

Kleine Holzvergasungs- anlagen

Handlungsempfehlungen für Investoren



LandSchaftEnergie

TEAM ENERGIEWENDE BAYERN



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
Bayerisches Staatsministerium für
Ernährung, Landwirtschaft und Forsten



C.A.R.M.E.N.

Kleine Holzvergasungsanlagen – Handlungsempfehlungen für Investoren



LandSchafttEnergie

TEAM **ENERGIEWENDE** BAYERN



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
Bayerisches Staatsministerium für
Ernährung, Landwirtschaft und Forsten



C.A.R.M.E.N.



Herausgeber

C.A.R.M.E.N. e.V.
Schulgasse 18 · 94315 Straubing
Tel. 09421 960 300
Fax 09421 960 333
contact@carmen-ev.de
www.carmen-ev.de
Vi.S.d.P.: C.A.R.M.E.N. e.V. · Edmund Langer

Redaktion: C.A.R.M.E.N. e.V.
Auszugsweiser Nachdruck unter Quellenangabe ist erlaubt.
Bildquellen: C.A.R.M.E.N. e.V.
Stand: Oktober 2017

© C.A.R.M.E.N. e.V. · Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk
Schulgasse 18 · 94315 Straubing

Hinweis: Diese Broschüre wendet sich an alle Interessierten gleichermaßen. Auf eine durchgehend geschlechtsneutrale Schreibweise wird zugunsten der besseren Lesbarkeit des Textes verzichtet.

Inhalt

1. Einführung	5
2. Holzvergasungs-Technologie	7
2.1 Vergasungsanlage	9
2.1.1 Zuführeinrichtungen	10
2.1.2 Vergaser-Bauarten	11
2.1.3 Austragsvorrichtungen	13
2.2 Gasaufbereitung und -verwertung	14
2.2.1 Gasaufbereitung	14
2.2.2 Gasverwertung	16
3. Handlungsempfehlungen	18
3.1 Allgemeine Konzeptangaben	19
3.2 Technische Konzeption	23
3.3 Betrieb der Anlage	26
3.4 Wärmeverwertung	26
4. Wirtschaftlichkeit	28
4.1 Investitionskosten	28
4.2 Ausgaben	31
4.3 Stromeinnahmen	35
4.3.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	35
4.3.2 Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG)	39
4.4 Wärmeeinnahmen	42
5. Fazit	43
6. Checkliste zur Konzeptprüfung	45

1. Einführung

Die Senkung des Energieverbrauches und die Nutzung Erneuerbarer Energien sind für die zukünftige Entwicklung unserer Umwelt von maßgeblicher Bedeutung. Nicht nur die Einsparung von Treibhausgasemissionen sowie die Verringerung von Transportdistanzen und Unfallgefahren sondern auch die Erhöhung der Versorgungssicherheit, die Schonung von fossilen Ressourcen und die Stärkung der regionalen wirtschaftlichen Entwicklung müssen dabei beachtet werden.

Tatsächlich ist es insbesondere in den letzten zehn Jahren gelungen, die Energieproduktion aus Biomasse, Sonne, Wasser und Wind deutlich zu steigern. Alleine in den Jahren 2002 bis 2012 hat sich der Anteil der Erneuerbaren am Primärenergieverbrauch in Deutschland annähernd vervierfacht.

Die energetische Verwertung von Biomasse nimmt mit derzeit gut 60 Prozent den größten Anteil an der Endenergiebereitstellung aus regenerativen Quellen ein. Im Wärmebereich beträgt ihr Anteil sogar knapp 90 Prozent, wobei der überwiegende Anteil der Wärmeproduktion aus Holz erfolgt. Zur regenerativen Strombereitstellung trägt feste Biomasse lediglich mit etwa acht Prozent bei, die vor allem in vergleichsweise großen Biomassekraftwerken produziert werden. Dort werden in der Regel Dampfturbinen mit relativ geringen elektrischen Wirkungsgraden eingesetzt, während die Abwärme häufig nur teilweise oder gar nicht genutzt wird.

Es wird jedoch schon seit vielen Jahren nach Möglichkeiten gesucht, Strom aus fester Biomasse nicht nur in großen sondern auch in kleinen Anlagen mit hohem Wirkungsgrad zu erzeugen. Dies würde vor allem eine sinnvolle Abwärmenutzung vereinfachen. Die Entwicklungsbestrebungen für die Kraft-Wärme-Kopplung mit Holz im kleinen Leistungsbereich greifen unter anderem auf Dampfmaschinen, ORC-Anlagen und Stirlingmotoren zurück.

Ein weiterer Weg, der dabei verfolgt wird, ist die thermochemische Vergasung von Holz mit anschließender Nutzung des Produktgases („Holzgas“) in einem Gasmotor, vereinfachend auch Holzvergasung genannt. Die Technologieentwicklung wird sowohl von Forschungsinstitutionen als auch von privaten Firmen vorangetrieben. In den letzten Jahren hat die Holzvergasung den Schritt der Markteinführung vollzogen. Mittlerweile sind in Bayern über 200 Anlagen in Betrieb, die dezentral aus fester Biomasse mit hohem Wirkungsgrad Strom und Wärme erzeugen. Die Anzahl der Hersteller, die marktreife Anlagen anbieten, beschränkt sich im deutschsprachigen Raum allerdings auf einige wenige Unternehmen.

Diese Broschüre gibt einen Einblick in die Technik und Wirtschaftlichkeit der Holzvergasung, darauf aufbauend werden Handlungsempfehlungen für mögliche Kapitalgeber gegeben, die eine Projektprüfung durch eine Checkliste wesentlich vereinfachen sollen.

Die gewählte Formatierung soll dem Leser eine Hilfestellung beim Auffinden von wesentlichen Inhalten geben. Dazu sind für einen Absatz charakteristische Worte hervorgehoben und stark ins Detail gehende Abschnitte sowie Beispielrechnungen kursiv gedruckt.

Die vielfältigen Hinweise auf mögliche Risiken für die erfolgreiche Umsetzung eines Projekts und die potenziellen Schwierigkeiten bei der Realisierung sollen nicht den Blick dafür verstellen, dass es sich bei der modernen Holzvergasung um eine Technologie handelt, die sich in den letzten Jahren sehr positiv entwickelt hat. In diesem Sinne sollten potenzielle Investoren auch darauf achten, dass sie bei der Prüfung von Bioenergie-Projekten keine strengeren Kriterien als bei konventionellen Projekten anlegen. Im Gegenteil sollten bei Entscheidungen über Investitionen in Holzvergasungsanlagen aus den eingangs geschilderten Gründen nicht nur wirtschaftliche Erwägungen ausschlaggebend sein.

2. Holzvergasungs-Technologie

Bei der Technologie der **Holzvergasung** handelt es sich um ein Verfahren mit dem Ziel, aus fester Biomasse, in aller Regel in Form von Holzhackschnitzeln, gleichzeitig Strom und Wärme zu gewinnen.

In **Abgrenzung** dazu steht der Bereich der **Holzverbrennung** zum Zwecke der reinen Wärmeproduktion. Darunter fallen sowohl sogenannte Einzelfeuerstätten wie Scheitholzöfen und Pelletöfen als auch Zentralheizungsanlagen wie Scheitholz-, Pellet- und Hackschnitzelkessel.

Der wesentliche Unterschied zur Holzvergasung besteht darin, dass bei den Anlagen zur Holzverbrennung kein in einem Motor nutzbares Gas produziert wird. Missverständlich können insofern Beschreibungen von Hackschnitzel-Vorofenfeuerungen sein, bei denen in einer ersten Einheit Brenngase produziert werden, die in einer zweiten Einheit vollständig nachverbrannt werden und dort Wärme über Wärmetauscher an einen Wasserkreislauf abgeben.

Noch irreführender kann die Bezeichnung „Scheitholzvergaser“ für einen modernen Scheitholzessel sein, in dem zwei Zonen für die Entstehung der Brenngase und deren Nachverbrennung vorhanden sind. Beide Zonen sind jedoch in einem Gerät untergebracht. Für beide Konzepte, „Vorofenvergaser“ und „Scheitholzvergaser“ gilt, dass eine Abtrennung der Brenngase zur späteren Nutzung in einem Gasmotor nicht möglich ist. Vielmehr werden diese Brenngase in unmittelbarem zeitlichen Zusammenhang verbrannt, um die gesamte Wärme über einen Wärmetauscher abzugeben.

Die **Verbrennung** von Holz kann in drei **Phasen** gegliedert werden: Bei der Trocknung (bis ca. 150 °C) wird das im Holz enthaltene Wasser verdampft, während der Pyrolyse (150 bis 600 °C) gehen ca. 85 % der Holzmasse in die gasförmige Phase über und in der Phase der Oxidation (400 bis 1300 °C) werden die brennbaren Bestandteile des Holzes mit Sauerstoff vollständig umgesetzt.

Bei der **Holzvergasung** tritt eine weitere Phase auf. Auch hier beginnt der Prozess mit Trocknung und Pyrolyse, in der anschließenden Oxidationsphase werden die entstandenen Gase jedoch nicht vollständig, sondern nur teilweise verbrannt. Dies liefert die Energie für die Trocknung und Pyrolyse sowie für die abschließende vierte Phase der Reduktion, die zur Entstehung der heizwertreichen Komponenten des Produktgases (Kohlenmonoxid CO, Wasserstoff H₂ und Methan CH₄) führt.

Bei Holzvergasungsanlagen wird daher zunächst in der eigentlichen Vergasungsanlage aus den zugeführten Holzhackschnitzeln oder Holzpellets ein Produktgas erzeugt. In der Regel wird dieses Holzgas in einem zweiten Schritt gereinigt und gekühlt (Gasaufbereitung). Schließlich wird aus dem Gas in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) Strom und Wärme erzeugt. Folgende Abbildung stellt diesen Ablauf schematisch dar.

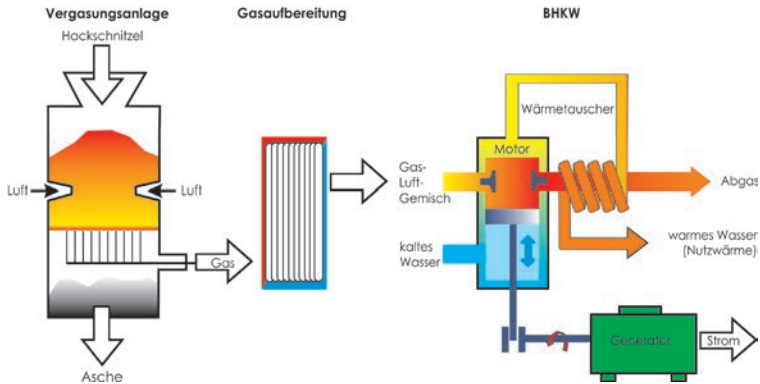


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Holzvergasungssystems

Betrachtet werden in dieser Broschüre Vergasungstechnologien, die auf eine elektrische Leistung des BHKW-Motors von maximal 250 Kilowatt abzielen. Eine Anlage dieser Größenordnung kann bei einem gewöhnlichen Wärmeabnahmeprofil mit einer Wärmebedarfsleistung von etwa 1 MW über 5.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr die Wärme vollständig verwerten. Damit ist angesichts der großen Zahl an bereits bestehenden Holzhackschnitzel-Heizwerken dieser Größe der Einsatz von vielen kleinen Holzvergasungsanlagen möglich.

Ein großer Teil der mineralischen Bestandteile des Holzes (im Wesentlichen Ca-, Mg-, K-, P-, Na-Verbindungen), geringe Mengen Schwermetalle, mit dem Holz eingetragene Sand- und Erdmengen sowie unverbrannter Kohlenstoff bilden die bei der Vergasung zurückbleibende **Asche**. Ein Teil der Asche findet sich allerdings als Staub auch im Produktgas wieder. Außerdem enthält das **Produktgas** zusätzlich zu den oben angeführten heizwertliefernden Gasen noch Stickstoff, Kohlendioxid, Sauerstoff, Wasserdampf und langkettige Kohlenwasserstoff-Moleküle, speziell sogenannte „Teere“. Der Gehalt an Staub und Teeren im Produktgas hat einen großen Einfluss auf die anschließende Nutzung in einem BHKW.

2.1 Vergasungsanlage

Durch eine Vergasungsanlage wird ein Einsatzstoff mit Hilfe eines Vergasungsmittels thermisch umgesetzt und so ein brennbares Produktgas erzeugt. Die dazu nötige Energie in Form von Wärme wird dabei entweder durch eine externe Quelle erzeugt und indirekt dem Holz zugeführt („**allothermes Verfahren**“) oder durch eine teilweise Verbrennung des Holzes bereit gestellt („**autothermes Verfahren**“). Da die indirekte Zufuhr von Wärme technisch sehr aufwändig ist, kommen im kleinen Leistungsbereich bisher nur autotherme Verfahren zum Einsatz. Ebenso wird bei kleinen Holzvergasungsanlagen in der Regel Luft als **Vergasungsmittel** eingesetzt. Prinzipiell kommen außerdem noch Sauerstoff oder Wasserdampf in Frage.

Unter den festen Biomassebrennstoffen stellt Holz den unproblematischsten Brennstoff dar. Dies liegt vor allem daran, dass Holz über relativ geringe Anteile an Stickstoff, Chlor und anderen für eine Verbrennungsanlage schwierigen Inhaltsstoffen verfügt. Außerdem ist der Prozentsatz an nicht brennbaren Stoffen, die als Asche zurückbleiben oder als Staub ausgetragen werden, vergleichsweise niedrig. Anlagenkonzepte für die Vergasung fester Biomasse im kleinen Leistungsbereich greifen daher in der Regel auf Holz als Einsatzstoff zurück, da die technologischen Herausforderungen ohnehin relativ groß sind. Der Einsatz von Holzpellets bietet aufgrund der gleichmäßigen Stückigkeit und des niedrigen Wassergehaltes große Vorteile, aber aus Kostengründen kommen als Brennstoff meistens Holzhackschnitzel zum Einsatz.

Eine Anlage zur Vergasung von Holzhackschnitzeln kann selbstverständlich nur durchgehend betrieben werden, wenn ein Lager für die kontinuierliche Versorgung mit Brennstoff sorgt. Die richtige Lagerung soll zwar an dieser Stelle nicht näher erörtert werden, jedoch soll darauf hingewiesen werden, dass insbesondere die für die Holzvergasung verwendeten getrockneten Holzhackschnitzel zu einer erwähnenswerten Staubentwicklung führen können. In der Folge können sich Staubablagerungen auch außerhalb des eigentlichen Lagerbereichs bilden. Dies birgt besonders dann ein Gefahrenpotential, wenn sich der Staub auf heißen Oberflächen ablagert. Unter ungünstigen Umständen kann es zu Bränden oder gar Staubexplosionen kommen.

