

Handbuch der Aufbereitung biogener Brennstoffe zur Energieerzeugung

Exemplarische Ausführung am Beispiel Biomassehof Achental



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



*Erstellt im Rahmen des Projektes „Optimierung regionaler Kreisläufe (ORK)“
Förderkennzeichen 03KB053*

Biomassehof Achental (Grassau), im Herbst 2013

Der Inhalt dieses Berichts gibt ausschließlich die Meinung der Autoren wieder und schließt jegliche Haftung für dessen Umsetzung aus.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Inhaltsverzeichnis | 2 |
| Zusammenfassung | 4 |
| Biomasse und biogene Brennstoffe..... | 5 |
| Aufbereitung von Brennstoffen..... | 6 |
| Anlagen zur Erzeugung von Bioenergie | 7 |
| Die Energieanlagen im Achantal..... | 9 |
| Der Biomassehof Achantal | 9 |
| Der Heatpipe-Reformer von agnion..... | 11 |
| Heizwerk und Fernwärme Grassau..... | 13 |
| Beispielhafte Bringungsketten im Achantal | 15 |
| Wirtschaftliche und ökologische Betrachtung der Aufbereitungswege | 19 |
| Handlungsempfehlungen | 21 |
| Weiterführende Fragestellungen | 23 |
| Anhang | 24 |
| Abkürzungsverzeichnis..... | 24 |
| Vergleich der Normen zu biogenen Brennstoffen | 24 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Allgemeiner Aufbereitungsweg von Biomasse zu biogenen holzigen Brennstoffen als Petrinetz (Kreise entsprechen Stoffen, Rechtecke Verarbeitungsschritten oder Aktionen dazwischen) | 7 |
| Abbildung 2: Holzhackschnitzel unterschiedlicher Qualitäten, wie sie am Biomassehof Achental gehandelt werden..... | 9 |
| Abbildung 3: Der Biomassehof Achental in Grassau im Chiemgau, mit Bürogebäude (linke Ecke), Lager- und Trocknungshallen für HHS (Mitte) und Lagerhallen für Pellets (rechts)..... | 10 |
| Abbildung 4: Schaubild des Heatpipe-Reformers in Grassau; detaillierte Erklärungen siehe im Text .. | 12 |
| Abbildung 5: Der Heatpipe-Reformer von agnion in Grassau | 13 |
| Abbildung 6: Das Hackschnitzel-Heizwerk Grassau mit Fernwärme | 14 |
| Abbildung 7: Schema der Stoffkreisläufe am Biomassehof Achental | 15 |
| Abbildung 8: Bringungskette für Hackschnitzel aus Sägerestholz oder Rundholz. | 16 |
| Abbildung 9: Bringungskette für Hackschnitzel aus Waldrestholz | 17 |
| Abbildung 10: Bringungskette für Hackschnitzel aus Landschaftspflegematerial/-holz..... | 17 |
| Abbildung 11: Bringungskette für Hackschnitzel aus Kurzumtriebsplantagen | 18 |
| Abbildung 12: Aufbereitungswege für verschiedene Rohstoffe und Verwertungen am Biomassehof Achental | 18 |
| Abbildung 13: Zusammenhang zwischen HHS-Qualität und Kosten sowie Emissionen der Aufbereitung | 21 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Am BAT vorhandene regionale Rohstoffe mit deren Eigenschaften und Verwendungen.... | 11 |
| Tabelle 2: Potenziale für holzige Reststoffe im Achental..... | 11 |
| Tabelle 3: Volumina der am Biomassehof Achental aufbereiteten HHS (aktuell und zukünftig)..... | 15 |
| Tabelle 4: Kosten und CO ₂ -Emissionen der Arbeitsschritte für HHS aus SRH bzw. Rundholz | 19 |
| Tabelle 5: Kosten und CO ₂ -Emissionen der Arbeitsschritte für HHS aus Waldrestholz | 19 |
| Tabelle 6: Kosten und CO ₂ -Emissionen der Arbeitsschritte für HHS aus LPM..... | 20 |
| Tabelle 7: Kosten und CO ₂ -Emissionen der Arbeitsschritte für HHS aus KUP-Holz | 20 |
| Tabelle 8: Handlungsempfehlungen des BAT bei der Aufbereitung von biogenen Rohstoffen zu Brennstoffen..... | 22 |
| Tabelle 9: Verzeichnis der im Text verwendeten Abkürzungen | 24 |
| Tabelle 10: EN 14961, nach Massenanteilen gegliedert | 24 |
| Tabelle 11: ÖNORM M 7133, nach Massenanteilen gegliedert | 24 |

Zusammenfassung

Dieses Handbuch fasst die wesentlichen Schritte zur Aufbereitung von holzigen biogenen Rohstoffen zu normierbaren Brennstoffen (Holzhackschnitzeln) am Biomassehof Achenal (BAT) zusammen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf einer anschaulichen, praxisbezogenen und leicht nachvollziehbaren Darstellung.

