behandlung wegen Gewinn)
- Kommunen, Hochschulen, sonstige Einrichtungen

Indirekt

- Installationsfirmen
- Investoren
- Architekten, Planer
- Gebäudeenergieberater
- Verbände
- interessierte Bürger können in Form von Beteiligungen in Photovoltaikanlagen investieren

Optimale Rahmenbedingungen

- Sachsen hatte im Jahr 2011 bundesweit die meisten Sonnenstunden (Abb. 13). Die Verteilung der Globalstrahlung innerhalb Sachsens zeigt Abb. 14.
- möglichst verschattungsfreier Standort
- gute Hinterlüftung optimiert den Energieertrag
- Dachfläche größer als 25 m² (1kWp-Photovoltaikanlage entspricht zur Zeit etwa 6,5 bis 7 m² Modulfläche)
- das Dach sollte noch mindestens eine Lebensdauer von 20 Jahre aufweisen
- das Dach kann eine Photovoltaikanlage bereits ohne Änderungen gewichtsmäßig aufnehmen (Statik).
- Dachausrichtung Süd (von Ost bis West unter Umständen möglich)
- 20 bis 40 Grad geneigtes Süddach ist optimal, auch andere Dachneigungen bis zu Fassaden und Flachdächern (hier Modulaufständersysteme) sind möglich



Abb. 14: Globalstrahlung in Sachsen [SAENA]
Sachsen war im Sommer 2011 das Bundesland mit den meisten
Sonnenstunden (Sachsen 611 h, Bremen 463 h)

Genehmigung

Nach geltender Sächsischer Bauordnung sind Solarenergieanlagen als Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung in und an Dach- und Außenwandflächen sowie gebäudeunabhängig mit einer Höhe bis zu 3 m und einer Gesamtlänge bis zu 9 m verkehrsfrei (§ 61 SächsBO).

Hinweis

Kürzlich entschied der Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg, da auch der Klimaschutz als Staatszielbestimmung im Grundgesetz verankert ist, dass den Belangen des Denkmalschutzes auch bei einer erheblichen Beeinträchtigung nicht automatisch der Vorrang gegenüber den Belangen des Klimaschutzes einzuräumen ist. (Urteil vom 01.09.2011, Az. 1 S 1070/11).

Beachten

Die Montage einer Photovoltaikanlage auf ein Asbestzementdach ist nach § 18, Abs. 1, Nr. 1 in Verbindung mit Nr. 1, Abs. 2 des Anhang IV zur Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) verboten.

Checkliste zur Errichtung einer Schrägdach/Aufdach-Photovoltaikanlage

Prüfen der Dachvoraussetzungen

Empfehlung: Solarpotenzial-Dachkataster (z. B. Dresden) als erste Orientierungsgrundlage nutzen, um die allgemeine Eignung der Dachfläche beurteilen zu können (www.dresden.de/solarkataster). Die Stadt Leipzig erarbeitet ein Kataster im Bereich von kommunalen Gebäuden.

Form, Art der Eindeckung (keine Eindeckung aus Asbest), Alter, Ausrichtung (Maximalleistung Süd; Ost/West u. U. geeignet insbesondere zur Deckung gleichmäßiger Grundlast), Verschattung, Störfächen (z. B. Satelliten-Antenne, Schornstein, Blitzableiter, Freileitungsdachständer und Dachflächenfenster), Randbereiche am Dach frei lassen zwecks Reparaturen am Ortgang und an der Traufe/Regenrinne, Platz für Schneefanggitter und die Statik beachten

Technische Planung

- Wechselrichterplatz im kühlen Bereich des Daches oder Kellers
- Auslegung Wechselrichter: Nennleistung $\geq 90\%$ zur Peak-Leistung des PV-Generators
- Nutzung von Versorgungsschächten bzw. stillgelegten Schornsteinen für DC-/AC-Leitungen vom Dach zum Zählerkasten, als Alternative zur Verlegung auf oder unter Putz; evtl. DC-Solar-Gleichstromkabel (nach plus und minus getrennt) in Marderschutzrohren verlegen.
- Überspannschutz wechselstromseitig
- äußerer Blitzschutz (oberhalb 10 kWp, von der Versicherungswirtschaft empfohlen)
- einphasige Stromeinspeisung ins Netz bis max. 4,6 kWNenn möglich, Netzrichtlinie (VDE ARN Richtlinie) und Einspeisemanagement beachten.
- „Modul-Flash Report“ des Herstellers anfordern

Zeitliche Abfolge

1. Generatorgröße festlegen (für 1kWp PV-Module benötigt man ca. 6,5 bis 7 m² Dachfläche)
2. aktuelles EEG 2012 beachten (§ 6 Einspeisemanagement und Frequenzhaltung 50,2 Hz)
3. Empfehlung: Mindestens drei Angebote einholen
4. Fördermöglichkeiten bei Land, Kommune und Energieversorger erfragen. Vorsicht: keine Auftragsvergabe vor Erhalt des Zuwendungsbescheides bzw. schriftlicher Zusage, um einen „vorzeitigen Vorhabensbeginn“ auszuschließen, der den Verlust des Empfangs solcher Fördermittel bedeuten würde
5. Kontakt zum örtlichen Energieversorger/Netzbetreiber aufnehmen (insbesondere bei Anlagengröße oberhalb 30 kWp)
6. Bei Fremdfinanzierung Kontakt mit Bank aufnehmen (bei Beantragung eines KfW-Kredits muss die Zusage vor Vertragsabschluss vorliegen).
Empfehlung: Laufzeit des Kredits möglichst unter 15 Jahren halten, ggf. notariell beglaubigte Grundschuldeintrag
7. Festlegung des Finanzierungsbedarfs. Empfehlung: Eigenanteil sollte mind. zwischen 10 und 25 % liegen
8. Anlage der Gebäudeversicherung melden, zusätzlich Elektronikversicherung. Recherche nach Anbietern von sogenannten All-Risk-Solar- und Haftpflichtversicherungen vorteilhaft
9. Steuerberater und ggf. Finanzamt kontaktieren (Einkommens-, Umsatz- und Gewerbesteuer)
10. Meldung des möglichen Inbetriebnahmepunktes beim Energieversorger (i. d. R. übernimmt das der Installateur)
11. der Bundesnetzagentur die Installation der PV-Anlage melden (ausschließlich über das PV-Meldeportal der Bundesnetzagentur)
12. Inbetriebnahme (es gilt das EEG in der aktuellen Fassung – Zeitraum 20 Jahre plus das Inbetriebnahmejahr)
13. Gewerbeanmeldung bei der Kommune (in der Regel bei großen Projekten bzw. Dachpacht)
14. Einspeisevertrag mit dem Energieversorger abschließen
15. Vorsteuerabzugsberechtigung klären
16. Einspeisezähler ablesen – Empfehlung täglich/wöchentlich, später monatlich
17. Umsatzsteuervoranmeldung

18. Einnahme-Überschuss-Rechnung im Zuge der Einkommenssteuererklärung

Wirtschaftlichkeit und Kosten

Kostenaufteilung netzgekoppelter Photovoltaikanlage (Abb. 15)

Kosten pro kWp (in 2012) zwischen 1.400 € und 2.000 € (netto, je nach Anlagengröße)

Bei optimaler Ausrichtung erzeugt eine 1 kWp PV-Anlage jährlich etwa 950 kWh Solarstrom und benötigt bei einer Schrägdachmontage eine Fläche zwischen 6,5 m² und 7 m².

Die energetische Amortisationszeit für Photovoltaikanlagen beträgt derzeit zwei bis drei Jahre.

Zudem vermeidet jede kWh elektrischen Stromes, die mittels Photovoltaikanlage aus Sonnenlicht gewonnen wird, rund 0,676 kg CO₂ (Studie ISI 2009). Dank einer 7 kWp Photovoltaikanlage, die unverschattet nach Süden ausgerichtet ist, lässt sich somit jährlich die Emission von 4,5 Tonnen CO₂ vermeiden.

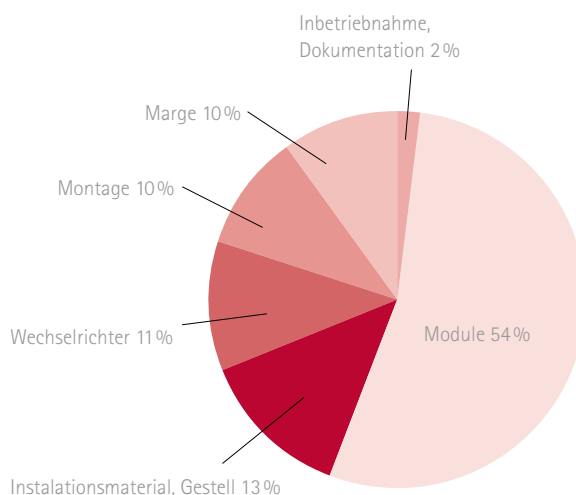


Abb. 15: Zusammensetzung der Kosten einer Photovoltaikanlage [ARGE SOLAR]

Wirtschaftlichkeit einer Musteranlage Installation einer 7 kWp-Photovoltaikanlage (50 m² Fläche) im Jahr 2012.

- Investitionskosten: 12.000 € netto; Eigenkapital 15 % (2.000 €)
- KfW-Darlehen Zinskonditionen (je nach Bonität und Wert-
haltigkeit der gestellten Sicherheiten): 2,9 % nominal also ca.
3,0 % effektiv, Laufzeit 10 Jahre, Annuitätendarlehen
- Zinskosten gesamt 2.500 €
- Betriebskosten (20 Jahre u. a. Versicherungen, Rücklagen,
Zählergebühr, Betriebsführung) 3.500 €
- ein Durchschnittshaushalt verbraucht 4.500 kWh. Kosten für
den externen Strombezug 22,5 ct/kWh (Stand 2011). Die ga-
rantierten Kosten für die Rücklieferung des selbstgenutzten
Solarstroms für die Musteranlage beträgt laut EEG 18,36 ct/
kWh (brutto) – ist also mit knapp 4 ct/kWh günstiger. (Da
nicht auszuschließen ist, dass die Strombezugskosten zu-
künftig steigen werden, wird der finanzielle Vorteil im Laufe
der Zeit vermutlich noch zunehmen.)
- Die Musteranlage produziert jährlich 6.500 kWh, davon wer-
den bis zu 1.500 kWh zum Eigenverbrauch genutzt,
5.000 kWh speist die Photovoltaikanlage ins öffentliche
Stromnetz ein. Die Einspeisevergütung beträgt 18,36 ct/kWh.
3.000 kWh bezieht der Haushalt weiterhin vom Stromversor-
ger. Der Gesamtertrag (ohne den Vorteil der Selbstnutzung
solar erzeugten Stromes) beträgt über die Laufzeit von 20
Jahren rund 24.000 €. Der Gewinn durch den Solarstrom
liegt hier bei 6.500 € vor Steuer und entspricht einer Eigen-
kapitalrendite von etwa 7 %.

Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage (Inbetriebnahme 10/2012) im Überblick

- Investition (netto) 7 kWp ~ 12.000 €
- Betriebskosten (20 Jahre + Inbetriebnahmejahr) ~ 3.500 €
- Zinskosten (3,6 %, 10 Jahre, 12.000 €) ~ 2.000 €
- Ertrag (nach 20 Jahren EEG) ~ 24.000 €
- Gewinn (in 20 Jahren, EK-Rendite (2.000 €) 6 %) ~ 6.500 €
- Stromerlöse nach der EEG-Zeit 2033 ~ 12.000 €

Förderung

EEG-Einspeisetarife

Die Photovoltaik-Einspeisetarife lagen 2012 je nach Anlagengröße und Inbetriebnahmezeitraum zwischen 12,71 und 24,43 Cent je Kilowattstunde. Diese Tarife werden jeweils 20 Jahre zuzüglich des Inbetriebnahmejahrs gezahlt. Von November 2012 an sinkt die Einspeisevergütung monatlich variabel in Abhängigkeit vom Zubau neuer Photovoltaikanlagen.

SAB Sächsische AufbauBank

Unterschiedliche Förderprogramme je nach Größe und Zweck der Photovoltaikanlage. Auch private Bauherren können das Energiespardarlehen in Anspruch nehmen (Investition kleiner 50.000 €).

Für künftige Eigentümer von gewerblich genutzten PV-Anlagen kommt das Klimadarlehen in Betracht. Das entspricht dem KfW-Darlehen Erneuerbare Energien.

Private Bauherren: Investitionskredit bis zu 100 % der förderfähigen Netto-Investitionskosten

Hausbank

Sonderprogramme von Banken und Sparkassen, wie z. B. Solar-Paket Dresden

Wind- und Schneelast

In den technischen Datenblättern findet man in der Regel Angaben über den maximalen Flächendruck, den die Module aufnehmen können. Oftmals wird dies in der Einheit Pascal (Pa) angegeben. Für die Umrechnung in die geläufigere Einheit kg/m² muss man diese Angabe durch 9,81 teilen.

Die meisten PV-Module sind nach der Norm IEC 61215 geprüft, die eine maximale Wind- und Schneelast von 2.400 Pascal beschreibt. Das entspricht einem Gewicht von rund 240 Kilogramm pro Quadratmeter. Nach der IEC-Norm kann freiwillig noch eine höhere Belastung von 5.400 Pascal (550 kg/m²) getestet werden. Diese Module sind auch in Sachsen ratsam für Zonen, in denen hohe Schneelasten zu erwarten sind (Abb. 16).



Abb. 16: Unterschiedliche Schneelastzonen in Deutschland [wikipedia]

Brandschutz

Das Löschen in Brand geratener elektrischer Anlagen gehört für die Feuerwehr zur Routineaufgabe.

Brennende PV-Anlagen beziehungsweise Brände in der Umgebung von PV-Anlagen können von Feuerwehren dann bedenkenlos gelöscht werden, wenn die Sicherheitsabstände zu unter Spannung stehenden Teilen nach DIN VDE 0132 eingehalten werden. Die Norm DIN VDE 0132 „Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen“ gibt Sicherheitsabstände vor, die Personen, die für die Brandbekämpfung und Rettungsmaßnahmen in elektrischen Anlagen und in deren Nähe zuständig sind, einhalten müssen, um sich und andere Personen nicht in Gefahr zu bringen.

(Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE)

Feuerwehren müssen hierfür jedoch wissen, dass es eine zweite Energie- bzw. Stromquelle am Gebäude gibt. Hierzu bedarf es der gut erkennbaren Anbringung eines Feuerwehr-Hinweisschildes

(Abb. 17, Download und Bestellung von Aufklebern über die Homepage des Bundesverbandes Solarwirtschaft).

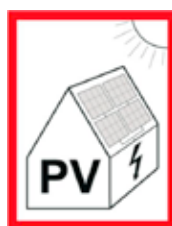


Abb. 17: Feuerwehrhinweisschild [Bundesverband Solarwirtschaft]

Für die Einsatzkräfte gilt: Nur geprüfte und für elektrische Anlagen zugelassene Strahlrohre verwenden.

Eine brandschutzsichere Verlegung der DC-Leitungen ist zu gewährleisten.

Weiterführende Informationen

- Agentur für Erneuerbare Energien, Berlin <http://www.unendlich-viel-energie.de/>
- BINE Informationsdienst <http://www.bine.info>
- Bundesverband Solarwirtschaft e.V., Berlin <http://www.solarwirtschaft.de/>
- Bundesnetzagentur <http://www.bundesnetzagentur.de>
- dena Deutsche Energie-Agentur , Berlin <http://www.dena.de/>
- DGS Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V., Berlin - <http://www.dgs.de>
- mit dem Vereinsorgan „SONNENENERGIE“ <http://www.sonnenenergie.de/>
- DWD Deutscher Wetterdienst <http://www.dwd.de/>
- Sächsische Energieagentur SAENA <http://www.saena.de/>
- Förderung durch die SAB – Sächsische AufbauBank <http://www.sab.sachsen.de/>
- Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien http://www.gesetze-im-internet.de/ eeg_2009/
- DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE <http://www.dke.de/>
- SolarServer <http://www.solarserver.de/>
- Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) <http://www.iwr.de/>

Musterbeispiele

Photovoltaikanlage in Dresden, Neustadt

Daten	Standort:	Dresden, Neustadt (Abb. 18)
	Betreiber:	IGUS Solar, Dr. Peter Volkmer
	Baujahr:	2010
Kenndaten der Photovoltaikanlage	Leistung:	30 kWp
	Dachform:	Flachdach
	Ausrichtung (Dach):	26°
	Neigungswinkel:	-4°
	Aufständerung der Module:	ja (25°)
	Verschattung:	nein
	Solarzellen:	Monokristallin
	Modulanzahl:	100
	Modulfläche/je Modul:	1,63 m ² /Modul
	ges. Modulfläche:	163 m ²
	Modulleistung:	300 Wp
	Modulhersteller:	Sunpower SPR-300-WHT
	Wechselrichteranzahl:	2
	Wechselrichterhersteller:	Mastervolt XL15K 3Ph
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	Mittlere jährliche Globaleinstrahlung:	keine Angabe
	Stromeinspeisung (prognostiziert):	29.354 kWh/a
	Stromeinspeisung (tatsächlich 06/10-05/11):	28.080 kWh/a
	Investitionssumme:	110.000 €
	spez. Investitionskosten:	3.667 €/kWp
	Vergütung (EEG 2009):	39,14 ct/kWh
	Garantierte Vergütung bis:	2030
	Amortisationsdauer:	12 Jahre
Sonstiges	erforderliche Genehmigungen:	keine
	benötigte Versicherungen:	Solaranlagenversicherung, Betreiberhaftpflicht
	Besonderheiten der PV-Anlagen:	Eigenstromnutzung (ca. 40 % des Gesamtstrombed.)
	erforderliche Genehmigungen:	keine
	benötigte Versicherungen:	optional: Wohngebäudeversicherung
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	keine	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine	



Abb. 18: Dr. Peter Volkmer

Photovoltaikanlage in Schönteichen, Schwosdorf

Daten	Standort:	Schönteichen/Schwosdorf (Abb. 19)
	Betreiber:	PRO Wal- und Wüstenberg e.V.
	Baujahr:	2007 – 2008
Kenndaten der Photovoltaikanlage 	Leistung:	20,4 kWp
	Dachform:	Satteldach
	Ausrichtung (Dach):	SO, NW
	Neigungswinkel:	40
	Aufständigung der Module:	nein
	Verschattung:	leicht, durch angrenzenden Wald
	Solarzellen:	Monokristallin
	Modulanzahl:	42 + 18 + 18 + 22 = 100
	Modulfläche/je Modul:	1,66 m ² /Modul
	ges. Modulfläche:	166 m ²
	Modulleistung:	220 Wp bzw. 180 Wp
	Modulhersteller:	SOLARWATT M 220/60 GET LK, Dresden
	Wechselrichteranzahl:	3
	Wechselrichterhersteller:	Sunways
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	Stromeinspeisung (prognostiziert):	17.000 kWh/a
	Stromeinspeisung (tatsächlich):	17.000 – 18.500 kWh/a
	Investitionssumme:	56.525 €
	Förderung:	4.000 €
	spez. Investitionskosten:	2.771 €/kWp
	Vergütung (EEG 2007/08):	49,20 ct/kWh bzw. 46,74 ct/kWh
	garantierte Vergütung bis:	2027 bzw. 2028
	Amortisationsdauer:	ca. 15 Jahre
Sonstiges	erforderliche Genehmigungen:	keine
	benötigte Versicherungen:	Solaranlagenversicherung inkl. Ertragsausfall
	Besonderheiten der PV-Anlagen:	PV-Indachsystem auf einem Umwelt- und Naturschutzzentrum, Pilgerherberge am Jakobsweg; integ. in Naturschieferdach dadurch Einsparung teurer; Schiefereindeckung, Nutzung aller Dachflächen
	benötigte Versicherungen:	optional: Wohngebäudeversicherung
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	zwei Reparaturen am Wechselrichter	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine	

3.3 Windenergieanlagen

Stand der Technik

Windenergieanlagen erzeugen elektrischen Strom, indem sie die Kraft, die im Wind steckt, in ein Drehmoment an den Rotorblättern umsetzen und diese mechanische Kraft über ihren Generator in elektrische Energie umwandeln.

Die Menge der Energie, die der Wind auf die Rotorblätter überträgt, ist abhängig von der Windgeschwindigkeit (überproportional), der Luftdichte und der Größe der Rotorfläche.

Nach dem Betz'schen Gesetz von 1920 lässt sich maximal 59,3 % der im Wind gespeicherten Energie in mechanische Energie durch eine Windkraftanlage umsetzen (Abb. 20).

Windenergieanlagen können auf unterschiedliche Weise aufgestellt werden:

- Freifläche (häufigste Variante)
- direkt am Gebäude (Vorteil geringer Platzbedarf, wenig Stabilisierung notwendig; Nachteil Geräuschübertragung und Schäden am Mauerwerk)
- auf dem Dach; dabei muss die Dachkonstruktion stabil sein und sollte nicht starr am Mauerwerk angebracht werden.