2.1.1 Zuführeinrichtungen

Die Zuführung von Holzhackschnitzeln zur Vergasungsanlage erfolgt vom Lager zunächst über Förderschnecken oder Schubstangen, bei Pellets kann auch eine Saugförderung eingesetzt werden. Förderschnecken sind gegenüber zu langen Hackschnitzeln, sogenannten Überlängen, deutlich empfindlicher als Schubstangen. Allerdings sind Schubstangensysteme auch erwähnenswert teuer. Am eigentlichen Übergang zwischen Lagerbereich und Vergasungsanlage ist in der Regel ein Schleusensystem installiert, welches die Brennstoffzufuhr dosiert und dafür sorgt, dass keine heißen Produktgase aus dem Vergaser entweichen bzw. in das Brennstofflager gelangen, wo sie zu einem Brand führen könnten.

Als **Schleusensysteme** für den Brennstoffeintrag bei Holzvergaseranlagen werden in der Regel Absperrklappen, Absperrschieber oder Zellenradschleusen eingesetzt. In allen drei Systemen kann der Brennstoff durch die Wirkung der Schwerkraft in den Vergasungsreaktor gelangen, wenn es sich um eine Anlage mit Brennstofffluss von oben nach unten handelt. Absperrklappen wechseln motorisch betrieben aus einer oberen dichten Stellung in eine abkippende offene Stellung, Absperrschieber werden pneumatisch oder motorisch vor- und zurückgefahren, um den Brennstoffdurchgang zu ermöglichen und Zellenradschleusen ähneln einem Schaufelrad, welches dicht anliegend von einem Reifen umgeben ist, der oben den Brennstoffzutritt sowie unten den Brennstoffaustritt ermöglicht.

Alle drei Systeme können keine vollkommene Dichtigkeit garantieren, jedoch ist ein Gasaustritt unwahrscheinlich, da der Vergaser in der Regel in leichtem Unterdruck betrieben wird. Bei Anlagen, in denen die Brennstoffzufuhr von unten erfolgt, wird der Abschluss über eine starke Verdichtung der zugeführten Hackschnitzel erreicht, wobei der notwendige Druck in der Regel durch eine Schnecke erzeugt wird. Zu beachten ist, dass Störungen in der Zuführung sofort zu einem ungleichmäßigen Betrieb der Vergasungsanlage und nach kurzer Zeit zu einer Unterbrechung der Gasproduktion führen können.



Abbildung 2:
Hackschnitzelzuführung

2.1.2 Vergaser-Bauarten

Für den zentralen Teil der Vergasungsanlage, in dem das Holz in ein heizwertreiches Produktgas überführt wird, kommen einige grundsätzlich verschiedene Bauarten in Frage. In dem hier betrachteten Leistungsbereich derzeit ohne Bedeutung ist die Gruppe der sogenannten Bewegtbettverfahren zu denen die stationäre und die zirkulierende Wirbelschicht zählen. Der technische Aufwand ist bei derartigen Anlagen so hoch, dass die spezifischen Investitionskosten bei kleinen Leistungen unverhältnismäßig hoch wären.

Die für den betrachteten Leistungsbereich relevante Bauartengruppe stellen die sogenannten Festbettverfahren dar, bei denen die Vergasung der Biomasse innerhalb eines meist stehenden, zylindrischen Behälters in „festgelegten“ Zonen erfolgt, welche die zugeführten Hackschnitzel oder Pellets nacheinander durchlaufen. Der zylindrische Vergaserbehälter besteht in der Regel aus Stahl, der innen mit einer Schutzschicht gegen die Einwirkung von Temperatur und Gaskomponenten ausgestattet ist. Die Umhüllung kann als Doppelmantel ausgeführt sein. Durch den Zwischenraum kann die Luft für den Vergaser geführt und dabei vorgewärmt werden.

Eine mögliche Sonderform der Festbettvergasung stellen mehrstufige Vergasungsanlagen dar. Prinzipiell können bei den auch „gestufte Vergasung“ genannten Anlagen sowohl Festbett- als auch Bewegtbettverfahren kombiniert werden. Eine gestufte Festbettvergasung kann durch die Trennung der Trocknung und Pyrolyse von der Oxidation und Reduktion erreicht werden. Zum Beispiel können die ersten beiden Phasen in einem mit Motorabgas beheizten Rohr stattfinden. Die Durchmischung im Rohr und der Austrag der Reststoffe können mit einer Schnecke erfolgen. Im zweiten Teil der Anlage kann dann unter Luftzufuhr das Pyrolysegas mit einer Kohlenstoffschicht zum Produktgas reagieren. Vom Prinzip her bietet die gestufte Vergasung gute Möglichkeiten hinsichtlich der Brennstofftoleranz, der Gasqualität und der Gesamteffizienz. Jedoch befindet sich dieses Verfahren erst im Forschungs- und Entwicklungsstadium und ist grundsätzlich durch eine recht komplexe und damit aufwändige Technik gekennzeichnet.

Die zwei wesentlichen Bauarten von Festbettvergäsern sind der Gegenstrom- und der Gleichstromvergaser, deren Bezeichnungen sich aus der Führung des Gasstromes im Verhältnis zur Richtung der Brennstoffzuführung ableiten. Abbildung 3 zeigt Prinzipschemata dieser beiden Vergasertypen.

Gegenstromvergaser

In einem Festbettvergaser, der nach dem Gegenstromprinzip arbeitet, bewegt sich wie in Abbildung 3 ersichtlich der Luft-/Gasstrom in die dem Brennstoff entgegengesetzte Richtung. In der Regel bedeutet dies, dass der Brennstoff von oben in den Vergaser gegeben wird, während die Luft von unten zugeführt und das Produktgas oben abgezogen wird. Dies führt dazu, dass das Holzgas die Pyrolyse-Zone passieren muss und dort erhebliche Mengen an langkettigen Kohlenwasserstoffen („Teere“) beschreiben, mit sich zieht. Die Entfernung der Teere, die für die Nutzung des Produktgases in einem BHKW notwendig ist, stellt nicht nur eine große technische Herausforderung dar, sondern bedeutet angesichts der Teermengen im Gas eines Gegenstromvergasers auch eine erwähnenswerte Reduktion des Wirkungsgrades der Anlage, soweit diese Reststoffe nicht wieder in die Anlage zurückgeführt werden können. Aufgrund dieser Problematik werden Gegenstromvergaser trotz möglicher Vorteile hinsichtlich der Einsatzstoffunempfindlichkeit und der internen Wärmenutzung nur sehr selten angeboten.

Gleichstromvergaser

Im Gleichstromvergaser bewegen sich Luft-/Gasstrom und Brennstoff grundsätzlich in die gleiche Richtung. Meist erfolgt die Luftzufuhr in einer verengten Oxidationszone wie in Abbildung 3 dargestellt. Die Verengung hat das Ziel, trotz einer seitlichen Zuführung möglichst den gesamten Vergaserquerschnitt gleichmäßig mit Luft zu versorgen und für eine homogene Brennstoffverteilung in dieser Zone zu sorgen.

Ein Gleichstromvergaser kann deutlich teerärmeres Holzgas erzeugen als ein Gegenstromvergaser. Allerdings können die theoretisch möglichen niedrigen Teergehalte in der Praxis häufig nicht erreicht werden. Dies liegt vor allem daran, dass Holz ein inhomogener Naturstoff ist, der zudem noch in ungleichmäßig großer Form vorliegt. Zu kleine Hackschnitzel können die gleichmäßige Verteilung von Luft behindern, zu große Hackschnitzel können sich verklemmen und mit sogenannter „Brückenbildung“ die Bewegung des Materials durch die Anlage stoppen oder zumindest Bereiche schaffen, in denen die Gase bevorzugt strömen, und damit eine gleichmäßige Umsetzung behindern. Ist das Material lokal zu feucht, können an diesen Stellen durch vergleichsweise niedrige Temperaturen größere Mengen an Teeren verbleiben. In der Praxis führt dies dazu, dass selbst bei optimaler Reaktorkonstruktion und Prozessführung Produktgas auch aus einem Gleichstromvergaser nur dann in einem Motor genutzt werden kann, wenn es nach Austritt aus dem Vergaser gereinigt wird.

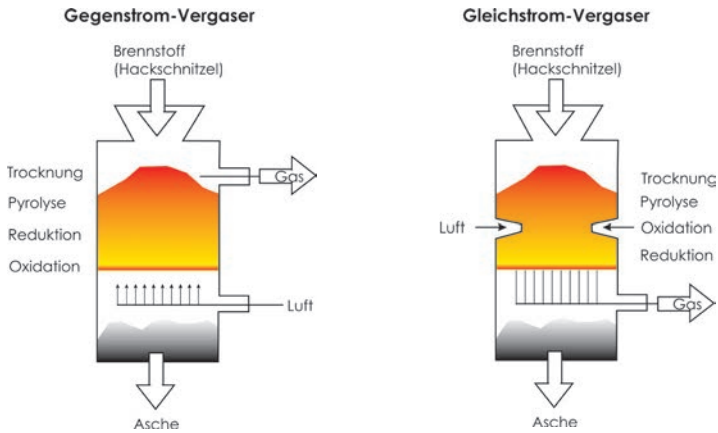


Abbildung 3: Prinzipschemata von Gegenstrom- und Gleichstromvergaseranlagen

2.1.3 Austragsvorrichtungen

Die in der Regel im unteren Teil der Anlage unterhalb eines Rostes zurückbleibende Asche muss für einen vollautomatischen Betrieb der Anlage ohne Eingriff von Personal ausgetragen werden. Dabei ist auch von Bedeutung, dass die Dichtigkeit der entsprechenden Vorrichtungen ausreicht, um eine Oxidation des Kohlenstoffs in der Asche durch eintretende Luft zu verhindern. Dadurch könnte es ansonsten zu einer Erhitzung der Asche mit nachfolgender Schmelze und Verschlackung kommen.

Falls der Kohlenstoffanteil in der Asche über 5 Prozent liegt, ist dies aus wirtschaftlicher Sicht von Bedeutung, da die gesetzlichen Vorgaben prinzipiell eine Deponierung von derartigem Material nicht erlauben und somit nur kostenintensivere Entsorgungswege in Frage kommen würden.

2.2 Gasaufbereitung und -verwertung

Holzgas besteht bei der Verwendung von Luft als Vergasungsmittel zu einem großen Teil aus Stickstoff und Kohlendioxid, während der Heizwert durch den Gehalt an den brennbaren Gasen Kohlenmonoxid (CO), Wasserstoff (H₂) und in geringen Mengen Methan (CH₄) bestimmt wird. Es ist schon im Normalzustand ein sogenanntes „Schwachgas“, also ein Gas mit einem Heizwert, der mit etwa 1,2 Kilowattstunden pro Kubikmeter weit unter dem von Erdgas (ca. 10 kWh/m³) liegt.

In heißem Zustand – die Temperatur des Produktgases liegt beim Austritt aus einem Gleichstromvergaser bei mehreren Hundert Grad Celsius – ist die Energiedichte, also der Heizwert pro Volumeneinheit, nochmals deutlich niedriger. Eine Kühlung ist daher nicht nur notwendig, um die thermischen Belastungsgrenzen eines Motors nicht zu überschreiten, sondern auch, um die ohnehin beim Einsatz von Schwachgas reduzierte Motorleistung nicht noch weiter herabzusetzen. Bei der Verwertung in einer Gasturbine könnte auf eine Kühlung des Gases verzichtet werden, jedoch sind diese Aggregate im betrachteten Leistungsbereich für Holzgas nicht verfügbar.

2.2.1 Gasaufbereitung

In der Regel muss damit gerechnet werden, dass im Produktgas nennenswerte Mengen an Teer enthalten sind. Bei der Auswahl der Techniken zur Kühlung und Reinigung muss dies berücksichtigt werden, da bei der Abkühlung des Gases auf die für einen Motor notwendige Temperatur der Taupunkt der Teere unterschritten wird und diese damit wieder aus der Gasphase auskondensieren. Auskondensierende Teere bilden eine zähflüssige, klebrige Masse, die Störungen oder gar Zerstörungen der Komponenten verursachen kann. Damit ist der Einsatz von herkömmlichen Abgaswärmetauschern zur Holzgaskühlung in vielen Fällen nicht möglich.

Während bei großen Vergasungsanlagen die Investition in sehr aufwändige Reinigungs- und Kühlungsmaßnahmen wie z.B. Nasselektrofilter oder Quenchen in Frage kommt, werden bei kleinen Holzvergasungsanlagen aus Kostengründen häufig einfachere Verfahren favorisiert. Eine erste Kühlungsstufe wird meist vor jedem Reinigungssystem installiert. Darauf folgt entweder ein Filtersystem für heiße Produktgase oder weitere Kühlungsstufen und im Anschluss ein Reinigungssystem für abgekühltes Holzgas.

Trockene Gasreinigungsverfahren

Das Entfernen von Staub aus dem heißen Produktgas ist mit verschiedenen Filtersystemen möglich. Störende Wirkungen von Teeren durch deren Auskondensation können allerdings nur dann relativ sicher vermieden werden, wenn Temperaturen von über 400 °C eingehalten werden können. Dafür kommen Heißgaszyklone in Frage, die mittels Fliehkraft einen hohen Anteil des groben Staubs entfernen können und häufig als erste Reinigungsstufe installiert werden. Heißgas-Elektrofilter werden aufgrund der hohen Investitionskosten in der Regel in kleinen Holzvergasungsanlagen nicht verwendet. Auch keramische Filter können zur Heißgasfiltration genutzt werden. Da die darin enthaltenen Filterkerzen relativ teuer sind, werden sie allerdings nur in größeren Anlagen eingesetzt.

Eine weitere Möglichkeit der Gasreinigung bieten Gewebefilter, die jedoch nur bis zu einem Temperaturniveau von 250 °C angeboten werden. Voraussetzung für deren Einsatz ist allerdings somit die Erzeugung eines Produktgases, welches nur sehr geringe Anteile an Teer enthält. Um hier eine von Beginn an gute Filterwirkung zu erzielen und gleichzeitig ein irreversibles Eindringen von Teer in die Filtergewebesichten zu verhindern, kann ein beschichteter Filter zum Einsatz kommen (sogenanntes **Precoating**).