Für jeden der am Biomassehof Achenal verwendeten Rohstoffe gibt es eine eigene Bringungskette, die eine wirtschaftlich und ökologisch effiziente Aufbereitung ermöglicht. Die Rohstoffe umfassen dabei Sägerestholz, Rundholz, Waldrestholz, Landschaftspflegematerial und Kurzumtriebsplantagenholz. Je nach Rohstoffqualität können drei verschiedene Güteklassen von Hackschnitzeln produziert werden: Premium, Industrie/Masse und Mischware. Diese können in drei Anlagentypen zur Energieerzeugung verwertet werden: kleinen Öfen (< 100 kW Feuerungsleistung), großen Heizwerken (> 2 MW) und einem mittelgroßen Holzvergaser (ca. 1 MW).

Wirtschaftliche und ökologische Betrachtungen (praxisnahe Kosten und Emissionen pro Aufbereitungsschritt) sowie konkrete, direkt umsetzbare Handlungsempfehlungen zum Aufbau einer Holz hackschnitzel-Logistikkette ergänzen die Darstellungen. Die Ergebnisse aus dem Achenal sind sehr repräsentativ für ländliche Strukturen und daher auf andere Regionen in Deutschland und Europa übertragbar. Insbesondere reiche Holzpotenziale, eine Kombination unterschiedlicher Energieerzeugungsanlagen und vernetzte Akteure unterstützen diese Übertragbarkeit.

Das Handbuch ist im Rahmen des Projekts „Optimierung regionaler Kreisläufe“ entstanden, das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördert wurde. Ein zweites Handbuch zum technischen Betrieb des Heatpipe-Reformers von agnion ist ebenfalls Teil der Projektergebnisse und liegt als Anhang zum Projektabschlussbericht vor.

Biomasse und biogene Brennstoffe

Als **Biomasse** werden im Zusammenhang der Bioenergie alle pflanzlichen oder pflanzlich erzeugten Stoffe bezeichnet. Dies umfasst insbesondere auch energiereiche Bestandteile wie Holz, Maispflanzen oder Ölsaaten (z.B. Sonnenblumen oder Raps). Für die Erzeugung von Energie ist dabei der Kohlenstoffgehalt wichtig: je höher der C-Anteil, desto höher die theoretisch mögliche Energieausbeute bei der thermischen Verwertung¹.

Als **biogene Brennstoffe** (hier nur kurz Brennstoffe) werden alle aus Pflanzen erzeugten, thermisch verwertbaren Stoffe bezeichnet. Dazu gehören insbesondere Holzhackschnitzel (HHS), Holzpellets und Scheitholz, aber auch Rapsöl, Biodiesel oder Biogas. In Abgrenzung dazu werden Brennstoffe wie Kohle, Erdöl oder Erdgas – die zwar auch im weiteren Sinne aus Pflanzen stammen – als fossile Brennstoffe bezeichnet.

Die **Aufbereitung** von Biomasse zu Brennstoffen wird seit Jahrtausenden von Menschen durchgeführt. Eine der häufigsten Formen ist die Herstellung von handlichem Scheitholz aus Restholz (von Wald oder Industrie). Mit der zunehmenden Bedeutung der Bioenergie im Rahmen der deutschen Energiewende und den technisch komplexer werdenden Anlagen sind auch die Herausforderungen an die Brennstoffaufbereitung gestiegen. So verlangen verschiedene Konversionstechniken wie Verbrennung, Vergasung oder Vergärung unterschiedliche Einsatzstoffe, und je nach Größe und Robustheit der Anlage diese auch in verschiedenen Qualitäten. Qualität bemisst sich bei HHS durch die Parameter Stückigkeit (Partikelgröße und -verteilung), Wassergehalt und Störstoffanteil (z.B. Rinde, Nadeln, Steine, Erde, etc.).

Um der steigenden Bedeutung der Aufbereitung gerecht zu werden, sind in diesem **Handbuch** kostengünstige und in der Praxis bewährte Wege zur Herstellung von biogenen Brennstoffen (Holzhackschnitzel) aus Biomasse (Holz) dargestellt. Die Verarbeitungsketten werden am Beispiel des **Biomassehofs Achental** in Grassau (im Chiemgau) aufgezeigt, da dort verschiedene Anlagen zur Energieerzeugung auf einem gemeinsamen Raum zur Verfügung stehen und daher verschiedene Anforderungen an Menge und Qualität bedient werden müssen. Zudem stehen in der Region in Südostbayern reiche Holzpotenziale zur Verfügung, die eine nachhaltige und ökologische Versorgung mit biogenen Brennstoffen gewährleisten. Wegen des beispielhaften Charakters des Biomassehofs (durch zahlreiche internationale Besuchergruppen belegt) wird von einer guten Übertragbarkeit der dort erprobten Wege auf andere Regionen ausgegangen.