Durchgesetzt haben sich die Windenergieanlagen im direkten Netzanschluss zur Erzeugung von Strom. Sie haben meist zwei bis drei Rotorblätter, eine horizontale Achse und eine Gondel mit Rotornabe. Getriebe und Generator sind dem Wind motorisch nachführbar.

Quelle: World Wind Energy Association (WWEA)

Bei kleinen Windenergieanlagen gibt es eine Vielfalt an Bauformen.

Differenzierung nach der Drehachse:

Horizontale Windenergieanlagen

(Abb. 21) haben eine Nennleistung von 0,5 bis 10 kW und zu meist 3 Rotorblätter. Die größeren Windenergieanlagen eignen sich primär für einen Einsatz im landwirtschaftlichen Außenbereich. Bedingt durch den Geräuschpegel sollten diese Anlagen mindestens 30 m von Wohnräumen entfernt sein.



Abb. 21: Horizontale Windkraftanlage [Dr. A. Dörr]



Abb. 22: Vertikale Windenergieanlage [Gabi Schönemann /pixelio]

Vertikale Windenergieanlagen (Abb. 22)

sind weniger effizient, aber unabhängig von der Windrichtung und müssen deshalb nicht nachgeführt werden. Sie sind leise und verursachen kaum Schattenwurf. Vertikale Windenergieanlagen sind vorteilhaft für die Aufstellung in bebauten Gebieten. Der Einsatz ist schon bei sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten von 2 bis 3 m/s möglich.

- Darrieus-Rotor
- Savonius-Rotor

Komponenten Differenzierung nach Systemen:

Inselanlagen

sind autarke Energieversorger mit Gleich- und/oder Wechselstrom. Bei der dezentralen Energieversorgung wird die elektrische Energie vollständig selbst genutzt.

Netzanlagen

Kleinwindenergieanlagen können die elektrische Energie in das öffentliche Stromnetz oder in das hauseigene Stromnetz einspeisen.

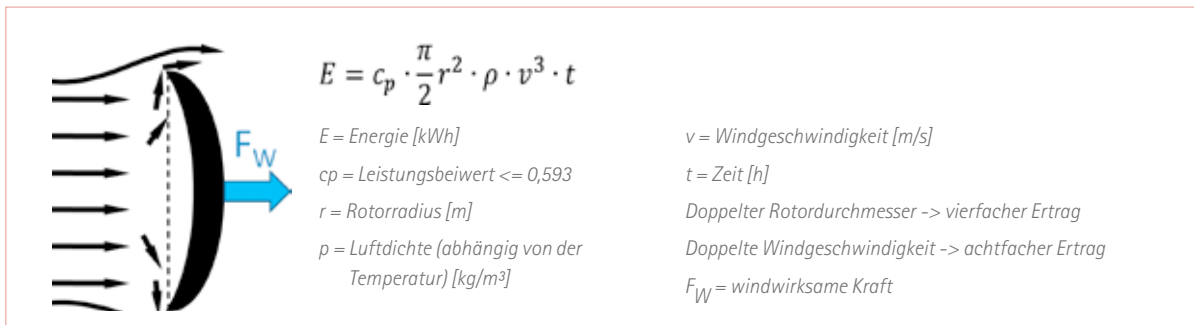


Abb. 20: verändert nach dem Betz'schen Gesetz (mechanische Energie aus Wind)
[SMUL]

Zielgruppen

Die Einsatzgebiete von kleinen Windenergieanlagen sind vielfältig.

- batteriegestützte Inselssysteme (bis 1,5 kW)
- gebäudeintegrierte Installation oder freie Aufstellung (1,5 bis 5 kW)
- Gewerbegebiete, Landwirtschaft (ab 5 kW und höher) (Twele 2011)

Direkt

- Hauseigentümer
- Gewerbetreibende
- Land- und Forstwirte
- Kommunen (Straßen, Wege und Parkplätze)

Indirekt:

- Installationsfirmen
- Investoren
- Architekten, Planer
- Gebäudeenergieberater
- Verbände
- Bürgerbeteiligungen an Windenergieanlagen

Optimale Rahmenbedingungen

Die wichtigsten Parameter für die Nutzung von Kleinwindanlagen:

Windgeschwindigkeit (Abb. 23)

Sie ist der ausschlaggebende Parameter für die Abschätzung des zu erwartenden Energieertrages sowie für die Auswahl der geeigneten Anlage. Größe, Richtung und zeitliche Verteilung sind hierbei entscheidend. In der Beaufort-Skala wird ersichtlich, wie viel Energie letztlich im Wind in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit vorhanden ist (Abb. 24).

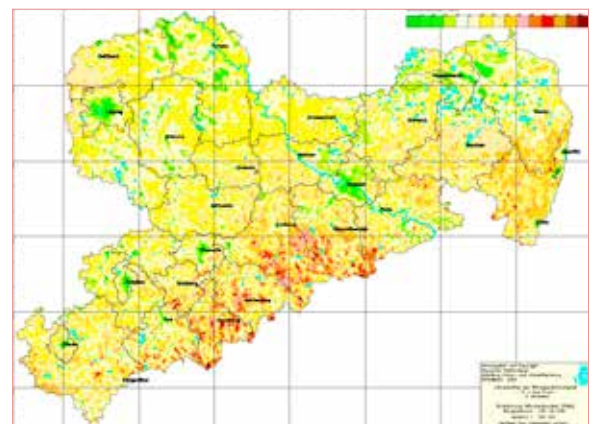


Abb. 23: Jahresmittel der Windgeschwindigkeit - 10 m über Grund - in Sachsen [DWD]

Rotorfläche

Sie bestimmt, wie viel Energie eine Windkraftanlage dem Wind entziehen kann. Eine Kleinwindanlage mit 1 kW hat einen Rotordurchmesser von etwa 2 Metern und damit eine Rotorfläche von etwa 3 Quadratmetern.

Luftdichte

Die kinetische Energie des Windes hängt von der Luftdichte ab – also von der Masse pro Volumeneinheit. Vereinfacht formuliert: je schwerer die Luft (kühle Luft), desto mehr Energie kann die Anlage ernten. In Deutschland ist oft in Gebirgslagen die Ausbeute der Windenergie aufgrund der Bodenrauigkeit und damit verbundenen Turbulenzen geringer als in Küstennähe. (Institut für Innovation, Transfer und Beratung in Bingen)

Standort

Damit die Windkraftanlage vom Wind frei angeströmt werden kann, benötigt sie ausreichend Abstand zu Gebäuden und anderen Hindernissen. Der notwendige Abstand hängt u. a. von der Hindernis- und der Masthöhe ab. Als Faustregel gilt bei gleicher Höhe von Mast und Hindernis mindestens ein Abstand von zwei- bis vierfacher Mastlänge in der Hauptwindrichtung, in allen anderen Richtungen mindestens die doppelte Mastlänge. (BWE-Marktübersicht Kleinwindanlagen)

Windanlagen werfen Schlagschatten und können unter Umständen störend laut werden. Um Konflikte im Umfeld zu vermeiden, sollten entsprechende Abstände eingehalten werden.

Beaufortgrad	Bezeichnung	Mittlere Windgeschwindigkeit in 10m Höhe über freiem Gelände		Beispiele für die Auswirkungen des Windes im Binnenland
		m/s	km/h	
0	Windstille	0 – 0,2	< 1	Rauch steigt senkrecht auf
1	leiser Zug	0,3 – 1,5	1 – 5	Windrichtung angezeigt durch den Zug des Rauches
2	leichte Brise	1,6 – 3,3	6 – 11	Wind im Gesicht spürbar, Blätter und Windfahnen bewegen sich
3	schwache Brise, schwacher Wind	3,4 – 5,4	12 – 19	Wind bewegt dünne Zweige und streckt Wimpel
4	mäßige Brise, mäßiger Wind	5,5 – 7,9	20 – 28	Wind bewegt Zweige und dünnere Äste, hebt Staub und loses Papier
5	frische Brise, frischer Wind	8,0 – 10,7	29 – 38	kleine Laubbäume beginnen zu schwanken, Schaumkronen bilden sich auf Seen
6	starker Wind	10,8 – 13,8	39 – 49	starke Äste schwanken, Regenschirme sind nur schwer zu halten, Telegrafleitungen pfeifen im Wind
7	steifer Wind	13,9 – 17,1	50 – 61	fühlbare Hemmungen beim Gehen gegen den Wind, ganze Bäume bewegen sich
8	stürmischer Wind	17,2 – 20,7	62 – 74	Zweige brechen von Bäumen, erschwert erheblich das Gehen im Freien
9	Sturm	20,8 – 24,4	75 – 88	Äste brechen von Bäumen, kleinere Schäden an Häusern (Dachziegel oder Rauchhauben abgehoben)
10	schwerer Sturm	24,5 – 28,4	89 – 102	Wind bricht Bäume, größere Schäden an Häusern
11	orkanartiger Sturm	28,5 – 32,6	103 – 117	Wind entwurzelt Bäume, verbreitet Sturmschäden
12	Orkan	ab 32,7	ab 118	schwere Verwüstungen

Abb. 24: Windwarnskala wird für die Windwarnungen des DWD verwendet und ist an die Beaufort-Skala angelehnt.

Genehmigung

Verfahrensfrei sind gemäß der Sächsischen Bauordnung Windenergieanlagen bis zu 10 m Höhe (gemessen von der Geländeoberfläche bis zum höchsten Punkt der vom Rotor bestrichenen Fläche) und einem Rotordurchmesser bis 3 m (außer in reinen Wohngebieten). Die Verfahrensfreistellung regelt § 62 SächsBO.

Neben dem Landesrecht müssen beim Planen von Kleinwindanlagen auch bauplanungsrechtliche Zulässigkeiten nach §§ 29 bis 38 BauGB beachtet werden. Außerdem können Vorschriften des Immissionsschutzrechtes, des Naturschutzrechtes und des Straßenrechts von Bedeutung sein. (BWE-Marktübersicht Kleinwindanlagen)

Bei der Planung kleiner Windenergieanlagen in Wohngebieten muss darauf geachtet werden, dass etwaige Störungen durch Schattenwurf oder Lärmentwicklung vermieden werden. Es gelten die Grenzwerte der TA-Lärm. Häufig muss ein bautechnischer Nachweis über die Standsicherheit vorgelegt werden.

Empfehlung: Frühzeitig das örtliche Bauamt bzgl. der Genehmigung aufsuchen und in Wohngebieten Kontakt mit Nachbarschaft aufnehmen.

Förderung

Betreiber von Kleinwindanlagen erhalten für die Dauer von 20 Jahren einen festen Vergütungssatz pro Kilowattstunden des eingespeisten Stroms. Dieser Satz beträgt für 2012 in Betrieb genommene Anlagen 8,93 ct/kWh. Der Vergütungssatz verringert sich für später in Betrieb genommene Anlagen jährlich um 1,5 %. Wird bspw. eine Kleinwindanlage in 2013 installiert, erhält der Betreiber 8,80 Cent je Kilowattstunde für die Dauer von 20 Jahren. Vergleichsweise liegt der Strompreis für Haushalte von den Stromanbietern bei ca. 20 bis 43 ct/kWh zzgl. Grundpreis.

Wirtschaftlichkeit und Kosten

Kleinwindanlagen sind in diversen Preisklassen erhältlich. Anfangs waren sie noch recht teuer, inzwischen sind günstige „Einsteiger-Anlagen“ mit ca. 500 W Nennleistung schon ab etwa 600 € erhältlich. Die Preise für „professionelle“ Kleinwindanlagen bewegen sich zwischen 2.000 € bis über 10.000 € je kW Nennleistung und sind damit häufig mindestens doppelt so teuer wie die so genannte „große Windkraft“. (Bundesverband WindEnergie)

Die durchschnittlichen Stromerzeugungskosten schwanken zwischen 18,9 und 32 Cent je Kilowattstunde bei einer 10 kW-Anlage. (Liersch, BWE 2011)

Der Ertrag steigt mit der Höhe des Mastes.

Es empfiehlt sich, Windmessungen selbst genau am Standort in der Höhe vorzunehmen (entsprechende Messgeräte sind für etwa 300 € im Elektrofachhandel erhältlich). Je häufiger und länger gemessen wird, umso realistischer ist der ermittelte Durchschnittswert (Jahreszeiten bedenken).

Eine Kleinwindenergieanlage mit 5 kW Nennleistung, 5 Meter Rotordurchmesser und 10 Meter Nabenhöhe erwirtschaftet bei ungünstigeren Verhältnissen 2.500 kWh pro Jahr. Unter besseren Bedingungen 4.000 kWh, bei einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 5,5 m/s fast 6.000 kWh. (BWE Marktübersicht spezial Kleinwindanlagen)

Weitere Faktoren, die die Wirtschaftlichkeit beeinflussen, sind neben dem Anschaffungspreis die Genehmigungskosten, Montagekosten, Hausanschlusskosten und Wartungsaufwand. Ein wirtschaftlicher Betrieb ist erfahrungsgemäß nur möglich, wenn es keine öffentliche Stromversorgung gibt.



Abb. 25 und 26: Bernd Felgentreff



Hemmnisse

Als Hemmnis kann u. a. das Baurecht wirken, das nicht bundes einheitlich geregelt ist. Von manchen Kommunen werden Gutachten, z. B. Fledermausgutachten und Schallgutachten gefordert, die kostenintensiv sind. Mit Kleinwindenergieanlagen sind viele Bauämter noch nicht so häufig befasst.

Die Strombezugskosten sind höher als die Vergütungssätze laut EEG. Daher sollte zunächst der erzeugte Strom selbst genutzt werden. Allerdings ist der Strombedarf in Privathaushalten nachts nur gering. Laut Studie vom Bundesverband WindEnergie (BWE) müsste der Strom aus Kleinwindanlagen bis 5 kW mit 25 ct/kWh vergütet werden, um Kleinwindanlagen kostendeckend betreiben zu können.

Bei Nabenhöhen zwischen 5 m und 20 m herrschen häufig geringe Windgeschwindigkeiten und Gefahr von hohen Turbulenzen.

Der Markt der Kleinwindanlagen ist unübersichtlich. Es gibt zudem keine einheitlichen Qualitätsstandards.

Oftmals erwecken die Leistungsangaben der Hersteller falsche Erwartungen. Die Nennleistung gilt für bestimmte Windgeschwindigkeiten, die oft zu hoch gewählt sind. Für die meisten Anlagen bis 5 kW sind Leistungen bei Geschwindigkeiten von 3 bis 5 m/s interessant.

Schwierig ist zudem die Standortsuche. Anlagen auf dem Dach können Vibrationen auf das Dach bzw. das Gebäude übertragen. Ein Schattenwurf kann sich bei geringer Entfernung störend auf Wohnbebauung auswirken.

Aus Gründen der Planungssicherheit ist die Einholung einer Baugenehmigung vorteilhaft.

Musterbeispiele

Windenergieanlage in Leipzig

Daten	Standort:	04205 Leipzig, Mittelstraße 13a (Abb. 25, 26)
	Betreiber:	Bernd Felgentreff
	Baujahr:	2011
Kenndaten	Maximalleistung in Watt:	1 kW _{nenn}
	Leistung in Watt:	1 kW
	Gesamthöhe:	2,6 m
	Nabennöhe:	coaxial, senkrechte Nabe
	Blatthöhe:	2,6 m
	Rotordurchmesser:	1,2 m
	Rotorfläche:	3,2 m ²
	Ausrichtung:	360°, windrichtungsunabhängig
	Blattanzahl:	6
	Hersteller:	G u. K
	Windnachführung / Sturmabschaltung:	nicht erforderlich
	Stromgenerator:	G u. K
	Wechselrichtergröße:	1.100 W
	Gittermast oder Mast mit Abspannung:	nicht erforderlich
	Drehzahl:	90/min
Wirtschaftlichkeits- betrachtung	Stromerzeugung (tatsächlich):	noch offen
	Stromerzeugung (prognostiziert)/a:	1.000 – 4.000 kW/a
	Investitionssumme (gesamt):	6.500 € bei Inbetriebnahme
	Förderungen:	–
	Förderungshöhe:	–
	Investitionssumme abzüglich Förderungen:	6.500 €
	spez. Investitionskosten:	6.500 €/kW _{nenn}
	Vergütung:	nicht erforderlich, da lediglich Eigenversorgung
	garantierte Vergütung bis:	nicht erforderlich, da lediglich Eigenversorgung
Amortisationsdauer:	11 Jahre aus jetziger Sicht	
Sonstiges	Genehmigungen:	keine
	benötigte Versicherungen:	Gebäude
	Besonderheiten der WKA-Anlage:	keine Schlagschatten, kaum Geräusche
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	keine	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine	

Zwei Windenergieanlagen in Fürstenwalde

Daten	Standort:	Fürstenwalde, Scheune (Abb. 27)	
	Betreiber:	Werner Tittel	
		Heyde 3.5	Heyde 5.0
		Netzeinspeisung	Heizungsunterstützung
	Baujahr:	2008	2011
Kenndaten	Maximalleistung in Watt:	3,5 kW _{nenn}	5 kW _{nenn}
	Leistung in Watt:	3,5 kW	5 kW
	Gesamthöhe:	ca. 12m	ca. 13,5 m
	Nabenhöhe:	ca. 10,25m	ca. 11,30 m
	Blatthöhe:	1,75m	2,2 m
	Rotordurchmesser:	3,5m	4,4 m
	Rotorfläche:	9,62m ²	15,2 m ²
	Ausrichtung:	nachgeführt	nachgeführt
	Blattanzahl:	3 GfK (glasfaserverstärkter Kunststoff)	3 GfK
		Rotorblätter	Rotorblätter
		„stallgeregelt“	„stallgeregelt“
	Hersteller:	Heyde Windtechnik	
	Windnachführung/ Sturmabschaltung:	Windfahne / Helikopterstellung	
	Stromgenerator:	getriebeloser, 3phasiger permanentmagneterregter Synchrongenerator	
	Wechselrichtergröße:	3.800 W	nur Heizung für Trinkwasservorrat
	Gittermast oder Mast mit Abspannung:	Eigenbau, Rohrmast	
	Drehzahl:	400/min	335/min
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	Stromerzeugung (tatsächlich):	3.800 kWh/a	nur Heizung, kein Zähler
	Stromerzeugung (prognostiziert)/a:	3.600 kWh/a	
	Investitionssumme (gesamt):	9.000 €	11.000 €
	Förderungen:	-	
	Förderungshöhe:	-	
	Investitionssumme abzüglich Förderungen:	9.000 €	
	spez. Investitionskosten:	2.571 €/kW _{nenn}	2.200 €/kW _{nenn}
	Vergütung:	21 ct/kWh (Eigenversorgung)	-
	garantierte Vergütung bis:	-	-
	Amortisationsdauer:	11,3 Jahre	
Sonstiges	benötigte Versicherungen:	Gebäudeversicherung	
	Besonderheiten der WKA-Anlage: (saisonale Einhausung)	Lage im Vogelschutzgebiet	
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Rotorblattschaden durch äußere Einwirkung		
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	Gutachten über die Verträglichkeit von Vögeln und Fledermäusen wären erforderlich gewesen (geschätzte Kosten etwa 4.000 €). Der Betreiber hat ersatzweise in der Zeit von April bis Oktober die Anlagen „eingehaust“ (s. Bild)		



Abb. 27: Werner Tittel

Weiterführende Informationen

- Agentur für Erneuerbare Energien, Berlin
<http://www.unendlich-viel-energie.de/>
- Bundesnetzagentur
<http://www.bundesnetzagentur.de>
- Bundesverband Kleinwindanlagen
<http://www.bundesverband-kleinwindanlagen.de/>
- BWE –Bundesverband WindEnergie e.V.
<http://www.wind-energie.de/>
- BWE-Marktübersicht, Jahrbuch der Windenergie 2011:
Technik, Service & Märkte
BEW-Marktübersicht spezial
- BINE Informationsdienst
<http://www.bine.info>
- dena Deutsche Energie-Agentur, Berlin
<http://www.dena.de/>
- Deutscher Wetterdienst
<http://www.dwd.de>
- Heyde Windtechnik
<http://www.heyde-windtechnik.de/frames.htm>
- Internationales Wirtschaftsforum Regenerative
Energien (IWR)
<http://www.iwr.de/>

3.4 Wasserkraftanlagen

Stand der Technik

Wasserkraftanlagen wandeln die Bewegungsenergie von strömendem Wasser, wie beispielsweise eines Flusses oder eines höher gelegenen Stausees, mittels einer Turbine in Rotationsenergie um. Über einen nachgeschalteten Generator wird diese Bewegungsenergie in elektrische Energie umgewandelt. Es existieren auch Anwendungen, in denen die mechanische Energie unmittelbar genutzt wird. Als Beispiel ist hier die Wassermühle zu nennen. Der Vorteil moderner Kleinstwasserkraftanlagen liegt hinsichtlich der ökologischen Nebenwirkungen darin, dass sie häufig ohne Aufstau des Gewässers auskommen und bei geeigneten Fischabweisungsvorrichtungen vergleichsweise fischfreundlich arbeiten. Bei Auslaufwasserkraftanlagen sind Staumaßnahmen erforderlich und wegen der „Bypass-Situation“ („Mühlgraben“) kommt es hinsichtlich der Fischaufstiegshilfen und des ökologischen Mindestwasserabflusses im eigentlichen Bachbett häufig in der Praxis zu Konflikten. Gleichwohl soll auch hier der Vollständigkeit halber eine größere Bandbreite technischer Lösungsmöglichkeiten vorgestellt werden. Grundlegend lassen sich Wasserkraftanlagen nach folgenden Gesichtspunkten klassifizieren:

Technische Gesichtspunkte	Laufwasserkraftwerke (Flusskraftwerk) Speicherkraftwerk Pumpspeicherkraftwerk Gezeitenkraftwerk
Fallhöhe	Niederdruckanlagen (Fallhöhe < 15m) Mitteldruckanlagen (Fallhöhe = 15m bis 50m) Hochdruckanlagen (Fallhöhe > 50m)
Installierte Leistung	Kleinstwasserkraftanlagen (< 100 kW) Kleinwasserkraftanlagen (< 1 MW) Mittelgroße Wasserkraftanlagen (< 100 MW) Großwasserkraftanlagen (> 100 MW)

Klassifizierung Wasserkraftanlagen [GIE 1998]

Die theoretische Leistung „P“ [kW], welche dem Wasser entzogen werden kann, berechnet sich gemäß der nachfolgenden Formel. Die Variable „ρ“ steht für die Dichte des Wassers [kg/m³], „g“ ist die Erdbeschleunigung [9,81 m/s²], „H“ ist die Fallhöhe [m] und „V“ ist der Wasservolumenstrom [m³/s]. Die Dichte und die Erdbeschleunigung können vereinfacht als konstant angenommen werden.

$$P = \rho \cdot g \cdot H \cdot V$$

Betrachtet man Kleinstwasserkraftanlagen mit einer Obergrenze bis maximal 20 kW, liegt die Fallhöhe in dem Bereich von 1 bis 5 m und die Durchflussmenge häufig zwischen 0,05 bis 2 m³/s. Kleinstwasserkraftwerke für geringere Durchflussmengen sind vergleichsweise selten. Für die Berechnung der Leistung einer Wasserkraftanlage muss noch der Turbinenwirkungsgrad mit berücksichtigt werden, da nicht die gesamte Energie eines Wasserflusses in Strom umgewandelt werden kann. Der Wirkungsgrad einer Wasserkraftturbine liegt etwa zwischen 60 und 95 %.

