



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



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

Kleine Holzvergassungsanlagen

Handlungsempfehlungen für Kapitalgeber

Impressum

Herausgeber: C.A.R.M.E.N. e.V. , Schulgasse 18, 94315 Straubing
contact@carmen-ev.de, www.carmen-ev.de



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Redaktion: Sebastian Kilburg, C.A.R.M.E.N. e.V.

Stand: 28. Juni 2011

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
2	Holzvergasungs-Technologie	5
2.1	Vergasungsanlage	6
2.1.1	Zuführeinrichtungen	7
2.1.2	Vergaser-Bauarten	8
2.1.3	Austragvorrichtungen	10
2.2	Gasaufbereitung und -verwertung	10
2.2.1	Gasaufbereitung	10
2.2.2	Gasverwertung	12
3	Handlungsempfehlungen	13
3.1	Allgemeine Konzeptangaben	14
3.2	Technische Konzeption	16
3.3	Betrieb der Anlage	18
3.4	Wärmeverwertung	19
3.5	Wirtschaftliche Konzeption	20
3.5.1	Kalkulation der Investitionskosten	20
3.5.2	Kalkulation der Ausgaben	22
3.5.3	Kalkulation der Einnahmen	25
4	Fazit	29
5	Checkliste zur Konzeptprüfung	30

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 CO₂-Emissionen 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 können 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 2003 bis 2008 hat sich der Anteil der Erneuerbaren am Primärenergieverbrauch in Deutschland verdoppelt.

Die energetische Verwertung von Biomasse nimmt mit derzeit fast 70 Prozent den größten Anteil an der Endenergiebereitstellung aus regenerativen Quellen ein. Im Wärmebereich beträgt ihr Anteil sogar über 90 Prozent, wobei der überwiegende Anteil der Wärmeproduktion aus Holz erfolgt. Zur regenerativen Strombereitstellung trägt feste Biomasse lediglich mit etwa 13 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 auf Dampfturbinen, 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 im Bereich der Holzvergasung wird sowohl von Forschungsinstitutionen als auch von privaten Firmen vorangetrieben. Der erreichte Stand hinsichtlich einer Gebrauchstauglichkeit unterscheidet sich allerdings von Anlage zu Anlage deutlich.

Diese Broschüre gibt einen kurzen Einblick in die Technik der Holzvergasung, der sowohl die Möglichkeit bietet, sich auf einige Kernaussagen zu konzentrieren als auch sich etwas eingehender mit den technischen Hintergründen zu befassen.

Aufbauend darauf werden Handlungsempfehlungen für mögliche Kapitalgeber gegeben, die eine Projektprüfung durch eine Checkliste wesentlich vereinfachen sollen.

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 derzeit in einer dynamischen Entwicklungsphase befindet. Daher könnten technische Aspekte, die momentan noch als bedeutende Herausforderungen beschrieben werden müssen, innerhalb kurzer Zeit als gelöst gelten und damit zu zweitrangigen Prüfkriterien herabgestuft werden. 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 sollte auch der Holzvergasung aus den eingangs geschilderten Gründen zumindest ein gewisser Bonus zugestanden werden.

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 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, die jedoch in einem Gerät untergebracht sind. 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.

Dem gegenüber wird bei Holzvergasungsanlagen zunächst in der eigentlichen Vergasungsanlage ein Produktgas erzeugt. In der Regel wird dieses Holzgas in einem zweiten Schritt gereinigt und gekühlt. Schließlich wird aus dem Gas in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) Strom und Wärme erzeugt. Abbildung 1 zeigt eine 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.

- „Vorofenvergaser“ und „Scheitholzvergaser“ als Verfahren der Holzverbrennung im Gegensatz zur Holzvergasung
- Betrachtete Anlagengröße: bis 250 Kilowatt elektrischer Leistung

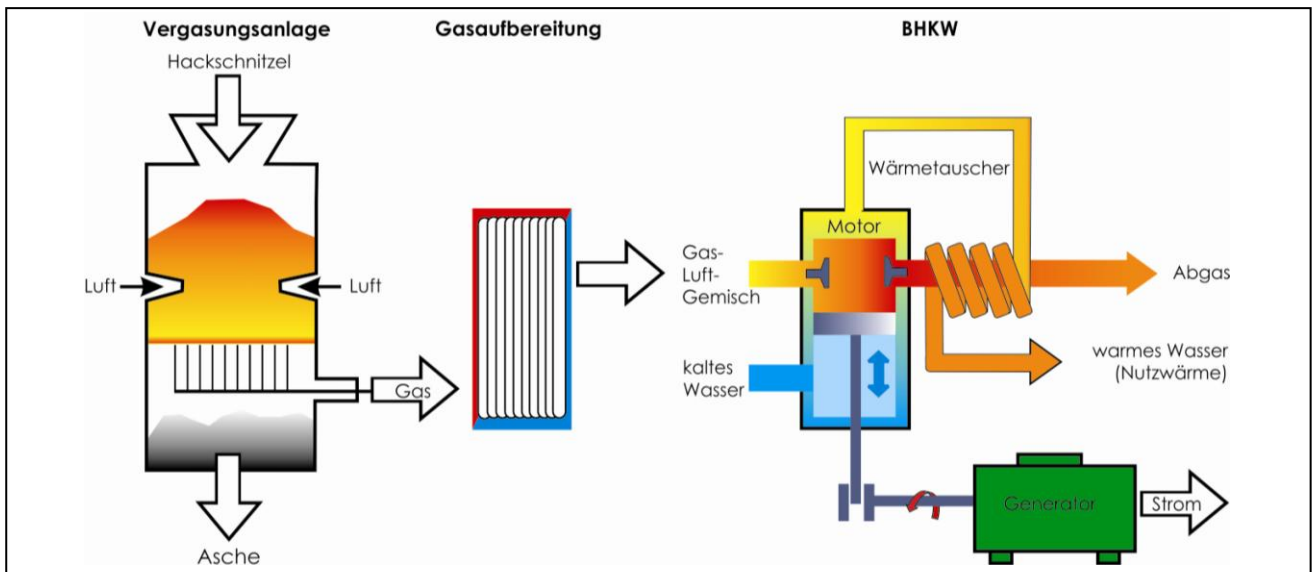


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Holzvergassungssystems

Der **Prozess der Holzvergasung** kann in vier Stufen unterteilt werden. In einem ersten Schritt wird durch Erhitzung das in der Biomasse noch vorhandene Wasser verdampft (Trocknung). Die zweite Phase ist gekennzeichnet durch die Überführung wesentlicher Teile des Holzes in die Gasphase und wird in der Regel mit dem Begriff „Pyrolyse“ beschrieben. In der dritten Stufe wird ein Teil der entstandenen Gase sowie des verbliebenen Kohlenstoffs verbrannt (Oxidation). 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. Im kleinen Leistungsbereich wird den Anlagen als Vergasungsmittel in der Regel Luft zugeführt, während bei größeren Anlagen auch Wasserdampf oder reiner Sauerstoff eingesetzt wird.

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

- Kleine Vergasungsanlagen in der Regel autotherm mit Luft als Vergasungsmittel
- Holz als Einsatzstoff vergleichsweise unproblematisch
- Hackschnitzzellagerung insbesondere wegen Staubentwicklung sicherheitsrelevant

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 praktisch nur autotherme Verfahren zum Einsatz. Ebenso wird bei kleinen Holzvergassungsanlagen in der Regel nur Luft als **Vergasungsmittel** eingesetzt. Prinzipiell kommen außerdem noch Sauerstoff oder Wasserdampf in Frage.

kommen im kleinen Leistungsbereich praktisch nur autotherme Verfahren zum Einsatz. Ebenso wird bei kleinen Holzvergassungsanlagen in der Regel nur 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 ausgebracht 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 würde aufgrund der gleichmäßigen Stückigkeit und des niedrigen Wassergehaltes große Vorteile bieten aber aus Kostengründen kommen als Einsatzstoff in der Regel nur Holzhackschnitzel in Frage.