Beim Einsatz von Gewebefiltern zur Entfernung von Staub aus einem Gasstrom dringen die Partikel nur anfangs in das Gewebe ein. Nach kurzer Zeit bildet sich an der Oberfläche des Gewebes eine Schicht aus abgeschiedenen Partikeln, der sogenannte Filterkuchen. Dieser übernimmt nun die Filterwirkung und hat sogar in der Regel eine deutlich bessere Abscheideleistung als das eigentliche Filtergewebe. Um diesen Zustand bereits vor Einsatzbeginn zu erreichen, wird beim Precoating der Gewebefilter vorab mit einer Beschichtung, in der Regel einem Mineralpulver, versehen. Da der Filterkuchen nach einer gewissen Zeit zu dick wird und daher, zum Beispiel durch einen Gasdruckstoß mit Stickstoff, entfernt wird, muss danach die Beschichtung, zum Beispiel durch Aufblasung des Mineralpulvers vor der erneuten Durchleitung von Gas, wieder aufgebaut werden. Ein besonderer Vorteil des Precoating liegt bei Holzgas darin, dass Teeranteile, die bei der Einsatztemperatur von Gewebefiltern bereits in kondensierter Form vorliegen können (gebunden an Partikel oder als feinste Tröpfchen) nicht zu einer schnellen Verklebung des Filtergewebes führen, sondern im Precoatingmantel abgeschieden und mit diesem abgetragen werden können.

Schütttschichtfilter mit Sand oder auch bei niedrigeren Temperaturen mit Sägemehl sind eine weitere Möglichkeiten zur trockenen Gasreinigung. Abgesehen von der Abscheideleistung ist jedoch bei diesen Verfahren die häufig ungelöste Frage der Regeneration oder Entsorgung des Filtermaterials von großer Bedeutung.

Gaswäsche

Bei der Gaswäsche wird das gekühlte Holzgas durch ein flüssiges Waschmedium oder durch einen Sprühnebel geleitet. Das Waschmedium kann ein organisches Lösungsmittel wie z.B. Biodiesel oder Wasser sein. Organische Lösungsmittel bieten Vorteile durch die höhere Verdampfungstemperatur und die bessere Reinigungswirkung im Bezug auf Teere. Allerdings sind der höhere Preis eines organischen Lösungsmittels und die durch dessen Einsatz zusätzlich geschaffene mögliche Brandquelle zu beachten. Zudem stellt sich genau wie bei Wasser als Waschmedium die Frage der Regeneration oder Entsorgung. Eine Anlage, die Gaswäsche verwendet, sollte daher verunreinigte Waschflüssigkeiten intern verwerten können, um hohe Entsorgungskosten zu vermeiden.

2.2.2 Gasverwertung

Für die Produktion von Strom und Wärme aus Holzgas können prinzipiell Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Schwachgasmotoren eingesetzt werden, wie sie zum Beispiel auch bei der Verwertung von Biogas Anwendung finden. Allerdings besitzt Holzgas nicht nur einen geringeren Heizwert als Biogas (ca. $1,2 \text{ kWh/m}^3$ zu ca. 5 kWh/m^3), sondern ist auch ganz anders zusammengesetzt. Daher muss ohne Motoranpassung beim Einsatz von Holzgas mit geändertem Betriebsverhalten und höherem Verschleiß gerechnet werden. Prinzipiell muss auch bei einer Motoranpassung mit einem Sinken von Leistung und Wirkungsgrad gerechnet werden.

Sowohl reine Gasmotoren (Gas-Otto-Motoren mit Zündkerzen) als auch Motoren, die mit Zündöl zur Zünd- und Stützfeuerung (Zündstrahl-Motoren) betrieben werden, kommen in Frage. Zündstrahlmotoren können höhere elektrische Wirkungsgrade erreichen als Gas-Otto-Motoren, bedingen aber tendenziell auch höhere Brennstoffkosten und haben kürzere Lebensdauern.

Sollte das Holzgas mit einem Zündstrahl-BHKW in Strom und Wärme umgewandelt werden, so ist zu beachten, dass gemäß § 27 Abs. 1 EEG zur Zünd- und Stützfeuerung nur Biomasse (also z.B. Pflanzenöl) oder Pflanzenölmethylester eingesetzt werden darf, da andernfalls kein Anspruch auf Vergütung für den erzeugten Strom besteht.

Für beide Motorkonzepte muss das Holzgas gekühlt, staub- und teearm vorliegen. Über das zum dauerhaften, störungs- und wartungsarmen Betrieb des Motors notwendige Niveau des Staub- und Teergehaltes gibt es keine verwertbaren Aussagen der Motorhersteller.

Außer dem Motor und dem darauf abgestimmten Generator verfügt ein BHKW noch über die zugehörigen Schalt- und Steuereinrichtungen sowie Wärmetauscher, um die Wärme aus dem Abgas, dem Motorkühlwasser und dem Schmierölkreislauf abzuführen. Im Idealfall kann diese Wärme, unter Einbeziehung eines Pufferspeichers komplett als Heiz- oder Prozesswärme genutzt werden. Andernfalls muss der Betrieb der Holzvergassungsanlage in den Zeiten geringeren Wärmebedarfs ausgesetzt werden.



Abbildung 4: Holzgas-BHKW

Da in An- und Abfahrphasen des Holzvergasers die Gasqualitäten sehr eingeschränkt oder zumindest schwankend sind, wird für die unschädliche Beseitigung des in diesen Zeiten produzierten Gases häufig eine Gasfackel installiert, die auch beim Ausfall des BHKW zum Einsatz kommen kann.

3. Handlungsempfehlungen

Die Entwicklung neuer Technologien benötigt Kapital, welches sowohl von privater als auch von institutioneller Seite zur Verfügung gestellt werden kann. Diese Handlungsempfehlungen richten sich an Kapitalgeber, die Anlagen finanzieren wollen, aus deren Betrieb Renditeerwartungen befriedigt werden sollen. Ausdrücklich sollen diese Anlagen nicht im Bereich von Forschung und Entwicklung (F&E) angesiedelt sein.

Der **Übergang von F&E zum marktfähigen Produkt**, die sogenannte Markteinführung, kann in folgende Teilschritte gegliedert werden: in einer **Pilotanlage** wird zum ersten Mal die technische Machbarkeit in der für den Markt vorgesehenen Größe (im Gegensatz zur häufig deutlich kleineren Laboranlage) überprüft. Verläuft diese Überprüfung positiv, kann mit einer oder mehreren **Demonstrationsanlagen** die dauerhafte technische Funktionsfähigkeit unter Praxisbedingungen, also im Rahmen eines normalen Anwendungsfalles, getestet werden. Bis einschließlich dieser Phase sollte das investive Engagement vor allem auf Seiten der anlagenentwickelnden Institution/Firma liegen. In der Folge kann mit einem sogenannten **Feldtest** die Tauglichkeit der Anlage unter realen Bedingungen einer weiteren Überprüfung unterzogen werden, bei der die Investition, gerechtfertigt durch positive Erfahrungen aus dem Demonstrationsbetrieb, zu einem großen Teil von Kapitalgebern mit Renditeinteressen getragen werden kann.

Den einzelnen Phasen des Überganges vom F&E- zum Marktbereich sollte genügend Zeit zugestanden werden, um belastbare Informationen aus ihnen ziehen zu können. Dies bedeutet für den Fall der Holzvergasungsanlagen, dass für den Betrieb einer Pilotanlage wenigstens ein Jahr zur Verfügung stehen sollte, bevor eine Demonstrationsanlage errichtet wird. Diese sollte im optimalen Fall sodann mehrere Jahre unter Beweis stellen, dass ein Betrieb mit den vom Hersteller prognostizierten wirtschaftlichen Ergebnissen im praktischen Anwendungsfall möglich ist. Je geringer die Anzahl der Jahre im Demonstrationsbetrieb ist, desto größer ist das Risiko für Auswirkungen von bis dahin unbekanntem Langzeitproblemen zum Beispiel mit der Beschichtung des Reaktors oder der Korrosion eines Wärmetauschers. Dennoch kann bei einer detaillierten Bewertung von Chancen und Risiken ggf. eine praktikable Lösung für den Kapitalgeber gefunden werden, wenn nicht mehrere Jahre Betriebserfahrung mit einer Demonstrationsanlage vorliegen. Hier setzen die nachfolgenden Handlungsempfehlungen an, indem sie eine Hilfestellung für die Bewertung eines Anlagenkonzeptes bieten. Sie geben einen Überblick über alle wichtigen Belange eines Holzvergasungskonzeptes mit einer Schwerpunktsetzung im wirtschaftlichen Bereich. Eine Checkliste verschafft zudem einen Überblick über die als notwendig erachteten Angaben und Unterlagen.

Als Grundvoraussetzung für eine qualifizierte Bewertung ist es empfehlenswert, ausschließlich Konzepte in Erwägung zu ziehen, in die alle für den Betrieb einer Anlage erforderlichen Anlagenkomponenten einbezogen sind. Dies beginnt bei der Brennstoffaufbereitung und geht über die Brennstofflagerung, die Brennstoffzuführung, die Vergasungsanlage und die Gasaufbereitung bis hin zur Gasverwertung, jeweils mit dazugehörigen Teilen wie zum Beispiel Schleusensystemen, Regenerationsanlagen für Reststoffe, Notkühleinrichtungen oder Gasfackeln. Werden von Seiten des Konzepts Einschränkungen hinsichtlich der Vollständigkeit der Anlage gemacht, ist dies stets kritisch zu hinterfragen. Dies gilt auch für den oft als „vorgelagert“ angesehenen Bereich der Brennstoffaufbereitung und –lagerung, wenn kein schlüssiges Konzept zur Beschaffung der Brennstoffe in der notwendigen Qualität mit vorgelegt wird.

Die Unterlagen sollten stets so eingefordert werden, dass sich ein unabhängiger Dritter ein klares Bild über die Konzeption und die Rahmenbedingungen machen kann. Dies beginnt bei der Beschreibung des für die Anlage vorgesehenen **Grundstücks** (Flurnummer, Adresse, Eigentümer) und der Benennung des **Investors** mit Angabe der Rechtsform.

3.1 Allgemeine Konzeptangaben

Von größter Wichtigkeit für Bewertung eines Konzeptes ist die Einschätzung der wirtschaftlich tragbaren Dauerbetriebsfähigkeit einer Anlage. Diese lässt sich bei Firmen, die Anlagen im Marktbereich anbieten, anhand von **Referenzen** von Demonstrations-/Feldtestanlagen und/oder bereits verkauften Anlagen überprüfen. Es sollten Ansprechpartner für Anlagen benannt werden, die sowohl hinsichtlich der Leistungsgröße als auch der Einsatzstoffe dem vorgesehenen Projekt entsprechen. Hinweise auf den Erfolg dieser Referenzanlagen können Abrechnungen der Vergütungen für den erzeugten und ins Netz eingespeisten Strom geben, jedoch muss berücksichtigt werden, dass damit keine pauschale Aussage über die Wirtschaftlichkeit des Betriebs möglich ist (siehe Kapitel 4 Wirtschaftliche Konzeption).

Hinsichtlich der potenziellen **Emissionsbelastung** sollte geklärt sein, ob die Anlage innerorts oder außerorts errichtet wird, wie weit die nächstgelegene Wohnbebauung entfernt ist und ob es bereits eine Emissionsvorbelastung durch andere Anlagen (nicht nur zur Holzvergasung) gibt. Von Bedeutung für die Beurteilung der Emissionsbelastung kann außer der Konzentration von Schadstoffen im Abgas und der örtlichen Situation der Anlage auch noch die Frage sein, in welcher Höhe die BHKW-Abgase abgeführt werden und inwieweit unverbranntes Holzgas oder geruchsintensive Stoffe ins Freie gelangen.

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ist der Betreiber gesetzlich dazu verpflichtet, nach dem Stand der Technik vermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen zu verhindern und unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen zu minimieren. Darüber hinaus schreibt das Gesetz vor, dass die beim Betrieb der Anlage entstehenden Reststoffe ordnungsgemäß entsorgt werden müssen. Das Gesetz ermächtigt die zuständige Behörde, in der Regel das Landratsamt, ggf. Anordnungen zur Durchsetzung dieser Verpflichtungen zu erlassen und schließlich die Anlage stillzulegen, falls der Betreiber den Anordnungen nicht Folge leistet.



Abbildung 5: Infotafel an einer Holzvergasungsanlage

Im dem Konzept sollte erläutert werden, ob bereits ein **Hauptplaner** für die Gesamtanlage benannt werden kann, welche Planungsergebnisse schon vorliegen (neben den im Folgenden noch behandelten Informationen zum Beispiel Bauzeitenplan oder Aufstellungspläne) und ob bereits Angebote von Firmen für Teilgewerke eingeholt wurden. Durch frühzeitigen Kontakt mit der Genehmigungsbehörde sollte deren Einschätzung hinsichtlich der Genehmigungssituation abgeklärt worden sein und mit dem Konzept vorgelegt werden.

An dieser Stelle soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass eine Aufteilung der Vergabe in einzelne Gewerke nach Möglichkeit vermieden werden sollte. Dies bezieht sich insbesondere auf die zentralen Teile einer Holzvergasungsanlage (Vergaser, Gas-aufbereitung, Gasverwertung), aber auch die Hackschnitzelaufbereitung, -lagerung und -zuführung sind für den störungsfreien Betrieb relevant. Die Vermeidung von Schnitt-

stellen zwischen einzelnen Lieferanten minimiert mögliche Abstimmungsprobleme und erleichtert die Klärung von Verantwortlichkeiten, sollten Probleme im Anlagenbetrieb auftauchen. Nicht betroffen von dieser Empfehlung ist - sofern vorgesehen - der Bau eines Wärmenetzes zur Nutzung der anfallenden Wärme.

Grundsätzlich gilt, dass sich die **Genehmigungspraxis** in Deutschland zwischen den Bundesländern und teilweise auch innerhalb der Bundesländer unterscheidet. Daher muss vom Investor die Rechtslage bzw. Genehmigungspraxis am Anlagenstandort ermittelt und berücksichtigt werden. Holzvergasungsanlagen werden zum Beispiel in Bayern immissionsschutzrechtlich als „Anlagen zur Erzeugung von Generator- oder Wassergas aus festen Brennstoffen...“ (4. BImSchV, Anhang, 1.13, Spalte 2) angesehen. Da diese Beschreibung jedoch mit „...die eine Gasmenge mit einem Energieäquivalent von 1 MW oder mehr erzeugen können“ fortgeführt wird, sind Holzvergasungsanlagen im kleinen Leistungsbereich nach dieser Deutung nicht immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig.

Die Ergebnisse einer Recherche bezüglich einer möglichen öffentlichen **Investitionsförderung** sollten dargestellt und auch in der wirtschaftlichen Konzeption berücksichtigt sein. Gleiches gilt für eventuelle zinsvergünstigte Darlehen.