Neben der Durchströmturbine als geschlossene Bauform für Kleinstwasserkraftanlagen außerhalb von Gewässern und traditionellen Mühl- und Wasserrädern kommen auch verschiedene Neuentwicklungen bei niedrigem Durchfluss und geringem Gefälle zum Einsatz. Diese zeichnen sich durch eine leichte Wartung sowie durch eine Unempfindlichkeit gegenüber Verstopfungen aus. Nachfolgend werden einige Kleinstwasserkraftanlagen näher beschrieben.

Smart Hydro Power (Abb. 28)

Bei der Turbine von Smart Hydro Power handelt es sich um eine Technologie, die speziell für die Anwendung in Flüssen entworfen wurde. Die Turbine schwimmt an der Oberfläche des Flusses und wird durch einen Ankerpunkt, der am Flussboden befestigt ist, in Position gehalten. Ab einer Strömungsgeschwindigkeit des Wassers von 2,75 m/s erreicht eine solche Turbine mit Generator



Abb. 28: Turbine des Smart Hydro Power Mikrowasserkraftwerks [SHP 2011]



Abb. 29: Aufbau eines Wasserwirbelkraftwerkes [ZOT 2011]

ihre Nominalleistung von 5 kW, ihr Optimum läge bei einer Gewässertiefe von mindestens 1,8 m und einer Flussbreite von 3,5 m [SHP 2011].

Wasserkraftschnecke

Wasserkraftschnecken sind in einfacher Bauweise ausgeführt, robust und ermöglichen eine gute Treibgutabfuhr. Aufgrund der geringen Drehzahl ist diese Form der Kleinstwasserkraftanlagen relativ fischfreundlich. Neben der Anwendung in Bächen und Flüssen werden diese Schnecken auch in Kläranlagen bzw. im Bereich Abwasser eingesetzt. Durch einfache bauliche Aufwendungen weist diese Anlage einen geringen Verschleiß an der Schnecke auf. Diese Technologie ist für Durchflussmengen von 0,01 bis 8 m³/s, sowie Fallhöhen von 1 bis 8 m geeignet. Der Wirkungsgrad liegt zwischen 85 und 90 %.

Wasserwirbelkraftwerk (Abb. 29)

In einem Wasserwirbelkraftwerk strömt das Wasser tangential in ein kreisrundes Becken ein und fließt durch einen zentrisch

angeordneten Abfluss am Beckenboden wieder aus. Die kinetische Energie aus dem Wasserwirbel wird über eine Turbine mit nachgeschaltetem Generator in elektrische Energie umgewandelt. Aufgrund der relativ geringen Drehzahl von 35 min⁻¹ kann eine Gefährdung für Fische weitgehend ausgeschlossen werden. Im äußeren langsamen Strömungsbereich des Gravitationswirbels können Fische und andere Kleinlebewesen durch Aufstiegskanäle im Boden des Rotationsbeckens den Wirbel sowohl flussaufwärts, als auch flussabwärts überwinden. Kleines bis mittleres Schwemmgut kann die Anlage ungehindert durchströmen.

Dadurch eignet sich diese Technologie auch für den Einsatz in sandigem Wasser oder aggressiven Medien (Abwässer). Das Wasserwirbelkraftwerk ist für Fallhöhen von 0,5 bis 2 m bei Durchflussmengen von 0,5 bis 20 m³/s geeignet. Der Leistungsbereich liegt zwischen 0,5 bis 160 kW [ZOT 2011].

Tragbare Wasserturbinen

Im Bereich der dezentralen Stromerzeugung werden Kleinstwasserkraftanlagen auch als tragbare Turbinen angeboten. Der Leistungsbereich der dargestellten Turbine beträgt je nach Ausführung zwischen 15 bis maximal 1.100 W. Der Wirkungsgrad beträgt maximal 65 %. Um einen hohen Nutzungsgrad zu erreichen oder kurzzeitige Spitzen abzudecken, empfiehlt es sich, die Turbine in Kombination mit einem Batteriespeicher zu betreiben. Bei diesem Modell handelt es sich um eine Pelton-turbine (Abb. 30). Anwendungsgebiete sind vorwiegend Regionen ohne öffentliches Versorgungsnetz, wie bspw. Berghütten, Wochenend- und Ferienhäuser, Datenmessstationen sowie Einsatzbereiche in Entwicklungsländern [LTG 2011].



Abb. 30: Aufbau einer tragbaren Pelton-Turbine, Werkfoto Lingenhölle Technologie [LTG 2011]

Förderung

Wasserkraftanlagen werden derzeit nur durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Die Höhe der Förderung für Kleinstwasserkraftanlagen < 500 kWel beläuft sich gemäß dem EEG 2012 auf 12,7 ct/kWh. Der Vergütungszeitraum ist auf 20 Jahre begrenzt. Die jährliche Degression beträgt 1 % [EEG 2012]. Zudem gewährt die KfW-Bank zinsgünstige Kredite für den Bau von Wasserkraftanlagen.

Aktuelle Informationen zu bestehenden Förderprogrammen finden sich im Internet unter www.saena.de unter der Rubrik „Förderung“.

Darüber hinaus können nach Ziff. 2.1.2 der derzeit gültigen Förderrichtlinie Gewässer/Hochwasserschutz – FRGH/ 2007 „Baumaßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit von Fließgewässern, insbesondere Rückbau vorhandenen Querverbauungen, Errichtung naturnaher oder technischer Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlagen sowie Vorrichtungen zur Gewährleistung der Gewässerdurchgängigkeit an Anlagen des technischen Hochwasserschutzes“ gefördert werden. Diese Maßnahmen sind eine wesentliche Voraussetzung für die Umweltverträglichkeit der Anlagen, der Genehmigungsfähigkeit und der Akzeptanz in der Bevölkerung.

Wirtschaftlichkeit

Nachfolgend ist die Erlössituation für eine 24-kWel-Francisturbine kalkulatorisch dargestellt (Abb. 31). Die Preise sind dem Musterbeispiel der Wasserkraftanlage in Miltitz, Triebischtal entliehen. Für die Kapitalkosten wurden ein Zinssatz von 4,25 % und eine Abschreibungsdauer von 20 Jahren angenommen. Weiter wurde angenommen, dass die Auslastung der Anlage bei einer Fallhöhe von 5,1 m und einem Volumenstrom von 600 l/s durchschnittlich 65 % beträgt.

Ossberger-Turbine 20 kW _{el}	
Gesamtinvestition (Turbine, Peripherie und Installation)	91.000 €
Kapitalkosten	6.845 €/a
verbrauchsgebundene Kosten	700 €/a
betriebsgebundene Kosten	2.100 €/a
sonstige Kosten	1.400 €/a
Gesamtkosten	12.135 €/a
Erlöse nach EEG 2012	16.045 €/a
theoretischer Gesamterlös	4.998 €/a

Abb. 31: Wirtschaftlichkeit einer Francisturbine

Aus dieser Berechnung ergeben sich spez. Investitionskosten von ca. 3.333 €/kW (Abb. 32). Unter den gesetzten Rahmenbedingungen, wie der EEG-Vergütung, dem Kalkulationszinssatz sowie der Nutzungsdauer hat sich die Investition nach ca. 10 Jahren amortisiert. Für Wasserkraftanlagen mit einer Leistung über 20 kW wird ab 2013 eine Wasserentnahmeabgabe erhoben. Die Wirtschaftlichkeit einer Wasserkraftanlage ist stark von den Randbedingungen wie z. B. dem Standort sowie der Turbine abhängig. Daher sollte auch hier vor der Investition geprüft werden, ob ein wirtschaftlicher Betrieb realisierbar ist.

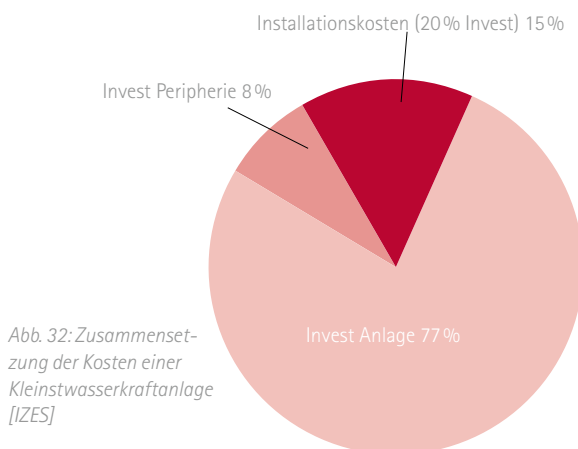


Abb. 32: Zusammensetzung der Kosten einer Kleinstwasserkraftanlage [IZES]

Zielgruppen

Direkt

- Privatpersonen
- Kleinfirmen
- Landwirte
- Gemeinden
- Klär- und Wehranlagenbetreiber

Indirekt

- Installationsfirmen
- Investoren
- Planer

Handlungsempfehlungen

Beim Bau einer Neuanlage oder bei Änderungen an einer bestehenden Anlage sind Planfeststellungsverfahren, Umweltverträglichkeitsprüfungen, Ökologische Gutachten und Auflagen (z. B. Fischaufstieg, ökologischer Mindestwasserabfluss) zu beachten. Des Weiteren sind u. a. das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und das Sächsische Wassergesetz (Sächs. WG) einzuhalten.

Bevor ein Kleinstwasserkraftwerk realisiert wird, muss zunächst ein entsprechendes Genehmigungsverfahren durchlaufen und eine wasserrechtliche Erlaubnis eingeholt werden. Nach Erteilung der Genehmigung beginnt die Ausschreibungs- und Bauphase. Hierzu sollten von mehreren potenziellen Anbietern Angebote eingeholt werden. Des Weiteren muss der Auftraggeber entscheiden, ob das Projekt von einem Generalunternehmen oder den einzelnen Gewerken entsprechend von mehreren Auftragnehmern bearbeitet wird. Bei Kleinstwasserkraftanlagen empfiehlt es sich, eventuell alle Arbeiten von einem Generalunternehmen durchführen zu lassen und die Anlage als schlüsselfertiges Objekt zu übernehmen [WKA 2009].



Abb. 33 und 34: Alexander Bartsch

Hemmnisse

Neben hohen Investitionen sind im Bereich der Kleinstwasserkraftanlagen vor allem umfangreiche Verwaltungsverfahren entsprechend der Gesetzeslage zu nennen. Der Neubau oder die Erweiterung von Wasserkraftanlagen stellen meist Eingriffe in die Natur oder Landschaft dar, mit dem Erfordernis einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) etc. Weiterhin sind Fachgesetze wie Wasser-, Naturschutz- und Fischereigesetze zu beachten. Danach ist eine differenzierte Abwägung zwischen den Belangen des Klima-, Natur-, Gewässer- und Tierschutzes erforderlich. Anforderungen aus der Wasserrahmenrichtlinie und der Flora-Fauna-Habitat Richtlinie sind ebenfalls zu berücksichtigen. Wasserkraftnutzung befindet sich immer auch im Spannungsfeld zwischen Gewässerökologie, Naturschutz, Fischerei und wirtschaftlichen sowie energiepolitischen Interessen. Diese aufwendigen Verwaltungsverfahren sind oft kosten- und zeitintensiv. Aufgrund der vergleichsweise hohen Konfliktrichtigkeit ist das Wasserkraftnutzungspotenzial für neue Standorte in Sachsen mit den bisher üblichen Techniken im Wesentlichen ausgeschöpft. Bei einer Wiederinbetriebnahme oder bei Retrofitmaßnahmen an bestehenden Anlagen entfällt eine UVP [VBEW 2011] [BMU 1997].



Weiterführende Informationen

- BMU 1997: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Umweltverträglichkeit kleiner Wasserkraftwerke - Zielkonflikt zwischen Klima- und Gewässerschutz
- EEG 2012: Erneuerbare Energien Gesetz
- GIE 1998: J. Giesck, E. Mosonyl: Wasserkraftanlagen, 2. Auflage Springer-Verlag
- LTG 2011: Lingenhölle Technologie GmbH
- OSS 2011: Ossberger GmbH, <http://www.ossberger.de/cms/hydro/ossberger-turbine/>
- RIT 2011: Ritz Atro, <http://www.ritz-atro.de/2006/index.html>
- SEO 2012: SEO S.A. - Société Electrique de l'our; <http://www.seo.lu>
- SHP 2011: Smart-Hydro-Power
- VAW 2011: Vorlesungsunterlagen Wasserbau II, ETH Zürich
- VBEW 2011: Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
- WKA 2009: J. Giesecke, E. Mosonyi, S. Heimerl: Wasserkraftanlagen, 5. Auflage: Planung, Bau und Betrieb;
- ZOT 2011: ZOTLOETERER, <http://www.zotloeterer.com>

Musterbeispiele

Wasserkraftanlage in Miltitz, Triebischtal

Daten	Standort:	Miltitz, Triebischtal (Abb. 33, 34)
	Betreiber:	Alexander Bartsch
	Baujahr:	2007
Kenndaten	Leistung:	24 kW
	Turbinenart:	Francisturbine
	Wasserkrafttyp:	Ausleitungskraftwerk
	Fördermedium:	Flußwasser
	Wirkungsgrad:	80 %
	Betriebsstunden:	5.700 h/a
	Fallhöhe:	5,1 m
	Wassergeschwindigkeit:	0,5 m/s
	Wasserdurchflussmenge:	600 l/s
	Topographie:	Mittellauf
Betriebsweise:	Netzparallelbetrieb	
Wirtschaftlichkeits- betrachtung	Stromeinspeisung (prognostiziert):	60.000 kWh/a
	Stromeinspeisung (tatsächlich):	100.000 kWh/a
	Investitionssumme:	80.000 €
	spez. Investitionskosten:	3.333 €/kW
	Betriebskosten:	800 €/a
	Vergütung (EEG 2007):	9,76 ct/kWh
	garantierte Vergütung bis:	nicht klar
	Amortisationsdauer:	16 Jahre
Förderungen beantragt:	nein	
Sonstiges	Fischtreppe:	ja
	weitere Umweltschutzmaßnahmen:	keine
	erforderliche Genehmigungen:	ja, Wassergenehmigung
	benötigte Versicherungen:	ja, aber keine Angaben
	Besonderheiten der Wasserkraftanlage:	läuft nur nachts und an freien Tagen, da sonst die 1. Anlage läuft, Rechen mit Rechenreiniger und Stabweite ≤ 20 mm
geplante Änderungen an der Wasserkraftanlage:	Beratungsbedarf	
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Die theoretische Leistung ist mit 24 kW max. elektr. geplant worden, es können aber nur 17,4 kWel geleistet werden, da hier eine gebrauchte Turbine an die vorliegende Wasserkraftanlage angepasst wurde. Im Praxistest wurde festgestellt, dass das Strömungsverhalten gestört und die Geometrie des Laufrades nicht optimal ist.	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	Gutachten zur Bestimmung der Restwassermenge und der Strömungsgeschwindigkeit an dem Fischpass wurden durchgeführt. Nachträgliche Änderungen zugunsten einer Lockströmung am Auslauf der Fischtreppe.	