Eine Anlage zur Vergasung von Holzhackschnitzeln kann selbstverständlich nur durchgehend betrieben werden, wenn ein Hackschnitzellager für die kontinuierliche Versorgung mit Brennstoff sorgt. Die richtige Lagerung von Hackschnitzeln soll zwar an dieser Stelle nicht näher erörtert werden. Es soll jedoch darauf hingewiesen werden, dass insbesondere die für die Holzvergasung häufig verwendeten trockenen Holzhackschnitzel zu einer erwähnenswerten Staubeentwicklung 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 der Holzhackschnitzel zur Vergasungsanlage erfolgt vom Lager zunächst über Förderschnecken oder Schubstangen. Förderschnecken sind gegenüber zu langen Hackschnitzeln, sogenannten Überlängen, deutlich empfindlicher als Schubstangen. Allerdings sind Schubstangensysteme auch erwähnenswert teurer.

- Förderschnecken oder Schubstangen für die Brennstoffzuführung
- Absperrklappen, Absperrschieber oder Zellenradschleusen als Eintragungssysteme
- Störungen in der Zuführung führen zu Betriebsunterbrechungen

Am eigentlichen Übergang zwischen Lagerbereich und Vergasungsanlage ist in der Regel ein Schleusensystem installiert, welches die Hackschnitzelzufuhr dosiert und dafür sorgt, dass keine heißen Produktgase aus dem Vergaser entweichen bzw. in das Hackschnitzellager gelangen, wo sie zu einem Brand führen könnten.

Als **Schleusensysteme** für den Hackschnitzeleintrag bei Holzvergasungsanlagen 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, wenn der Vergaser in leichtem Unterdruck betrieben wird. Bei Anlagen, in denen der Brennstoff von unten erfolgt, wird der Abschluss über eine starke Verdichtung der zugeführten Hackschnitzel erreicht, wobei der notwendige Zuführdruck 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.

2.1.2 Vergaser-Bauarten

Für den zentralen Teil der Vergasungsanlage, in dem das Holz in ein heizwertreiches Produktgas überführt wird, kommen einige grundsätzlich verschieden 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 grundsätzlich so hoch, dass die spezifischen Investitionskosten bei kleinen Leistungen unverhältnismäßig hoch wären.

In **Wirbelschicht-Vergasern** wird Biomasse in eine Schicht aus Sand oder einem ähnlichen „Bettmaterial“ eingebracht, die durch die Eindüsung des Vergasungsmittels an der Basis in Schwebelage gehalten wird. Bei der zirkulierenden Wirbelschicht wird durch die entstehende Strömung Bettmaterial nach oben aus dem Reaktor ausgetragen, vom Produktgas getrennt und wieder in den Vergaser zurückgeführt, während bei der stationären Wirbelschicht der Zustrom an Vergasungsmittel gerade ausreicht, um das Wirbelbett in Schwebelage zu halten.

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 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.

Die zwei wesentlichen Bauarten sind der Gegenstrom- und der Gleichstromvergaser, deren Bezeichnungen sich aus der Führung des Gastromes im Verhältnis zur Richtung der Brennstoffzuführung ableiten. Abbildung 2 zeigt Prinzipschemata dieser beiden Vergasertypen.

- Kleine Holzvergasungsanlagen meist mit Festbettverfahren
- Gegenstromvergaser mit hohem Teergehalt im Holzgas (Energieverlust!)
- Niedriger Holzgas-Teergehalt bei Gleichstromvergasern nur bei Hackschnitzeln mit gleichmäßig guter Qualität möglich

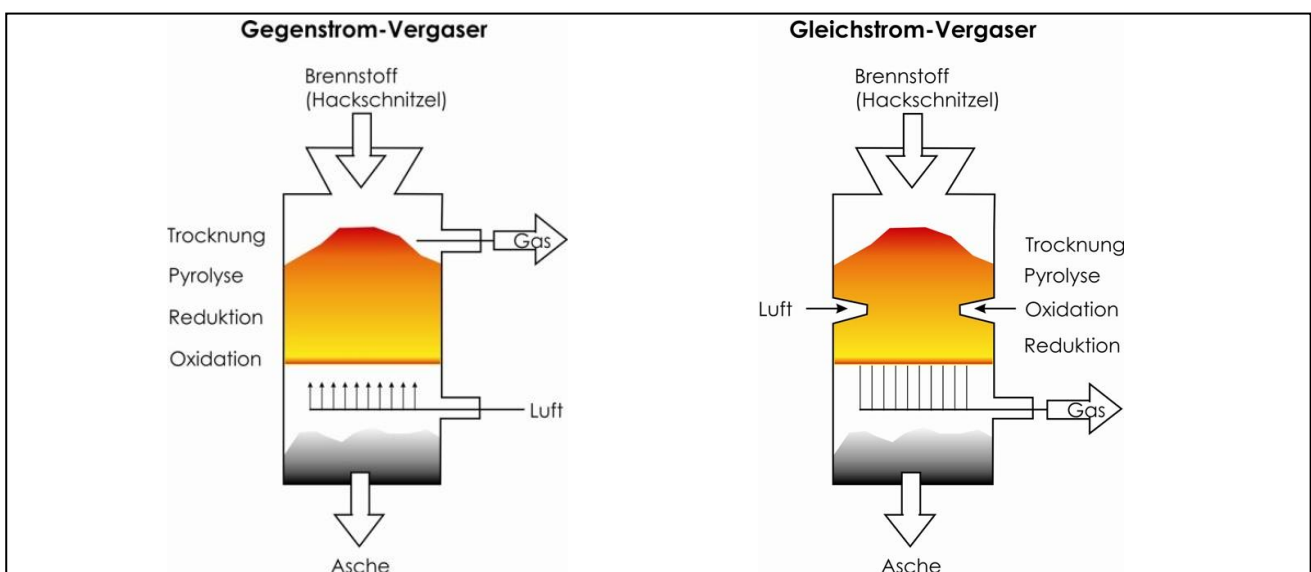


Abbildung 2: Prinzipschemata von Gegenstrom- und Gleichstromvergaseranlagen

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 kann/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.

Eine weitere Sonderform ist der sogenannte „**Open-Top-Vergaser**“, dessen wesentlicher Unterschied zum unten beschriebenen Gleichstromvergaser die Luftzuführung über den gesamten Querschnitt des oben offenen Systems ist. Dort wird auch der Brennstoff ohne ein Schleusensystem zugegeben, da ein Gasaustritt über einen entsprechend hohen Unterdruck verhindert wird.

Gegenstromvergaser

In einem Festbettvergaser, der nach dem Gegenstromprinzip arbeitet, bewegt sich wie in Abbildung 1 ersichtlich der Luft-/Gasstrom in die dem Brennstoff entgegengesetzte Richtung wie der Brennstoff. 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 Holzgas die Pyrolyse-Zone passieren muss und dort erhebliche Mengen an langkettigen Kohlenwasserstoffen, häufig mit der Sammelbezeichnung „Teere“ beschrieben, mit sich zieht. Die Entfernung der Teere, die für 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 1 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 und feuchter 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 von Teeren gereinigt wurde.

2.1.3 Austragvorrichtungen

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 würde.

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 im Normalzustand schon 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, aber 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, sogenannte Mikrogasturbinen, für Holzgas nicht verfügbar.

- Kühlungs- und Reinigungstechnik nur in Kombination festzulegen
- Reststoffe als Kostenfaktor bei Reinigungstechnik
- Einsatz einer Gasfackel zur Verbrennung von Holzgas aus den An- und Abfahrphasen

2.2.1 Gasaufbereitung

In der Regel muss damit gerechnet werden, dass im Produktgas nennenswerte Mengen 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, je nachdem, wo sie sich ansammelt, Störungen oder gar Zerstörungen der Komponenten verursachen kann. Damit ist der Einsatz von herkömmlichen Abgaswärmetauschern zur Holzgaskühlung in vielen Fällen nicht ohne Weiteres 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.