Im Handbuch werden **vier Quellen von Biomasse** berücksichtigt: Waldrestholz (Baumteile mit meist geringem Durchmesser, die bei der Durchforstung oder der Jungbestandspflege im Wald anfallen), Säge-/Industrierestholz (Holzreste, die in einem Sägewerk oder anderen Holzindustrien anfallen und ausschließlich mechanisch behandelt wurden), Landschaftspflegematerial/-holz (Baum- oder Strauchteile, die bei der Landschaftspflege – wie Parkbaumbeschneidungen oder Schienenräumungen – anfallen) und Kurzumtriebsplantagenholz (aus gezielt für die Biomassegewinnung angepflanzten, schnellwachsenden Bäumen). Diese vier Rohstofftypen gehören zu den am häufigsten in Deutschland verfügbaren Quellen an holziger Biomasse für die Brennstoffherzeugung².

¹ <http://www.carmen-ev.de/biogene-festbrennstoffe/brennstoffe/614-grundlagen-energieumwandlung-in-der-energietechnik> (Zugriff am 18.11.2013)

² <http://www.carmen-ev.de/biogene-festbrennstoffe/brennstoffe> (Zugriff am 18.11.2013)

Aufbereitung von Brennstoffen

Das **Ziel** der Aufbereitung von Biomasse ist Brennstoffe mit einer möglichst konstanten Qualität in der gewünschten Menge zur gewünschten Zeit am gewünschten Ort und zu einem wirtschaftlichen Preis zu erzeugen. Die Aufbereitung umfasst also die Logistik von Roh- und Brennstoffen sowie diverse Verarbeitungsschritte dazwischen (Hacken, Trocknen, Lagern, Sortieren).

Für biogene Brennstoffe gibt es seit vielen Jahren **Normen**, die es den Herstellern von Verwertungsanlagen erlauben, die erforderliche Qualität zu definieren. Lange Zeit war, vor allem im süddeutschen Raum und in Österreich, die ÖNORM M-7133 gängige Praxis und wird auch heute noch häufig verwendet. Offiziell wurde die Norm jedoch durch die EU-Norm EN 14961 abgelöst. Eine Tabelle zum Vergleich der Normen ist im Anhang zu finden. In diesem Handbuch wird – wegen der großen Verbreitung – weiterhin von der ÖNORM Gebrauch gemacht.

Qualitätskriterien in allen Normen sind insbesondere der maximale Wassergehalt und die Stückigkeit. Zusätzlich wird für die Brennstoffqualität meist noch der Anteil an Fremdstoffen angegeben, die bei der thermischen Verwertung störend sein könnten (wie Nadeln, Rinde, Erde, Sand, Steine, Metallteile, etc.). Auch der Aschegehalt ist eine wichtige Qualitätsangabe (je niedriger, desto höherwertiger ist der Brennstoff).

Entsprechend der Ziele der Aufbereitung von Biomasse-Rohstoffen lassen sich die verschiedenen Produktionswege dazu nach **drei zentralen Anforderungskriterien** bewerten: der Wirtschaftlichkeit (in Euro/MWh), dem ökologischen Aufwand (in CO₂/MWh) und dem Arbeitsaufwand (Anzahl der Arbeitsschritte pro Weg).

In Abbildung 1 ist ein **allgemeines Schema** der Aufbereitungswege von Biomasse zu Brennstoffen (Hackschnitzeln) am Biomassehof Achtental zu sehen. Von der Quelle (Wald, Sägewerk, KUPs, etc.) wird der Rohstoff mobilisiert und zentral am Biomassehof gelagert. Dort werden verschiedene Arbeitsschritte (Hacken, Trocknen, Lagern, Sortieren) durchgeführt und somit genormte Brennstoffe erzeugt. Diese werden anschließend entsprechend ihrer Qualität auf drei verschiedenen Wegen zur Energieerzeugung verwertet: zur Verbrennung im Heizwerk Grassau (mindere Qualität), zum Verkauf an Privat- oder Gewerbekunden (Premiumqualität) und Vergasung im Heatpipe-Reformer von agnion (mittlere bis gute Qualität). Aus der Verbrennung im Heizwerk entsteht Wärme, die ins Fernwärmenetz Grassau eingespeist wird. Die Kondensationsabwärme aus dem Rauchgaskamin (mit einer Temperatur von ca. 45-50°C) wird hingegen zum Biomassehof zurückgeleitet um damit die Hackschnitzel zu trocknen. Die Vergasung erzeugt Strom und Wärme mit Hilfe eines Blockheizkraftwerks (oder Gas, falls eine SNG-Anlage installiert ist), die in die jeweiligen Netze (Verteilnetz und Fernwärmenetz) eingespeist werden. Andere Kunden des Biomassehofs erzeugen mit den HHS meist ebenfalls Wärme für ihr Privathaus oder Gewerbe.