Wasserkraftanlage in Rankweil (A)

Daten	Standort:	Rankweil (A) (Abb. 35)
	Betreiber:	Landeskrankenhaus (LKH) Rankweil
	Baujahr:	Oktober 2010
Kenndaten	Leistung:	4,25 kW
	Turbinenart:	Peltonkleinturbine (PICO 1000sonder)
	Wasserkrafttyp:	Laufwasserkraftwerk
	Fördermedium:	Regen-, Brauch- bzw. Kühlwasser
	Wirkungsgrad:	ges. 92 %
	Betriebsstunden:	24 h/t
	Fallhöhe:	37 m
	Wassergeschwindigkeit:	-
	Wasserdurchflussmenge:	5 l/s
	Topographie:	-
	Betriebsweise:	Netzparallelbetrieb
Wirtschaftlichkeits- betrachtung	Stromeinspeisung (prognostiziert):	37.230 kWh/a
	Stromeinspeisung (tatsächlich):	-
	Investitionssumme:	8.790 €
	spez. Investitionskosten:	2.068 €/kW
	Betriebskosten:	-
	Vergütung (EEG 2007):	-
	garantierte Vergütung bis:	-
	Amortisationsdauer:	ca. 10 Jahre
	Förderung beantragt:	LKH Rankweil beantragte eine Förderung bei Land Vorarlberg
	Förderprogramm:	-
Förderungshöhe:	in Österreich bis zu 30%	
Sonstiges	Fischtreppe:	-
	weitere Umweltschutzmaßnahmen:	keine, die Anlage steht im Keller des Krankenhauses
	erforderliche Genehmigungen:	ja, Wassergenehmigung
	benötigte Versicherungen:	-
	Besonderheiten der Wasserkraftanlage:	erzeugt Strom für das Krankenhaus
geplante Änderungen an der Wasserkraftanlage:		keine
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Keine Probleme mit der Anlage, im Gegenteil: es wurde mehr Leistung erreicht, als angeboten wurde.	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine Angaben	



Abb. 35: Tobias Stengele

Wasserkraftanlage in Obergrafendorf (A)

Daten	Standort:	Obergrafendorf (A) (Abb. 36)
	Betreiber:	Dipl.-Ing. Franz Zotlöterer
	Baujahr:	2005
Kenndaten	Leistung:	8,3 kW
	Turbinenart:	Zotlöterer-Turbine
	Wasserkrafttyp:	Laufwasserkraftwerk
	Fördermedium:	Flusswasser
	Wirkungsgrad:	62,5 %
	Betriebsstunden:	6.000 h/a
	Fallhöhe:	1,5 m
	Wassergeschwindigkeit:	~ 0,4 m/s
	Wasserdurchflussmenge:	900 l/s
	Topographie:	Mühlbach
	Betriebsweise:	Netzparallelbetrieb
Wirtschaftlichkeits- betrachtung	Stromeinspeisung (prognostiziert):	43.000 bis 65.000 kWh/a
	Stromeinspeisung (tatsächlich):	51.000 kWh/a
	Investitionssumme:	75.000 €
	spez. Investitionskosten:	7.229 €/kW
	Betriebskosten:	480 €/a
	Nebenkosten:	370 €/a
	Vergütung (EEG 2007):	12,8 ct/kWh
	garantierte Vergütung bis:	-
	Amortisationsdauer:	14 Jahre
	Förderung beantragt:	ja
	Förderprogramm:	Landesförderung
	Förderungshöhe:	15.000 €
	Investitionssumme (abzgl. Förderung):	60.000 €
Sonstiges	Fischtreppe:	nicht notwendig
	weitere Umweltschutzmaßnahmen:	fischfreundlich
	erforderliche Genehmigungen:	ja, wasserrechtliche Genehmigung
	benötigte Versicherungen:	abgeschlossen
	Besonderheiten der Wasserkraftanlage:	fischfreundlich, fischdurchgängig, kein Druck bzw. Niederdruckturbinensystem
	geplante Änderungen an der Wasserkraftanlage:	keine
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Bisher gab es keine Probleme mit der Anlage.	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine	



Abb. 36: Franz Zotlöterer

Wasserkraftanlage in Hammelburg, Diebach

Daten	Standort:	Hammelburg, Diebach (Abb. 37)
	Betreiber:	Otmar Huppmann
	Baujahr:	1991
Kenndaten	Leistung:	max. 7 kW
	Turbinenart:	Wasserkraftschnecke
	Wasserkrafttyp:	Ausleitungskraftwerk (Niederdruckwasserkraftwerk)
	Fördermedium:	Flusswasser
	Fluss:	Fränkische Saale
	Gesamt-Wirkungsgrad:	67 - 70 %
	Betriebsstunden:	6.500 h/a
	Fallhöhe:	1,4m /1m - brutto/netto
	Wassergeschwindigkeit:	1 - 2 m/s
	Wasserdurchflussmenge:	1.040 l/s
	Betriebsweise:	Netzparallelbetrieb
Wirtschaftlichkeits- betrachtung	Stromeinspeisung (prognostiziert):	41.000 kWh/a
	Stromeinspeisung (tatsächlich):	40.000 kWh/a
	Investitionssumme:	ca. 17.900 €
	spez. Investitionskosten:	2.560 €/kW
	Betriebskosten:	100 €/a
	Nebenkosten:	-
	Vergütung (EEG):	9,67 ct/kWh; seit Mitte 2011: 11,67 ct/kWh
	garantierte Vergütung bis:	2031
	Amortisationsdauer:	10 - 15 Jahre
	Förderung beantragt:	nein
	Förderprogramm:	-
	Förderungshöhe:	-
	Investitionssumme (abzgl. Förderung):	-
Sonstiges	Fischtreppe:	ja
	weitere Umweltschutzmaßnahmen:	Vergrößerung und Inselbildung im Abfluss, Ruhemöglichkeit für Fische
	erforderliche Genehmigungen:	Betriebsgenehmigung für Wasserkraftanlagen (Landratsamt Bad Kissingen)
	benötigte Versicherungen:	abgeschlossen: Unfall-, Haftpflichtversicherung
	Besonderheiten der Wasserkraftanlage:	fischfreundlich, Versuchsanlage für Wälzlager am unteren Ende mit Wasserdurchlauf
	geplante Änderungen an der Wasserkraftanlage:	keine
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Bisher gab es keine Probleme mit der Anlage.	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine	



Abb. 37: Otmar Huppmann

3.5 Exkurs: Wärme aus Holz

Verbrennung von Holz

Während der Trocknungsphase bei ca. 100-150°C erhitzt und verdampft das im Holz gebundene Wasser und das Material trocknet bis auf 0 % (Abb. 38). Mit ansteigenden Temperaturen (ab 150-550°C) beginnt die Pyrolyse, in der die flüchtigen Holzbestandteile entgasen. In dieser Phase sollte ausreichend Sauerstoff vorhanden sein (Zugabe Primärluft). Ab 250°C laufen die Entgasungs- und Brenn-Prozesse selbstständig ab, ein Stopp oder eine Umkehr des Prozesses ist ab jetzt nicht mehr möglich. Während der Pyrolyse verliert der Brennstoff 85 % seiner Masse, 15 % bleiben als „Holzkohle“ übrig. Bei weiter steigenden Temperaturen entgast in der Entgasungsphase aus der Holzkohle bei etwa 500-1.000 °C der vorhandene Kohlenstoff. Während dieses Prozessschrittes werden ca. 70 % des Holz-Heizwertes freigesetzt. Die entstandenen „Holzgase“ sind brennbar und reagieren in der sich anschließenden Phase der Oxidation (ab 600-1.300°C) mit Sauerstoff zu Wärme. In dieser Verbrennungsphase muss ein weiteres Mal Sauerstoff (Sekundärluft) hinzugegeben werden. Als „Produkt“ der Verbrennung bleiben Asche und heißes Abgas übrig [Kaltschmitt et al 2009].



Abb. 40: Holzpellets [IZES]



Abb. 39: Holzstapel zur Lagerung und Trocknung [Neff]

gehalten < 20 % möglich. Buchen-, Fichten- und Kiefernzscheite trocknen – bei richtiger Lagerung – schon innerhalb eines Jahres auf Wassergehalte <20 % [LWF 2009]. Bisher werden Scheithölzer überwiegend in Einzelraumfeuerungen im kleinen Leistungsbereich (<15kW) verbrannt.

Holzpellets (Abb. 40)

Holzpellets bestehen aus naturbelassenen, trockenen Resthölzern (meist Säge-, Hobelspäne) und werden ohne Bindemittel unter hohem Druck und hoher Temperatur zu Pellets verpresst. Diese unterliegen den strengen Qualitätsnormen der Produktnorm EN14961- 2:2011, die neben dem Durchmesser und der Länge, auch Asche- und Wassergehalte sowie einen festen Heizwert definiert (Abb. 41). Die homogene Qualität bildet die Grundlage für einen Einsatz in vollautomatischen Heizungsanlagen [FNR 2011].

Brennstoffe

Scheitholz (Abb. 39)

Über Jahrhunderte hinweg war Scheitholz der klassische Holz-brennstoff. Hierbei handelt es sich meist um schwaches Stamm- und Astholz minderer Qualität aus dem Wald. Frisches Waldholz hat einen Wassergehalt von 50 – 60 %. Eine effiziente, emissions- arme Verbrennung ist hingegen nur mit Brennholz mit Wasser-

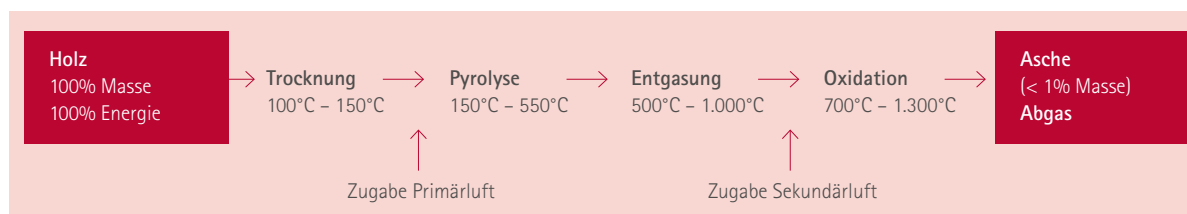


Abb. 38: Verbrennungsprozess von Holz [IZES]

Parameter	Einheit	EN A1	EN A2
Durchmesser	mm	6 (± 1) oder 8 (± 1) ¹⁾	6 (± 1) oder 8 (± 1) ¹⁾
Länge	mm	$3,15 \leq L \leq 40$ ²⁾	$3,15 \leq L \leq 40$ ²⁾
Schüttdichte	kg/m ³	≤ 600	≤ 600
Heizwert	MJ/kg	$16,5 \leq Q \leq 19$	$16,5 \leq Q \leq 19$
Wassergehalt	Ma. -%	≤ 10	≤ 10
Feinanteil	Ma. -%	≤ 1 ⁴⁾	≤ 1 ⁴⁾
mechanische Festigkeit	Ma. -%	$\leq 97,5$ ⁵⁾	$\leq 97,5$ ⁵⁾
Aschegehalt	Ma. -% ³⁾	$\leq 0,7$	$\leq 1,5$
Ascheerweichungstemperatur	°C	≤ 1200	≤ 1100

Abb. 41: Tabelle mit Qualitätsnormen

Holzhackschnitzel

Holzhackschnitzel sind maschinell zerkleinerte Hölzer. Neben Waldresthölzern wie Ästen und Kronenmaterial, können auch Sägebrennprodukte, Landschaftspflegematerial und Holz aus Kurzumtriebsplantagen verwendet werden. Qualität und Lagerfähigkeit der Hackschnitzel werden stark vom Wasser- und Rindenanteil beeinflusst. Haupteinsatzgebiet sind größere Heizanlagen und Heizkraftwerke. Auch für Holzhackschnitzel gelten die europäischen Produktnormen der EN 14961.

Feuerungstechnik

Holzfeuerungskessel werden nach einsetzbaren Brennstoffen, nach Art der Beschickung und Entaschung, nach der Art der Wärmeübergabe, sowie nach Einzelfeuerung und Zentralheizung unterschieden (Abb. 42).

Weiterführende Informationen

- FNR – Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V. (2010): Pelletheizungen Marktübersicht; 6. Auflage Mai 2010, Gülzow.
- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoff e.V. (2011): Heizen mit Holz – Technik, Brennstoffe, Förderung. – Faltblatt. März 2011, Gülzow.
- Hahn, J., (<http://www.lwf.bayern.de/waldbewirtschaftung/holz-logistik/energie-aus-holz/scheitholz/34785/index.php>)
- Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. & Hofbauer, H. (Hrsg.) (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Auflage Springer-Verlag Heidelberg.
- LWF – Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2009): Scheitholz – Produktion, Lagerung, Kennzahlen. – Merkblatt 20, November 2009, Freising.
- Neff, A. (2006): Präsentation: Grundlagen zur thermischen Nutzung von Holz
- Weitere Informationen finden sich beim Bundesverband BioEnergie e.V. im Internet unter www.bioenergie.de

	Einzelfeuerung	Zentralheizung
Leistung	4 - 15 kW (40 kW)	ab 4 kW
Brennstoffe	Scheitholz, Pellets, (z. T. Hackschnitzel)	Hackschnitzel, Pellets, (z. T. Scheitholz)
Beschickung	hpts. händisch	hpts. vollautomatisch
Wärmeübergabe	Wärme wird direkt an die Umgebung abgegeben	Wärmetauscher (Medium Wasser) Pufferspeicher (20 l pro kW Leistung)
Entaschung	hpts. händisch	hpts. vollautomatisch

Abb. 42: Tabellarische Betrachtung von Einzelfeuerung und Zentralheizung.

3.6 Herstellung von Holzhackschnitzeln

Herstellung

Holzhackschnitzel werden durch verschiedene Hackersysteme hergestellt. Grundsätzlich können mobile von stationären Hackern unterschieden werden. Das folgende Bild zeigt einen Aufbauhacker zur Verarbeitung von Strauchschnitt (Abb. 44).

Je nach verwendeter Hackertechnik fallen die Hackschnitzel in unterschiedlichen Partikelgrößen an. In unterer Tabelle sind die verschiedenen Größenklassen nach der europäischen Norm EN 14961-1:2011 aufgeführt (Abb. 43).

Grün- und Strauchschnitt kann oft nur in Größe P63 angeboten werden. Dies hat begrenzende Auswirkungen auf die Wahl der verwendeten Heizungs- und Zuführsysteme. Hingegen ist der Trocknungserfolg der natürlichen Trocknung in dieser Größenklasse vergleichsweise günstig.

Neben der Größe der Holzhackschnitzel sind der Wassergehalt, die Schüttdichte, der Aschegehalt, Fremdstoffe, sowie der N- und der Cl- Gehalt wichtige Parameter für die Qualität des Brennstoffes.

Klasse	Hauptfraktion (< 75% der Masse) mm	Feinanteil (> 3,15 mm) in % der Masse	Grobanteil (max. Länge [mm]; Querschnitt)
P16A	3,15 ≤ ρ ≤ 16	12 %	≤ 3% > 16 alle < 31,5; 1 cm ²
P16B	3,15 ≤ ρ ≤ 16	12 %	≤ 3% > 45 alle < 120; 1 cm ²
P45A	8 ≤ ρ ≤ 45	8 %	≤ 6% > 63, ≤ 3% > 100, alle < 120; 5 cm ²
P45B	8 ≤ ρ ≤ 45	8 %	≤ 3% > 16, alle < 31,5; 1 cm ²
P63	8 ≤ ρ ≤ 63	6 %	≤ 3% > 16, alle < 31,5; 1 cm ²
P100	16 ≤ ρ ≤ 100	4 %	≤ 3% > 16, alle < 31,5; 1 cm ²

Abb. 43: Einteilung von Holzhackschnitzeln nach EN 14931-1:2010 [FNR 2010]



Abb. 44: Hacken von Grünschnitt [IZES]

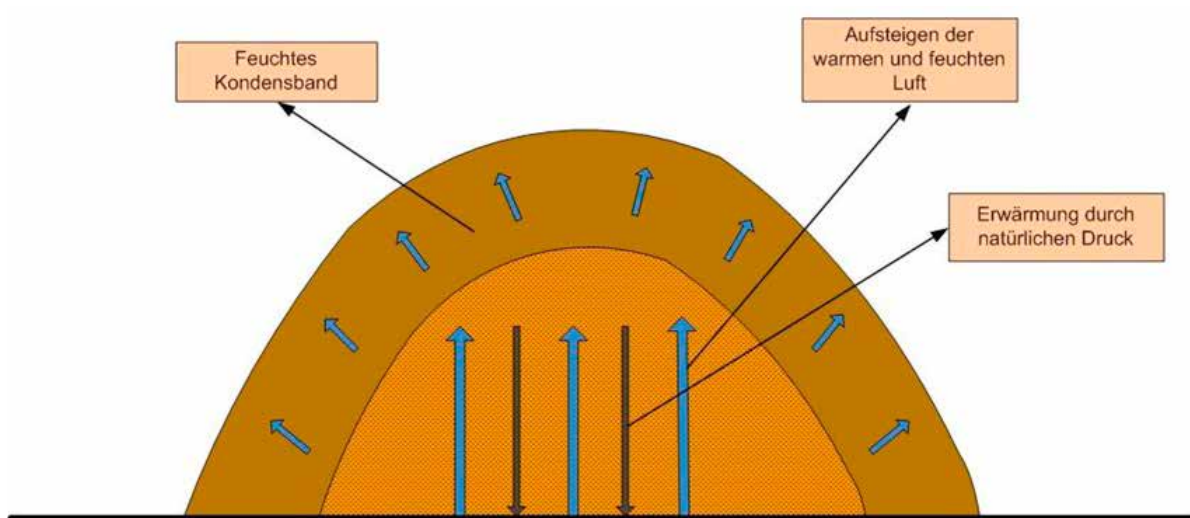


Abb. 45: Schema der natürlichen Holz Trocknung bei einem Holzhackschnittelhaufen [IZES]

Holz Trocknung

Zur Definition der Trockenheit des Holzes sind zwei Maße gebräuchlich (Schardt 2006). Der Wassergehalt „w“ bezeichnet das Verhältnis des Gewichtes vom im Holz enthaltenen Wasser zu dem des nassen Holzes. Die Holzfeuchtigkeit „u“ wird ermittelt aus dem Gewicht des im Holz enthaltenen Wassers und dem des vollkommen getrockneten Holzes.

Bei der Holz Trocknung wird die natürliche und künstliche Trocknung unterschieden.



Abb. 46: Kondensationsband in einem HHS-Haufen [Zimmermann u. Wern 2004]

Natürliche Holz Trocknung

Für die natürliche Trocknung von Holzhackschnittel werden diese in „Hackschnittelhaufen“ möglichst unter Dach oder mit Vlies gelagert. Die Abbildung 45 zeigt die Vorgänge, die während der Trocknung in einem solchen Holzhaufen ablaufen. Durch biologische Vorgänge und Druck erwärmen sich die Hackschnittel, teilweise auf Temperaturen bis zu 80°C. Die feuchte und warme Luft steigt auf (Konvektion), kondensiert teilweise am Rand des Hackschnittelhaufens und tritt letztendlich ins Freie. Am Rand des Haufens bildet sich ein feuchtes Kondensationsband (Abb. 46), welches im Fortschritt des Trocknungsprozesses weiter nach außen wandert. Je kälter die Außenluft, desto besser ist der Trocknungserfolg, da die im Holzhaufen erwärmte (feuchte) Luft dann besser aufsteigen kann.

Die Ergebnisse der natürlichen Trocknung sind zufriedenstellend, wenn größere Holzhackschnittelpartikel (P 45) zum Einsatz kommen, da hier eine Durchlüftung besser gewährleistet ist. Der Haufen darf während des Trocknungsprozesses nicht gewendet werden. Es ist jedoch zusätzlich möglich – wie im Dombelüftungsverfahren – mit unten und mittig angebrachten Drainageröhren bzw. Schloten eine bessere Luftzufuhr zu gewährleisten.



Abb. 47: Trommelrockner [Fa. S u. Ü]



Abb. 48: Schubwendetrockner [B. Wern]

Künstliche Holz Trocknung

Die künstliche Trocknung bietet einige Vorteile hinsichtlich des Trocknungserfolges und der Vermeidung von Schimmelbildung. Zudem ist der Erfolg der Trocknung unabhängiger von der Partikelgröße als bei der natürlichen Trocknung. Nachteile sind die Anschaffungs- sowie die Betriebskosten, hier vor allem die Energiekosten. Grundsätzlich können drei gängige Arten von Trockner unterschieden werden:

- Bandrockner
- Trommelrockner (Abb. 47)
- Schubwendetrockner (Abb. 48)

Bandrockner eignen sich für kleine Schüttgüter mit geringem Durchmesser. Schubwendetrockner und Trommelrockner können Holzhackschnitzel mit größeren Durchmessern trocknen. Der Trocknungserfolg hängt von der Luftzu- und -abfuhr, der Lufttemperatur, der Schütthöhe und der Dauer der Trocknung ab.

Weiterführende Informationen

- FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2010): Marktübersicht Holzhackschnitzel- Heizungen. 3., aktualisierte Auflage, Mai 2010, Gülzow.
- Neff, A. (2007): Aufbereitung von Holzhackschnitzeln zur energetischen Verwertung – unter besonderer Berücksichtigung der Qualitätsparameter. Dissertation, Göttingen
- Schardt, M. (2006): Das Problem mit der „Holzfeuchte und dem Wassergehalt“. LWF aktuell 54/2006, München
- Zimmermann, E. u. Wern, B. (2004): Machbarkeitsstudie und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verschiedener Trocknungsvarianten für Holzhackschnitzel in einem rheinland-pfälzischen Sägewerk. Abschlussbericht, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt.

3.7 Holzpelletanlagen

Stand der Technik

Grundsätzlich gibt es drei Arten von Pelletkesseln – die Pelletöfen, die Pellet-Zentralheizungen und die Pellet-Brenneraufsätze. Pelletöfen werden direkt im Wohnraum aufgestellt und dienen der Beheizung einzelner Räume oder des kompletten Gebäudes. Pellet-Zentralheizungen stehen im Heizungskeller und dienen neben der Beheizung des Gebäudes auch der Bereitstellung des warmen Wassers. Pellet-Brenneraufsätze sind Anbaugeräte, die zum Einsatz kommen, wenn ein noch intakter Öl- oder Gaskessel auf Pellets umgestellt werden soll. Der alte Kessel kann somit weiterhin genutzt werden. Neben Kesseln, die für einen ausschließlichen Betrieb mit Pellets ausgelegt sind, werden auch Kombikessel angeboten, die neben Pellets auch für Stückholz geeignet sind.

Im Gegensatz zu Scheitholz- oder Hackschnitzelheizungen kann die Pelletheizung auch problemlos ohne einen Pufferspeicher betrieben werden, da durch den trockenen, rieselfähigen und kleinstückigen Brennstoff ein gutes Teillastverhalten ohne wesentliche Einbußen der Verbrennungsqualität erreicht wird. Trotzdem sind Pufferspeicher für die Reduzierung der Startvorgänge und dadurch eine Verbesserung des Wirkungsgrades und der Emissionswerte vorteilhaft [FNR 2010].

Bei Pellets handelt es sich um zylindrische Presslinge, die entsprechend der europäischen Produktnorm EN14961-2:2011 einen Durchmesser von 4 bis 10 mm, eine Länge von 20 bis 50 mm, einen Wassergehalt < 10 % und einen Aschegehalt von < 0,7 % aufweisen [FNR 2010]. Durch diese Brennstoffnormierung und der dadurch erreichten Brennstoffhomogenität können Schwankungen in der Verbrennung minimiert, Emissionen (z. B. Feinstaub) reduziert und die Wirkungsgrade des Kessels auf über 90 % erhöht werden. Im Folgenden wird näher auf die Ausführung als Zentralheizung eingegangen.