Bei kleinen Holzvergasungsanlagen beschränkt sich die Gasreinigung in der Regel auf die Entfernung von Staub und Teer. Die Beurteilung der Technologien kann anhand des Verhältnisses von Investitions- und Betriebskosten zur erreichbaren Gasreinheit erfolgen. Darin einbezogen ist die Bewertung der dauerhaften Funktionsfähigkeit, der Nutzungsdauer und der Kosten für die Entsorgung der entstehenden Reststoffe

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 kommen aufgrund der meist hohen Investitionskosten in der Regel für kleine Holzvergasungsanlagen nicht in Frage. Auch über 400 °C eingesetzt werden können keramische Filter, deren Lebensdauer, die sogenannte Standzeit, allerdings für Holzgas noch nicht ausreichend geklärt ist. Da zudem der Ersatz der darin verwendeten Filterkerzen sehr teuer ist, kommt als weitere Möglichkeit die Nutzung eines Gewebefilters in Betracht, der allerdings in der Regel nur bis zu einem Temperaturniveau von 250 °C angeboten wird. Um eine von Beginn an gute Filterwirkung zu erzielen und gleichzeitig ein irreversibles Eindringen von Teer in die Filtergewebeschichten 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 ausgetragen werden können.

Schüttschichtfilter mit Sand oder auch bei niedrigeren Temperaturen mit Sägemehl sind 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 direkt durch ein flüssiges Waschmedium oder durch einen Sprühnebel geleitet. Das Waschmedium kann ein organisches Lösungsmittel wie z.B. Biodiesel(RME) 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. Die Produktion großer Mengen an mit Stäuben und giftigen Teeren verunreinigten Waschflüssigkeiten ist wegen der Behandlungskosten vor allem unter wirtschaftlichen Aspekten problematisch, wenn der Umgang mit ihnen den kontinuierlichen Betrieb der Anlage nicht stört.

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 kWh/m³ zu ca. 5 kWh/m³), 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, ggf. unter Einbeziehung eines Pufferspeichers, komplett als Heiz- oder Prozesswärme genutzt werden. Andernfalls muss der Betrieb der Holzvergasungsanlage in den Zeiten geringeren Wärmebedarfs eingeschränkt werden oder das BHKW muss über eine Notkühleinrichtung verfügen.

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.

In die Handlungsempfehlungen eingeflossen sind die Ergebnisse einer Befragung von Betreibern kleiner Holzvergasungsanlagen. Von den etwa fünfzig mit Adressdaten bekannten Anlagenbetreibern beteiligten sich elf an dieser Umfrage zu technischen und ökonomischen Parametern sowie Betriebserfahrungen der Anlagen.

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 3.5 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 können. 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.

Es sollte kurz 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.

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, Gasaufbereitung, Gasverwertung) aber auch die Hackschnitzelaufbereitung, -lagerung und -zuführung sind für den störungsfreien Betrieb relevant. Die Vermeidung von Schnittstellen zwischen einzelnen Lieferanten minimiert mögliche Abstimmungsprobleme und erleichtert die Klärung von Verantwortlichkeiten, sollten Probleme im Anlagenbetrieb auftauchen. Nicht betroffen von dieser Empfehlung ist der Bau von Wärmeverteilungen (soweit ein Notkühler installiert ist).

Durch frühzeitigen Kontakt mit der **Genehmigungsbehörde** sollte deren Einschätzung hinsichtlich der Genehmigungssituation abgeklärt worden sein und mit dem Konzept vorgelegt werden.

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 zumindest 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.

Unter bestimmten Voraussetzungen kann eine Förderung in Form eines Investitionszuschusses bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) im Rahmen des Programms „Erneuerbare Energien“ in Anspruch genommen werden. Sollte die thermische Leistung mehr als 100 kW betragen, die Anlage streng wärmegeführt betrieben werden und der Gesamtwirkungsgrad der Anlage höher als 70 % liegen, so beträgt der Investitionszuschuss 40 Euro je kW installierter Nennwärmeleistung. Von der Förderung ausgeschlossen sind Eigenbauanlagen, gebrauchte Anlagen und sogenannte Prototypen, d. h. Anlagen, die in weniger als 4 Exemplaren betrieben werden oder betrieben worden sind. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang weiterhin, dass ein Maßnahmenbeginn vor Antragstellung zum Förderausschluss führt.

Die Betreiber von Stromnetzen sind zwar 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 (siehe Kapitel 3.5.1 „Netzanschlusskosten“). 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.

Bei der letzten Novellierung des EEG zum 01.01.2009 wurde das sogenannte Einspeisemanagement eingeführt. EEG-Anlagen, also insbesondere auch Holzvergasungsanlagen, mit einer elektrischen Leistung über 100 kW, die nach dem 31.12.2008 in Betrieb gegangen sind oder gehen, müssen mit einer technischen Einrichtung ausgestattet sein, die es dem Netzbetreiber ermöglicht, die jeweilige Ist-Einspeisung abzurufen und Einspeiseleistung zu reduzieren oder bis auf Null abzuregeln. Hintergrund dieser Regelung ist die Befürchtung, dass insbesondere, aber nicht nur in Netzgebieten mit hohem Windkraftanteil 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 abgedeckt.

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 Auskunft- 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.“

Auch wenn die Fälle, in denen der Netzbetreiber auf die Möglichkeit des Einspeisemanagements zurückgreift, derzeit noch selten oder gar nicht auftreten (nach telefonischer Auskunft gab es zum Beispiel im Netzbereich von E.ON Bayern im Jahr 2009 keinen einzigen Fall), ist nicht auszuschließen, dass mit zunehmendem Anteil der fluktuierenden erneuerbaren Energien Windkraft und Photovoltaik an der Gesamtstrommenge im Stromnetz die Thematik stärker in den Blickpunkt rücken wird. In Norddeutschland sind bereits jetzt 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. Durch Referenzen nicht 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. Die Möglichkeit, Hackschnitzel wie beabsichtigt zu beziehen, sollte im Normalfall 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 üblicherweise Holz hackschnitzel als Einsatzstoff gewählt. Auch im Rahmen der Betreiberbefragung ergab sich, dass alle Anlagen mit Hackschnitzel betrieben werden. Allerdings gibt es im Energieholzbereich verschiedene Rohstoffquellen, aus denen Hackschnitzel hergestellt werden können, die jeweils hinsichtlich ihrer logistischen Verfügbarkeit, ihrer technischen Handhabbarkeit und ihrer ökonomischen Wertigkeit deutliche Unterschiede aufweisen können.

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 zur Energieerzeugung angebaut wurden, haben einen signifikant höheren Wassergehalt als herkömmliche Hackschnitzel und machen daher einen höheren Energieaufwand für die Trocknung erforderlich.

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

Das Hackschnitzzellager selber 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. Insbesondere hier sind aussagekräftige Referenzen sehr wichtig, bestenfalls in Verbindung mit der vorgesehenen Vergasungsanlage, mindestens jedoch passend zu der voraussichtlichen Gasqualität der vorgelagerten Anlage zur Gaserzeugung. 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 weiter unten 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 von daher nur für spezielle Entsorgungswege geeignet und aufgrund ihrer Giftigkeit sicherheitsrelevant sein. In jedem Fall sollte geklärt sein, ob eine Behandlung notwendig, 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 Hackschnitzzellager über 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 Aufmerksamkeit geschenkt werden. Sollte beispielsweise der Hersteller seiner Verpflichtung, für die dies betreffenden Teile der Holzvergasungsanlage eine EU-Konformitätserklärung, symbolisiert durch die CE-Kennzeichnung, zu erstellen nicht nachgekommen sein, sollte von Seiten des Betreibers von einem Kauf abgesehen werden, da eine derartige Anlage nicht in den Verkehr gebracht werden darf und ein Betrieb entsprechend risikobehaftet ist. 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**.