Im Folgenden werden die einzelnen Anlagen zur Energieerzeugung genauer charakterisiert und die Bringungsketten für die einzelnen Rohstoffquellen am Beispiel Achtental detailliert aufgezeigt.

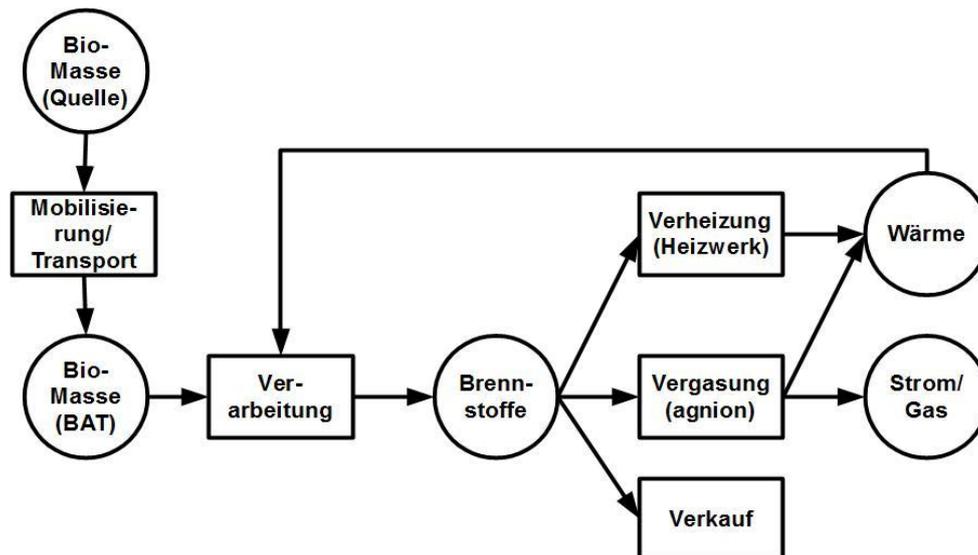


Abbildung 1: Allgemeiner Aufbereitungsweg von Biomasse zu biogenen Holzigen Brennstoffen als Petrinetz (Kreise entsprechen Stoffen, Rechtecke Verarbeitungsschritten oder Aktionen dazwischen)

Anlagen zur Erzeugung von Bioenergie

Im Sinne dieses Handbuchs werden **drei verschiedene Anlagentypen** unterschieden, die Energie (in Form von Wärme oder Strom) aus biogenen Brennstoffen erzeugen. Zum ersten sind dies kleine (< 100 kW Feuerleistung) Öfen, meist in privater Hand, die mit Hackschnitzeln betrieben werden. Zum zweiten handelt es sich um mittelgroße Heizwerke (> 2 MW), die Holz hackschnitzeln für die Erzeugung von Fernwärme verwenden (seltener auch für die Stromerzeugung). Der dritte Typ sind Holzvergaser, die ebenfalls mit Hackschnitzeln betrieben werden und eine mittlere Feuerleistung besitzen (ca. 1 MW).

Die Fokussierung auf diese drei Anlagentypen begründet sich auf deren Vorhandensein im Achtental. Über andere Anlagen und Größenklassen kann auf Grund des fehlenden Erfahrungswissens keine verlässliche Auskunft gegeben werden.

Andere, weit verbreitete Bioenergieanlagen zur Wärmegewinnung sind vor allem Scheitholz- oder Pelletöfen, die oft in privaten Haushalten die Öl- oder Gasheizung ersetzen oder unterstützen. Auch große Heizwerke (über 5 MW), die entweder nur Hackschnitzeln oder diese zusammen mit anderen Brennstoffen einsetzen, sind denkbar. Diese erfordern jedoch ein deutlich größeres Logistiknetzwerk, das teilweise dem regionalen Gedanken widersprechen kann. Daher wird im Achtental grundsätzlich auf Anlagen dieser Größe verzichtet, um die nachhaltige Brennstoffversorgung aus eigenen Quellen sicherstellen zu können.