Die Betreiber von Stromnetzen sind nach dem Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG) verpflichtet, Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien an ihr Netz anzuschließen. Da dieser **Netzanschluss** jedoch bestimmten Bedingungen unterliegt, sollte das Konzept schon diesbezügliche Rückmeldungen des Netzbetreibers enthalten. Häufig wird vom Netzbetreiber der Abschluss eines Einspeisevertrages als Voraussetzung für die Abnahme des Stroms gefordert. Dies ist nach allgemeiner Ansicht allerdings nicht zwingend erforderlich, da das EEG den gültigen Rechtsrahmen setzt. Falls doch ein Einspeisevertrag abgeschlossen wird, sollte zumindest darauf geachtet werden, dass keine im Vergleich zum EEG schlechteren Regelungen vereinbart werden, etwa eine über das Einspeisemanagement hinausgehende Ermächtigung des Netzbetreibers, die Einspeiseleistung zu drosseln.

Seit 2009 gibt es das sogenannte **Einspeisemanagement**. Dies beinhaltet, dass EEG-Anlagen, also insbesondere auch Holzvergasungsanlagen, mit einer elektrischen Leistung über 100 kW mit einer technischen Einrichtung ausgestattet sein müssen, die es dem Netzbetreiber ermöglicht, die jeweilige Ist-Einspeisung abzurufen und die Einspeiseleistung zu reduzieren oder bis auf Null abzuregeln. Hintergrund dieser Regelung ist die Befürchtung, dass insbesondere, aber nicht nur in Netzgebieten mit hohem Wind- bzw. Solarstromanteil verstärkt Betriebszustände auftreten, in denen die eingespeiste Leistung die abgerufene Leistung überschreitet und mangels Speichermöglichkeiten das Netz an seine Kapazitätsgrenzen stößt.

Mit dem Begriff Leistung ist hier nach allgemeiner Ansicht die installierte und nicht die tatsächlich eingespeiste Leistung gemeint, d. h. auch eine Anlage mit 110 kW_{el} installierter, im Jahresmittel aber nur 90 kW_{el} tatsächlich eingespeister Leistung ist vom Einspeisemanagement betroffen.

Diese deutliche Beschränkung des im EEG eigentlich verankerten Anspruchs auf Abnahme der gesamten produzierten Strommengen durch den Netzbetreiber ist allerdings an eine Reihe von Voraussetzungen geknüpft und wird durch Regelungen über Entschädigung abgefedert. Die Netzbetreiber dürfen von diesem Instrument nur in Ausnahmefällen Gebrauch machen. Insbesondere bleibt die Verpflichtung, bei absehbarer Gefahr einer Netzunterkapazität mit der möglichen Folge des Einspeisemanagements das Netz unverzüglich auszubauen, in vollem Umfang erhalten. Sollte der Netzbetreiber dieser Pflicht nicht nachkommen, bestehen Auskunfts- und Schadenersatzansprüche seitens des betroffenen Anlagenbetreibers.

Sollte nachweislich berechtigt (auch hier besteht ein Auskunftsanspruch des Anlagenbetreibers) der Netzbetreiber die Holzvergasungsanlage ab- oder herabgeregelt haben, hat der Anlagenbetreiber Anspruch auf Entschädigung, und zwar in Höhe der durch die Abregelung entgangenen Strom- und Wärmeverkaufseinnahmen, sofern nicht beispielsweise im Einspeisevertrag eine abweichende Regelung getroffen wurde. Sollte also der Einspeisevertrag eine Klausel enthalten, gemäß der der Betreiber auf eine entsprechende Entschädigung verzichtet, entfällt der eigentlich im Gesetz verankerte Anspruch. Dass dies eine durchaus praxisrelevante Problematik ist, soll folgende Passage aus einem Einspeisevertrag verdeutlichen: „Bei Störungen bzw. Überschreitung des Aufnahmepotenzials des Netzes ist der Netzbetreiber berechtigt, die Erzeugungsanlage zeitweilig vom Netz zu trennen bzw. die Aufnahme zu reduzieren. Für diesen Zeitraum hat der Einspeiser keinen Vergütungsanspruch gegenüber dem Netzbetreiber.“

Mit zunehmendem Anteil der fluktuierenden erneuerbaren Energien Windkraft und Photovoltaik an der Gesamtstrommenge im Stromnetz wird die Thematik auch für Holzgasanlagen stärker in den Blickpunkt rücken. In Norddeutschland sind bereits seit mehreren Jahren Biogasanlagen regelmäßig von dieser Problematik betroffen. Zumindest im Bereich der Wärmeversorgung sollte die Problematik eines durch Einspeisemanagement verursachten Lieferausfalls bei der Planung der Anlage, z.B. durch Aufnahme entsprechender Passagen in die Wärmelieferverträge, berücksichtigt werden.

Anlagen mit einer installierten Leistung von unter 100 kW_{el} sind derzeit nicht vom Einspeisemanagement betroffen. Nicht auszuschließen ist allerdings, dass bei künftigen Novellierungen des EEG hier Änderungen vorgenommen werden.

Schon im Konzept sollten Angaben über mögliche und beabsichtigte **Versicherungsverträge** für die Anlage gemacht werden

3.2 Technische Konzeption

Die Angaben zur technischen Konzeption müssen immer im Zusammenhang mit den geprüften Referenzen gesehen werden. Nicht durch Referenzen belegte Angaben sind immer kritisch zu hinterfragen.

Aufgrund der Empfindlichkeit einer Holzvergasungsanlage in Bezug auf die eingesetzten Hackschnitzel sollte das technische Konzept bei der **Hackschnitzelversorgung** ansetzen. Sowohl die exakte Qualität der vorgesehenen Hackschnitzelfraktionen (Holzart, Stückigkeit, Wassergehalt, Rindenanteil) als auch deren Mengenanteile und Herkunft sollten angegeben werden. Der beabsichtigte Hackschnitzelbezug sollte durch Brennstofflieferverträge, mindestens aber durch Absichtserklärungen möglicher Lieferanten, belegt werden. Alternativ kann durch Abschätzung der jährlich zur Verfügung stehenden Menge eine Versorgung aus betreibereigenen Wäldern hergeleitet werden.

Auch wenn theoretisch Biomasse verschiedener Herkunft (z.B. Stroh, Getreide) und in verschiedener Art (z.B. Pellets) in einer Holzvergasungsanlage eingesetzt werden könnte, werden aus technischen und ökonomischen Gründen meistens Holzhackschnitzel als Einsatzstoff gewählt. Nicht alle Arten von Hackschnitzeln sind jedoch gleich gut geeignet für den Einsatz in Holzvergasungsanlagen, sie können in ihrer technischen Handhabbarkeit und ihrer ökonomischen Wertigkeit deutliche Unterschiede aufweisen.

So haben z.B. Hackschnitzel, die aus Heckenschnitt oder Straßenbegleitgrün hergestellt werden, einen hohen Rinden- und Feinanteil, beides Merkmale, die beim Betrieb der Holzvergasungsanlage zu technischen Problemen führen können. Hackschnitzel aus sogenannten Kurzumtriebsplantagen, d. h. Bäumen (meist Pappeln oder Weiden), die speziell auf landwirtschaftlichen Flächen zur Energieerzeugung angebaut werden, haben einen signifikant höheren Wassergehalt als herkömmliche Hackschnitzel und machen daher einen höheren Energieaufwand für die Trocknung erforderlich. Auch sie weisen einen hohen Rindenanteil auf.

Falls die Hackschnitzel nicht in der für die Anlage vorgesehenen Qualität bezogen werden können, sollte die Hackschnitzelaufbereitung detailliert beschrieben werden. Dabei sollte auf die Emissionen einer Hackschnitzeltrocknung und auf den geplanten Umgang mit den Resten aus einer Hackschnitzelsiebung (Fein-und/oder Grobfraktionen) eingegangen werden.

Das Hackschnitzellager selbst sollte hinsichtlich Konstruktionsart (ober-/unterirdisch, befahrbar/nicht befahrbar, ggf. zusätzliches Außenlager), Größe und Belüftungskonzept dargestellt werden. Die Eignung der Lageraustrag- und Hackschnitzelfördervorrichtungen für die vorgesehenen Hackschnitzelgrößen sollte ebenfalls beachtet worden sein.

Die Beschreibung der **Vergasungsanlage** sollte außer den Angaben zu Hersteller, Herstellerbezeichnung, Feuerungswärmeleistung, Hackschnitzeldurchsatz und Produktgaserzeugung (Menge pro Stunde, Zusammensetzung und Heizwert) auch eine Darstellung der Funktionsweise mit Benennung des Vergasungsmittels enthalten. Darin sollte vor allem darauf eingegangen werden, welche Beweggründe zur gewählten Anlagenkonstruktion (Reaktorgeometrie, Beschichtung/Auskleidung/Isolation, Einbauten) geführt haben, mit welchen Maßnahmen der prognostizierte Teergehalt im Produktgas erreicht wird und wie der vorgesehene Automatisierungsgrad aufrechterhalten werden kann. Die erforderliche Hackschnitzelqualität sollte detailliert dargestellt werden und in Beziehung zu den vorherigen Erläuterungen zur Hackschnitzelversorgung gesetzt werden.

Besonders ausführlich sollte das Konzept der **Gasaufbereitung** dargelegt werden. Dabei sollten nicht nur Aufbau und Funktion der einzelnen Anlagenkomponenten zur Gaskühlung und -reinigung, sondern auch deren Zusammenspiel erläutert werden. Zur Spezifizierung der nach der Reinigung erwarteten Qualität sind mindestens der Heizwert, die Anteile an Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Methan sowie der Teer- und Staubgehalt anzugeben. Aufgrund des auch nach einer Kühlung geringen Heizwertes und den entsprechend hohen Volumenströmen sollte darauf geachtet werden, dass der durch die Gasaufbereitung verursachte Druckverlust nicht zu groß ist, da sonst ein hoher Hilfsenergiebedarf die Effizienz der Anlage schmälern könnte.

Die **Gasverwertung** kann anhand von BHKW-Hersteller, Herstellerbezeichnung, Art des BHKW, gewünschtem Druck- und Temperaturniveau des Gases am Eintritt in das BHKW, Feuerungswärmeleistung sowie elektrischer und thermischer Nennleistung beschrieben werden. Die vom BHKW-Hersteller geforderte Gasqualität (v.a. Heizwert, Teer- und Staubgehalt) muss zu den Eigenschaften des Gases der vorgesehenen Gasaufbereitung passen.

Für die Planung der später noch separat behandelten Wärmeverwertung sollte schon bei der technischen Konzeption angegeben werden, an welcher Stelle der Gesamtanlage **nutzbare Wärme** zur Verfügung steht und welche Leistungen bei welchen Temperaturniveaus genutzt werden können.

Ebenfalls für die Gesamtanlage sollten die anfallenden **Reststoffe** beschrieben und quantifiziert werden. Dies bezieht sich sowohl auf die vorher schon erwähnten Hackschnitzelreste aus einer möglichen Siebanlage als auch auf Asche, Holzkohle, Kondensate, Waschwasser und Filterstäube. Diese Materialien können zum Teil hoch belastet und daher nur für spezielle Entsorgungswege geeignet sowie aufgrund ihrer Giftigkeit sicherheitsrelevant sein. In jedem Fall sollte geklärt sein, ob eine Verwertung möglich oder eine Entsorgung zwingend erforderlich ist.

Es sollte dargestellt werden, welche **Sicherheitseinrichtungen** an der Gesamtanlage vorgesehen sind. Dies geht beispielhaft von einem Fallschutz am Hackschnitzellager über den Explosionsschutz an der Vergasungsanlage bis zu einer Gasfackelanlage, über die außer beim An- und Abfahrbetrieb auch bei BHKW-Ausfall die gesamte Gasmenge nachverbrannt werden kann. Selbstverständlich ist für den Umgang mit der Anlage auch ein passendes Sicherheitskonzept empfehlenswert.

Dem Thema Sicherheit muss sowohl von Seiten des Herstellers wie auch des Betreibers große Aufmerksamkeit geschenkt werden. So sollte beispielsweise überprüft werden, ob der Hersteller seiner Verpflichtung nachgekommen ist, für die betroffenen Teile der Holzvergasungsanlage eine EU-Konformitätserklärung, symbolisiert durch die CE-Kennzeichnung, zu erstellen. Aber auch der Betreiber der Anlage muss sich mit der Thematik auseinandersetzen. Da im Zusammenhang mit einer Holzvergasungsanlage grundsätzlich explosionsgefährdete Bereiche auftreten, ist er durch einschlägige Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung dazu verpflichtet, eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen. Ein wichtiger Teil der Beurteilung ist das sogenannte Explosionsschutzdokument, in dem unter anderem die Anlage in verschiedene Zonen unterteilt wird, in denen jeweils angemessene Kennzeichnungs- und Sicherheitsmaßnahmen durchgeführt werden müssen. Übergeordnetes Ziel ist immer, die Entstehung gefährlicher Gase zu verhindern oder zumindest zu minimieren.

Ein technischer Aspekt außerhalb der eigentlichen Anlage, der allerdings für die Kalkulation der Wirtschaftlichkeit von Bedeutung sein kann, ist die Höhe der **Trafoverluste**.

Sollten bisher in dieser Weise nicht in Holzvergasungsanlagen eingesetzte neue Technologien in der geplanten Anlage verwendet werden, sollten diese in der technischen Konzeption erklärt und begründet werden. In diesem Falle sollte die Funktionsweise dieser Technologien ausführlich erklärt werden und die dauerhafte Einsatzfähigkeit in einer Holzvergasungsanlage nachgewiesen werden.

3.3 Betrieb der Anlage

Es sollte der geplante hauptverantwortliche Betreiber der Anlage genannt und kurz die **Qualifikation des Betreibers** für den Umgang mit der Holzvergasungsanlage beschrieben werden. Vorteilhaft sind Erfahrungen mit dem Betrieb einer Holzverbrennungsanlage, die Besichtigung von Holzvergasungsanlagen oder der Besuch von Seminaren und Schulungen.

Da für den erfolgreichen Betrieb einer Holzvergasungsanlage zahlreiche Teilaspekte abzudecken sind, sollten möglichst Angaben zu den Zuständigkeiten für die einzelnen Aufgabenbereiche gemacht werden. Es sollte auch berücksichtigt werden, dass zumindest für den hauptverantwortlichen Betreiber, besser aber für einzelne Aufgabenbereiche ein Stellvertreter benannt wird.

Eine entscheidende Frage für die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens sind die Ergebnisse der Kalkulation der **Vollbetriebsstunden**, die angeben, wie viele Stunden im Jahr eine Anlage rechnerisch mit voller Leistung betrieben wird. Um bei einem wärmegeführten Betrieb der Anlage ausreichend hohe Vollbetriebsstunden erreichen zu können, muss die Anlage dem Wärmebedarf entsprechend ausgelegt werden. So ist bei einer reinen Heizwärmeversorgung davon auszugehen, dass ausreichend hohe Vollbetriebsstundenzahlen nur dann erreicht werden, wenn die thermische Leistung der Anlage $1/5$ bis maximal $1/4$ der geforderten Nennwärmeleistung der Anschließer entspricht.