Abschließend sollte in der technischen Konzeption ggf. erklärt werden, mit welcher Begründung bisher in dieser Weise nicht in Holzvergasungsanlagen eingesetzte **neue Technologien** in der geplanten Anlage verwendet werden, wie die Funktionsweise dieser Technologien ist und woraus auf die dauerhafte Einsatzfähigkeit in einer Holzvergasungsanlage geschlossen werden kann.

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 können Erfahrungen mit einer Holzverbrennungsanlage oder der Besuch von Holzvergasungsanlagen bzw. –seminaren sein.

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

Eine entscheidende Frage für die technische Umsetzbarkeit und die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens ist, ob für die Anlage eine strom- oder wärmegeführte **Betriebsweise** vorgesehen ist. In diesem Zusammenhang sollten auch die Ergebnisse der Kalkulation der **Vollbenutzungsstunden** wiedergegeben werden.

Um bei einem wärmegeführten Betrieb der Anlage ausreichend hohe Vollbetriebsstunden erreichen zu können, sollte die Anlage dem Wärmebedarf entsprechend angepasst 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 Anschlussnehmer entspricht.

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

3.4 Wärmeverwertung

Wenn die Wärme ganz oder teilweise außerhalb der Anlage genutzt wird, muss für die Berechnung der Stromvergütung geklärt sein, ob diese Nutzung den **Anforderungen** des § 27, Abs. 4, Nr.3 in Verbindung mit Anlage 3 des **EEG** 2009 genügt.

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 Rohrdurchmesser, 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. 25 Watt ausgehen. Wird das Netz das ganze Jahr über betrieben errechnen sich aus diesem Wert Verluste von 219 kWh/(m*a). Spezifisch fallen die Verluste umso stärker ins Gewicht, je weniger Wärme über das Netz genutzt wird, das heißt je niedriger die Wärmebedarfsdichte ist, die die durchschnittliche jährliche Wärmeabnahme zur Länge der Wärmetrasse ins Verhältnis setzt. Bei Wärmebedarfsdichten unter 1,5 MWh/(m*a), steigen die Wärmeverluste stark an (siehe Abbildung 3). Als Zielwert für ein effizientes Wärmenetz sind Netzverluste von unter 10 % im Endausbau anzustreben.

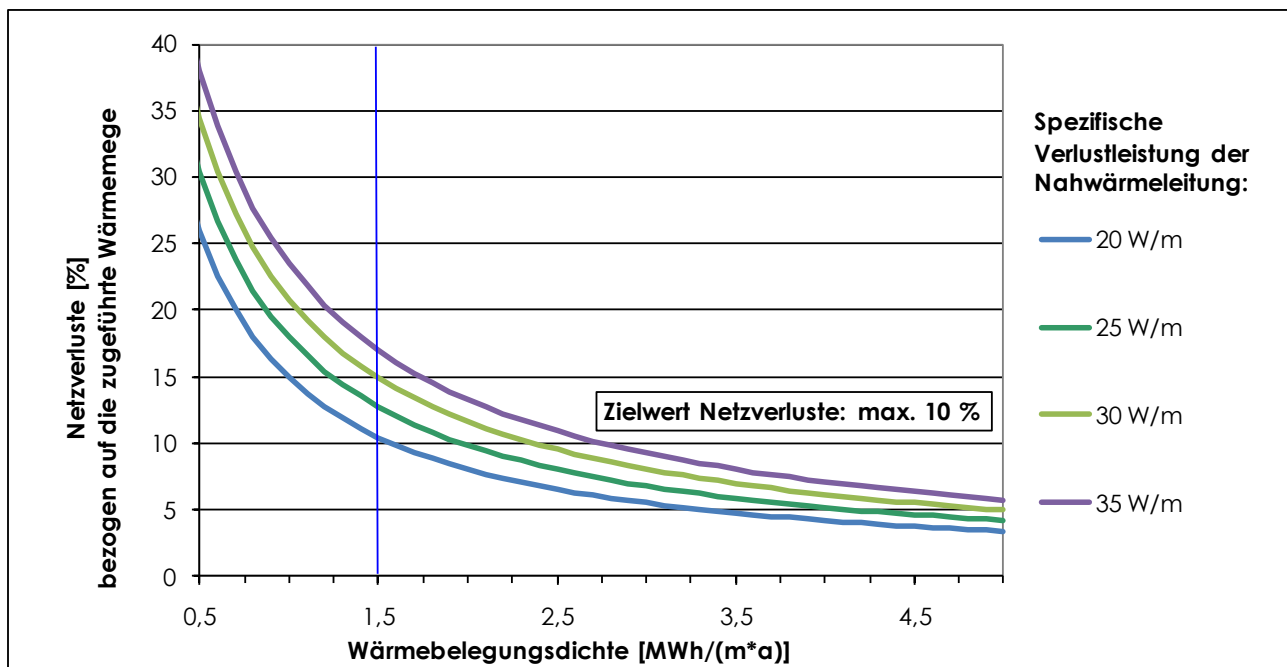


Abbildung 3: Netzverluste in Abhängigkeit von der Wärmebedarfsdichte

3.5 Wirtschaftliche Konzeption

3.5.1 Kalkulation der Investitionskosten

Den größten Kostenblock stellen in der Regel die Investitionen für die Errichtung der **Anlage** im weitesten Sinne dar. Dazu lassen sich zählen die baulichen Anlagen, die Vergasungsanlage, die Gasaufbereitung, das BHKW, die Wärmeverwertungstechnik 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 selbstverständliche alle Erfordernisse an die Anlagensicherheit im Allgemeinen und den Brandschutz im Speziellen.

Schon vorher 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 Hackschnitzelführung), Gasaufbereitung und BHKW enthalten sind.

Die Kosten für **Wärmeverwertungstechnik** sollten außer dem Nahwärmenetzbau, 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 dieses Investitionskostenpunktes.

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 § 5 Abs. 1 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 definitionem 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 Anlagenbetreiber 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-Fotovoltaik- Anlagen wichtige Sachverhalt gilt natürlich entsprechend auch für kleine Holzvergasanlagen. 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 Netzvoranfrage bzw. Netzverträglichkeitsprüfung geklärt. Zu diesem Zweck muss der Anlagenbetreiber dem Netzbetreiber alle erforderlichen Daten und Unterlagen innerhalb einer Frist von acht Wochen zur Verfügung stellen. Grundsätzlich kann der Anlagenbetreiber die Netzverträglichkeitsprüfung auch durch einen Dritten durchführen lassen, etwa wenn der Netzbetreiber dieser Verpflichtung nicht in einer angemessenen Zeit nachkommt (das Gesetz sieht hier nämlich keine Frist vor).

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**“ subsummiert 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.

3.5.2 Kalkulation der Ausgaben

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

Teil der kapitalgebundenen Kosten sind die Kapitalkosten und die Instandhaltungskosten. Für die Berechnung dieser beiden Kostenpositionen werden die **Nutzungsdauern** der einzelnen Anlagengewerke und der sich aus Fremdkapitalzinssatz und Zinserwartungen für eingesetztes Eigenkapital ergebende **Kapitalzinssatz** sowie die **Instandsetzungskostensätze** für die verschiedenen Anlagenteile benötigt. Für einige Anlagengewerke ist die Plausibilität der Nutzungsdauern und Instandsetzungskostensätze 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 verbrauchsgebundenen Kosten, die tatsächlich nur anfallen, wenn die Anlage aus Hackschnitzeln 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 **Hackschnitzelkosten**.