Pelletzentralheizungen werden, bezogen auf die Brennstoffversorgung, in halbautomatische und automatische Anlagen unterschieden. Automatische Anlagen stellen den Brennstoff mittels Förderschnecke oder Saugaustragung der Heizan-

lage kontinuierlich bzw. bedarfsgerecht zur Verfügung. Dadurch entfällt ein händisches Befüllen und der Betrieb des Kessels kann auch in Abwesenheit sichergestellt werden. Weiterhin unterscheiden sich die Kessel in puncto Zündung in Anlagen mit automatischer bzw. manueller Zündung. Automatische Zündvorrichtungen sind z. B. Heißluftgebläse oder Elektroheizstäbe [BIZ 2002]. Für automatisch beschickte Pelletkessel existieren spezielle Verbrennungssysteme. Diese werden unterschieden in Unterschub-, Quereinschub- und Abwurfffeuerungen.

Unterschubfeuerungen (Abb. 49)

Bei Unterschubfeuerungen erfolgt der Brennstoffeintrag mittels Förderschnecke von unten in die Feuermulde, die Retorte. Ein Teil der Verbrennungsluft wird ebenfalls bereits in die Retorte eingeblasen. Das entstehende Brenngas wird zusammen mit der Sekundärluft in der Nachbrennkammer vollständig verbrannt. Feuerraum und Nachbrennkammer sind auf die genormte Brennstoffqualität, insbesondere an den Wassergehalt, angepasst [FNR 2007].



Abb. 49: Schnittbild der Pelletheizung KWB Easyfire mit Unterschubfeuerung [KWB 2011]



Abb. 50: Beispiel des Pelletkessels Biotech Pellets PZ 25 RL mit Abwurfffeuerung und Brennstoffvorratsbehälter [BEG 2011]

Quereinschubfeuerungen

Bei dieser Bauart wird der Brennstoff überwiegend mit Schnecken von der Seite in den Feuerraum eingebracht. Die Verbrennung der Pellets findet auf einem starren Rost oder in einer Brennmulde statt. Ab einer Feuerungswärmeleistung > 100 kW kommen auch bewegte Vorschubroste zum Einsatz. Ein Teil der Verbrennungsluft wird als Primärluft durch den Rost (wenn vorhanden) oder bei einer Brennmulde durch Luftdüsen im Seitenbereich eingeblasen. Neben der Funktion als Verbrennungsluft dient sie gleichzeitig auch als Kühlung für Rost bzw. Brennmulde, wodurch Schlackeanbackung und Überhitzungen vermindert werden können. Die Sekundärluft wird oberhalb des Rostes bzw. vor Eintritt in die Nachbrennkammer zugeführt, hier findet nun die Verbrennung der Holzgase statt. Die anfallende Asche wird entweder manuell über einen Aschekasten entsorgt oder mittels einer Schnecke in einen zusätzlichen Behälter ausgetragen. In Abhängigkeit der eingesetzten Technik beträgt die Nennwärmeleistung zwischen 4 und 800 kW [FNR 2007].

Abwurfffeuerungen (Abb. 50)

Die mit einer Förderschnecke zugeführten Pellets fallen über einen Abwurfschacht von oben auf das Glutbett, welches sich in einer Schale (Schalenbrenner) befindet. Durch den Schieberost wird die anfallende Aschemenge automatisch (z. B. alle 16 h) in den darunter liegenden Sammelbehälter abgeworfen [Kaltschmitt et al, 2009].

Fördermöglichkeiten

Das BAFA fördert den Einsatz von Pelletkessel im Gebäudebestand (Stand: 15.08.2012). Im Neubau werden Pelletkessel nur gefördert, wenn sie zur Bereitstellung von Prozesswärme installiert wurden. Es wird eine Basisförderung für automatisch beschickte Anlagen (mit einer Leistungs- und Feuerungsregelung sowie einer automatischen Zündung) mit einer installierten Nennwärmeleistung zwischen 5 und 100 kW geleistet. Der Zuschuss beträgt 36 € je kW installierter Nennwärmeleistung. Der Zuschuss beträgt mindestens bei:

- Pelletöfen mit Wassertasche: 1.400 €
- Pelletkesseln: 2.400 €
- Pelletkesseln mit Pufferspeicher von mind. 30 l pro kW: 2.900 €

Die Förderung kann durch die Installation einer Solaranlage (Kombinationsbonus, 500 €/Anlage), bei Unterschreitung der nach Energieeinsparverordnung 2009 zulässigen Transmissionswärmeverluste oder -transferkoeffizienten um 30 % im Wohngebäude (Effizienzbonus, 0,5 x Basisförderung) oder durch Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und/oder zur Abgasminderung (Innovationsförderung, 750 €/Maßnahme) erhöht werden.

Desweiteren können beispielsweise über das KfW-Programm Erneuerbare Energien oder das sächsische Energiespardarlehen zinsgünstige Kredite in Anspruch genommen werden. Hier ist zu überprüfen inwieweit verschiedene Förderungen kombinierbar sind.

Aktuelle Informationen zu bestehenden Förderprogrammen finden sich im Internet unter www.saena.de unter der Rubrik „Förderung“.

Wirtschaftlichkeit

Für die Kapitalkosten wurde ein Zinssatz von 4,25 % angenommen. Die Abschreibungsdauer der Pelletheizung beträgt 18 Jahre. Aus dieser Berechnung heraus ergeben sich für eine Pelletheizung inkl. Peripherie Investitionskosten von ca. 1.000 €/kW.

Unter den vorgegebenen Randbedingungen, wie den Brennstoffkosten, dem Kalkulationszinssatz, sowie der Nutzungsdauer ergeben sich Wärmegestehungskosten bei der Ölheizung von 14 ct/kWh gegenüber der Pelletheizung von 12,63 ct/kWh (Abb. 52).

Die Kostenverteilung einer Holzpelletanlage verdeutlicht Abb. 51.

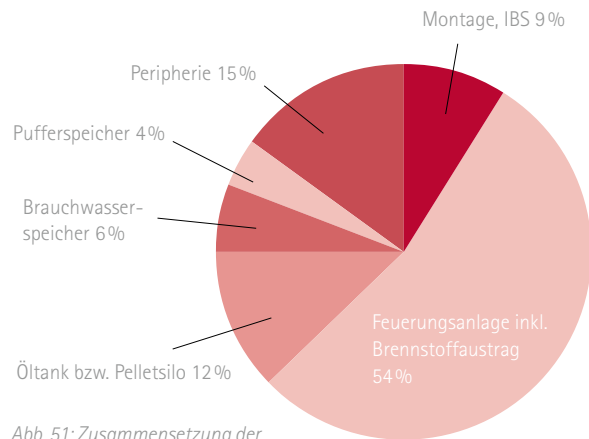


Abb. 51: Zusammensetzung der Kosten einer Holzpelletanlage [IZES]

	Holzpelletheizung	Ölheizung
Gesamtinvestition (Anlagentechnik und Gebäude)	16.700 €	8.600 €
Kapitalkosten	1.200 €/a	650 €/a
verbrauchsgebundene Kosten	1.500 €/a	2.660 €/a
betriebsgebundene Kosten	550 €/a	200 €/a
sonstige Kosten	40 €/a	20 €/a
Gesamtkosten	3.200 €/a	3.570 €/a
Kosten Wärmebereitstellung	12,63 Cent/kWh	14,00 Cent/kWh

Abb. 52: Vergleich der Wirtschaftlichkeit einer 15 kW-Holzpelletheizung mit einer 15 kW-Ölheizung

Zielgruppen

Indirekt

- Installationsfirmen
- Planer
- Gebäudeenergieberater
- Brennstofflieferanten

Direkt

- Hauseigentümer
- Gewerbetreibende
- Land- und Forstwirte
- Schulen



Abb. 53: APPEL+BOHNE.ARCHITEKTEN.BDA

Rechtliche Rahmenbedingungen

Beim Aufstellen und Betrieb einer Feststofffeuerungsanlage, wie einem Pelletkessel, sind die Regelungen der Länder-Feuerungsverordnung (FeuV) sowie des Bundesimmissionsschutzgesetzes mit seiner Verordnung (z. B. 1. BImSchV) zu beachten.

Die 1. BImSchV reglementiert den maximalen Ausstoß von Staub und CO im laufenden Kesselbetrieb. Die aktuellen Grenzwerte sind beim Einsatz von Holzpellets 0,8 g CO pro m³ Abgas und 0,06 g/m³ Staub. Diese Werte werden ab dem 01.01.2015 auf 0,4 g/m³ CO und 0,02 g/m³ Staub verschärft.

Hemmnisse

In vielen Fällen führen die hohen spezifischen Investitionskosten einer Pelletheizung dazu, dass die Entscheidung zugunsten einer vergleichsweise günstigeren Ölheizung fällt, obwohl die Gesamtwirtschaftlichkeit einer Pelletheizung aufgrund der geringeren Brennstoffpreise wesentlich besser ist. Ein weiterer Negativaspekt, der parallel einen Großteil der betriebsgebundenen Kosten ausmacht, ist der Aufwand für Wartung, Reinigung und Instandhaltung. Gegenüber einer Ölheizung sind die Kosten hierfür mehr als doppelt so hoch. Zum ordnungsgemäßen Betrieb bzw. zur Abgasabführung muss ein geeigneter Kamin vorhanden sein.

Insgesamt ist in Deutschland ein Ausbau der Pelletnutzung zu registrieren. Im Jahr 2002 waren lediglich 13.000 Pelletheizungen installiert, diese Zahl stieg bis zum Jahr 2010 auf etwa 140.000 Pelletfeuerungen an [DEPI 2011].

Musterbeispiele

Pelletanlage in Leipzig

Daten	Standort:	Leipzig (Abb. 53)
	Betreiber:	Wohnungseigentümergeinschaft
	Baujahr:	2008
Kenndaten der Anlage	Wärmeabnehmer:	Mehrfamilienhaus
	Brennstoff:	Holzpellets
	Brennstoffqualität:	DIN Plus-FireStixx
	max. Wassergehalt:	7,5 – 8 %
	Herkunft des Brennstoffes:	100% Nadelholz
	Lagergröße:	60 m ³ / 16 t
	Lagerraum:	Keller- Lagerraum
	Lagerungsverfahren:	Pelletlager
	Brennstoffversorgung:	Förderschnecke, Saugleitung
Kesselanlage	Leistung des Holzheizkessels:	35-90 kW
	Wirkungsgrad:	93,1 / 93,5 %
	Kesselhersteller:	ETA
	Kesseltyp:	ETA PE K 50
	Einsatz von weiteren Brennstoffen:	-
	Brennstoffmenge (im Jahr):	26 t/a
	Wärmemenge/Jahr:	130 MWh/a
	Anzahl der Kessel:	1
	Größe des Pufferspeichers:	1.000 l
Entsorgung der Asche:	Kompostierung	
Emissionen	Emissionen Kohlenmonoxid (CO):	30 - 46 mg/m ³
	Emissionen Staub:	10 - 15 mg/m ³
	Emissionen Sauerstoff (O ₂):	13 %
Wirtschaftlichkeitsabschätzung	Investitionskosten:	40.000 €
	Förderungen beantragt:	ja
	Förderprogramm:	BAFA
	Förderhöhe:	2.500 €
	weitere finanzielle Förderungen:	nein
	Investitionssumme (abzüglich Förderungen):	37.500 €
	spez. Investitionskosten:	800 €/kW
	Betriebskosten:	10.095 €/a
	Brennstoffkosten:	272 €/t
Personalkosten:	300 €/a	
Wärmegestehungskosten:	12,38 ct/kWh	
Sonstiges	Kombi mit Solarthermie	
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	keine	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	Brandabschnitt, da Pelletlager nicht direkt neben Heizraum gelegen	

Pelletanlage in Altenberg

Daten	Standort:	Altenberg, OT Schellerhau (Abb. 54 a und b)
	Betreiber:	Dietrich Papsch, Vorsitzender Energie-Tisch Altenberg e.V.
	Baujahr:	2004
Kenndaten der Anlage	Wärmeabnehmer:	Einfamilienhaus
	Brennstoff:	Holzpellets
	Brennstoffqualität:	DINPlus-Qualität
	max. Wassergehalt:	12 %
	Herkunft des Brennstoffes:	Waldholz
	Lagergröße:	max. 4 t
	Lagerraum:	Spitzboden über Heizung
	Brennstoffversorgung:	Sauggebläse
Kesselanlage	Leistung des Holzheizkessels:	14,9 kW
	Wirkungsgrad:	90 %
	Kesselhersteller:	Fröling, Österreich
	Kesstyp:	P3
	Einsatz von weiteren Brennstoffen:	ja, Scheitholz möglich
	Feuerungssystem:	Pelletvorschub
	Brennstoffmenge (im Jahr):	ca. 3 t/a
	Wärmemenge/Jahr:	10.000 – 12.000 kWh/a
	Jährliche Betriebsstunden:	ca. 800 h
	Anzahl der Kessel:	1
	spezielle Abgasreinigung:	Elektrofilter
	Ascheanfall:	ca. 10 kg/a
	Entsorgung der Asche:	Kompostierung
Emissionen	Größe des Pufferspeichers:	1.000 l
	Emissionen Kohlenmonoxid (CO):	0,06 g/qm
	Emissionen Staub:	k. A.
Wirtschaftlichkeitsabschätzung	Emissionen Sauerstoff (O2):	k. A.
	Investitionskosten:	12.700 €
	Investitionskosten Puffer:	darin enthalten
	Investitionskosten für bauliche Maßnahmen:	4.000 €
	Investitionssumme (gesamt): :	16.700 €
	Betriebskosten:	jährl. ca. 800 € (incl. Wartung)
	Brennstoffkosten:	210 €/t
	Personalkosten:	-
	Wärmegestehungskosten:	6 ct/kWh (ohne Abschreibung)
	Förderungen beantragt:	ja
Förderprogramm:	BAFA	
Förderungshöhe:	1.500 €	
Sonstiges	100 % Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien (Solarthermie + Pelletanlage)	
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	keine	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine	



Abb. 54 a und b: Dietrich Papsch

Weiterführende Informationen

- BAFA2012: Bundesamt für Wirtschafts und Ausfuhrkontrolle
<http://www.bafa.de>
- BEG 2011: Biotech Energietechnik GmbH
<http://www.biotech-holzpelletsheizung.de/>
- BIZ 2002: Pellet-Zentralheizungen und –Einzelöfen, Marktübersicht; Biomasse Info Zentrum
- DBFZ Deutsches BiomasseForschungsZentrum (2010): Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der Biomassenutzung, DBFZ Report Nr. 4, Leipzig.
http://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_4.pdf
- DEPI Deutsches Pelletinstitut (2011): Entwicklung Pelletheizungen in Deutschland
www.depv.de/startseite/marktdaten/pelletheizungen/
Stand: 21.11.2011.
- FNR 2007: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen; 2. Vollständig überarbeitete Auflage März 2007; Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V.
- FNR 2010: Pelletheizungen Marktübersicht; 6. Auflage Mai 2010; Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V.
- Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. & Hofbauer, H. (Hrsg.) (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Auflage Springer-Verlag Heidelberg
- KWB 2011: KWB Deutschland - Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH
<http://www.kwbheizung.de>.
- Weitere Informationen finden sich beim Bundesverband BioEnergie e.V. im Internet unter www.bioenergie.de



3.8 Scheitholzanlagen

Stand der Technik

Scheitholzkessel gibt es als Einzel- und Zentralheizungen. Diese können weiter unterschieden werden in verschiedene Leistungsklassen, unterschiedliche Beschickungs- und Entschickungsformen sowie die Art der Wärmeübergabe. Die technischen Alternativen sind vielfältig. Der Wirkungsgrad moderner Scheitholzkessel liegt bei ca. 90 %, wobei der Haupteinsatzbereich im Leistungsbereich < 50 kW mit handbeschickten Einzelraumfeuerungen liegt.

Die Verbrennung des Scheitholzes erfolgt nach dem Prinzip des „unteren Abbrandes“. Dabei werden die Flammen und die heißen Abgase nach unten (Sturzbrand, Brennkammer unten, Abb. 55) oder zur Seite (Unterbrand, Brennkammer seitlich) abgeführt. Der Vorteil darin ist, dass so ausschließlich die unterste Schicht des Brennstoffes verbrennt und damit die Grundlage einer emissionsarmen Verbrennung und hoher Brennstoffausnutzung bietet.

Die Brennstoffaufgabe erfolgt von oben in einen Füllschacht. Die Verbrennung bzw. die Vergasung geschieht im unteren Teil des Füllschachts. Die vollständige Oxidierung des Brenngases erfolgt unter Zugabe von Sekundärluft in der Nachbrennkammer. In einem nachgeschalteten Wärmeübertrager wird die Wärme des Rauchgases an das Wärmeträgerfluid übergeben [FNR 2007].

Fördermöglichkeiten

Reine Scheitholzvergaserkessel erhalten keine Förderung aus dem Marktanreizprogramm der BAFA (Stand: 15.08.2012). Eine Ausnahme bilden besonders emissionsarme Scheitholzvergaserkessel (5 kW bis 100 kW) mit einem Pufferspeicher von mindestens 55 Liter pro kW und (staubförmigen) Emissionen von max. 15 mg/m³. Sie erhalten pauschal eine Förderung von 1.400 €. Zusätzlich ist es möglich, sowohl den Kombinations-, als auch den Effizienzbonus in Anspruch zu nehmen.

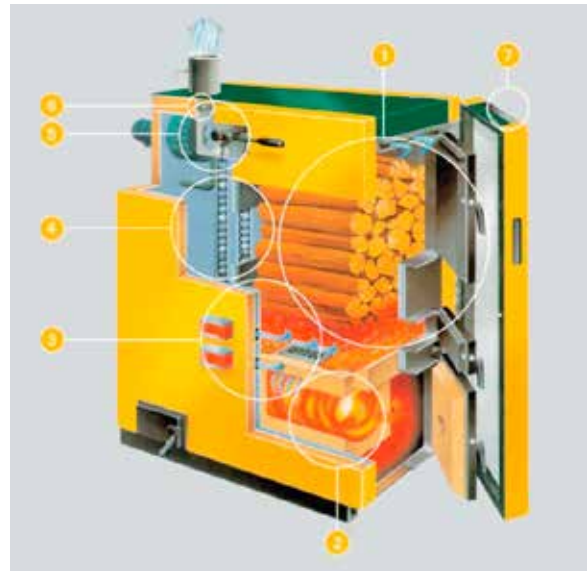


Abb. 55: Schnittbild Stückholzheizung KWB Classicfire [KWB 2011]

Kombikessel, die Scheitholz zusammen mit Pellets und Hack-schnitzeln verbrennen, sind ebenfalls fördermittelfähig und werden wie Pelletkessel gefördert.

Die Förderung der KfW (Programme „Energieeffizient Sanieren“ oder „Energieeffizient Bauen“) kann ebenfalls in Anspruch genommen werden, falls ein Haus durch den Einbau einer Holzheizung den Standard „KfW-Haus“ erreicht.

Zusätzlich unterstützt die Sächsische AufbauBank (SAB) mit dem Sächsischen Energiespardarlehen investive Maßnahmen zur energetischen Nutzung von Biomasse, vorausgesetzt eine energetische Bewertung der Heizungsanlage liegt vor. Aktuelle Informationen zu bestehenden Förderprogrammen finden sich im Internet unter www.saena.de unter der Rubrik „Förderung“.

Wirtschaftlichkeit

Für die Kapitalkosten wurde ein Zinssatz von 4,25 % angenommen. Die Abschreibungsdauer des Scheitholzkessels beträgt 18 Jahre. Aus dieser Berechnung heraus ergeben sich spezifische Investitionskosten von ca. 800 €/kW (inkl. Peripherie) (Abb. 56). Unter den vorgegebenen Randbedingungen, wie den Brennstoffkosten, dem Kalkulationszinssatz, sowie der Nutzungsdauer ergeben sich Wärmege- stehungskosten von 13,80 ct/kWh bei der Ölheizung gegenüber 10,60 ct/kWh beim Scheitholzkessel (Abb. 57).