Abgeleitet aus den vorhergehenden Angaben sollte abgeschätzt werden, wie viel Arbeitszeit für den Betrieb der Anlage notwendig sein wird.

3.4 Wärmeverwertung

Falls ein **Wärmeverkauf** im Sinne einer Lieferung an zahlende Kunden vorgesehen ist, sollte im Konzept der Verhandlungsstatus (Interesse, Absichtserklärung, Vertrag) für diese Lieferbeziehung beschrieben und ggf. durch Vorlage entsprechender Dokumente belegt werden. Für die einzelnen Wärmeabnehmer sollten jeweils die Anschlussleistung und der jährliche Wärmebedarf angegeben werden. Die Wärmeabnehmer sollten auf einem maßstäblichen Lageplan eingezeichnet sein, der außerdem den Verlauf des geplanten Nahwärmenetzes enthält.

Wird Wärme über Nahwärmenetze verteilt, kommt es unweigerlich zu Wärmeverlusten, die abhängig sind vom benötigten Temperaturniveau, der Spreizung, dem Rohrdurch-

messer, der jährlichen Betriebsdauer und der zum Einsatz kommenden Wärmedämmung. Bei neuen erdverlegten Wärmenetzen und moderaten Vor- und Rücklauftemperaturen kann man von einer spezifischen Verlustleistung je Meter Wärmetrasse von ca. 20 Watt ausgehen. Wird das Netz das ganze Jahr über betrieben errechnen sich aus diesem Wert Verluste von 175 kWh je Meter Trassenlänge. Spezifisch fallen die Verluste umso stärker ins Gewicht, je weniger Wärme über das Netz genutzt wird, das heißt je niedriger die Wärmebelegungsichte ist, die die durchschnittliche jährliche Wärmeabnahme zur Länge der Wärmetrasse ins Verhältnis setzt. Bei Wärmebelegungsichten unter 1,5 MWh/(m*a), steigen die Wärmeverluste stark an (siehe Abbildung 6). Als Zielwert für ein effizientes Wärmenetz sind Netzverluste von unter 10 % im Endausbau anzustreben.

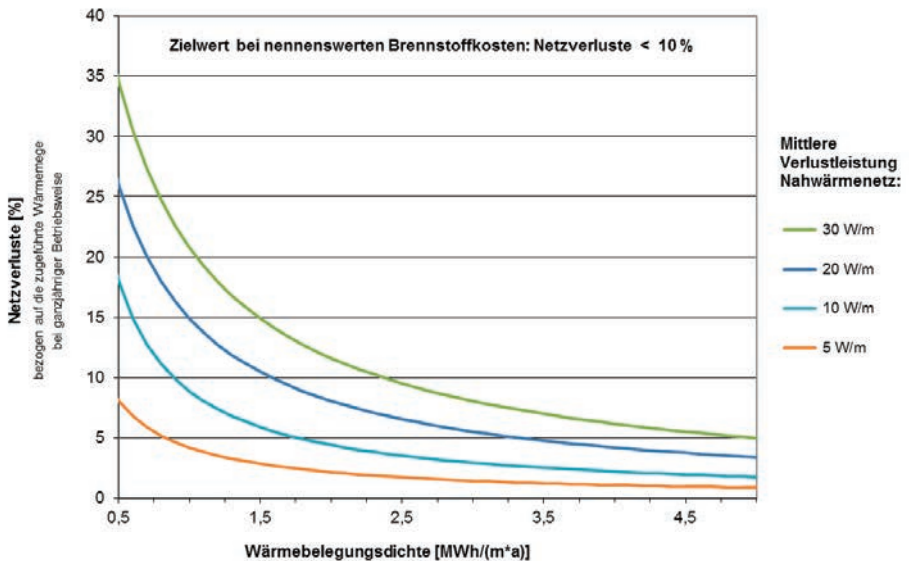


Abbildung 6: Netzverluste in Abhängigkeit von der Wärmebelegungsichte

Häufig wird ein Teil der Wärme zur **Trocknung** der eingesetzten Hackschnitzel verwendet. Bei der Kalkulation des dafür benötigten Energiebedarfs darf nicht übersehen werden, dass einfache Trocknungssysteme Wirkungsgrade von unter 50 % aufweisen und einen hohen Stromverbrauch verursachen.

4. Wirtschaftlichkeit

4.1 Investitionskosten

Den größten Kostenblock stellen in der Regel die Investitionen für die Errichtung der Anlage im weitesten Sinne dar. Dazu zählen die baulichen Anlagen, die Vergasungsanlage, die Gasaufbereitung, das BHKW, die Wärmenutzungstechnik und die restliche Anlagentechnik. Bei diesen Gewerken kann man davon ausgehen, dass die Investitionen nach Ablauf einer gewissen Zeitspanne erneut getätigt werden müssen und sich daher spezifische Nutzungsdauern angeben lassen.

Die Investitionen für **bauliche Anlagen** sollten so gering wie möglich gehalten werden. Im Wesentlichen benötigen eine Holzvergasungsanlage und die dazugehörige Lagerung für den Betrieb nur einen adäquaten Schutz vor Witterung und unberechtigtem Zugriff. Genauestens berücksichtigt werden sollten dabei selbstverständlich alle Erfordernisse an die Anlagensicherheit im Allgemeinen und den Brandschutz im Speziellen.

Schon erwähnt wurde, dass die wichtigsten Gewerke, insbesondere die **Vergasungsanlage**, die **Gasaufbereitung** und das **BHKW**, am besten aus einer Hand stammen sollten. Es kann aber dennoch nützlich sein, die Kosten für diese Bereiche aufgeschlüsselt zu erhalten, da zwar für Vergasungsanlage und Gasaufbereitung kaum Vergleichsmöglichkeiten existieren, für die BHKW-Kosten aber eine Plausibilitätsprüfung anhand einschlägiger Übersichten relativ einfach möglich ist. Aus der Befragung von Betreibern kleiner Holzvergasungsanlagen ergaben sich im Mittel spezifische Investitionskosten von etwa 4.500 Euro pro kW elektrischer Leistung. Es ist davon auszugehen, dass in diesen spezifischen Kosten jedoch nur die Investitionen für Vergasungsanlage (inklusive Hackschnitzelzuführung), Gasaufbereitung und BHKW enthalten sind.

Die Kosten für die **Wärmenutzungstechnik** sollten außer dem Nahwärmenetz, möglichen Hausanschlüssen und Hausübergabestationen auch die hydraulische Einbindung in ein ggf. schon vorhandenes Wärmeleitungssystem enthalten. Von den potenziellen Wärmekunden geleistete Anschlusskostenbeiträge können direkt verrechnet werden und führen zur Reduktion der Investitionen in diesem Bereich.

Manchmal werden Anlagenkomponenten, die nicht zu den bisher genannten Gewerken zugeordnet wurden, unter einem Titel wie „**restliche Anlagentechnik**“ oder „Sonstiges“ zusammengefasst. Insbesondere, wenn dieser Kostenpunkt eine bedeutende Größenordnung hat, ist die Position näher aufzuschlüsseln und die ihm für die Wirtschaftlichkeitsabschätzung zugeordnete Nutzungsdauer kritisch zu hinterfragen.

Die erste Position im Bereich der in aller Regel nur einmalig entstehenden Kosten sind möglicherweise anfallende **Grundstückskosten**. Sowohl der Kauf als auch die Erschließung sollten hierbei berücksichtigt werden.

Gemäß EEG hat der Betreiber einer Holzvergasungsanlage Anspruch auf Anschluss an das öffentliche Stromnetz. Hierbei ist zu beachten, dass nur die Netzausbaukosten vom Netzbetreiber, die **Netzanschlusskosten** jedoch vom Anlagenbetreiber zu tragen sind. Abgegrenzt werden die beiden Kostenposten durch den sogenannten Netzverknüpfungspunkt, der die Stelle festlegt, an der der vom Anlagenbetreiber produzierte Strom in das öffentliche Netz übergeht. Die Netzanschlusskosten sind wegen des Leitungsbaus umso höher, je weiter der Netzverknüpfungspunkt von der Anlage entfernt ist. Außerdem sinkt die vergütungsfähige Strommenge, da die Vergütungspflicht sich nur auf die tatsächlich ins öffentliche Stromnetz eingespeiste Strommenge erstreckt und damit die Verluste, die auf dem Weg vom BHKW zum Verknüpfungspunkt entstehen, keinen Vergütungsanspruch begründen. Daher hat der Anlagenbetreiber immer ein Interesse an einem möglichst nahe an der Anlage gelegenen Netzverknüpfungspunkt. Der Gesetzgeber hat dem insoweit Rechnung getragen, als im Gesetz der Punkt mit der kürzesten Entfernung zum Anlagenstandort per Definition als der Netzverknüpfungspunkt erster Wahl festgelegt wird.

Abweichungen sind nur unter folgenden Bedingungen möglich:

1. Sollte der Anlagenbetreiber einen anderen (hinsichtlich der Spannungsebenen geeigneten) Netzverknüpfungspunkt präferieren, muss er die daraus entstehenden Mehrkosten tragen.
2. Sollte der Netzbetreiber einen anderen Netzverknüpfungspunkt innerhalb seines eigenen Netzes präferieren, so muss er die für den Anlagenbetreiber daraus entstehenden Mehrkosten tragen.
3. Sollte der Netzbetreiber einen anderen Netzverknüpfungspunkt innerhalb eines anderen Netzes präferieren, muss er nachweisen, dass dieser technisch und wirtschaftlich günstiger ist. Davon wird immer dann ausgegangen, wenn die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten, d. h. die Summe der für Anlagenbetreiber und Netzbetreiber entstehenden Kosten, geringer sind als bei der ursprünglichen Variante. Allerdings dürfen dadurch die Kosten für den Anlagenbetreiber nicht unzumutbar hoch werden.

Zu klären ist weiterhin, ob eine Einspeisung in das Niederspannungsnetz möglich ist oder mittels eines Trafos in das Mittelspannungsnetz eingespeist werden muss. Sollte eine Einspeisung nur mittelspannungsseitig möglich sein, muss der Anlagenbetreiber die Kosten für den Trafo übernehmen. Um die über die Trafoverluste hinausgehenden Stromverluste

so gering wie möglich zu halten, wird üblicherweise der Trafo so nah wie möglich an die Anlage heran gesetzt, da die Verluste bezogen auf die Leitungslänge mittelspannungsseitig deutlich geringer sind als bei Niederspannungsleitungen.

Bei niederspannungsseitiger Einspeisung kann ein möglicherweise schon vorhandener Netzanschluss (z.B. an einem Wohnhaus) in der Lage sein, den einzuspeisenden Strom aufzunehmen. Falls dies nicht der Fall ist und erst am Trafo die Einspeisung erfolgen kann, sollte geprüft werden, ob die Leitungsverluste geringer sind als die Trafoverluste bei freiwilliger Einspeisung ins Mittelspannungsnetz und andernfalls doch mittelspannungsseitig eingespeist werden.

Bei Anlagen, deren elektrische Leistung maximal 30 kW beträgt, gilt die unwiderlegliche Vermutung, dass ein eventuell bestehender Verknüpfungspunkt auf dem Anlagengrundstück der günstigste ist. Dieser insbesondere für Gebäude-Photovoltaik-Anlagen wichtige Sachverhalt gilt natürlich entsprechend auch für kleine Holzvergasungsanlagen. Wenn also die Anlage mit einer maximalen elektrischen Leistung von 30 kW auf einem Grundstück steht, auf dem schon ein Anschluss an das öffentliche Stromnetz existiert, kann sie ohne weitere Kosten für den Anlagenbetreiber an den entsprechenden Anschluss angeschlossen werden. Sollte die Leitung entsprechend ausgebaut werden müssen, um die eingespeisten Strommengen bewältigen zu können, sind diese Kosten vom Netzbetreiber zu tragen.

Alle diese den Netzanschluss betreffenden Fragestellungen werden üblicherweise im Rahmen einer Netzanfrage bzw. Netzverträglichkeitsprüfung geklärt. Gemäß einem Hinweis der Clearingstelle EEG (Verfahren 2013/20 vom 15.05.2015) darf der Netzbetreiber entgegen der früher üblichen Praxis keine Gebühren für die Überprüfung der Anschlussfähigkeit verlangen.

Schließlich ist bei der Kalkulation der Investitionskosten darauf zu achten, dass **Planungs- und Genehmigungskosten**, auch wenn sie bereits angefallen sind, noch in die Berechnung einbezogen werden und auch **Inbetriebnahmekosten** nicht vernachlässigt werden.

Alle Investitionen, die nicht den vorgenannten Kategorien zuzuordnen sind, können unter der Beschreibung „**sonstige Kosten**“ subsumiert werden. Um die finanzielle Belastung aus der Investition in eine Holzvergasungsanlage zu reduzieren, wird gelegentlich, insbesondere bei Investoren aus dem land- oder forstwirtschaftlichen Sektor, **Eigenleistung** in Form von vorbereitenden oder ausführenden Arbeiten eingebracht. Da in der verwendeten Zeit alternativ auch eine Arbeit gegen Entgelt ausgeführt hätte werden können, kann eine vollständige Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht ohne Ansatz dieser Eigenleistung als Kostenposition auskommen. Um die Plausibilität der Angaben überprüfen zu können, sollte auch der Stundensatz und die aufgewendete Zeit angegeben werden.

4.2 Ausgaben

Die bei der Berechnung der Ausgaben relevanten Punkte lassen sich den Gruppen kapitalgebundene Kosten, bedarfsgebundene Kosten, betriebsgebundene Kosten und sonstige Kosten zuordnen.

Für die Berechnung der kapitalgebundenen Kosten werden die **Nutzungsdauern** der einzelnen Anlagengewerke und der sich aus Fremdkapitalzinssatz und Zinserwartungen für eingesetztes Eigenkapital ergebende **Kapitalzinssatz** für die verschiedenen Anlagenteile benötigt. Für einige Anlagengewerke ist die Plausibilität der Nutzungsdauern anhand von vorhandenen Standardwerten gut überprüfbar. Dies gilt allerdings nicht für die Vergasungsanlage selber, da für die derzeit installierten Anlagen noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen, und auch nicht für die Gasaufbereitungsanlagen, da dort zwar Standardkomponenten zum Einsatz kommen können, deren Dauerbetrieb zur Behandlung von Holzgas allerdings in aller Regel noch nicht ausreichend getestet wurde. Die kapitalgebundenen Kosten entstehen unabhängig davon, ob die Anlage in Betrieb ist oder stillsteht.