Bei der Betreiberbefragung ergaben sich Anteile der Hackschnitzelkosten an den Gesamtkosten von deutlich über 50 % mit einem Mittelwert von ca. 75 % (wobei allerdings die Personalkosten meist nicht monetär bewertet worden waren). 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 in der Regel der Vergaser mit dieser Biomasse 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 verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten verändern (i. d. R. nach oben), sollte eine Abschätzung der Preissteigerungsraten getroffen werden, insbesondere der **Preissteigerung bei Hackschnitzeln** als größter Kostenposition. Die Entwicklung zeigte zwar in den vergangenen Jahren im Gegensatz zum Ölpreis keine großen Ausschläge, aber wie aus Abbildung 4 ersichtlich doch eine deutliche Aufwärtstentwicklung.

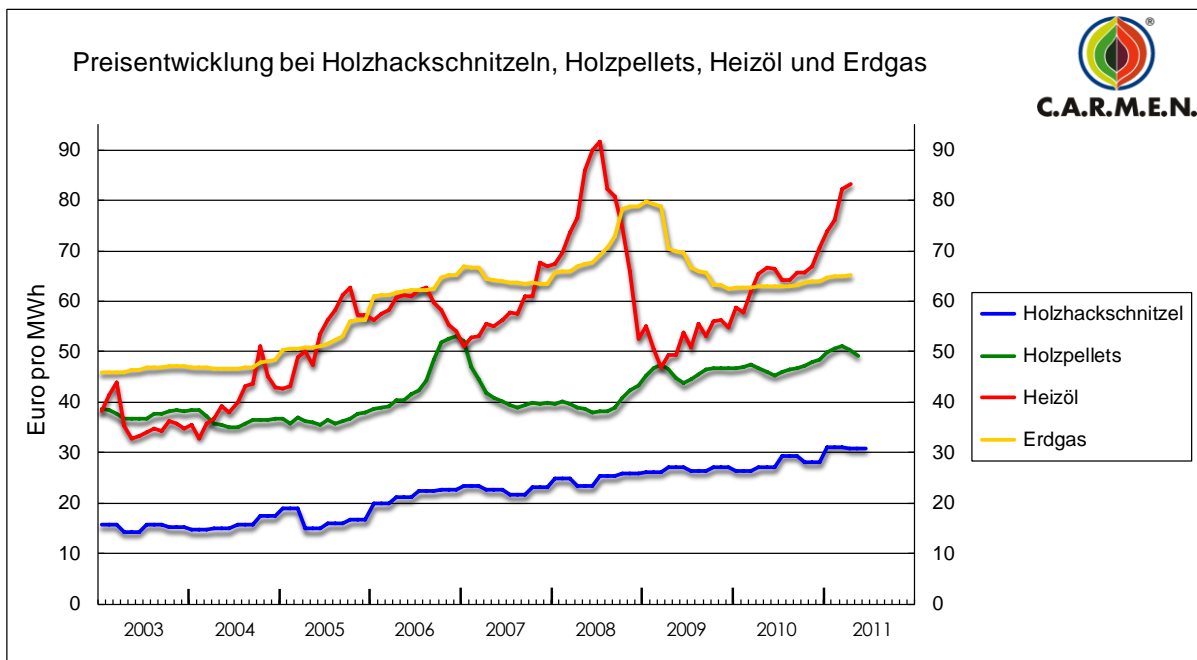


Abbildung 4: Preisentwicklung bei Holz hackschnitzeln, Holzpellets, Heizöl und Erdgas

Eine Holzvergasungsanlage hat allerdings 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. Bei der Betreiberbefragung ergab sich, dass in mehreren Fällen Asche als Düngemittel entweder durch direkte Ausbringung oder durch Kompostierung verwendet wurde. Diese Vorgehensweise ist vor dem Hintergrund der möglichen Belastung mit anorganischen Schadstoffen wie z. B. Schwermetallen kritisch zu sehen. 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-, Wartungs- 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. Aus der Betreiberbefragung ergaben sich Werte mit einer erheblichen Streuung zwischen 4 und 30 Arbeitskraftstunden (Akh) je Jahr und installiertem kW_{el}. Im Biogasbereich geht man zum Vergleich je nach Anlagengröße von 3 bis 7 Akh je Jahr und installiertem kW_{el} aus.

Die **Wartungskosten** können leicht unterschätzt werden, da der Umgang mit einer Holzvergasungsanlage selbst bei optimalem Betrieb aufwändiger ist als mit BHKW, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, weil es sich um eine wesentlich komplexere Anlage handelt. Noch schwieriger macht die Kalkulation die Möglichkeit, dass es bei der noch jungen Technologie der Holzvergasung zu unvorhergesehenen Schwierigkeiten im Betrieb kommen kann, die sich direkt in erhöhten Wartungskosten niederschlagen. Eine Lösungsmöglichkeit für dieses Problem wäre 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. In diese Kostengruppe eingeordnet werden können alle Kosten, die nicht anderweitig zugeordnet werden können sowie 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 gewisses 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.

Sollte der Anlagenbetreiber beim EVU den KWK-Bonus beanspruchen, so muss nach den Vorgaben des EEG ein **Umweltgutachten** erstellt und vorgelegt werden, welches jährlich zu erneuern und erfahrungsgemäß mit Kosten im niedrigen vierstelligen Bereich verbunden ist.

Die angesetzten Kosten sollten jeweils erläutert bzw. nach Möglichkeit belegt werden (zum Beispiel durch Verträge).

Insbesondere sollten die erwarteten **Kosten für Instandsetzung und Wartung in Beziehung** gesetzt werden **zu den kalkulierten Vollbetriebsstunden** der Vergasungsanlage und ein Konzept für die Wartung und Instandsetzung der Anlage (Wartungszyklen, Vorratshaltung für Verschleißteile, Verträge) vorgelegt werden. Da eine Anlage unter Umständen durch technisch höchst intensive, aber auch kostenträchtige Betreuung zu einer hohen Vollbetriebsstundenzahl geführt werden kann, sind für die Beurteilung eines Vergasungskonzeptes anhand von Referenzen glaubwürdige Dokumentationen des entsprechenden Aufwandes von großer Bedeutung. Brauchbare Hinweise auf die Betreuungsintensität eines Anlagenkonzeptes kann auch 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 gegen eine geringe Gebühr oder sogar kostenlos möglich, ein derartiges Einspeiseprotokoll in Form eines Lastganganprofils zu erhalten.

3.5.3 Kalkulation der Einnahmen

Stromverkauf

Der wichtigste Bestandteil auf der Einnahmeseite ist die durch das EEG garantierte und durch den Stromnetzbetreiber ausgezahlte Vergütung für den eingespeisten Strom. Da das EEG im Bereich der Biomasse, in dem auch die Vergütungshöhen für die Holzvergasung geregelt werden, hinsichtlich der Vergütungsbestandteile modular und mit zunehmender Leistung bzw. eingespeister Strommenge auch degressiv aufgebaut ist, lässt sich für in Holzvergasungsanlagen produzierten Strom im Gegensatz zu anderen erneuerbaren Energien wie z. B. der Photovoltaik nicht ein allgemeingültiger Strompreis in €/kWh_{el} festlegen. Vielmehr können in Abhängigkeit von der installierten Leistung, der Art der eingesetzten Biomasse und dem Umfang der Wärmenutzung die Vergütungen zwischen rund 13 und 21 €/kWh_{el} liegen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die möglichen Vergütungsbestandteile für Strom aus einer Holzvergasungsanlage bei Inbetriebnahme 2011.

Tabelle 1: Vergütungssätze für Strom aus fester Biomasse bei Inbetriebnahme 2011
(jeweils in €/kWh_{el})

Leistungsklasse	≤ 150 kW	≤ 500 kW	≤ 5 MW	≤ 20 MW ^{a)}
Grundvergütung	11,44	9,00	8,09	7,63
NawaRo-Bonus WHS ^{b)}	5,88	5,88	2,45/3,92 ^{c)}	--
Technologiebonus	1,96	1,96	1,96	--
KWK-Bonus	2,94	2,94	2,94	2,94

a) nur bei KWK; b) WHS = Waldhackschnitzel; c) bei Verwertung von Kurzumtriebsholz oder Landschaftspflegematerial

Zum Teil schlagen sich unterschiedliche Vergütungssätze allerdings auch in unterschiedlichen verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten nieder.