Zur Erzeugung von Strom sind ausschließlich mit Hackschnitzeln (oder co-verbrennend) betriebene ORC-Anlagen oder Dampfkraftwerke ebenfalls denkbar. Diese werden im Handbuch wegen der fehlenden Erfahrung damit im Achtental nicht behandelt. Im Übrigen kann sich die Beschickung dieser Anlagen, je nach Größenklasse und Qualitätsanforderungen, nahtlos in die Bringungsketten integrieren lassen.

Alle drei Anlagen haben **unterschiedliche Qualitätsanforderungen** an den verwendeten Brennstoff. Während die kleinen Öfen Premiumware benötigen (Spezifikation siehe unten), um Verstopfungen oder unvollständiger Verbrennung vorzubeugen, können große Heizwerke auch minderwertiges Material verwerten, da sie speziell dafür ausgelegt sind und im Bedarfsfall leichter gereinigt werden

können³. Für die Holzvergasung mit Hackschnitzeln werden in den meisten Fällen ebenfalls hochwertige HHS benötigt⁴; für die Agnion-Anlage im Achantal wurde im Rahmen des Projekts die Verwendung von Material mittlerer Qualität angestrebt.

Die verschiedenen **Qualitätsklassen** bei Holzhackschnitzeln sind im Achantal wie folgt definiert:

- **Premiumware** (auch „weiße Ware“ genannt) zeichnet sich durch eine geringe Stückigkeit (meist G30 nach ÖNORM M 7133), einen niedrigen Wassergehalt (meist W20 oder niedriger) und einen geringen Anteil an Rinde, Nadeln oder Laub aus. Störstoffe wie Metall, Sand oder Erde sind ausgeschlossen. Für die Verwendung in kleinen Öfen (< 100 kW_{th}) ist ausschließlich dieses Material geeignet.
Der Brennwert von Premiumware liegt bei ca. 4,0 kWh/kg oder darüber.
- **Industrie-HHS oder Massen-HHS** hingegen können größer und feuchter sein, mehr Überlängen und Störstoffe enthalten und auch deutlich höhere Anteile an Rinde und Nadeln bzw. Laub besitzen. Dieses Material ist nur zur Verbrennung in großen Kesseln (ab ca. 1 MW_{th}) geeignet.
Der Brennwert von Industrie-HHS liegt durchschnittlich bei ca. 2,0-2,5 kWh/kg.
- **Mischware** oder mittlere Qualität besitzt Eigenschaften zwischen den beiden oberen. Oft sind nur Feianteile oder ein hoher Wassergehalt ausgeschlossen, während die Verwendung größerer Stückigkeiten hingegen erlaubt sein kann. Dies ist von Anlage zu Anlage unterschiedlich.
Der Brennwert von Mischware richtet sich nach den Anteilen der einzelnen Chargen.
- **Bei allen** handelt es sich um rein mechanisch behandeltes Holz, also ohne chemische Zusätze wie Lacke, Lasuren oder Beizen, und ohne Metallteile.

Fotos von HHS unterschiedlicher Qualitätsklassen können in Abbildung 2 eingesehen werden. Als Zusatz zu den oben aufgeführten Stufen sind noch „schlechte“ HHS abgebildet, die insbesondere bei LPM auftreten können. Diese werden nur zur Verbrennung in speziellen Kesseln (> 3 MW, wie das Heizwerk Grassau) eingesetzt.

³ Diese Angaben beruhen auf Erfahrungswissen des Biomassehofs Achantal und stellen keine Handlungsempfehlungen dar.

⁴ Siehe <http://www.holz-kraft.de/de/> oder http://www.holzenergie-wegscheid.de/?page_id=34/ Die Anmerkung beruht auf persönlichen Einschätzungen der Autoren und stellt keine allgemeine Definition dar.

Premiumqualität



Mischqualität



Industrie-/Massenqualität



Schlechte Qualität



Abbildung 2: Holzhackschnitzel unterschiedlicher Qualitäten, wie sie am Biomassehof Achenal gehandelt werden

Die Energieanlagen im Achenal

In diesem Abschnitt werden die drei Energieanlagen am Standort Eichelreuth/Grassau im Achenal vorgestellt.