Im Gegensatz dazu stehen die bedarfsgebundenen Kosten, die tatsächlich nur anfallen, wenn die Anlage Strom und Wärme produziert. Sie umfassen auch den für den Anlagenbetrieb notwendigen **Eigenstrombedarf**, Kosten für **sonstige Betriebsstoffe** (z.B. Zündöl für den Betrieb eines Zündstrahl-BHKW) und für den Umgang mit **Reststoffen**, werden aber in der Regel dominiert von den **Brennstoffkosten**.

Hieraus wird ersichtlich, dass die stabile Versorgung der Anlage mit Hackschnitzeln zu angemessenen Preisen eine notwendige Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb ist. Sofern der Betreiber der Anlage selbst in der Lage ist, die Rohstoffversorgung der Anlage mit Biomasse sicher zu stellen, sollte eine seriöse Bewertung der Bereitstellungskosten im Sinne einer Vollkostenrechnung erfolgen. Müssen die Hackschnitzel ganz oder teilweise zugekauft werden, ist bei der vertraglichen Ausgestaltung neben den spezifischen Kosten auch auf die möglichst genaue Definition der zu liefernden Qualitäten zu achten.

Insbesondere der Wassergehalt, aber auch die Stückigkeit und der Rindenanteil der Hackschnitzel sollten genau oder zumindest mit Ober- und Untergrenzen festgelegt werden und bei Abweichungen entsprechende Abschläge vereinbart werden. Die Annahme von Hackschnitzeln mit deutlich schlechterer Qualität als vertraglich vereinbart sollte gänzlich verweigert werden, da der Vergaser sonst nicht mehr zuverlässig betrieben werden kann. Da davon ausgegangen werden kann, dass die Holzvergasungsanlage über einen

mehrere Jahre umfassenden Zeitraum betrieben werden soll, in dem sich die spezifischen Kostenansätze für verschiedene Positionen im Bereich der bedarfs- und betriebsgebundenen Kosten verändern (in der Regel nach oben), sollte eine Abschätzung der Preissteigerungsraten getroffen werden, insbesondere der **Preissteigerung beim Brennstoff** als größter Kostenposition. Die Entwicklung zeigte zwar in den vergangenen Jahren im Gegensatz zum Ölpreis keine großen Ausschläge, aber wie aus Abbildung 7 ersichtlich doch eine leichte Aufwärtsentwicklung.

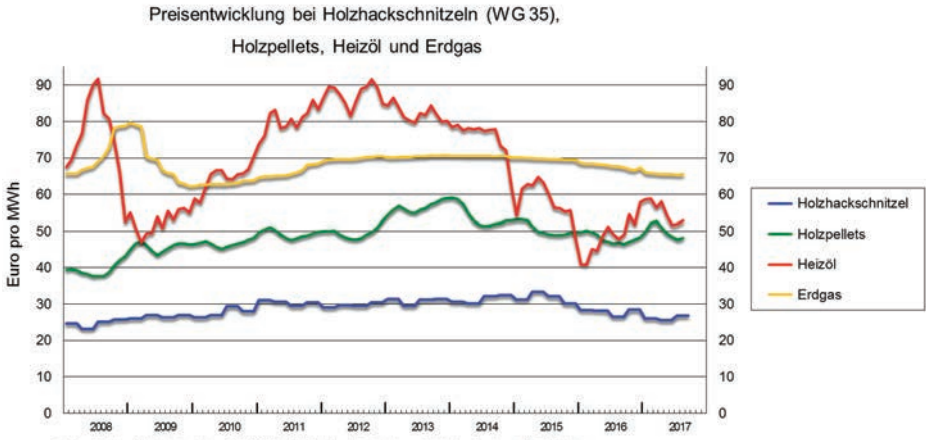


Abbildung 7: Preisentwicklung bei Holzhackschnitteln, Holzpellets, Heizöl und Erdgas

Eine Holzvergasungsanlage hat auch einen nicht unerheblichen **Eigenstrombedarf**, zum Beispiel für die automatisierte Brennstoffzuführung und die Gasaufbereitung. Unabhängig von der Frage, ob dieser Bedarf durch den eigenproduzierten Strom gedeckt oder zumindest rechnerisch der benötigte Strom auf dem Markt zugekauft wird, werden Kosten verursacht, die in einer Kalkulation berücksichtigt werden müssen. Die Höhe des Eigenstrombedarfs wird meist als prozentualer Anteil an der gesamten produzierten Strommenge angegeben. Hierbei ist zu beachten, dass bei einem niedrigeren Heizwert der Hackschnitzel oder einer schlechteren Ausnutzung weniger Strom produziert, jedoch etwa die gleiche Eigenstrommenge benötigt wird. Im Falle des Zukaufs sollte ein realistischer, ggf. durch ein Angebot belegter spezifischer Strompreis angesetzt und bei einer Liquiditätsplanung über mehrere Jahre auch eine Abschätzung über die Veränderung vorgenommen werden.

Je nach Vergasungskonzept und Größe der Anlage fallen beim Betrieb einer Holzvergasungsanlage **Reststoffe** in unterschiedlichem Umfang und in unterschiedlicher Art an. Diese müssen, falls sie nicht in den Anlagenkreislauf zurückgeführt werden können,

ggf. einer weiteren Behandlung und schließlich einer Verwertung oder einer Entsorgung zugeführt werden. Es ist damit zu rechnen, dass in Zukunft insbesondere von Seiten der Aufsichts- und Genehmigungsbehörden dieser Thematik verstärkte Aufmerksamkeit geschenkt wird, so dass durch verschärfte Auflagen hier Kosten entstehen können, die berücksichtigt werden müssen. Noch problematischer und daher in der Regel kostenintensiver ist der Umgang mit Filterstäuben und Waschflüssigkeiten, die hoch belastet sein können.

Mit dem aktuellen Betriebszustand nicht direkt verbunden, aber doch in engem Zusammenhang stehen die betriebsgebundenen Ausgaben, die auch anfallen, wenn die Anlage zeitweise stillsteht. Dazu gehören zum Beispiel Personal-, Instandhaltungs- und Zählerkosten.

Die **Personalkosten** sind abhängig von der Größe und dem Automatisierungsgrad der Anlage und dem spezifischen Kostenansatz für die eingesetzte Arbeitskraft (€/h). Mangels belastbarer Praxiszahlen ist es aber schwierig, einen Kennwert hinsichtlich des Stundenaufwands je Tag, Woche oder Jahr anzugeben.

Die **Instandhaltungskosten** können leicht unterschätzt werden, da der Umgang mit einer Holzvergasungsanlage aufgrund ihrer Komplexität selbst bei optimalem Betrieb aufwändiger ist als mit einem BHKW, das mit fossilen Brennstoffen betrieben wird. Noch schwieriger macht die Kalkulation die Möglichkeit, dass es bei der Technologie der Holzvergasung zu unvorhergesehenen Schwierigkeiten im Betrieb kommen kann, die sich direkt in erhöhten Instandhaltungskosten niederschlagen. Eine Lösungsmöglichkeit für dieses Problem ist der Abschluss eines Vollwartungsvertrages für die gesamte Vergasungsanlage mit dem Hersteller. Schwierig gestaltet sich dabei die Abgrenzung zu zusätzlichem Wartungsaufwand, der durch die mangelhafte Qualität oder Probleme mit der Zuführung der Hackschnitzel verursacht wird.

Zählerkosten können sowohl in Form von Gebühren für den Stromzähler als auch in Form der Zähler-Verwaltung für Wärmemengenzähler eines von der Vergasungsanlage versorgten Nahwärmenetzes anfallen.

Nicht mit dem eigentlichen Betrieb der Anlage verbundene Kosten können als sonstige Kosten bezeichnet werden. In diese Kostengruppe eingeordnet werden können z.B. mögliche **Rückbaukosten, Pachtkosten, Verwaltungskosten, Buchführungskosten und Versicherungskosten**.

Eine Holzvergasungsanlage besteht aus baulichen und technischen Komponenten von erheblichem Wert, was es selbstverständlich erforderlich macht, diese z.B. gegen Schäden mit der Folge von Betriebsunterbrechungen zu versichern. Gleichzeitig beinhaltet der Betrieb einer derartigen Anlage ein Risiko für Mensch und Umwelt, welches über eine Haftpflichtversicherung abgesichert werden muss. Zu beachten ist hier, dass die entsprechenden Versicherungen im Kalamitätsfall natürlich nur dann einspringen, wenn die Anlage insbesondere hinsichtlich der Sicherheitsfragen nachweisbar genehmigungskonform betrieben wurde. Je nach Anlage und Betriebsweise können noch weitere Ausgaben im laufenden Betrieb anfallen, die ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Da meist für die Stromproduktion ein eigenes Unternehmen, z.B. eine GbR gegründet werden muss, fallen regelmäßig Buchführungskosten und Kosten für den Jahresabschluss durch einen Steuerberater an.

Um EEG-Vergütung für ins Stromnetz eingespeisten Strom zu erhalten, muss nach der Inbetriebnahme nach den Vorgaben des EEG ein **Umweltgutachten** erstellt und vorgelegt werden, welches erfahrungsgemäß mit Kosten im vierstelligen Bereich verbunden ist. Die angesetzten Kosten sollten jeweils erläutert bzw. nach Möglichkeit belegt werden (z.B. durch Verträge).

Insbesondere sollten die erwarteten Kosten für Instandhaltung in Beziehung gesetzt werden zu den kalkulierten Vollbetriebsstunden der Vergasungsanlage und ein Konzept für die Instandhaltung der Anlage (Wartungszyklen, Vorratshaltung für Verschleißteile, Verträge) vorgelegt werden. Brauchbare Hinweise auf die Betreuungsintensität eines Anlagenkonzeptes kann ein zeitlich differenziertes Einspeiseprotokoll des Energieversorgers für eine Referenzanlage geben, wenn nicht ohnehin Ergebnisse einer wissenschaftlichen Begleituntersuchung an einem anderen Standort vorliegen. Nach Auskunft mehrerer Netzbetreiber ist es möglich, gegen eine geringe Gebühr oder sogar kostenlos ein derartiges Einspeiseprotokoll in Form eines Lastgangprofils zu erhalten.

4.3 Stromeinnahmen

Der erzeugte Strom kann entweder in das öffentliche Netz eingespeist werden oder selbst genutzt werden. Aufgrund der derzeitigen Gesetzeslage ist eine möglichst hohe Eigenutzung des Stroms wirtschaftlich vorteilhaft.

4.3.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Einnahmen aus der Netzeinspeisung

Das EEG garantiert Holzvergasungsanlagen unter gewissen Bedingungen für 20 Jahre feste Einnahmen für in das öffentliche Netz eingespeisten Strom. Grundvoraussetzung ist die Verwendung von Biomasse im Sinne der Biomasseverordnung. Der Einsatz von Stoffen, die nicht nach der Biomasseverordnung anerkannte Biomasse darstellen, also z.B. Altholz, ist auch in Teilen nicht gestattet. Der Nachweis zur Erfüllung der Voraussetzungen muss spätestens bis zum 28. Februar des auf die Inbetriebnahme folgenden Jahres durch ein Umweltgutachten erfolgen. Eine weitere Voraussetzung zum Erhalt einer Förderung nach dem EEG ist die Anmeldung der Anlage im Anlagenregister der Bundesnetzagentur (BNetzA). Diese muss vom Betreiber innerhalb von drei Wochen nach der Inbetriebnahme vorgenommen werden. Auch eine Änderung der installierten Leistung muss gemeldet werden.

Die Art und die Ermittlung der Einnahmen für den eingespeisten Strom unterscheidet sich je nach installierter Leistung. Die folgende Abbildung gibt darüber einen Überblick.

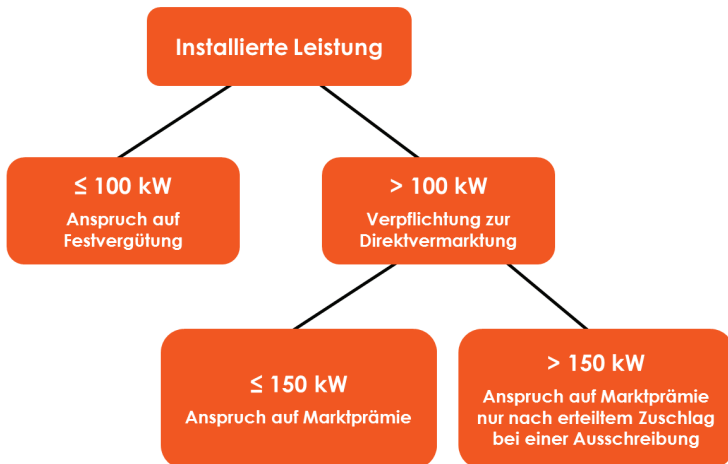


Abbildung 8: Einnahmen bei Stromeinspeisung

Die Höhe der Einnahmen wird dabei immer anhand der sogenannten „anzulegenden Werte“ berechnet. Während seit 2017 bei Anlagen mit einer installierten Leistung über 150 kW der anzulegende Wert über Ausschreibungen ermittelt wird, ist für Anlagen bis 150 kW der maßgebliche anzulegende Wert weiterhin im EEG festgelegt.

Tabelle 1: Anzulegender Wert (Basiswert aus dem EEG)

Installierte Leistung	$\leq 150 \text{ kW}$
Anzulegender Wert (Ct/kWh)	13,32

Dieser Wert unterliegt einer halbjährlichen Degression und sinkt jeweils zum 1. April und 1. Oktober eines Jahres um 0,5 %. Der aktuell gültige Wert wird immer vom Basiswert ausgehend berechnet und dann auf zwei Nachkommastellen gerundet.

Tabelle 2: Aktueller anzulegender Wert (Stand Oktober 2017)

Installierte Leistung	$\leq 150 \text{ kW}$
Anzulegender Wert (Ct/kWh)	13,19

Anmerkung: Bei der Einteilung der anzulegenden Werte bedient sich das EEG eigentlich der sogenannten „Bemessungsleistung“, die als der Quotient aus der Summe der in dem jeweiligen Kalenderjahr erzeugten Kilowattstunden und der Summe der vollen Zeitstunden des jeweiligen Kalenderjahrs definiert ist. Die Bemessungsleistung ist also immer kleiner als die installierte Leistung. Für Anlagen mit einer installierten Leistung über 150 kW, die eine Bemessungsleistung unter 150 kW haben, ist aber aufgrund der Verpflichtung zur Teilnahme an Ausschreibungen der anzulegende Wert aus dem EEG irrelevant. Deswegen wurde zur Vereinfachung in den Tabellen 1 und 2 die Bemessungsleistung durch die installierte Leistung ersetzt.