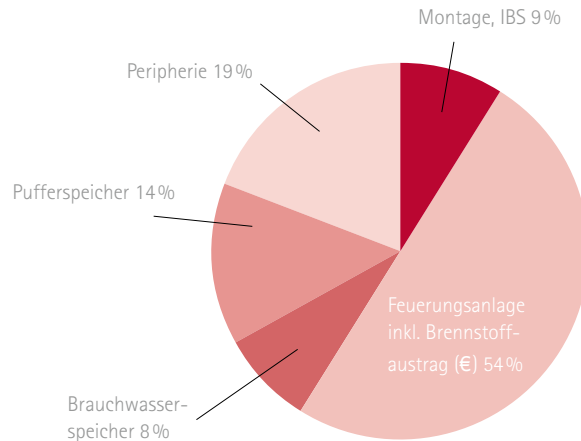


Abb. 56: Aufteilung der Kosten eines Stückholzkessel [IZES]

	Scheitholz	Öl
Gesamtinvestition	13.000 €	8.600 €
Kapitalkosten	980 €/a	650 €/a
verbrauchsgebundene Kosten	1.350 €/a	2.750 €/a
betriebsgebundene Kosten	360 €/a	200 €/a
sonstige Kosten	30 €/a	20 €/a
Gesamtkosten	2.580 €/a	3.620 €/a
Kosten Wärmebereitstellung	10,60 Cent/kWh	13,80 Cent/kWh

Abb. 57: Vergleich der Wirtschaftlichkeit eines 15 kW Scheitholz- und Ölkessels

Zielgruppen

Indirekt

- Installationsfirmen
- Planer
- Gebäudeenergieberater
- Brennstofflieferanten

Direkt

- Eigentümer von Einfamilienhäuser
- Eigentümer von Mehrfamilienhäuser
- landwirtschaftliche Betriebe
- Holzverarbeitende Betriebe

Rechtliche Rahmenbedingungen

Beim Aufstellen einer Feststofffeuerungsanlage, wie einem Stückholzkessel, ist die jeweilige Länder-Feuerungsverordnung (FeuV) und die 1. Bundesimmissionschutzverordnung (1. BImSchV) zu beachten. Für den Brennstoff Scheitholz in einem Heizkessel bis 500 kW gelten die in der unteren Tabelle aufgeführten Emissionsgrenzwerte (Abb. 58). Diese Werte werden vom Schornsteinfeger alle zwei Jahre im laufenden Kesselbetrieb überprüft.

Inbetriebnahme		CO ₂ [g/m ³]	Staub [g/m ³]
Anlagenbetrieb	ab 22.03.2010	1,0	0,10
	ab 01.01.2015	0,4	0,02

Abb. 58: Emissionsgrenzwerte Stückholzkessel



Abb. 59: Stadtverwaltung Oederan



Abb. 60: Schönfelder GmbH, Sehmatal-Sehma

Handlungsempfehlungen

Wenn ein Scheitholzessel angeschafft wird, sollte die Planung, um etwaigen Folgeschäden und Mängeln vorzubeugen, bereits im Vorfeld ein entsprechender Fachplaner oder Fachingenieur übernehmen. Sobald die Leistung des Heizsystems eine gewisse Größe überschreitet und an mehreren Gewerken Arbeiten durchzuführen sind, sollte ein Ingenieurbüro hinzugezogen werden, das die entsprechende Ausschreibung übernimmt und überwacht.

Bei der Auslegung eines Scheitholzvergaserkessels sollte eine zentrale gegenüber einer dezentralen Nutzung bevorzugt werden. Bei der dezentralen Aufstellung des Scheitholzvergaserkessels werden nur der Aufstellungsort sowie angrenzende Räume beheizt. Erfolgt die Aufstellung des Scheitholzvergaserkessels zentral, zum Beispiel im Keller, wird das gesamte Gebäude beheizt und zusätzlich erfolgt eine Warmwasserbereitstellung über die Anlage.

Hemmnisse

Ein Scheitholzessel ist im Vergleich zu einer Öl- oder Gasheizung in der Anschaffung teurer. Zudem wird diese Art der Biomasseverbrennung nur teilweise gefördert (vgl. Ausführungen oben). Die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Scheitholzessels ist allerdings aufgrund der geringeren Brennstoffpreise besser als die einer Öl- oder Gasheizung.

Des Weiteren muss ausreichend Platz und Zeit für die Brennstofflagerung bereitgehalten werden. Erst nach etwa zwei Jahren trockener Lagerung können die für eine effiziente und emissionsarme Verbrennung benötigten <20 % Wassergehalt bei Scheitholz erzielt werden.

Weiterführende Informationen


- BAFA 2012: Bundesamt für Wirtschafts und Ausfuhrkontrolle <http://www.bafa.de>
- FNR 2007: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen; 2. Vollständig überarbeitete Auflage März 2007; Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V.
- KWB 2011: KWB - Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH; <http://www.kwb-easyfire.at/>
- Weitere Informationen finden sich beim Bundesverband BioEnergie e.V. im Internet unter www.bioenergie.de

Musterbeispiele

Scheitholzvergaseranlage Elterlein

Daten	Standort:	Elterlein (Abb. 60)
	Betreiber:	Privatperson
	Baujahr:	2008
Kenndaten der Anlage	Wärmeabnehmer:	3 – 4 Familienhaus
	Brennstoff:	Scheitholz, Restholz, Bauholz alt
	Brennstoffqualität:	1 m Scheitholz und Rollenholz bis 10 cm
	max. Wassergehalt:	20 %
	Herkunft des Brennstoffes:	Waldholz, Baumpflegeholz
	Lagergröße:	40 m ³
	Lagerraum:	Außenlager, Schuppen
	Lagerungsverfahren:	Stapel, Haufen
	Brennstoffversorgung:	per Hand
Kesselanlage	Leistung des Holzheizkessels:	25 – 35 kW
	Wirkungsgrad:	90 %
	Kesselhersteller:	Heizmann
	Kesstyp:	HS 25 P.I.I.S.
	Einsatz von weiteren Brennstoffen:	nein
	Feuerungssystem:	Holzvergaser
	Brennstoffmenge (im Jahr):	35 SRm/a
	Wärmemenge/Jahr:	60 MWh/a
	jährliche Betriebsstunden:	1.500 h/a
	Anzahl der Kessel:	1
	spezielle Abgasreinigung:	nein
	Ascheanfall:	1 %
	Verwertung/Entsorgung der Asche:	Dünger
Emissionen	Emissionen Kohlenmonoxid (CO):	30 mg/m ³
	Emissionen Staub:	10 mg/m ³
	Emissionen Sauerstoff (O ₂):	7,5 %
	Größe des Pufferspeichers:	4.000 l
	Spitzenlast-/Redundanz-Kessel:	nein
Wirtschaftlichkeitsabschätzung	Investitionskosten:	24.000 €
	Förderungen beantragt:	ja
	Förderprogramm:	BAFA
	Förderhöhe:	1.125 €
	weitere finanzielle Förderungen:	–
	Investitionssumme (abzüglich Förderungen):	22.875 €
	spez. Investitionskosten:	654 €/kW _{max}
	Betriebskosten:	85 €/a
	Brennstoffkosten:	ohne Angabe
	Personalkosten:	ohne Angabe
Wärmegestehungskosten:	12,38 ct/kWh	
Sonstiges	Füllschachthinhalt 380 l	
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	keine	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine	

Scheitholzvergaseranlage Oederan

Daten	Standort:	Oederan (Abb. 59)	
	Betreiber:	Stadtverwaltung Oederan	
	Baujahr:	1998	
Kenndaten der Anlage 	Wärmeabnehmer:	Wohnheim, Betreutes Wohnen	
	Brennstoff:	Holzsplit	
	Brennstoffqualität:	30 bis max. 50 cm	
	max. Wassergehalt:	Einjahrestrocknung	
	Herkunft des Brennstoffes:	aus der Park- und Straßenbaumpflege, ggf. Waldholz	
	Lagergröße:	72 m ³ , 29 t	
	Lagerraum:	ehemaliges Kohlelager	
	Lagerungsverfahren:	Stapel, Haufen	
	Brennstoffversorgung:	per Hand	
	Kesselanlage	Leistung des Holzheizkessels:	80 kW
		Wirkungsgrad:	89 %
Kesselhersteller:		HDG Bavaria	
Kesseltyp:		-	
Einsatz von weiteren Brennstoffen:		nein	
Feuerungssystem:		Holzvergaser	
Brennstoffmenge (im Jahr):		22 Rm/a	
Wärmemenge/Jahr:		35 MWh/a	
jährliche Betriebsstunden:		2.190 h/a	
Anzahl der Kessel:		1	
spezielle Abgasreinigung:		keine	
Ascheanfall:		1 %	
Verwertung/Entsorgung der Asche:		Restmüll	
Emissionen	Emissionen Kohlenmonoxid (CO):	300 mg/m ³	
	Emissionen Staub:	60 mg/m ³	
	Emissionen Sauerstoff (O ₂):	15 %	
	Größe des Pufferspeichers:	1.500 l	
	Spitzenlast-/Redundanz-Kessel:	Gaskessel	
	Brennstoff:	Erdgas	
	Brennstoffmenge:	246 MWh/a	
	Leistung des Redundanz-Kessels:	49 kW	
	Wirkungsgrad:	94 %	
	Wirtschaftlichkeitsabschätzung	Investitionskosten:	25.000 €
Förderungen beantragt:		nein	
Investitionssumme (abzüglich Förderungen):		25.000 €	
spez. Investitionskosten:		312 €/kW _{max}	
Betriebskosten:		800 €/a	
Brennstoffkosten:		Erdgas: 14.000 €/a	
Personalkosten:		0 €/a	
Wärmegestehungskosten:		nur Erdgas: 0,0569 €/kWh Gesamt: 0,0527 €/kWh (ohne Abschreibung)	
Besonderheiten der Anlage	Ökolog.-soziales Projekt: Durch Einsatz der Holzheizung Einbeziehung der Bewohner, Kostensenkung und CO ₂ -Einsparung, Anteil Holzheizung könnte gesteigert werden		
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Verschmutzung des daneben stehenden Gaskessels, daher zweimalige Reinigung im Jahr		
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine		

3.9 Holzhackschnitzelanlagen

Stand der Technik

Holz als Brennstoff wird in Deutschland immer beliebter. Mittlerweile versorgt sich nahezu jeder 3. Haushalt mit Holzbrennstoffen. Zum Einsatz kommen neben dem traditionellen Scheitholz auch immer mehr Holzpellets oder Holzhackschnitzel, wobei Hackschnitzel ihr Haupteinsatzfeld in größeren Anlagen, z. B. in Mehrfamilienhäusern oder Schulen, haben.

Zur Verfeuerung von Hackgut und Rinde im Leistungsbereich < 15 MW kommen hauptsächlich Unterschubfeuerungen und Rostfeuerungen unterschiedlichster Bauart zum Einsatz. Für größere Leistungen (> 15 MW) werden zusätzliche Wirbelschichtfeuerungen verwendet. Unterschub- und Rostfeuerungen können sehr unterschiedlich ausgeführt werden. Die Tabelle in Abbildung 62 gibt einen Überblick über häufig realisierte Bauformen mit den jeweils typischen Leistungsbereichen und einsetzbaren Brennstoffen [Kaltschmitt et al, 2009].

Unterschubfeuerungen (Abb. 61)

Der Brennstoffeintrag erfolgt bei der Unterschubfeuerung über eine Förderschnecke. Die Primärluft wird in das Brennstoffbett eingeblasen. Die in den Rauchgasen enthaltene Wärme wird anschließend mittels Wärmeüberträger an den Heizkreislauf abgegeben.



Abb. 61: Schematische Darstellung einer Unterschubfeuerung [FRÖ 2011]

Unterschubfeuerungen eignen sich besonders für aschearme Brennstoffe, die auf Grund der Schneckenbeschickung eine feinkörnige und gleichmäßige Beschaffenheit aufweisen müssen. Die Verbrennung von Rinde oder halmgutartigen Brennstoffen ist wegen des hohen Aschegehaltes und der potenziellen Schlackebildung problematisch [Kaltschmitt et al, 2009].

Typ	Leistungsbereich	Brennstoffe	Wassergehalt in % Frischmasse
Unterschubfeuerung	10 kW – 2,5 MW	Holzhackschnitzel (max. 1% Asche)	5 – 50
Vorschubfeuerung	150 kW – 60 MW	Alle Holzbrennstoffe	5 – 60
Unterschubfeuerung mit rotierendem Rost	2 MW – 5 MW	Holzhackschnitzel mit hohem Wassergehalt (max. 5% Asche)	40 – 65
Vorofenfeuerung mit Rost	20 kW – 1,5 MW	Trockene Holzhackschnitzel (max. 5% Asche)	5 – 35
Feuerung mit Wurfbeschickung	500 kW – 50 kW	Feines Hackgut	bis 40
Feuerung mit Rotationsgebläse	80 kW – 540 MW	Pellets, Sägemehl, Hackschnitzel	bis 40

Abb. 62: Beispiele automatisch beschickter Hackgutfeuerungen [Kaltschmitt et al, 2009]



Abb. 63: Schematische Darstellung einer Vorschubrostfeuerung [FRÖ 2011]

Vorschubrostfeuerungen (Abb. 63)

Bei einer Vorschubrostfeuerung wird der Brennstoff auf einen horizontalen oder schräg stehenden Vorschubrost aufgebracht. Durch Vor- und Rückwärtsbewegungen der einzelnen Rostelemente wandert der Brennstoff auf dem Schrägrost nach unten und verbrennt dabei. Am Rostenende erfolgt mittels Schnecken- oder Kratzkettenförderer die automatische Entaschung. Neben dem Brennstofftransport erfüllt der Rost auch die Funktion des Schürens und des Umwälzens, wodurch der Brennstoff homogenisiert und der Primärlufteintrag verbessert wird. Je nach Bewegungsrichtung des Brennstoffs und des Brenngases wird zwischen dem Gegen-, Mittel- und Gleichstromprinzip unterschieden. Die Gegenstromfahrweise eignet sich besonders für stark wasserhaltige Brennstoffe, da in der oberen Zone eine ausgeprägte Vortrocknung stattfindet (Kaltschmitt et al, 2009).

Neben den beiden bereits vorgestellten Feuerungssystemen kommen auch folgende Bauweisen zum Einsatz:

- Unterschubfeuerung mit rotierendem Rost
- Vorofenfeuerung
- Feuerung mit Wurfbeschickung
- Feuerung mit Rotationsgebläse

Fördermöglichkeiten

Das Bundesamt für Wirtschafts- und Ausfuhrkontrolle (BAFA) fördert im Rahmen des Marktanzreizprogramms des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit automatisch beschickte Holz hackschnitzelheizungen von 5 – 100 kW installierte Nennwärmeleistung mit Pufferspeicher (min. 30 l/kW) im Gebäudebestand (Stand: 15.08.2012). Die Basisförderung beträgt pauschal 1.400 € je Anlage. Zusätzliche Förderungen können durch die Installation einer Solaranlage (Kombinationsbonus, 500 €/Anlage), bei Unterschreitung der nach Energieeinsparverordnung 2009 zulässigen Transmissionswärmeverluste oder -transferkoeffizienten um 30 % im Wohngebäude (Effizienzbonus; 0,5 x Basisförderung) oder durch Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und /oder zur Abgasminderung (Innovationsförderung, 750 €/Maßnahme) beantragt werden.

Des Weiteren können zinsgünstige Kredite in Anspruch genommen werden, wie bspw. das KfW-Programm Erneuerbare Energien (Standard) oder das sächsische Energiespardarlehen. Hier ist jedoch zu überprüfen, inwieweit verschiedene Förderungen kombinierbar sind.

Aktuelle Informationen zu bestehenden Förderprogrammen finden sich im Internet unter www.saena.de unter der Rubrik „Förderung“.

Wirtschaftlichkeit

Für die Kapitalkosten wurde ein Zinssatz von 4,25 % angenommen. Die Abschreibungsdauer für technische Einrichtungen beträgt 18 Jahre und für bauliche Einrichtungen wie z.B. Brennstoffbunker 50 Jahre. Aus dieser Berechnung heraus ergeben sich für eine Holz hackschnitzelheizung inkl. Peripherie, sowie baulicher Investitionen spez. Investitionskosten von ca. 1.000 €/kW (Abb. 64). Unter den angenommenen Voraussetzungen, wie den Brennstoffkosten, dem Kalkulationszinssatz, sowie der Nutzungsdauer ergeben sich für die Wärmebereitstellung Kosten von 12 ct/kWh bei der Ölheizung gegenüber von 10,24 ct/kWh der Holz hackschnitzelheizung (Abb. 65).

	Holzhackschnitzelheizung	Ölheizung
Gesamtinvestitionen (Anlagentechnik und Gebäude)	70.000 €	26.000 €
Kapitalkosten	5.360 €/a	1.820 €/a
verbrauchsgebundene Kosten	3.300 €/a	10.100 €/a
betriebsgebundene Kosten	2.300 €/a	1.050 €/a
sonstige Kosten	70 €/a	50 €/a
Gesamtkosten	11.100 €/a	13.000 €/a
Kosten Wärmebereitstellung	10,24 Cent/kWh	12,05 Cent/kWh

Abb. 65: Vergleich der Wirtschaftlichkeit einer 70 kW-Holzhackschnitzelheizung mit einer 70 kW-Ölheizung

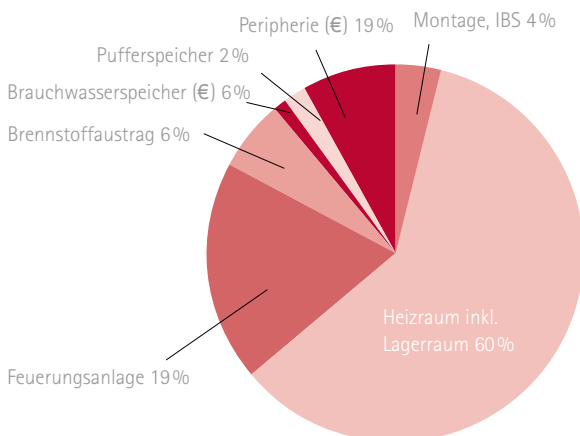


Abb. 64: Zusammensetzung der Kosten einer Holzheizungsanlage [IZES]

Rechtliche Rahmenbedingungen

Beim Aufstellen und Betrieb einer Hackschnitzelfeuerung sind die Länder-Feuerungsverordnung (FeuV) sowie das Bundesimmissionsschutzgesetz mit seinen Verordnungen (z. B. 1. BImSchV) zu beachten. Für Hackschnitzel, die in Heizkesseln bis 500 kW verbrannt werden, gilt: der Staubausstoß pro m³ Abgas darf maximal 1,0 g und für Kohlenmonoxid-Emissionen (CO) maximal 0,1 g betragen. Diese Werte werden ab dem 01.01.2015 für Neukessel auf 0,4 g/m³ Staub und 0,02 g/m³ CO verschärft. Die Abgaswerte werden vom Schornsteinfeger alle zwei Jahre im laufenden Kesselbetrieb überprüft.

Zielgruppen

Direkt

- Eigentümer von Mehrfamilienhäusern
- Schulen, Hochschulen, etc.
- Kommunen
- gewerbliche Betriebe, wie Schreinereien oder Sägewerke

Indirekt

- Installationsfirmen
- Planer
- Gebäudeenergieberater
- Brennstofflieferanten

Handlungsempfehlungen

Die Planung, die Berechnung und die Ausführung einer Holz-hackschnitzelheizung sollte unter Einbeziehung eines Energieberaters oder fachkundigen Ingenieurs erfolgen. Gestellt und beantwortet sollten hierbei u. a. folgende Fragen werden:

- Was sind meine langfristigen Bezugsquellen für die Holz-hackschnitzel?
- Welche Qualitäten haben die Holz-hackschnitzel (Größe, Wassergehalt, Rindenanteil, Belastungen durch z. B. Schwermetalle)?



- Ist die Brennstoffzufuhr in den Kessel an den Brennstoff angepasst (Fördertechnik, Brennstoffbunker, ...)?
- Ist die Kessel- bzw. Feuerungstechnik auf die Qualität des Brennstoffs angepasst? Hat der Kesselanbieter den Brennstoff gesehen und gibt trotzdem eine Garantie auf den Kessel?
- Ist der Kessel am Bedarf orientiert (Vermeidung von Unter- oder Überdimensionierung)?
- Ist eine geeignete Sicherheitstechnik in dem Kessel vorhanden?
- Wie ist die Ascheaustragung gewährleistet? Wird bei verschiedenen Brennstoffen eine Ascheverschlackung verhindert?
- Ist der Kesselwirkungsgrad über 90 %? Steht der Kessel auf der „MAP-Liste“ von zu fördernden Anlagen (MAP: Marktanreizprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)?
- Können Best Practice Beispiele mit derselben Anlage und demselben Brennstoff genannt werden?

Hemmnisse

Die für eine Holzhackschnitzelheizung notwendigen Investitionen können vor einer Umsetzung abschrecken. Ein weiterer Negativaspekt, der einen Großteil der betriebsgebundenen Kosten ausmacht, ist der Aufwand für Wartung, Reinigung



(oben) Abb. 66: Wildpark Leipzig

(links) Abb. 67: Stadtverwaltung Oederan

und Instandhaltung, die Reinigung der Wärmetauscherzüge und die Überwachung. Gegenüber einer Ölheizung sind die Kosten hierfür um den Faktor Vier größer. Die Gesamtwirtschaftlichkeit ist jedoch aufgrund der geringen Brennstoffkosten besser als die einer vergleichbaren Ölheizung.