Der Biomassehof Achenal

Der Biomassehof Achenal⁵ in Grassau im Chiemgau wurde im Jahr 2006 aus dem Ökomodell Achenal e.V. heraus als öffentlich-private Partnerschaft gegründet. Neben der Produktion und dem Handel von Holzbrennstoffen wie Holzhackschnitzeln, Holzpellets, Scheitholz und Briketts erfüllt der BAT durch seine kommunale Beteiligung auch einen politischen Auftrag. Dies zeigt sich insbesondere in der Trägerschaft von öffentlich geförderten Projekten, wie zum Beispiel der Bioenergie-Region Achenal oder der ORK. Der BAT ist als Zentrum für alle Arten erneuerbarer Energien im Achenal etabliert. In Abbildung 3 ist eine Aufnahme des BAT mit vollen Hackschnitzel-Lagerhallen zu sehen.

⁵ <http://www.biomassehof-achental.de/>



Abbildung 3: Der Biomassehof Achental in Grassau im Chiemgau, mit Bürogebäude (linke Ecke), Lager- und Trocknungshallen für HHS (Mitte) und Lagerhallen für Pellets (rechts).

Der Biomassehof übernimmt in der Aufbereitung von Holzigen Rohstoffen zu Brennstoffen die Schritte Mobilisierung, Sortierung, Lagerung, Hackung, Trocknung und Auslieferung. Es kann also die gesamte Wertschöpfungskette entlang der HHS-Produktion vom Biomassehof abgedeckt werden.

Die Quellen für die HHS-Rohstoffe am Biomassehof Achental umfassen dabei (siehe auch Tabelle 1 für eine Übersicht):

- **Sägerestholz (SRH)** ist ein bei der Holzverarbeitung anfallender Abfall und stammt aus regionalen Sägewerken. Der Rinden- und Laub-/Nadelanteil ist gering, was eine Verwendung für Premium-Hackschnitzel ermöglicht.
- **Rundholz** ist der Teil eines Baumstamms, der wegen eines zu geringen Durchmessers nicht in die stoffliche Nutzung eingeht, aber ebenfalls einen relativ niedrigen Rinden- und Nadelanteil aufweist.
- **Waldrestholz (WRH)** ist das bei der Holzernte (Jungbestandspflege, Durchforstung oder Endnutzung) nicht als Möbel- oder Industrieholz verwertbare Restholz. Der Zopfdurchmesser ist gering, weshalb es im Normalfall erhöhte Rinden- und Nadel/Laubanteile aufweist. Die Verwendung für Industrie-Hackschnitzel ist daher die Standardvariante, nur manche Chargen eignen sich auch für Premiumware. Auch das WRH stammt ausschließlich aus Quellen in räumlicher Nähe zum Achental.
- **Landschaftspflegematerial / -holz (LPM)** stammt aus Pflegemaßnahmen im Bereich des Landschafts- und Naturschutzes sowie aus Maßnahmen der Straßenbegleitgrünpflege. Die Holzigen Reste daraus werden an den BAT geliefert und besitzen fast immer einen hohen Anteil an Rinde und Nadeln bzw. Laub. Auch Störstoffe wie Erde können enthalten sein, was eine Verwendung als Premiummaterial fast immer ausschließt.
- **Holz aus KUP** (meist Pappeln oder Weiden) kann ebenfalls am BAT verwertet werden. Je nach Wuchsdauer bzw. Umtriebszeit kann dies auch für Premium-Hackschnitzel verwendet werden (Orientierungswert: mindestens 5 Jahre bzw. ein Stammdurchmesser von > 10cm).

Tabelle 1: Am BAT vorhandene regionale Rohstoffe mit deren Eigenschaften und Verwendungen

| Rohstoff | Durchschnittl. Wassergehalt | Quelle | Verwendung für |
|--------------------------------------|-----------------------------|--|---|
| Sägerestholz (SRH) | 15 – 50% | Regionale Sägewerke | Premium-Hackschnitzel |
| Rundholz | 20 – 50% | Wälder, regionale Sägewerke | Premium-Hackschnitzel |
| Waldrestholz (WRH) | 45 – 55% | Private, kommunale und staatliche Wälder | Industrie-Hackschnitzel, teilw. Premium-HHS |
| Landschaftspflegematerial (LPM) | 45 – 60% | Private und kommunale Pflegebetriebe | Industrie-Hackschnitzel |
| Holz aus Kurzumtriebsplantagen (KUP) | 45 – 55% | KUP-Betreiber | Premium- und Industrie-HHS |

Proben dieser Stoffe wurden von einem externen Labor auf deren chemische und mechanische Zusammensetzung geprüft. Die Berichte dazu finden sich zusammen mit diesem Handbuch als Anhang zum Schlussbericht des Projekts wieder.

Zusammen mit dem Ökomodell Achental⁶ wurden auch die Holzpotenziale im Achental ermittelt. Diese sind nach wie vor reichhaltig und für eine zukunftsfähige Versorgung der Region mit eigenen Brennstoffen gut planbar, wenngleich ein signifikanter Anteil (insbesondere beim Sägerestholz) bereits genutzt wird. Einen Überblick über die Potenziale gibt Tabelle 2⁷.