So steht die **Grundvergütung** jeder Anlage zu, die Strom aus Biomasse erzeugt. Die genannte Grundvergütung von 11,44 €/kWh_{el} ergibt sich, indem man von den im Gesetz genannten 11,67 €/kWh_{el} zweimal die Degression von 1 % abzieht und dann auf zwei Nachkommastellen rundet, also $11,67 * 0,99 * 0,99 = 11,437767$, gerundet 11,44. Die Grundvergütung ist allerdings degressiv gestaltet, d. h. wenn die produzierte Strommenge einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, sinkt die spezifische Vergütung.

Ein Beispiel soll dies verdeutlichen. Eine Anlage mit 250 kW_{el} und 7.000 Vollbenutzungsstunden, d. h. die (real oder rechnerisch) 7.000 Stunden im Jahr unter voller Leistung betrieben wird, produziert im Jahr $250 * 7.000 = 1.750.000$ kWh_{el} elektrischen Strom. Die Grundvergütung der höchsten Stufe erhält sie aber nur bis zum entsprechenden Schwellenwert von 150 kW_{el}, bei dem allerdings die volle Jahreslaufzeit ausgenutzt wird, nämlich 8.760 h. Die Grundvergütung beträgt also für $150 * 8.760 = 1.314.000$ kWh_{el} 11,44 €/kWh_{el}, für die darüber hinaus gehenden $1.750.000$ kWh_{el} - $1.314.000$ kWh_{el} = 436.000 kWh_{el} beträgt die Vergütung 9,00 €/kWh_{el}. Insgesamt beträgt die mittlere Vergütung damit 10,83 €/kWh_{el}. Beträgt die installierte Leistung der Anlage 180 kW_{el}, so würde sie bei 7.000 Vollbenutzungsstunden für jede eingespeiste Kilowattstunde die höchste Grundvergütung (11,44 €/kWh_{el}) beanspruchen können, da die insgesamt produzierte Strommenge von $180 * 7.000 = 1.260.000$ kWh_{el} unter dem Schwellenwert von 1.314.000 kWh_{el} bleibt.

Der sogenannte Bonus für Nachwachsende Rohstoffe (kurz: **NawaRo-Bonus**) steht nur einer Anlage zu, deren Einsatzstoffe gewissen Grundvoraussetzungen genügen, die im EEG beschrieben werden. Es dürfen nur „Pflanzen oder Pflanzenbestandteile, die in landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben oder im Rahmen der Landschaftspflege anfallen und die keiner weiteren als der zur Ernte, Konservierung oder Nutzung in der Biomasseanlage erfolgten Aufbereitung oder Veränderung unterzogen wurden“, eingesetzt werden. Darüber hinaus gibt das EEG im Rahmen einer sogenannten Positivliste eine nicht abschließende Liste von Beispielen für nachwachsende Rohstoffe. Unter anderem wird dort „das bei der Durchforstung und bei der Stammholzernte in forstwirtschaftlichen Betrieben anfallende Waldrestholz, Rinde und Holz aus Kurzumtriebsplantagen“ genannt. Ebenso werden im Rahmen einer Negativliste Einsatzstoffe aufgezählt, die in keinem Fall nachwachsende Rohstoffe sind, beispielsweise Säge- und Hobelspäne. Eine wichtige Eigenschaft des NawaRo-Bonus ist das sogenannte Ausschließlichkeitsprinzip, welches besagt, dass der Anspruch auf den Bonus nur dann besteht, wenn ausschließlich nachwachsende Rohstoffe gemäß der oben genannten Definition des EEG eingesetzt werden. Sobald ein Anlagenbetreiber von diesen rigiden Vorschriften abweicht und beispielsweise in einer sogenannten NawaRo-Anlage eine Handvoll Sägespäne einsetzt, verliert er augenblicklich den Anspruch auf den Bonus. Darüber hinaus ist dieser Verlust endgültig, d. h. wenn eine Anlage den Bonus einmal verloren hat, kann sie ihn zukünftig nicht mehr beantragen. Diese strikte Trennung zwischen einer NawaRo- und einer nicht-NawaRo-Anlage muss auch räumlich eingehalten werden, um das Risiko des unabsichtlichen Einsatzes von nicht NawaRo-Bonus-fähigen Einsatzstoffen in einer NawaRo-Anlage möglichst gering zu halten, bedeutet aber im Umkehrschluss, dass bei Anspruch auf den Bonus immer der gesamte produzierte Strom den Bonus erhält. Allerdings ist der NawaRo-Bonus wie auch die Grundvergütung degressiv gestaltet, d. h. ab dem Schwellenwert von 500 kW_{el}, was einer produzierten Strommenge von 4.380.000 kWh_{el} entspricht, sinkt die Bonushöhe von 5,88 €/kWh_{el} auf 3,92 €/kWh_{el} bzw. 2,45 €/kWh_{el} (bei Inbetriebnahme im Jahr 2011), je nachdem ob Holz aus Kurzumtriebsplantagen bzw. aus der Landschaftspflege (höhere Vergütung) stammt oder sonstige nachwachsende Rohstoffe eingesetzt werden.

Ein weiterer für Holzvergasungsanlagen relevanter und im Regelfall (wenn auch nicht grundsätzlich, siehe dazu weiter unten) in Anspruch genommener Bonus ist der sogenannte **Technologiebonus**. Dieser beträgt bis zu einer Leistung von 5.000 kW_{el} 1,96 €ct/ kWh_{el} (bei Inbetriebnahme im Jahr 2011) und wird für Strom ausgezahlt, der mit einer Technologie erzeugt wird, die zu den im EEG aufgezählten innovativen Technologien zählt. Ein in dieser Liste genanntes Verfahren ist die „Umwandlung der Biomasse durch thermochemische Vergasung“, wozu auch die Holzvergasung zu zählen ist. Wie im konkreten Fall dem zuständigen Netzbetreiber gegenüber der Nachweis darüber geführt werden kann, dass die zur Stromerzeugung eingesetzte Technologie technisch den Anforderungen des EEG entspricht, wird im Gesetzestext bzw. in der Begründung nicht ausgeführt und muss daher individuell mit dem EVU abgestimmt werden. Denkbar wäre hier zum Beispiel ein Sachverständigengutachten.

Allerdings gibt es noch eine weitere Voraussetzung für den Bezug des Technologiebonus, die unter anderem durch seine Zielsetzung begründet werden kann, den „Einsatz innovativer, besonders energieeffizienter und damit umwelt- und klimaschonender Anlagentechniken“ zu fördern. Der Anspruch auf den Technologiebonus ist nur dann gegeben, wenn parallel zur Stromerzeugung die anfallende Wärme zumindest teilweise gemäß Anlage 3 des EEG genutzt wird. In der Anlage 3 werden die Anforderungen für den Bezug des sogenannten KWK-Bonus beschrieben, auf den im Folgenden näher eingegangen werden soll.

Alternativ muss ein elektrischer Wirkungsgrad von 45 Prozent erreicht werden. Unabhängig davon, ob man die Systemgrenze, innerhalb der der Prozentwert nachgewiesen werden muss, ab der Biomassezuführung oder ab BHKW zieht, ob also die Umwandlungsverluste bei der Produktion des Holzgases mit einbezogen werden oder nicht, erscheint es bei den derzeit auf dem Markt verfügbaren oder sich in der Entwicklung befindlichen Konzepten ausgeschlossen, dass dieser elektrische Wirkungsgrad erreicht werden kann.