Weiterführende Informationen

- Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. und Hofbauer, H. (Hrsg.) (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Auflage Springer-Verlag Heidelberg.
- BAFA 2012: Bundesamt für Wirtschaft und Ausuhrkontrolle
- FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2010): Marktübersicht Holzhackschnitzel- Heizungen. 3. aktualisierte Auflage, Mai 2010, Gülzow.
- FRÖ 2011: Fröling Heizkessel- und Behälterbau Ges.m.b.H.; <http://www.froeling.com>
- IBJ Ingenieurbüro Jatzwaik (2010): Wärmeerzeugung Nahwärmeverbund Radibor, nachhaltige Energieversorgung. Vortrag 11.01.2010 im Rahmen der DBFZ Fachtagung, Leipzig.
- Weitere Informationen finden sich beim Bundesverband BioEnergie e.V. im Internet unter www.bioenergie.de

Musterbeispiele

Hackschnitzelanlage Wildpark Leipzig

Daten	Standort:	Wildpark Leipzig (Abb. 66)
	Betreiber:	Stadtwerke Leipzig/Stadt Leipzig
	Baujahr:	2005
Kenndaten der Anlage	Wärmeabnehmer:	Wirtschaftsgebäude Wildpark
	Brennstoff:	Hackschnitzel (hauptsächlich)/Pellet
	Brennstoffqualität:	Hackschnitzel, 4 x 4 cm
	max. Wassergehalt:	25 %
	Herkunft des Brennstoffes:	Landschaftspflegematerial, Waldholz
	Lagergröße:	25 m ³
	Lagerraum:	Lagerraum
	Lagerungsverfahren:	offen
Kesselanlage	Brennstoffversorgung:	Förderschnecke
	Leistung des Holzheizkessels:	49 kW
	Wirkungsgrad:	-
	Kesselhersteller:	Fröhling
	Kesseltyp:	-
	Einsatz von weiteren Brennstoffen:	nein
	Feuerungssystem:	Holzvergaser
	Brennstoffmenge (im Jahr):	6 t/a
	Wärmemenge/Jahr:	k. A.
	jährliche Betriebsstunden:	ca. 3.000
	Anzahl der Kessel:	1
	spezielle Abgasreinigung:	nein
	Ascheanfall:	k. A.
	Verwertung/Entsorgung der Asche:	Entsorgung
Emissionen	Emissionen Kohlenmonoxid (CO):	k. A.
	Emissionen Staub:	k. A.
	Emissionen Sauerstoff (O ₂):	k. A.
	Größe des Pufferspeichers:	2.000 l
Wirtschaftlichkeitsabschätzung	Investitionskosten:	50.000 €
	Förderungen beantragt:	nein
	Förderungshöhe:	2.000 €
	Investitionssumme (abzüglich Förderungen):	48.000 €
	spez. Investitionskosten:	k. A.
	Betriebskosten:	muss nicht gezahlt werden, da es über Contracting-vertrag läuft
	Brennstoffkosten:	k. A.
	Personalkosten:	1.500 €/a
Wärmegestehungskosten:	k. A.	
Besonderheiten der Anlage	Contractingvertrag mit den Stadtwerken Leipzig, 2013 geht die Anlage in den Besitz der Stadtforsten Leipzig über.	
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Wechsel der Anlage und des Anbieters in 2005 aufgrund von Ausführungsmängel, Brennstoffqualität	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	Es sind keine Probleme aufgetreten.	

Hackschnitzelanlage Oederan

Daten	Standort:	Oederan (Abb. 67)
	Betreiber:	Stadtverwaltung Oederan
	Baujahr:	2006
Kenndaten der Anlage	Wärmeabnehmer:	Stadtbauhof
	Brennstoff:	Holz hackschnitzel
	Brennstoffqualität:	bis 4 cm
	max. Wassergehalt:	bis 50 %
	Herkunft des Brennstoffes:	aus der Park- und Straßenbaumpflege, ggf. Waldholz Lagergröße: 75m ³ , 30 t
	Lagergröße:	Spänebunker als Lagerraum, direkt neben dem Heizraum
	Brennstoffversorgung:	Förderschnecke
Kesselanlage	Leistung des Holzheizkessels:	49 kW
	Wirkungsgrad:	92 %
	Kesselhersteller:	Fa. Roth, Waltershausen
	Kesseltyp:	-
	Einsatz von weiteren Brennstoffen:	nein
	Feuerungssystem:	-
	Brennstoffmenge (im Jahr):	ca. 92 Rm/a
	Wärmemenge/Jahr:	88 MWh/a
	jährliche Betriebsstunden:	ganzjährig in Betrieb (Heizung und Warmwasser WW)
	Anzahl der Kessel:	1
	spezielle Abgasreinigung:	nein
	Ascheanfall:	1 t/a
		Verwertung/Entsorgung der Asche:
Emissionen	Emissionen Kohlenmonoxid (CO):	300 mg/m ³
	Emissionen Staub:	60 mg/m ³
	Emissionen Sauerstoff (O ₂):	15 %
	Größe des Pufferspeichers:	3.000 l
	Spitzenlast-/Redundanz-Kessel:	nein
Wirtschaftlichkeitsabschätzung	Investitionssumme (gesamt):	83.000 €
	Förderungen beantragt:	ja
	Förderprogramm:	Stadtentwicklungsprogramm SEP
	Förderungshöhe:	67 %
	weitere finanzielle Förderungen:	-
	Förderhöhe:	2.000 €
	Investitionssumme (abzüglich Förderungen):	
	spez. Investitionskosten:	1.383 €/kW
	Betriebskosten:	400 €
	Brennstoffkosten:	keine
Personalkosten:	2.600 €/a	
	Wärmegestehungskosten:	0,034 €/kWh
Besonderheiten der Anlage	ökologisch-abfallwirtschaftliches Projekt	
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Keine Probleme bis dato.	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	Es sind keine Probleme aufgetreten.	

3.10 Scheitholz-Kombikessel mit Holzhackschnitzeln oder Pellets

Stand der Technik

Neben reinen Pellet- und Scheitholzkesseln werden auch Kessel für die Kombination beider Brennstoffe angeboten – die Scheitholz-Pellet-Kombikessel. Diese gibt es als Kessel mit einem Feuerraum für beide Brennstoffe (Umstellbrand- oder Wechselbrandkessel, Abb. 68) oder als Kessel mit zwei individuellen Feuerräumen, sogenannte Doppelbrandkessel. Bei Umstell- und Wechselbrandkesseln handelt es sich um eine Scheitholzfeuerung an die – nach kurzem Umbau bzw. Umschaltung – im selben Feuerraum ein Pelletbrenner angeflanscht wird. Hingegen besteht ein Doppelbrandkessel aus mehreren Feuerungen für jeden Brennstoff, die zusammen einen Wärmetauscher bedienen.

Der Vorteil der Kombikessel besteht darin, dass die für Scheitholzkessel ungünstigen Phasen niedriger oder wechselnder Wärmenachfrage mit Pellets überbrückt werden können.

Darüberhinaus sind weitere Kombikessel für den Betrieb sowohl mit fossilen als auch erneuerbaren Brennstoffen am Markt verfügbar. Neben Pelletöfen mit Öl- oder Gasbrennern gibt es auch Kombinationen mit Hackschnitzeln, Scheitholz oder Kohle. Jedoch sollte berücksichtigt werden, dass insbesondere Kleinfeuerungsanlagen (bis ca. 150 kW) nur mit qualitativ hochwertigen Brennstoffen eine emissionsarme Ver-

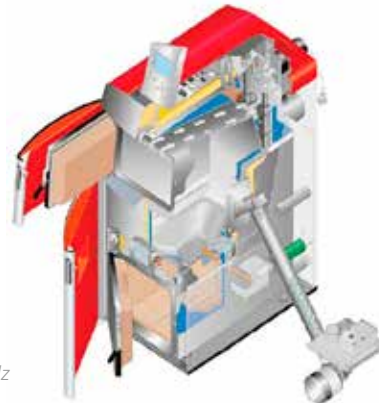


Abb. 68: Kessel für Pellet und Stückholz [SOL 2012]

brennung erlauben. Hackschnitzel beispielsweise benötigen hierfür einen Wassergehalt von <20 %, wenig Rinden- und Grünanteile sowie homogene Partikelgrößen.

Je nach Brennstoff und Bauart ist auch in der Konstruktion und der Brennerkombination eine Vielzahl an Techniken verfügbar (Abb. 69).

Fördermöglichkeiten

Für einen Kombikessel (Holzpellet und Scheitholz) der Leistungsklasse 5 – 100 kW kann von der BAFA eine Basisförderung in Höhe von 36 € je kW installierter Wärmeleistung in Anspruch genommen werden. Kombikessel müssen zusätzlich mit einem Mindestpufferspeichervolumen von 55 Liter je kW Nennwärmeleistung für den handbeschilderten Teil der Anlage ausgestattet sein. Bei Erfüllung der Voraussetzungen beträgt die Förderung mindestens 2.900 €.

Zudem können über das KfW-Programm Erneuerbare Energien oder das sächsische Energiespardarlehen zinsgünstige Kredite in Anspruch genommen werden. Hier ist zu überprüfen inwieweit verschiedene Förderungen kombinierbar sind. Aktuelle Informationen zu bestehenden Förderprogrammen finden sich im Internet unter www.saena.de unter der Rubrik „Förderung“.

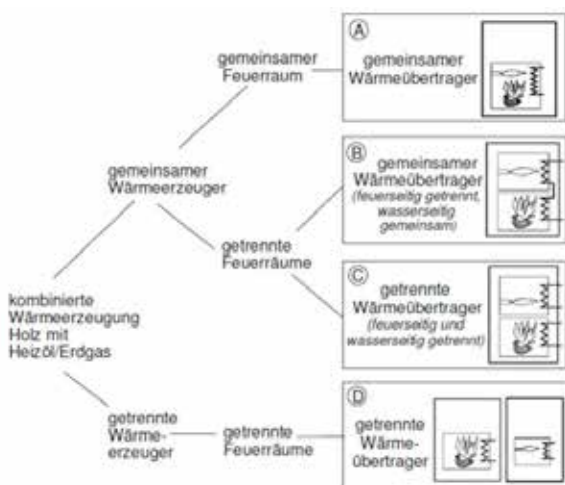


Abb. 69: Einteilung Kombikessel für Pellet und Stückholz [FNR 2007]

Wirtschaftlichkeit

Für die Kapitalkosten wurde ein Zinssatz von 4,25 % angenommen. Die Abschreibungsdauer der Scheitholzesselheizung beträgt 18 Jahre. Aus dieser Berechnung heraus ergeben sich für eine Kombiesselheizung inkl. Peripherie spezifische Investitionskosten von ca. 900 €/kW (Abb. 70). Unter den vorgegebenen Randbedingungen, wie den Brennstoffkosten, dem Kalkulationszinssatz, sowie der Nutzungsdauer ergeben sich Wärmegestehungskosten bei der Ölheizung von 13,80 ct/kWh gegenüber der Kombiesselheizung von 10,92 ct/kWh (Abb. 71).

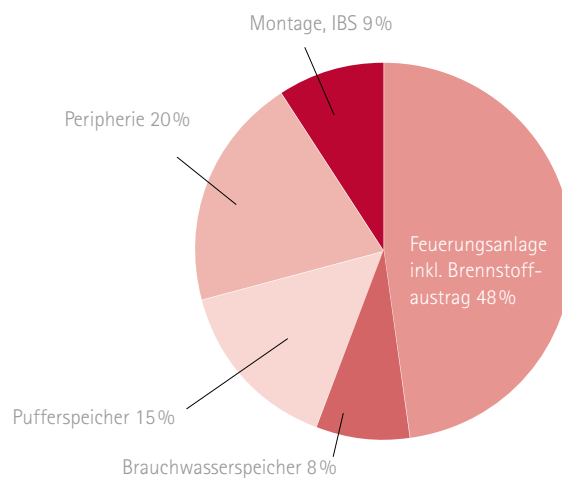


Abb. 70: Zusammensetzung der Kosten eines Scheitholz-Pellets-Kombiessels [IZES]

	Kombiessel	Ölheizung
Gesamtinvestitionen (Anlagentechnik und Gebäude)	14.600 €	8.600 €
Kapitalkosten	940 €/a	650 €/a
verbrauchsgebundene Kosten	1.400 €/a	2.750 €/a
betriebsgebundene Kosten	430 €/a	200 €/a
sonstige Kosten	35 €/a	20 €/a
Gesamtkosten	2.780 €/a	3.620 €/a
Kosten Wärmebereitstellung	10,92 Cent/kWh	13,80 Cent/kWh

Abb. 71: Vergleich der Wirtschaftlichkeit eines 15 kW-Scheitholz-Pellets-Kombiessels mit einem 15 kW-Ölkessels

Zielgruppen

Indirekt

- Installationsfirmen
- Planer
- Gebäudeenergieberater
- Brennstofflieferanten

Direkt

- Besitzer von Einfamilienhäusern
- Besitzer von Mehrfamilienhäusern
- Landwirtschaftliche Betriebe
- Holzverarbeitenden Betriebe
- Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)

Rechtliche Rahmenbedingungen

Beim Aufstellen einer Feststofffeuerungsanlage ist die jeweilige Länder-Feuerungsverordnung (FeuV) und die 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (1. BImSchV) zu beachten. Dort sind auch die entsprechenden Emissionsgrenzwerte für jeden Brennstoff aufgelistet.

Hemmnisse

Die höheren Investitionskosten für einen Kombiessel im Vergleich zu einer fossil betriebenen Heizung könnten vor einer Umsetzung hemmen. Hier sind auch höhere Kosten für Wartung, Reinigung und Instandhaltung zu erwarten. Zum ordnungsgemäßen Betrieb bzw. zur Abgasabführung muss ein geeigneter Kamin vorhanden sein.

Musterbeispiel

Kombikessel in Lichtenstein

Daten	Standort:	Lichtenstein (Abb. 72)	
	Betreiber:	Viola	
	Baujahr:	2008 - 2009	
Kenndaten der Anlage	Wärmeabnehmer:	Stadtbauhof	
	Brennstoff:	Waldholz	
	Brennstoffqualität:	0,01 - 1m	
	max. Wassergehalt:	< 30 %	
	Herkunft des Brennstoffes:	Paletten, unbehandelte Resthölzer	
	Lagergröße:	50 m ³	
	Lagerraum:	Außengelass	
	Lagerungsverfahren:	Stapler, Hand	
Kesselanlage 	Leistung des Holzheizkessels:	90 kW	
	Wirkungsgrad:	90 %	
	Kesselhersteller:	Lopper	
	Kesseltyp:	Drummer 90	
	Brennstoffmenge (im Jahr):	90 rm	
	Betriebsstunden:	ca. 1.600 h/a	
	Größe des Pufferspeichers:	10.000 l	
	Verwertung/Entsorgung der Asche:	Entsorgung	
	Emissionen	Emissionen Kohlenmonoxid (CO):	200 - 500 mg/m ³
		Emissionen Staub:	14 mg/m ³
Emissionen Sauerstoff (O ₂):		6 %	
Wirtschaftlichkeitsabschätzung	Investitionssumme (gesamt):	ca. 34.000 €	
	Förderungen beantragt:	nein	
	Investitionssumme (abzüglich Förderungen):	800 €/kW	
	spez. Investitionskosten:	1.383 €/kW	
	Betriebskosten:	100 €	
	Brennstoffkosten:	keine	
Personalkosten:	ca. 2.500 €/a		
Besonderheiten der Anlage	Füllschicht Inhalt 500 l		
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Zwei Brennkammersteine gewechselt (in Betriebskosten enthalten)		

Abb. 72: Scheitholz-Kombikessel [SOL 2012]

Weiterführende Informationen

- [SOL 2012] SOLARFOCUS GmbH: Solar Focus Kombikessel Therminator II; <http://www.solarfocus.eu>
- Weitere Informationen zu Kombikesseln und Herstellern sind auch beim Bundesverband BioEnergie e.V. im Internet unter www.bioenergie.de zu finden.

3.11 Biogasanlagen

Stand der Technik

Biogas entsteht bei der Vergärung organischer Stoffe in feucht-warmer Umgebung und unter Ausschluss von Sauerstoff. In Biogasanlagen werden diese mikrobiologischen Abbauprozesse gezielt für eine optimierte Biogasproduktion bzw. Biogasausbeute eingesetzt.

Eine Biogasanlage besteht im Wesentlichen aus den in Abbildung 73 dargestellten Anlagenteilen.

In einer Vorgrube, die sich vor dem Fermenter befindet, werden organische Stoffe gelagert, zerkleinert und aufbereitet. Als Substrate werden meist Gülle, Mist, Energiepflanzen (Getreide, Rüben, Mais etc.) und/oder Reststoffe (z. B. Ernterückstände, Bioabfall) verwendet. Die Substrate werden dann aus der Vorgrube in den beheizten Fermenter geleitet und dort durch Mikroorganismen

unter Ausschluss von Licht und Sauerstoff vergoren. Methanogene Bakterien produzieren anschließend aus den Abbauprodukten ein Gasgemisch aus Methan und Kohlendioxid – das Biogas. Dies kann direkt aus der Fermenterhaube abgesaugt und einer Verwertung zugeführt werden. Das ausgefaulte Material des Fermenters wird in das möglichst abgedeckte Gärrestlager gepumpt. Dort kann das Material nachgären und ohne Geruchs- und Emissionsfreisetzung gelagert werden. Die Größe des Lagers orientiert sich an den Lagerzeiten, die sich aus der ordnungsgemäßen Verwertung der Gülle ergeben (z. B. Cross Compliance, Düngeverordnung). Die Verwertung des Biogases erfolgt über Blockheizkraftwerke (BHKW) zu Wärme und Strom bzw. über Gasaufbereitungsanlagen zu Biomethan, welches u. a. ins Erdgasnetz eingespeist werden kann.

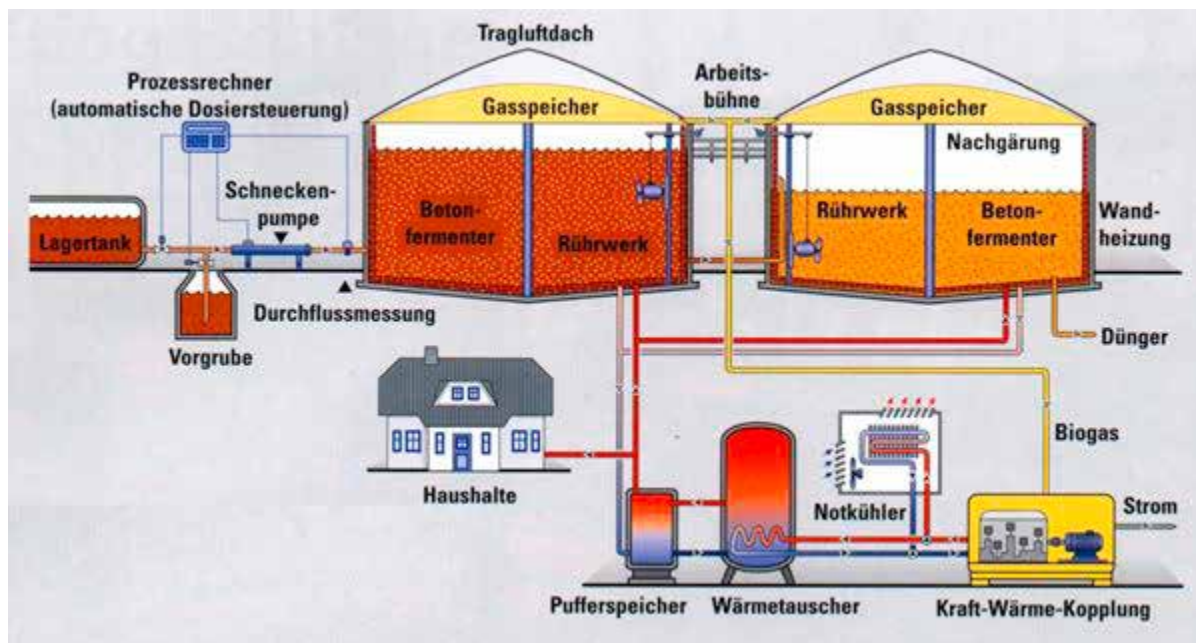


Abb. 73: Schematische Darstellung einer Biogasanlage [FNR 2011]

	Nassvergärung	Trockenfermentation
Material	<ul style="list-style-type: none"> • pumpfähige Substrate mit hohem Trockensubstanzgehalt • Anpassung der Rühr- und Fördertechnik auf Substrate • kontinuierliche Beschickung vorgesehen 	<ul style="list-style-type: none"> • stapelbare Substrate mit stichfester Konsistenz • kontinuierliche und diskontinuierliche Beschickung möglich
Kennwerte	• Baugröße bei liegenden Fermentern bis 800 m ³	• Baugröße durch modulare Bauweise nicht begrenzt
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • kompakte, kostengünstige Bauweise für Kleinanlagen • Trennung der Gärstufen im Propfenstrom • bauartbedingte Vermeidung von Schwimmdecken und Sinkschichten • Einhaltung von Verweilzeiten durch weitgehende Vermeidung von Kurzschlussströmungen • geringe Verweilzeiten • effektiv beheizbar 	<ul style="list-style-type: none"> • flexible Anpassung der Anlage an den Bedarf (modularer Aufbau) • verringerter Prozessenergiebedarf durch Einsparung von Fördertechnik • dadurch verminderter Wartungsaufwand und Verschleiß • Entstehung eines Biogases mit geringer H₂S-Konzentration • Einsparung von Energie zur Erwärmung des Gärsubstrates durch Nutzung der biologischen Wärmefreisetzung bei kurzzeitigem aeroben Abbau des Materials
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • nur in geringen Größen wirtschaftlich herstellbar • Wartungsarbeiten am Rührwerk erfordern vollständige Entleerung des Gärbehälters 	<ul style="list-style-type: none"> • eine kontinuierliche Gasproduktion erfordert den phasenversetzten Betrieb mehrerer Module • die fehlende Durchmischung kann zu Zonen mit verminderter Gasbildung führen • für die explosions sichere Befüllung und Entleerung muss Sicherheitstechnik installiert werden • um einen hohen Gasertrag zu erzielen, ist der Einsatz hoher Impfmateralmengen notwendig

Abb. 74: Übersicht über die wesentlichen Merkmale der beiden Technologievarianten [Jansen 2011]:

Es besteht außerdem die Möglichkeit, das unaufbereitete Biogas über Biogasleitungen zu transportieren und es bei einer Wärmesenke in einem Satelliten-BHKW zu verwerten. Das Biogas kann aber auch ähnlich wie Erdgas als Treibstoff bei Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Hierzu muss das Biogas jedoch aufbereitet werden. Je nach Motor muss nicht unbedingt Erdgasqualität (Erdgas L bzw. Erdgas H) erreicht werden. Den jeweiligen Heizwert des eingesetzten Gases bzw. dessen Wobbe-Index muss je nach Motorenhersteller und/oder eingesetztem Motorsteuergerät individuell bestimmt werden. Eine Gasaufbereitung ist erst bei Biogasanlagengrößen wirtschaftlich, die für den Anschluss eines BHKW ab 500 kWel geeignet wären, so dass hier bislang nur größere Anlagen in Frage kommen.