Festvergütung

Anlagen bis 100 kW können eine feste Vergütung in Anspruch nehmen. Zur Ermittlung der Höhe der Vergütung werden von dem jeweils gültigen anzulegenden Wert noch 0,2 Cent abgezogen. Damit ergibt sich folgender aktueller Vergütungssatz:

Tabelle 3: Aktueller Vergütungssatz (Stand Oktober 2017)

Installierte Leistung	$\leq 100 \text{ kW}$
Vergütungssatz (Ct/kWh)	12,99

Der zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme gültige Vergütungssatz wird dann vom Netzbetreiber 20 Jahre lang an den Betreiber der Anlage ausbezahlt.

Direktvermarktung

Ziel der Politik ist es, Strom aus Erneuerbaren Energien nahe an den Markt zu bringen. Dazu wurde im EEG das Prinzip der Direktvermarktung eingeführt, das im Folgenden in seinen Grundzügen erläutert wird: Möchte ein Anlagenbetreiber seinen erzeugten Strom direkt vermarkten, so muss er einen Vertrag mit einem darauf spezialisierten Stromhändler („Direktvermarkter“) abschließen.

Der Stromhändler verkauft nun den Strom dieser Anlage für den Betreiber möglichst gewinnbringend an der Strombörse. Das Entgelt für diese Dienstleistung wird in einem Vertrag geregelt. Zusätzlich zu den Einnahmen aus dem Stromverkauf an der Börse erhält der Anlagenbetreiber die Differenz zwischen dem durchschnittlichen Börsenpreis und dem anzulegenden Wert („Marktprämie“) vom Netzbetreiber. Damit liegen die Einnahmen des Betreibers pro kWh in einem (schmalen) Band um den anzulegenden Wert. Die genaue Höhe hängt vom Erfolg des Direktvermarkters ab.

Ein Beispiel soll dies verdeutlichen (Stand Oktober 2017):

Der Direktvermarkter eines Betreibers einer Holzvergasungsanlage mit einer installierten elektrischen Leistung von 125 kW verkauft den erzeugten Strom für 3,3 Ct/kWh an der Börse. Der relevante durchschnittliche Börsenpreis liegt bei 3,09 Ct/kWh.

Damit erhält der Betreiber pro kWh:

- vom Direktvermarkter: 3,3 Ct/kWh
- vom Netzbetreiber: 10,1 Ct/kWh (13,19 Ct/kWh - 3,09 Ct/kWh)

Insgesamt ergeben sich also Einnahmen von 13,4 Ct/kWh.

Die Teilnahme an der Direktvermarktung steht allen Anlagenbetreibern offen, wird aber ab einer installierten Leistung der Anlage von 100 kW verpflichtend.

Ausschreibungen

Ab einer installierten Leistung von 150 kW kann nur über eine Teilnahme an Ausschreibungen ein Anrecht auf die Auszahlung der Marktprämie bei der Vermarktung des erzeugten Stroms erworben werden. Durch die Ausschreibungen soll sichergestellt werden, dass Strom dort produziert wird, wo seine Herstellung mit den geringsten Kosten verbunden ist. Dazu wird in regelmäßigen Abständen ein gewisses Volumen an installierter Leistung öffentlich ausgeschrieben. Bei Biomasse-Anlagen sind dies in den Jahren 2017 – 2019 jeweils 150 MW und in den Jahren 2020 – 2022 jeweils 200 MW.

Zur Teilnahme an einer Ausschreibung muss immer bis spätestens 1. September eines Jahres ein Gebot abgegeben werden. Ein Gebot umfasst im Wesentlichen ein Volumen (in MW) und einen anzulegenden Wert (in Ct/kWh), aus dem später bei der Direktvermarktung die Höhe der Marktprämie ermittelt wird. Der Höchstwert für Gebote beträgt bei neuen Anlagen im Jahr 2017 14,88 Ct/kWh und verringert sich ab dem 1. Januar 2018 um 1 Prozent pro Jahr.

Bei einer Ausschreibung werden die eingehenden Gebote zuerst aufsteigend nach den gebotenen anzulegenden Werten sortiert. Anschließend werden beginnend mit dem niedrigsten Gebot solange Zuschläge erteilt, bis das ausgeschriebene Volumen erschöpft ist.

Vermiedene Ausgaben durch Eigenstromnutzung

Da die durch das EEG zugesicherte Vergütung deutlich niedriger als der Stromeinkaufspreis ist, ist eine Eigenstromnutzung wirtschaftlich sehr attraktiv. Als Eigenstromnutzung gilt derjenige Stromverbrauch, den die Person des Anlagenbetreibers selbst verbraucht. Dabei kann der Betreiber eine natürliche oder juristische Person sein. Meistens ist der Betreiber Eigentümer der Anlage, er kann aber auch Mieter der Anlage sein.

Seit dem EEG 2014 ist jedoch zu beachten, dass die Eigenstromnutzung mit der EEG-Umlage belastet wird. Das bedeutet, dass für jede selbst erzeugte und genutzte kWh EEG-Umlage zu entrichten ist, wobei Holzvergasanlagen als EEG- und KWK-Anlagen nicht die volle Umlage zahlen müssen. Bei Eigenstromnutzung sind für Holzvergasanlagen seit dem Jahr 2017 40 % der aktuell gültigen EEG-Umlage fällig. Unter gewissen sehr restriktiven Voraussetzungen ist eine völlige Befreiung von der Umlagepflicht für Eigenstromnutzung möglich.

Abhängig von den Einnahmen durch Wärmenutzung können die Stromgestehungskosten einer Holzvergasanlage ermittelt werden. Wenn man nun zu diesen Stromgestehungs-

kosten die fällige EEG-Umlage hinzurechnet, kann man durch einen Vergleich mit dem aktuellen Stromeinkaufspreis die kalkulatorischen Einnahmen durch Eigenstromnutzung berechnen.

Ein Beispiel soll dies verdeutlichen (Stand Oktober 2017):

Die Stromgestehungskosten einer Anlage liegen bei 15 Ct/kWh. Die EEG-Umlage liegt 2017 bei 6,88 Ct/kWh.

*Damit ergeben sich bei Eigenstromnutzung derzeit Kosten von $15 \text{ Ct/kWh} + 0,4 * 6,88 \text{ Ct/kWh} = 17,75 \text{ Ct/kWh}$.*

Wenn der aktuelle Stromeinkaufspreis am Markt mit 20 Ct/kWh angenommen wird, so ergibt sich ein Gewinn von 2,25 Ct/kWh. Im Vergleich dazu würde bei einer Einspeisung des erzeugten Stroms ins Netz ein Verlust gemacht werden.

4.3.2 Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG)

Da es sich bei Holzvergasungsanlagen um Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen handelt, besteht auch die Möglichkeit, für den erzeugten Strom einen Zuschlag nach dem KWKG zu erhalten. Dies schließt jedoch eine Vergütung nach dem EEG aus. Beim KWKG wird im Gegensatz zum EEG keine Vergütung pro kWh eingespeisten Stroms ausgezahlt, sondern ein Zuschlag pro erzeugte kWh. Dieser Zuschlag wird für eine festgelegte Zahl an Vollbenutzungsstunden allgemein auf eingespeisten Strom, im Leistungsbereich bis 100 kW auch auf selbstgenutzten Strom bezahlt. Damit ist die Vergütung nach dem KWKG in erster Linie für kleine Anlagen mit einer hohen Eigenstromnutzung interessant. Voraussetzung für den Anspruch auf Zahlung des Zuschlags ist die Zulassung als KWK-Anlage beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Ab einer installierten Leistung von 100 kW ist auch hier eine Direktvermarktung verpflichtend.

Zusätzlich zu dem festgesetzten Zuschlag wird vom Netzbetreiber für den eingespeisten Strom der ausgehandelte Preis (üblicherweise der durchschnittliche Preis für Grundlaststrom an der Strombörse EEX in Leipzig im jeweils vorangegangenen Quartal) ausbezahlt.

Tabelle 4: Verlauf des Grundlaststrompreises an der Strombörse EEX in Leipzig
 (Quelle: http://www.bhkw-infozentrum.de/statement/ueblicher_preis_bhkw.html)

Quartal	Üblicher Preis
III/2017	3,272 Ct/kWh
II/2017	2,978 Ct/kWh
I/2017	4,132 Ct/kWh
IV/2016	3,760 Ct/kWh
III/2016	2,826 Ct/kWh
II/2016	2,479 Ct/kWh
I/2016	2,517 Ct/kWh

Tabelle 5: Höhe des Zuschlags und Dauer der Zahlung

Installierte Leistung	≤ 50 kW	≤ 100 kW	≤ 250 kW
Zuschlag für eingespeisten Strom (Ct/kWh)	8	6	5
Zuschlag für eigengenutzten Strom (Ct/kWh)	4	3	—
Dauer	60.000 Vbh	30.000 Vbh	30.000 Vbh

Die Höhe des Zuschlags und die Auszahlungsdauer ist nach der installierten Leistung gestaffelt, die Verrechnung erfolgt anteilig auf die Leistungsklassen.

Ein Beispiel soll die Kalkulation der Wirtschaftlichkeit verdeutlichen (Stand Oktober 2017):

Die installierte elektrische Leistung einer KWK-Anlage beträgt 80 kW. Die Anlage ist pro Jahr 6.000 Vbh im Einsatz. In dieser Zeit werden vom Betreiber der Anlage 100.000 kWh selbst verbraucht. Als Börsenstrompreis werden 3,5 Ct/kWh angenommen.

Die Anlage erzeugt im Jahr $80 \text{ kW} * 6000 \text{ h} = 480.000 \text{ kWh}$ Strom. Die Höhe des Zuschlags ermittelt sich wie folgt:

Der Leistungsanteil der Anlage bis 50 kW entspricht $50/80 = 62,5\%$, die restlichen $37,5\%$ fallen in die Leistungsklasse bis 100 kW . Damit erhält die Anlage für eingespeisten Strom einen Zuschlag von $0,625 * 8 \text{ Ct/kWh} + 0,375 * 6 \text{ Ct/kWh} = 7,25 \text{ Ct/kWh}$. Analog errechnet sich der Zuschlag für eigengenutzten Strom als $3,625 \text{ Ct/kWh}$.

Die Einnahmen aus der Zahlung des Zuschlags werden dann wie folgt berechnet:

$100.000 \text{ kWh} * 3,625 \text{ Ct/kWh} = 3.625 \text{ Euro}$ (Eigennutzung)

$380.000 \text{ kWh} * 7,25 \text{ Ct/kWh} = 27.550 \text{ Euro}$ (Einspeisung)

Für die eingespeisten 380.000 kWh werden dann noch zusätzlich

$380.000 \text{ kWh} * 3,5 \text{ Ct/kWh} = 13.300 \text{ Euro}$ ausbezahlt,

so dass sich insgesamt Einnahmen von 44.475 Euro ergeben.

Werden auch hier Stromgestehungskosten von 15 Ct/kWh angenommen, belaufen sich die absoluten Kosten für die Stromerzeugung auf

$480.000 \text{ kWh} * 15 \text{ Ct/kWh} = 72.000 \text{ Euro}$.

Auch im Rahmen des KWKG muss bei Eigennutzung die EEG-Umlage anteilig abgeführt werden, so dass hier Ausgaben in Höhe von

$100.000 \text{ kWh} * 0,4 * 6,88 \text{ Ct/kWh} = 2.752 \text{ Euro}$ anfallen.

Somit ergeben sich rechnerische Kosten für den selbstverbrauchten Strom von

$(72.000 \text{ Euro} + 2.752 \text{ Euro} - 44.475 \text{ Euro}) / 100.000 \text{ kWh} = 30,3 \text{ Ct/kWh}$.

Es zeigt sich also, dass der Betrieb der Anlage unter diesen Voraussetzungen nicht wirtschaftlich ist, zumal die Zuschlagszahlung nach fünf Jahren ($30.000 \text{ Vbh}/6.000 \text{ Vbh}$ pro Jahr) endet. Durch den Einsatz eines kleineren BHKW (z.B. 30 kW) könnte die Eigenstromnutzung deutlich ausgeweitet werden, außerdem würden sich Höhe und Dauer der Zuschlagszahlungen erhöhen, so dass dann eventuell ein wirtschaftlicher Betrieb möglich wäre.

4.4 Wärmeeinnahmen

Holzvergasungsanlagen im kleinen Leistungsbereich werden meist mit dem Ziel errichtet, neben dem Strom auch große Anteile der Wärme aus dem Blockheizkraftwerk (BHKW) zu nutzen. Während bezüglich der eingespeisten Strommengen das EEG oder KWKG, wie oben beschrieben, den Vergütungsrahmen vorgibt und absichert, muss sich der Anlagenbetreiber hinsichtlich der erzeugten Wärmemengen selbst um eine möglichst lukrative Vermarktung kümmern. Die betriebswirtschaftliche Auswertung einer Betreiberbefragung hat gezeigt, dass die Erzielung von nennenswerten Wärmeverkaufseinnahmen ein entscheidendes Kriterium für den Erfolg des Anlagenkonzepts ist und daher unbedingt bei der Planung berücksichtigt werden sollte. So sollte zum Beispiel ein wichtiges Kriterium bei der Wahl des Standorts der Anlage sein, ob dort zu technisch und ökonomisch akzeptablen Bedingungen ein oder mehrere Abnehmer mit Wärme beliefert werden können. Hierbei sollte auf eine möglichst kontinuierliche Abnahme der Wärmeenergie und, falls ein Wärmenetz errichtet wird, auf eine möglichst hohe Wärmebedarfsdichte geachtet werden.

Bei der vertraglichen Ausgestaltung der Wärmelieferung sollten die einzelnen Einnahmestandteile auf Basis einschlägiger Vorgaben kalkuliert werden. Bei Vereinbarung einer Preisgleitklausel sollte diese unter Beachtung der aktuellen Rechtsprechung die tatsächliche Änderung der Wärmegestehungskosten widerspiegeln. Je nach Umfang und Komplexität der getroffenen Vereinbarungen sollte auch das Hinzuziehen von juristischer Beratung in Erwägung gezogen werden. Dies ist insbesondere unter dem Aspekt von Bedeutung, dass für die Erzielung einer konstanten Rendite die Entwicklung der Einnahmen aus dem Wärmeverkauf die netto degressive Entwicklung der Einnahmen aus dem Stromverkauf (aufgrund einer konstanten EEG-Vergütung gegenüber der Kostensteigerung durch Inflation) ausgleichen muss.