Die energetische Effizienz der Anlage hängt unmittelbar mit dem Umfang der sinnvollen externen Wärmenutzung zusammen. Der **KWK-Bonus** soll einen Anreiz bieten, die produzierte Wärme außerhalb der Anlage zu nutzen. Er beträgt 2,94 €ct/ kWh_{el} (bei Inbetriebnahme im Jahr 2011), wird aber im Gegensatz zum Technologie- oder zum NawaRo-Bonus nur für die Strommengen vergütet, bei denen eine entsprechende Wärmemenge nach festgelegten Kriterien außerhalb der Anlage genutzt wird.

Der Umrechnungsfaktor, mit Hilfe dessen von den messtechnisch zu erfassenden Wärmeenergiemengen auf die entsprechenden Strommengen geschlossen wird, ist die Stromkennzahl. Die Stromkennzahl ist der Quotient aus elektrischer und thermischer Leistung und wird in der Regel bei einem serienmäßig hergestellten BHKW vom Hersteller auf einem Datenblatt ausgewiesen. Die Ermittlung des KWK-Bonus soll im Folgenden anhand eines Beispiels dargestellt werden. Ein mit Holzgas betriebenes BHKW hat eine elektrische Leistung von 100 kW und eine thermische Leistung von 125 kW. Als Stromkennzahl ergibt sich demzufolge der Wert 0,8. Die Anlage produziert in 7.000 Vollbenutzungsstunden also 700.000 kWh_{el} und 875.000 kWh_{th}. Von der erzeugten thermischen Energie werden 40 %, also 350.000 kWh_{th} gemäß Anlage 3 genutzt. Diese thermische Energie entspricht einer elektrischen Energie von 280.000 kWh_{el}, die im selben Zeitraum produziert wurden (350.000 * 0,8 = 280.000). Demzufolge hat die Anlage für 280.000 kWh_{el} der insgesamt produzierten 700.000 kWh_{el} Anspruch auf den KWK-Bonus in Höhe von 2,94 €ct/kWh_{el}. Umgerechnet auf die gesamte produzierte Strommenge ergibt dies einen gemittelten KWK-Bonus von ca. 1,2 €ct/kWh_{el}.

Wie oben schon ausgeführt, beziehen sich die genannten Vergütungsbestandteile hinsichtlich ihrer Höhe auf eine Anlage, deren Inbetriebnahme in das Jahr 2011 fällt. Das EEG wird derzeit überarbeitet und soll in novellierter Form zum 01.01.2012 in Kraft treten. In diesem Zusammenhang ist mit einer Überarbeitung der Vergütungssätze zu rechnen.

Wärmeverkauf

Holzvergassungsanlagen 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, 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 der 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 Einnahmebestandteile 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 Holz Trocknungsanlage handelt, sondern mit der Vergassungsanlage zusammen eine Holz Trocknung 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.

4 Fazit

Die Beurteilung eines Konzeptes für eine kleine Holzvergasungsanlage stellt angesichts der aktuell vielfältigen Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen unter technischen Gesichtspunkten eine sich stets wandelnde Herausforderung dar. Die in den vergangenen Jahren erreichten Verbesserungen hinsichtlich der Laufzeiten von Holzvergasungsanlagen können hoffen lassen, dass in naher Zukunft von mehreren Herstellern Anlagen angeboten werden, die nicht nur eine dauerhafte Funktionsfähigkeit unter Beweis gestellt haben, sondern auch durch Standardisierung der Komponenten eine technische Vergleichbarkeit möglich machen.

Zum aktuellen Zeitpunkt muss bei der Einschätzung eines Projektes größter Wert auf die vorhandenen Referenzen für ein Anlagenkonzept gelegt werden. Die Referenzen 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 nämlich 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. Bei Waldhackschnitzeln, dem in Holzvergasungsanlagen meist eingesetzten Material, stiegen die Preise zwischen 2003 und 2009 jährlich um durchschnittlich fast 10 Prozent. Auch in Zukunft wird der Biomassebrennstoffmarkt sich nicht losgelöst vom konventionellen Brennstoffmarkt entwickeln können. Mögliche Steigerungen der Brennstoffpreise stehen aber einer konstanten EEG-Vergütung 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.

Schließlich soll darauf hingewiesen, dass insbesondere der Sicherheit und den Emissionen einer Holzvergasungsanlage schon vom Investor größtes Augenmerk geschenkt werden sollte, zum einen um Schäden an Mensch und Umwelt zu vermeiden, zum anderen aber auch, weil Mängel in diesen Bereichen drastische Maßnahmen seitens der Aufsichtsbehörden bis hin zur Stilllegung der Anlage zur Folge haben können.

5 Checkliste zur Konzeptprüfung

1 Einführung

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.

2 Grundstück

- 2.1 Gemarkung und Flurnummer des Grundstückes, auf dem die Holzvergasungsanlage errichtet werden soll
- 2.2 Adresse des Grundstückes (PLZ und Ort, ggf. Str., Hs-Nr.)
- 2.3 Eigentümer des Grundstückes

3 Investor

Benennung des Investors (mit Rechtsformennachweis bzw. Handelsregisterauszug)

4 Allgemeine Angaben

- 4.1 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? Bitte Kontaktadressen der Betreiber benennen.
- 4.2 Soll die Holzvergasungsanlage innerorts oder außerorts errichtet werden?
- 4.3 Wie weit ist die nächst gelegene Wohnbebauung von der Holzvergasungsanlage entfernt?
- 4.4 Gibt es bereits eine Emissionsvorbelastung der angrenzenden Nachbarschaft durch einen anderen Betrieb (unabhängig davon, ob es sich um eine Holzvergasungsanlage handelt oder nicht)?
- 4.5 Welche Firma ist für die Planung der Anlage verantwortlich?
- 4.6 Welche Planungsergebnisse liegen bereits vor? (Kostenplan, Bauzeitenplan, Lagepläne, Baupläne, Aufstellungspläne, Leitungspläne, Flussschema der Anlage inkl. Lagerhaltung)
- 4.7 Welche Firmen sind für die Ausführung der einzelnen Gewerke verantwortlich? (ggf. Angebote beifügen)
- 4.8 Liegt ein Genehmigungsbescheid für die Anlage vor? (ggf. beifügen; ansonsten Genehmigungsbehörde benennen)
- 4.9 Können für den Bau der Anlage öffentliche Fördermittel in Anspruch genommen werden? (ggf. Zuwendungsbescheid beifügen bzw. Angaben zu beantragten öffentlichen Fördermitteln machen)
- 4.10 Liegt eine Aussage des zuständigen Netzbetreibers zum Anschluss der Anlage an das Stromnetz vor? (ggf. Ergebnisse der Netzberechnung, Anschluss- und Einspeiseverträge beifügen)
- 4.11 Wurde die Versicherbarkeit der Holzvergasungsanlage mit der Versicherung schriftlich geklärt? (ggf. Versicherungsvertrag beifügen)

5 Technische Konzeption

Hackschnitzelversorgung:

- 5.1 Qualität (Holzart, Stückigkeit, Wassergehalt, Rindenanteil), Menge und Herkunft der Hackschnitzel einschließlich Qualitätssicherungskonzept
- 5.2 Hackschnitzelbezugssituation (Eigenversorgung, Lieferanten, Lieferverträge) ggf. mit Angaben zum logistischen Konzept
- 5.3 Hackschnitzelaufbereitung (Trocknung, Siebung etc.)
- 5.4 Art des Hackschnitzellagers (ober-/unterirdisch, befahrbar/nicht befahrbar, vollautomatisiert/teilautomatisiert, Außen-/Freilager)
- 5.5 Größe des Hackschnitzellagers mit Angabe des Brutto-/Nettovolumens
- 5.6 Belüftung Hackschnitzellager
- 5.7 Hackschnitzelaustrag- und -fördereinrichtungen

Vergasungsanlage

- 5.8 Hersteller
- 5.9 Herstellerbezeichnung
- 5.10 Maximale Feuerungswärmeleistung in kW
- 5.11 Beschreibung der erforderlichen Hackschnitzelqualität
- 5.12 Hackschnitzeldurchsatz in t/h
- 5.13 Produktgaserzeugung in m³N/h
- 5.14 Beschreibung der Bauart und Funktionsweise der Vergasung (inklusive Benennung des Vergasungsmittels)