Tabelle 2: Potenziale für holzige Reststoffe im Achental

| Energiequelle | Nutzbare Menge gesamt | Energiepotenzial gesamt | Davon noch ungenutzt (teilw. Schätzwerte) |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|---|
| Waldrestholz (mit Rundholz) | 57.585 fm/a | 110.908 MWh/a | 26.040 MWh/a |
| Sägerestholz | 8.935 t/a | 39.314 MWh/a | 0 MWh/a |
| Landschaftspflegematerial | 14.478 t/a | 18.098 MWh/a | 18.000 MWh/a |
| Energiepflanzen (z.B. KUP) | 2.334 t/a | 9.336 MWh/a | 9.000 MWh/a |
| Summe (MWh / a) | | 177.656 MWh/a | 53.040 MWh/a |

Der Heatpipe-Reformer von agnion

Die Firma agnion Technologies GmbH⁸ aus Pfaffenhofen a. d. Ilm entwickelt seit 2007 den an der TU München erfundenen Holzvergaser mit Heatpipe-Technologie weiter. Der sogenannte Heatpipe-Reformer (HPR) ist ein weltweit einzigartiges Konzept und wurde von agnion zur Marktreife geführt. Nach einer Pilotanlage in Pfaffenhofen (Inbetriebnahme 2009) wurde auf dem Gelände des BAT in Grassau der erste praxistaugliche Vergaser dieser Art errichtet. Dieser dient als Demonstrationsobjekt, womit die Wirtschaftlichkeit der 1,3 MW Einheit gezeigt werden soll. Die Anlage ging im März 2012 in Betrieb und hat seitdem über 2.000 Betriebsstunden erfolgreich geleistet.

Der HPR ist ein allothermer Wirbelschichtvergaser mit 1,3 MW Feuerleistung. Die Wärmeübertragung aus der Brennkammer in die Reformerkammer erfolgt über sogenannte „heat

⁶ <http://www.oekomodell.de/>

⁷ Quelle: Biomassehof Achental, Ökomodell Achental, ecb 2012

⁸ <http://www.agnion.de>

pipes“ (Wärmerohre), die die erzeugte Wärme über eine zirkulierende Salzlösung im Inneren nahezu verlustfrei übertragen. Die Vergasung mit Überdruck im fluidisierten Sandbett erzeugt ein hochkalorisches, wasserstoffreiches Synthesegas. Nach einer Wäsche kann das erzeugte Gas entweder weiter zu erdgasähnlichem SNG (Synthetic Natural Gas) aufbereitet oder in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) verbrannt werden. In Grassau wurde die zweite Variante gewählt. Der Gasmotor erzeugt eine elektrische Leistung von 400 kW, welche in das öffentliche Netz eingespeist wird. Die Abwärme des gesamten Prozesses (Vergasung und Verstromung) hat eine thermische Leistung von 630 kW auf einem Niveau von 90°C (Vorlauf) und 70°C (Rücklauf) und wird vollständig in das bestehende Fernwärmenetz Grassau eingespeist. Die Gesamteffizienz der Anlage liegt daher trotz der relativ kleinen Feuerleistung bei theoretisch ca. 80%. Ein Schaubild des HPR ist in Abbildung 4 zu sehen. Der Brennstoff wird aus dem Lager in die Brenn- und Reformerkammer (ca. 30% und 70%) aufgeteilt und dort verbrannt bzw. mit Hilfe der Heatpipes vergast. Die Reststoffe aus der Vergasung (Koks) werden in der Brennkammer nachverbrannt, so dass letztlich nur ein kleiner, unverwertbarer Anteil an Asche zurückbleibt.