Sonstige Einnahmen

Wenn unter sonstigen Einnahmen beispielsweise die Erlöse aus der Trocknung von Holz aufgeführt werden, ist dies kritisch zu hinterfragen. Wenn es sich dabei nicht um Einnahmen aus Wärmeverkauf an eine Holztrocknungsanlage handelt, sondern mit der Vergasungsanlage zusammen eine Holztrocknung betrieben wird, deren Produkte vermarktet werden, müssen die entsprechenden Investitionen, der Eigenstrombedarf dieser Anlage und alle anderen zusätzlich notwendigen Kostenfaktoren (z.B. Instandhaltung) auch auf der Ausgabenseite berücksichtigt werden.

5. Fazit

Die Beurteilung eines Konzeptes für eine kleine Holzvergasungsanlage stellt angesichts der stetigen Weiterentwicklung unter technischen Gesichtspunkten eine sich wandelnde Herausforderung dar. Die in den vergangenen Jahren erreichten Verbesserungen können hoffen lassen, dass in naher Zukunft von mehreren Herstellern Anlagen angeboten werden, die durch Standardisierung der Komponenten eine technische Vergleichbarkeit möglich machen.

Nach wie vor muss bei der Einschätzung eines Projektes größter Wert auf die vorhandenen Referenzen für ein Anlagenkonzept gelegt werden. Diese sollten sowohl hinsichtlich Größenordnung und eingesetzter Hackschnitzelqualität zum vorgesehenen Anwendungsfall passen, als auch detaillierte Informationen zur Betreuungsintensität der Anlage bieten.

Viele Betreiber von kleinen Holzvergasungsanlagen zeigen großes Engagement bei der Weiterentwicklung und Betreuung ihrer Anlage, welches unter Umständen durch einen Investor rein zeitlich und/oder fachlich nicht zu leisten ist. Darüber hinaus wird diese für einen Dauerbetrieb möglicherweise nötige Eigenleistung häufig monetär nicht oder wenigstens viel zu gering bewertet und ist daher auch aus Kostengründen problematisch.

Bei der Einschätzung der wirtschaftlichen Konzeption stellen die zu kalkulierenden Wartungs- und Instandsetzungskosten einen wesentlichen Unsicherheitsfaktor dar, da man sie angesichts der Komplexität der Anlage zwar als wichtigen Kostenpunkt ansehen kann, die effektive Höhe mangels belastbarer Daten aus Langzeituntersuchungen aber nur schwer zu beziffern ist.

Den Brennstoffkosten sollte ebenfalls hohe Aufmerksamkeit geschenkt werden, da sie in der Regel die größte Kostenposition darstellen. Schon in den vergangenen Jahren kam es bei Holzhackschnitzeln zu deutlichen Preissteigerungen. Der Marktpreis für Waldhackschnitzel, dem in Holzvergasungsanlagen am häufigsten eingesetzten Material, hat sich in den letzten zehn Jahren in etwa verdoppelt. Auch in Zukunft wird sich der Biomassebrennstoffmarkt nicht losgelöst vom konventionellen Brennstoffmarkt entwickeln können. Mögliche Steigerungen der Brennstoffpreise stehen aber konstanten EEG-Einnahmen für den produzierten Strom gegenüber.

Damit ist nicht nur unter Effizienz-Gesichtspunkten, sondern auch aus wirtschaftlichen Gründen ein hohes Maß an Wärmenutzung beim Betrieb einer Holzvergasungsanlage geboten. Doch beim Ziel, durch den Wärmeverkauf wichtige Einnahmen zu schaffen,

müssen die bei der Verteilung von Wärme mit Nahwärmenetzen auftretenden Wärmeverluste genau beachtet werden.

Angesichts der seit dem EEG 2014 deutlich verschlechterten Rahmenbedingungen im Bereich der Stromvermarktung stellt aktuell die Wirtschaftlichkeit die größte Herausforderung dar. Eine Investitionsentscheidung muss deshalb immer standortspezifisch getroffen werden, da der Standort großen Einfluss auf die wesentlichen Parameter der Wirtschaftlichkeit wie Eigenstromverbrauch, Wärmenutzung und Brennstoffkosten hat.

Die Technik der Holzvergasung hat sich dagegen in den letzten fünf Jahren sehr erfreulich entwickelt, die Anlagen wurden mehr und mehr standardisiert und verschiedene Hersteller konnten die Marktfähigkeit ihrer Anlagen unter Beweis stellen.

6. Checkliste zur Konzeptprüfung

Die Unterlagen sollten so gestaltet sein, dass ein unabhängiger Dritter sich über die Konzeption und die Rahmenbedingungen ein klares Bild verschaffen kann. Die Unterlagen/Angaben sollten in der hier dargestellten Reihenfolge bzw. Form, entsprechend nummeriert und ohne Beifügung unspezifischer Unterlagen vorgelegt werden.

Grundstück / Lage

1. Wie lautet Gemarkung und Flurnummer des Grundstücks, auf dem die Holzvergasungsanlage errichtet werden soll?
2. Wie lautet die Adresse des Grundstücks?
3. Wer ist der Eigentümer des Grundstücks?
4. Soll die Holzvergasungsanlage innerorts oder außerorts errichtet werden?
5. Wie weit ist die nächstgelegene Wohnbebauung von der Holzvergasungsanlage entfernt?
6. Gibt es bereits eine Emissionsvorbelastung der angrenzenden Nachbarschaft durch einen anderen Betrieb?

Projektplanung

1. Welche Firma ist für die Planung der Anlage verantwortlich?
2. Welche Planungsergebnisse liegen bereits vor (Kostenplan, Bauzeitenplan, Lagepläne, Baupläne, Aufstellungspläne, Leitungspläne, Flussschema der Anlage inkl. Lagerhaltung)?
3. Welche Firmen sind für die Ausführung der einzelnen Gewerke verantwortlich? Fügen Sie ggf. Angebote bei.
4. Liegt ein Genehmigungsbescheid für die Anlage vor? Fügen Sie diesen ggf. bei oder benennen Sie die Genehmigungsbehörde.

5. Liegt eine Aussage des zuständigen Netzbetreibers zum Anschluss der Anlage an das Stromnetz vor?
Fügen Sie ggf. Ergebnisse der Netzberechnung, Anschluss- und Einspeiseverträge bei.
6. Wie wird das Projekt finanziert?
Benennen Sie ggf. den Investor mit Rechtsformennachweis bzw. Handelsregisterauszug.
7. Können für den Bau der Anlage öffentliche Fördermittel in Anspruch genommen werden?
Fügen Sie ggf. den Zuwendungsbescheid bei oder nennen Sie die beantragten öffentlichen Fördermittel.
8. Wurde die Versicherbarkeit der Holzvergasungsanlage mit der Versicherung schriftlich geklärt?
Fügen Sie ggf. den Versicherungsvertrag bei.

Technische Konzeption

Brennstoffversorgung:

1. Geben Sie die benötigte Qualität sowie die voraussichtliche Menge und Herkunft des Brennstoffs an.
2. Wie kann die benötigte Qualität sichergestellt werden (Qualitätssicherungskonzept)?
3. Beschreiben Sie die Brennstoffbezugssituation (Eigenversorgung, Lieferanten, Lieferverträge) unter Angabe des Logistikkonzepts.
4. Welche Art der Hackschnitzelaufbereitung ist vorgesehen (Trocknung, Siebung etc.)?
5. Welche Art der Brennstofflagerung (ober-/unterirdisch, befahrbar/nicht befahrbar, vollautomatisiert/teilautomatisiert, Außen-/Freilager) ist geplant?
Wie wird das Lager belüftet?
6. Wie groß ist das Brennstofflager (Brutto-/Nettovolumen)?

7. Welche Hackschnitzelaustrag- und -fördereinrichtungen kommen zum Einsatz?

Vergasungsanlage:

1. Benennen Sie den Hersteller der Vergasungsanlage.
2. Wie lautet die Herstellerbezeichnung der Anlage?
3. Wie hoch ist die maximale Feuerungswärmeleistung in kW?
4. Beschreiben Sie die erforderliche Brennstoffqualität (bei Hackschnitzeln: Holzart, Stückigkeit, Wassergehalt, Rindenanteil).
5. Wie hoch ist der Hackschnitzeldurchsatz in t/h?
6. Wie hoch ist die Produktgaserzeugung in m³N/h?
7. Beschreiben Sie die Bauart und Funktionsweise der Vergasung (inklusive Benennung des Vergasungsmittels).

Gasaufbereitung:

1. Beschreiben Sie die Produktgaskühlung.
2. Beschreiben Sie die Produktgasreinigung.
3. Welche Gasqualität (Heizwert und Zusammensetzung einschließlich Störstoffen wie Staub und Teer) wird erwartet?

Gasverwertung:

1. Benennen Sie den Hersteller des BHKWs.
2. Wie lautet die Herstellerbezeichnung des BHKWs ?
3. Welche Art des Motors wird eingesetzt (z.B. Gas-Otto-Motor)?
4. Wie hoch liegt das tolerierte Druck- und Temperaturniveau des Gases beim Eintritt in das BHKW?

5. Wie hoch ist die elektrische Nennleistung in kW?

6. Wie hoch ist die thermische Nennleistung in kW?

Sonstiges

1. Wie oft wurde die Anlage, die errichtet werden soll, bereits in dieser Größenordnung und für die vorgesehenen Einsatzstoffe errichtet und betrieben? Wie lange sind diese Anlagen bereits in Betrieb?

Aufgabenbereich	Verantwortlicher	Qualifikation	Erreichbarkeit (Wochentage, Feiertage, Sa/So, tagsüber/nachts)
	Stellvertreter		
Einhaltung Inbetriebnahmeplan			
Arbeits und Anlagensicherheit			
Emission (Lärm, Geruch)			
Instandhaltung			
Hackschnitzel- versorgung und Lagerhaltung			
Reststoffe			
Geschäftsführung			

Benennen Sie Kontaktadressen von Betreibern.

2. An welcher Stelle der Anlage fällt nutzbare Wärme an und welche Leistungen können bei welchen Temperaturniveaus genutzt werden?
3. Welche Arten von Reststoffen entstehen bei der Vergasung (z.B. Asche, Holzkohle, belastete Kondensate, Waschwasser, Filterstäube)? Welche jährlichen Mengen fallen an? Wie werden diese entsorgt?
4. Beschreiben Sie die Sicherheitseinrichtungen und das Sicherheitskonzept.
5. Wie hoch sind die Trafoverluste in Prozent?
6. Wie hoch ist der Eigenstrombedarf der Anlage in Prozent oder in kWh pro Jahr?
7. Begründen Sie, warum die vorgesehene Technik eingesetzt werden soll und erläutern Sie umfassend deren Funktionsweise (sofern Technologien eingesetzt werden, die bisher nicht in Holzvergasungsanlagen eingesetzt wurden).

Betrieb der Anlage

1. Wer soll die Anlage künftig betreiben?
2. Welche Schulungen hinsichtlich der Anlagenbetreuung (Seminare, Besichtigungen, Betreiberschulungen etc.) hat der hauptverantwortliche Betreiber schon gemacht bzw. sollen durch ihn noch absolviert werden?
4. Soll die Anlage strom- oder wärmegeführt gefahren werden? Wie viel Vollbetriebsstunden soll die Anlage pro Jahr erreichen?
5. Wie viel Arbeitszeit wird für den Betrieb der Anlage kalkuliert?
6. Wer führt die Anmeldung der Anlage bei der Bundesnetzagentur durch?
7. Legen Sie ein Konzept für die Wartung und Instandsetzung der Anlage vor.
8. Für den erfolgreichen Betrieb einer Holzvergasungsanlage sind zahlreiche Teilaspekte abzudecken. Beschreiben Sie in der folgenden Tabelle die Zuständigkeiten für die einzelnen Aufgabenbereiche.

Wärmeverwertung

1. Wird die anfallende Wärme ganz oder teilweise außerhalb der Vergasungsanlage genutzt?
2. Legen Sie eine Liste aller Wärmeabnehmer außerhalb der Holzvergasungsanlage mit Anschlussleistung, jährlichem Wärmebedarf und Status der Verhandlungen zum Wärmeverkauf (z.B. „interessiert“, „Absichtserklärung unterzeichnet“, „Vertrag unterzeichnet“) vor.
3. Fügen Sie einen maßstäblichen Lageplan mit Kennzeichnung der benötigten Wärmetrasse und der Wärmeabnehmer entsprechend obiger Liste bei.

Kalkulation der Investitionskosten

1. Geben Sie die Investitionskosten für folgende Teilbereiche an:
 - Planung und Genehmigung (einschließlich bereits bezahlter Leistungen)
 - Grundstück (Kauf, Erschließung, Wiederherstellung)
 - bauliche Anlagen (aufgeschlüsselt nach den Teilgewerken wie z.B. Gebäude für Vergasungsanlage, Lagerung)
 - Vergasungsanlage
 - Gasaufbereitung
 - BHKW
 - Stromnetzanschluss
 - Wärmenutzung (z.B. Wärmeleitung, Wärmeübergabestationen, hydraulische Einbindung etc.) abzüglich Anschlusskostenbeiträge
 - restliche Anlagentechnik (aufgeschlüsselt nach den Teilgewerken wie z.B. Sicherheitseinrichtungen, Hackschnitzelzuführung, Ascheaustragung, Leitungen etc.)
 - Inbetriebnahme
 - Sonstiges
2. Bewerten Sie Ihre geplante Eigenleistung (inkl. Arbeitszeit) in Euro.

Kalkulation der Ausgaben

1. Geben Sie für die oben genannten Investitionskostenpositionen die Nutzungsdauern in Jahren und die Instandsetzungskostensätze in Prozent an.
2. Wie hoch ist der Kapitalzinssatz (Fremdkapital und Eigenkapital)?
3. Geben Sie die Kosten für die folgenden Teilbereiche jeweils in Euro pro Jahr an. Belegen Sie die angesetzten Kosten nach Möglichkeit (z.B. durch Verträge).
 - Brennstoff
 - Betriebsstoffe
 - Reststoffentsorgung
 - Personal
 - Wartung
 - Zähler
 - Versicherungen
 - Buchführung
 - Verwaltung
 - Pacht
 - Rückstellungen (z.B. für Rückbau)
 - Sonstiges

Bedenken Sie dabei auch eventuelle Preissteigerungen sowie den Eigenstrombedarf der Anlage.

Kalkulation der Einnahmen

Geben Sie die erwarteten Einnahmen jeweils in Euro pro Jahr an. Belegen Sie die Angaben nach Möglichkeit (z.B. durch Verträge).

- Stromverkauf nach EEG oder KWKG
- Stromeigennutzung
- Wärmeverkauf

Notizen

Herausgeber

C.A.R.M.E.N. e.V.
Schulgasse 18 · 94315 Straubing
Tel. 09421 960 300
Fax 09421 960 333
contact@carmen-ev.de
www.carmen-ev.de