Gasaufbereitung

- 5.15 Beschreibung der Produktgaskühlung
- 5.16 Beschreibung der Produktgasreinigung
- 5.17 Erwartete Gasqualität (Heizwert und Zusammensetzung einschließlich Störstoffen wie Staub und Teer)

Gasverwertung:

- 5.18 BHKW-Hersteller
- 5.19 Herstellerbezeichnung
- 5.20 Art des BHKW, z.B. Gas-Otto-BHKW
- 5.21 Toleriertes Druck- und Temperaturniveau des Gases am Eintritt in das BHKW
- 5.22 Feuerungswärmeleistung
- 5.23 Elektrische Nennleistung
- 5.24 Thermische Nennleistung

Sonstiges

- 5.25 An welcher Stelle der Anlage fällt nutzbare Wärme an und welche Leistungen können bei welchen Temperaturniveaus genutzt werden?
- 5.26 Beschreibung und Quantifizierung der bei der Vergasung anfallenden Reststoffe (z.B. Asche, Holzkohle, belastete Kondensate, Waschwasser, Filterstäube) sowie deren Behandlung/Verwertung/Entsorgung
- 5.27 Beschreibung der Sicherheitseinrichtungen und Sicherheitskonzept
- 5.28 Trafoverluste in %
- 5.29 Sofern Technologien eingesetzt werden, die bisher in Holzvergasungsanlagen nicht eingesetzt wurden: Begründung, warum diese Technik eingesetzt werden soll sowie umfassende Erläuterung dieser Technologie

6 Betrieb der Anlage

- 6.1 Wer soll die Anlage künftig betreiben?
- 6.2 Welche Schulungen hinsichtlich der Anlagenbetreuung hat der hauptverantwortliche Betreiber schon gemacht bzw. sollen durch ihn noch absolviert werden? (Seminare, Besichtigungen von Holzvergasungsanlagen, Betreiberschulungen etc.)
- 6.3 Für den erfolgreichen Betrieb einer Holzvergasungsanlage sind zahlreiche Teilaspekte abzudecken. Bitte machen Sie im Folgenden, möglichst in Tabellenform, Angaben zu den Zuständigkeiten für die einzelnen Aufgabenbereiche

Aufgabenbereich	Verantwortlich	Qualifikation/ berufliche Erfahrungen	wann erreichbar? (Wochentage, Feiertage, Sa/So, tagsüber/nachts)?
	Stellvertreter		
Einhaltung Inbetriebnahmeplan	V:	V:	
	Sv:	Sv:	
Arbeits- und Anlagensicherheit	V:	V:	
	Sv:	Sv:	
Emissionen (Lärm, Geruch)	V:	V:	
	Sv:	Sv:	
Inspektion und Wartung	V:	V:	
	Sv:	Sv:	
Instandsetzung	V:	V:	
	Sv:	Sv:	
Hackschnitzelversorgung- und -lagerhaltung	V:	V:	
	Sv:	Sv:	
Reststoffe	V:	V:	
	Sv:	Sv:	
Geschäftsführung	V:	V:	
	Sv:	Sv:	

- 6.4 Soll die Anlage strom- oder wärmegeführt gefahren werden? Wie viel Vollbetriebsstunden soll die Anlage pro Jahr erreichen?
- 6.5 Wie viel Arbeitszeit wird für den Betrieb der Anlage kalkuliert?

7 Wärmeverwertung

- 7.6 Wird die anfallende Wärme ganz oder teilweise außerhalb der Vergasungsanlage genutzt? Genügt diese Nutzung den Anforderungen des § 27, Abs. 4, Nr.3 in Verbindung mit Anlage 3 des EEG 2009?
- 7.7 Liste der Wärmeabnehmer außerhalb der Holzvergasungsanlage mit Anschlussleistung, jährlichem Wärmebedarf und Status der Verhandlungen zum Wärmeverkauf (z.B. „interessiert“, „Absichtserklärung unterzeichnet“, „Vertrag unterzeichnet“)
- 7.8 Maßstäblicher Lageplan mit Kennzeichnung der benötigten Wärmetrasse und der Wärmeabnehmer entsprechend obiger Liste

8 Kalkulation der Investitionskosten

- 8.1 Investitionskosten bauliche Anlagen (aufgeschlüsselt nach den Teilgewerken wie z.B. Gebäude für Vergasungsanlage, Lagerung)
- 8.2 Investitionskosten Vergasungsanlage
- 8.3 Investitionskosten Gasaufbereitung
- 8.4 Investitionskosten BHKW
- 8.5 Investitionskosten für Wärmeverwertungstechnik (z.B. Wärmeleitung, Wärmeübergabestationen, hydraulische Einbindung etc.) abzüglich Anschlusskostenbeiträge
- 8.6 Investitionskosten restliche Anlagentechnik (aufgeschlüsselt nach den Teilgewerken wie z.B. Sicherheitseinrichtungen, Hackschnitzelzuführung, Ascheaustragung, Leitungen etc.)
- 8.7 Grundstückskosten (Kauf, Erschließung, Wiederherstellung)
- 8.8 Netzanschlusskosten (Strom)
- 8.9 Planungs- und Genehmigungskosten (einschließlich bereits bezahlter Leistungen)
- 8.10 Inbetriebnahmekosten
- 8.11 Sonstige Kosten
- 8.12 Angesezte Eigenleistung (inkl. Bewertung der eigenen Arbeitszeit)

9 Kalkulation der Ausgaben

(Kosten jeweils in €/a):

- 9.1 Nutzungsdauern für einzelne Investitionskostenpositionen (bauliche Anlagen, Vergasungsanlage, Gasaufbereitung, BHKW, restliche Technik, Wärmeverwertungstechnik) in Jahren
- 9.2 Kapitalzinssatz (Fremdkapital und Eigenkapital)
- 9.3 Instandsetzungskostensätze für einzelne Investitionskostenpositionen in Prozent
- 9.4 Hackschnitzelkosten
- 9.5 Abschätzung der Preissteigerung bei Hackschnitzeln
- 9.6 Eigenstrombedarf der Anlage in Prozent oder in kWhel/Jahr
- 9.7 Kosten für sonstige Betriebsstoffe

- 9.8 Kosten für Behandlung/Verwertung/Entsorgung der Reststoffe
- 9.9 Personalkosten
- 9.10 Wartungskosten
- 9.11 Zählerkosten
- 9.12 Versicherungskosten
- 9.13 Buchführungskosten
- 9.14 Verwaltungskosten
- 9.15 Pachtkosten
- 9.16 Rückbaukosten (nur sofern im Genehmigungsbescheid ein Rückbau verbindlich vorgeschrieben ist; jährliche Rücklagen für Rückbaukosten nach Stilllegung der Anlage und Angabe der kalkulierten gesamten Rückbaukosten)
- 9.17 Sonstige Kosten

Die angesetzten Kosten sollten erläutert bzw. nach Möglichkeit belegt werden (zum Beispiel durch Verträge).

Insbesondere sollten die erwarteten Instandhaltungskosten in Beziehung gesetzt werden zu den kalkulierten Vollbetriebsstunden der Vergasungsanlage und ein Konzept für die Wartung und Instandsetzung der Anlage (Wartungszyklen, Vorratshaltung für Verschleißteile, Verträge) vorgelegt werden.

10 Kalkulation der Einnahmen

(Einnahmen jeweils in €/a):

- 10.1 Erwartete Einnahmen aus dem Stromverkauf nach EEG (ohne Trafoverluste!)
 - Grundvergütung
 - NawaRo-Bonus
 - Technologie-Bonus
 - KWK-Bonus
- 10.2 Erwartete Wärmeverkaufseinnahmen (Grundpreise, Leistungspreise, Arbeitspreise)
- 10.3 Sonstige Einnahmen