Die Biogasanlagen werden im Wesentlichen bei den Technologievarianten in Nassvergärung und in Trockenfermentation unterschieden (Abb. 74). Die Palette der in Biogasanlagen einsetzbaren Substrate ist vielfältig. Neben landwirtschaftlichen Produkten,



Abb. 75: Kleine Biogasanlage (Containeranlage) [agriKomp GmbH 2012]

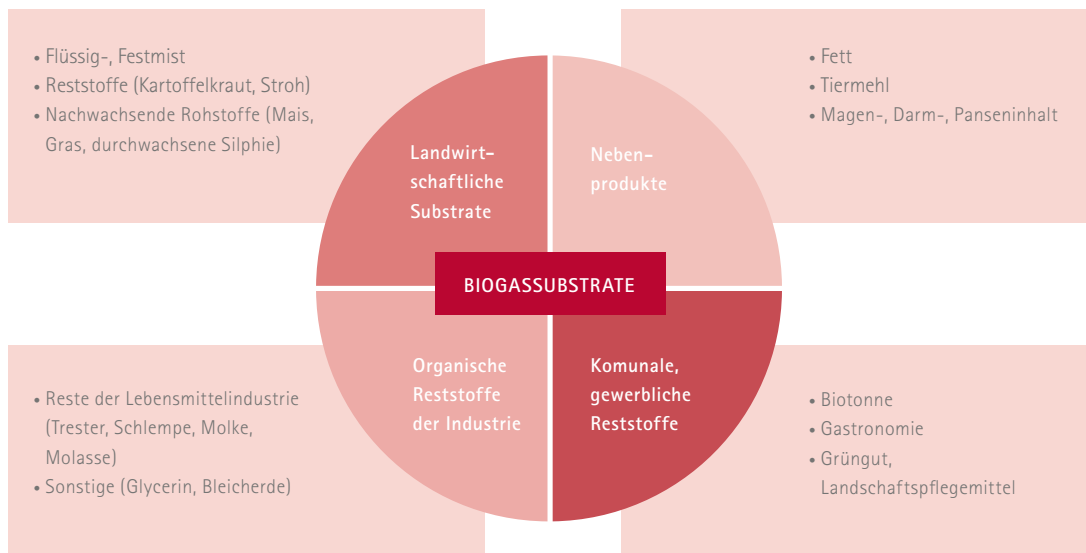


Abb. 76: Übersicht über mögliche Biogas-Substrate [IZES]

kommen auch geeignete organische Neben- und Reststoffe aus der Industrie oder kommunale bzw. gewerbliche Reststoffe zum Einsatz (Abb. 76).

Abbildung 75 zeigt eine kleine Biogasanlage in Form einer Containeranlage.

In Biogasanlagen werden meistens mehrere Substrate, wie z. B. Rindergülle mit Klee gras und Maissilage, eingesetzt. Der Betrieb einer Biogasanlage kann aber auch ausschließlich mit einem Substrat wie u. a. Gülle bzw. Klee gras erfolgen. Bei dem Einsatz von 100 % Klee gras wird Gülle nur zu Beginn, also zum Animpfen der Fermentermasse mit Bakterien, benötigt. In Schmiechen in der Nähe von Augsburg wird eine Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 350 kW ausschließlich mit Klee gras betrieben. Grundsätzlich können auch Biogasanlagen im kleineren Maßstab mit ausschließlich Klee gras betrieben werden.

Fördermöglichkeiten

Für den Bau der Anlage können zinsgünstige Kredite bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) sowie bei der Sächsischen AufbauBank (SAB) in Anspruch genommen werden.

Der Strom aus Biogas wird auf Grundlage des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG 2012) in Abhängigkeit der Anlagengröße und Substratzusammensetzung mit einem über 20 Jahre garantieren Kilowattstundenpreis vergütet (Abb. 77). Die jährliche Degression beträgt dabei 2 %.

Aktuelle Informationen zu bestehenden Förderprogrammen finden sich im Internet unter www.saena.de unter der Rubrik „Förderung“.

Leistungsklassen	Grundvergütung	Einsatzstoffvergütungsklasse I	Einsatzstoffvergütungsklasse II	Vergütung für Vergärung von Bioabfällen	Gasaufbereitungsbonus
≤ 75 kW		25 ct/kWh*		/	
≤ 150 kW	14,3 ct/kWh	6 ct/kWh	8 ct/kWh	16 ct/kWh	3 ct/kWh bis 700 Nm ³ /h (ca. 1,6 MW)
≤ 500 kW	12,3 ct/kWh	6 ct/kWh	8 ct/kWh	16 ct/kWh	2 ct/kWh bis 1.000 Nm ³ /h (ca. 2,3 MW)
≤ 750 kW	11 ct/kWh	5,0/2,5 ct/kWh**	8/6 ct/kWh***	14 ct/kWh	1 ct/kWh bis 1.400 Nm ³ /h (ca. 3,2 MW)
≤ 5.000 kW	11 ct/kWh	4,0/2,5 ct/kWh*	8/6 ct/kWh***	14 ct/kWh	Nennleistung der Gasaufbereitung
≤ 20.000 kW	6 ct/kWh	0	0	14 ct/kWh	

Abb. 77: Vergütung für Strom aus Biomasse (Inbetriebnahme 2012, jährliche Degression von 2 % bei späterer Inbetriebnahme [EEG 2012], * Für Gülle bei mindestens 80 Massenprozent Gülleeinsatz, ** 2,5 ct gilt für Rinde und Waldrestholz, *** 6 ct gilt für Gülle)

Wirtschaftlichkeit

Der wirtschaftliche Erfolg einer Biogasanlage wird im Wesentlichen vom Gasertrag, der Gasqualität, dem elektrischen Wirkungsgrad des BHKWs, dem Wärmekonzept sowie den Kosten der Rohstoffbereitstellung, des Betriebsunterhalts und der Gesamtinvestition der Anlage beeinflusst. Da diese Parameter je nach Standort- und Anlagenkonzept stark variieren, kann die Wirtschaftlichkeit nur objektspezifisch ermittelt werden (BayLfU 2007).

Zielgruppen

Direkt

Betriebe, bei denen in Arbeitsprozessen organische Neben- und Reststoffe anfallen und ein stetiger Bedarf an Wärme vorhanden ist. Vor allem landwirtschaftliche Betriebe sind daher bevorzugte Anwender dieser Technologie.

Indirekt

- Installationsfirmen
- Investoren
- Planer
- Verbände
- Lieferanten von Neben- und Reststoffen
- Wärmenutzer (Bewohner von Wohngebieten, Gärtnereien, etc.)

- Landwirte
- interessierte Bürger können in Form von Beteiligungen in Biogasanlagen investieren

Rechtliche Rahmenbedingungen

Für die Planung und den Betrieb einer Biogasanlage müssen je nach Standort, Anlagentyp/-größe und Substratzusammensetzung u. a. folgende Gesetze und Verordnungen berücksichtigt werden:

- Bioabfallverordnung
- Biomasseverordnung
- Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung
- Bundes-Immissionsschutzgesetz
- Düngeverordnung
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG),
- Hygieneverordnung
- Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
- Klärschlammverordnung
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
- Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetz
- Technische Anleitung (TA) Abfall
- TA Siedlungsabfall
- TA Luft

Hemmnisse

Zwar bekommt der Betreiber einer Biogasanlage über das EEG und mögliche Wärmekunden eine konstante Vergütung, dies garantiert jedoch noch keinen dauerhaft rentablen Betrieb der Anlage. Die Differenz zwischen konstanten Erlösen und inflationsabhängig steigenden Kosten bspw. bei der Beschaffung der Rohstoffe und des Anlagenbetriebs sollte positiv sein und dauerhaft bleiben, was nicht immer garantiert werden kann. Gerade aktuell vor dem Hintergrund deutlich gestiegener Lebensmittelpreise und partieller Ernteaussfällen kann die konstante und kostengünstige Rohstoffversorgung zu einem großen Problem werden.

Weiterführende Informationen

- Agentur für Erneuerbare Energie (2011):
Foto: Biogasanlage mit Maisfeld – Stand: 23.11.2011
- BayLfU Bayerisches Landesamt für Umwelt (2007):
Biogashandbuch Bayern – Materialband. Stand Juli 2007, Augsburg.
- agriKomp 2012: agriKomp GmbH
<http://www.biogastechnik.de>
- FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2011):
Biogas – Pflanzen, Rohstoffe, Produkte. 7., vollständig überarbeitete Auflage, August 2011, Gülzow.
- Jansen, Klaus-Dieter (2011): Grundsätzliches zu Biogas – Entstehung, Aufbereitung, Verwertung.
http://gruene-lueneburg.de/uploads/media/Jansen_Klaus-Dieter_Grundsatzliches_zu_Biogas.pdf
(Stand: Dezember 2011)
- Weitere Informationen finden Sie beim Bundesverband BioEnergie e.V. im Internet unter www.bioenergie.de

Musterbeispiele


Biogasanlage Arzberg/Köllitsch

Daten	Standort:	Arzberg, OT Köllitsch (Abb. 78)
	Betreiber:	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG); Lehr- und Versuchsgut (LVG) Köllitsch
	Baujahr:	2009/2010
Substrate für die Biogasanlage	Wärmeabnehmer:	Stallanlage
	Gülle:	Rindergülle
	Einsatzmenge der Gülle:	4.900 m ³ /a
	NaWaRo:	Maissilage
	Einsatzmenge NaWaRo:	600 t/a
	weitere Substrate:	Stalldung
	Einsatzmenge Schweinemist:	600 t/a
	Verfahren:	Nassfermentation
	produzierte Gasmenge:	280.000 m ³ /a
BHKW	BHKW-Hersteller:	SEVA Energie AG
	durchschnittliche Betriebsstunden:	7.000 h/a
	elekt. Wirkungsgrad μ_{el} :	38,4 %
	Leistung (elekt.):	104 kW
	jährlich erzeugte Strommenge:	600 MWh/a
	therm. Wirkungsgrad μ_{th} :	45,4 %
	Leistung (thermisch):	123 kW
	jährlich erzeugte Wärmemenge:	1.400 kWh/a
	Eigenwärmebedarf (Biogasanlage):	27 %
weitere Wärmeabnehmer:	Zuchtsauenstall (Ferkelaufzucht) 73 % Sozialbereich 25 %	
Wirtschaftlichkeitsabschätzung	Investitionskosten:	-
	spez. Investitionskosten:	-
	Vergütung nach EEG 2009	
	Grundvergütung:	11,67 ct/kWh
	Güllebonus:	4 ct/kWh
	NaWaRo Bonus:	7 ct/kWh
	KWK Bonus:	3 ct/kWh
	weitere finanzielle Förderungen:	Bauvorhaben (durch Freistaat Sachsen)
	Investitionssumme (abzüglich Förderungen):	-
Amortisationsdauer:	-	
Sonstiges	erforderliche Genehmigungen:	Baurecht
	benötigte Versicherungen:	keine (Freistaat Sachsen)
	Besonderheiten der BGA:	Biogasanlage speziell auf Lehrgänge zur Aus- und Weiterbildung ausgerichtet
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	allgemeine Anlaufprobleme, Tauchmotorrührwerke nach einem Jahr defekt	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine; Bau erfolgte durch den Freistaat Sachsen (SIB)	



Abb. 78: LfULG; LVG Köllitsch

Biogasanlage Hofgut Holland

Daten	Standort:	Hofgut Holland, Ochsenhausen (Abb. 79)
	Betreiber:	Helen und Hans Holland
	Baujahr:	2004
Substrate für die Biogasanlage 	Wärmeabnehmer:	3 Wohnhäuser, 1 Stall, Getreidetrocknung
	Gülle:	Jauche/Regenwasser
	Einsatzmenge der Gülle:	365 t/a
	NaWaRo:	Klee gras / Mais
	Einsatzmenge NaWaRo:	1.200 / 110 t/a
	weitere Substrate:	Schweinemist
	Einsatzmenge Schweinemist:	450 t/a
	Verfahren:	Nassfermentation
	produzierte Gasmenge:	332.000 m ³ /a
BHKW	BHKW-Hersteller:	MAN/Hagl
	durchschnittliche Betriebsstunden:	7.900 h/a
	elekt. Wirkungsgrad μ_{el} :	35 %
	Leistung (elekt.):	60 kW
	jährlich erzeugte Strommenge:	474 MWh/a
	therm. Wirkungsgrad μ_{th} :	ca. 60 %
	Leistung (thermisch):	ca. 80 kW
	jährlich erzeugte Wärmemenge:	ca. 630 MWh/a
	Eigenwärmebedarf (Biogasanlage):	25 %
	weitere Wärmeabnehmer:	3 Wohnhäuser ca. 40 % 1 Stall, Getreidetrocknung ca. 15 %
Wirtschaftlichkeitsabschätzung	Investitionskosten:	300.000 €
	spez. Investitionskosten:	5.000 €/kW _{el}
	Vergütung nach EEG 2009	
	Grundvergütung:	11,67 ct/kWh
	Güllebonus:	4 ct/kWh
	NaWaRo Bonus:	7 ct/kWh
	KWK Bonus:	3 ct/kWh
	Landschaftspflege-Bonus:	2 ct/kWh
	weitere finanzielle Förderungen: Regionalstrom	-
	Amortisationsdauer:	-
Sonstiges	erforderliche Genehmigungen:	Baugenehmigung
	benötigte Versicherungen:	Haftpflicht
	Besonderheiten der BGA:	Biolandbetrieb
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Substrat hat hohen NH ₄ -N-Gehalt; dadurch hoher pH-Wert, dadurch gehemmte Hydrolyse, dadurch hoher TS-Gehalt, schweres Rühren und Pumpen, hoher Eigenstromverbrauch Schäden an Feststoffdosierer durch Steine im Substrat (bes. im Stroh)	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine	

Biogasanlage Zweibrücken

Daten	Standort:	Bannsteinhof 66482 Zweibrücken (Abb. 80)
	Betreiber:	Biolandhof, Achim u. Margit Ruf GBR
	Baujahr:	2009
Kenndaten der Anlage	Wärmeabnehmer:	2 Wohnhäuser
	Gülle:	Rindermist/-gülle
	Einsatzmenge der Gülle:	1.200 t/a
	NaWaRo:	Maissilage
	Einsatzmenge NaWaRo:	150 t/a
	weitere Substrate:	Kleegrass
	Einsatzmenge Schweinemist:	1.500 t/a
	Verfahren:	Nassfermentation
	produzierte Gasmenge:	320.000 m ³ /a
	BHKW	BHKW-Hersteller:
durchschnittliche Betriebsstunden:		8.570 h/a
elekt. Wirkungsgrad μ_{el} :		38 %
Leistung (elekt.):		75 kW
jährlich erzeugte Strommenge:		650 kWh/a
therm. Wirkungsgrad μ_{th} :		40 %
Leistung (thermisch):		77 kW
jährlich erzeugte Wärmemenge:		ca. 660 kWh/a
Eigenwärmebedarf (Biogasanlage):		33 %
weitere Wärmeabnehmer:		Hofladen 1.800 kWh/a
Wirtschaftlichkeitsabschätzung	Trocknung	77.000 kWh/a
	Investitionskosten:	400.000 €
	spez. Investitionskosten:	5.300 €/kW _{el} .
	Vergütung nach EEG 2009	
	Grundvergütung:	11,67 ct/kWh
	Güllebonus:	4 ct/kWh
	NaWaRo Bonus:	7 ct/kWh
	KWK Bonus:	3 ct/kWh
	weitere finanzielle Förderungen:	Regionalstrom ca. 2.000 €/a
	Investitionssumme (abzüglich Förderungen):	300.000 €
Sonstiges	Amortisationsdauer:	ca. 20 Jahre
	erforderliche Genehmigungen:	Baugenehmigung
	benötigte Versicherungen:	Betriebshaftpflicht, Elementarschäden, Elektronik
	Besonderheiten der BGA:	externer Substratwärmetauscher, Biolandbetrieb
Welche Probleme sind bis dato an der Anlage entstanden?	Substrat hat hohen NH ₄ -N-Gehalt, dadurch hoher pH-Wert, infolgedessen gehemmte Hydrolyse und hoher TS-Gehalt, führt zu erschwertem Rühren und Pumpen, dies führt zu einem erhöhtem Eigenstromverbrauch. Schäden an Feststoffdosierer durch Steine im Substrat (v. a. im Stroh)	
Welche Probleme gab es bei der Genehmigung und bei dem Bau der Anlage?	keine	



Abb. 80: Biolandhof, Achim und Margit Ruf GbR

Ausblick

Die Kleinanlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien können praktischer Nutzungsgegenstand und interessantes Gesprächsthema sein – ein Thema, das weitere Themen nach sich zieht. Schließlich ist Wärme ein Grundbedürfnis und ganz ohne Strom geht heute kaum mehr etwas. Wie können wir unseren Stromverbrauch intelligenter gestalten? Wie und wo findet man geeignete Elektrogeräte bzw. Energieverbraucher, die den jeweiligen Anforderungen, Möglichkeiten und Herausforderungen gerecht werden? Wer produziert und exportiert sie?

Industrialisierung, Verbrauch fossiler Energieträger, Zunahme der Weltbevölkerung und Rückgang der Vegetation beeinflussen sich in zunehmender Dynamik gegenseitig.

Nach über 100 Jahren stetig zunehmenden Verbrauches fossiler Energieträger müssen wir einen Systemwechsel im Großen und im Kleinen meistern, auf den wir nicht einfach warten können.

**Auftragnehmer:**

IZES gGmbH

Herausgeber:

SMUL

Redaktion:

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft: Referate 22, 33, 41

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr: Referat 44

Fotos:

Titel: (oben rechts) www.zotloeterer.com; (unten rechts) Helen & Hans Holland; (oben links) Luftbildfotograf, www.fotolia.com; (unten links) Jürgen Fälchle, www.fotolia.com | Seite 6: Dinadesign, www.fotolia.com | Seite 8: Prod. Numérik, www.fotolia.com | Seite 14: Achim Banck, www.fotolia.com | Seite 84: (oben) Luftbildfotograf, www.fotolia.com; (unten) Jürgen Fälchle, www.fotolia.com

Gestaltung und Satz:

Heimrich & Hannot GmbH

Redaktionsschluss:

Oktober 2012

Verteilerhinweis:

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.