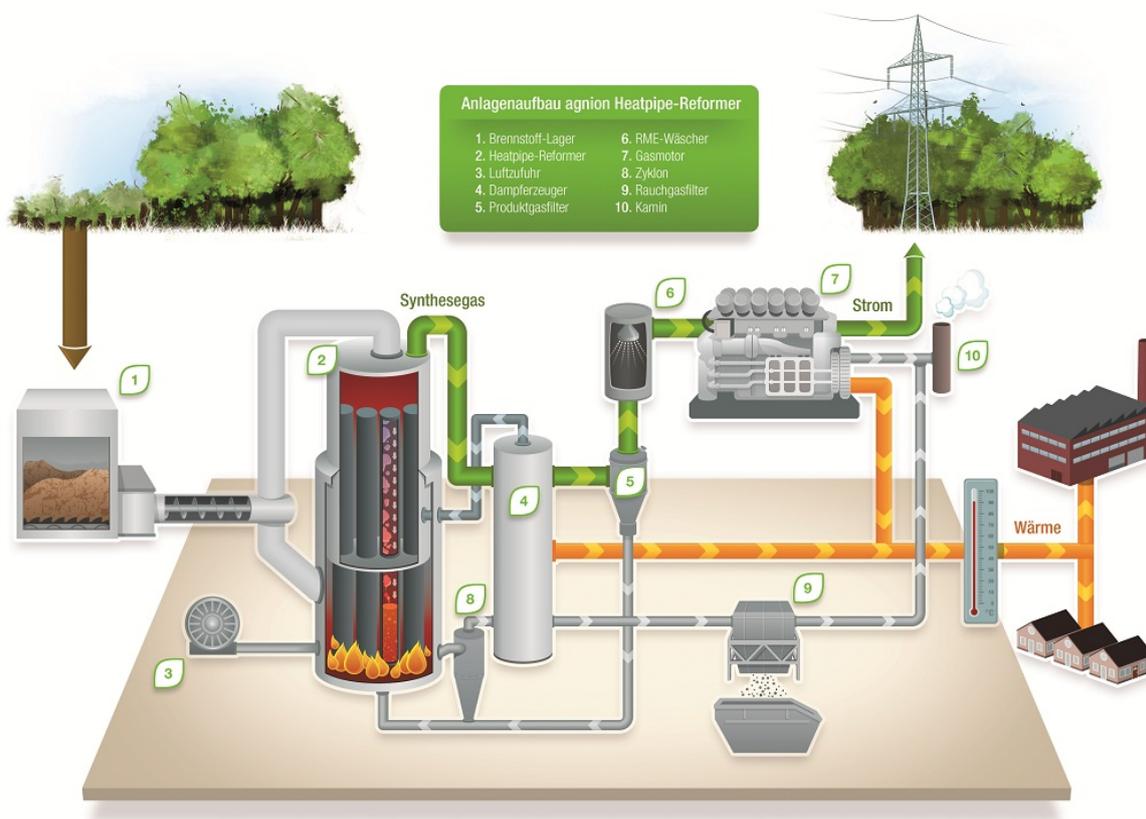


Abbildung 4: Schaubild des Heatpipe-Reformers in Grassau; detaillierte Erklärungen siehe im Text

Ein detailliertes Handbuch zum technischen Aufbau und Betrieb des HPR findet sich (ebenso wie dieses Handbuch) in den Anlagen zum Schlussbericht des ORK-Projekts. Eine Aufnahme des HPR in Grassau vom Mai 2012 findet sich in Abbildung 5.



Abbildung 5: Der Heatpipe-Reformer von agnion in Grassau

Heizwerk und Fernwärme Grassau

Am Standort des BAT in Grassau wurde im Mai 2010 ein Hackschnitzel-Heizwerk mit angeschlossener Fernwärme in Betrieb genommen (siehe Abbildung 6). Die Feuerleistung beträgt 3 MW, der Jahreswärmeabsatz liegt bei über 14.000 MWh auf einem 90/50°C- Niveau. Die Länge der Fernwärmeleitung beträgt derzeit über 12 km zu insgesamt ca. 550 Abnahmestationen. Als Brennstoff werden nahezu ausschließlich Industrie-Hackschnitzel verwendet (Jahresbedarf ca. 20.000 SRM), wobei deren Qualität stark schwankt. Bislang konnte das Heizwerk auch sehr minderwertiges Material (hoher Fein- und Überlängenanteil, Wassergehalt W50 oder mehr, hoher Rinden-/Nadel-/Laubanteil, teilweise mit Erde behaftet) ohne nennenswerte Probleme verbrennen.



Abbildung 6: Das Hackschnitzel-Heizwerk Grassau mit Fernwärme

Das Heizwerk wurde von der Gemeinde Grassau als Kommunalunternehmen errichtet und vollständig finanziert. Neben den Interessensbekundungen mehrerer Bürger, an einer zentralen Wärmeversorgung teilzunehmen, war auch die garantierte Versorgung mit Brennstoffen durch den BAT ein entscheidendes positives Kriterium. Die unmittelbare räumliche Nähe erlaubt zudem eine logistisch einfache Beschickung und ermöglicht große Flexibilität bei der Auswahl der zur Verfügung stehenden Brennstoffe. Die Fernwärme Grassau ist mittlerweile bei den Kunden sehr gut akzeptiert und hat demzufolge eine stetig steigende Nachfrage nach weiteren Anschlussmöglichkeiten zu verzeichnen. Es kann also in Zukunft von einem steigenden Wärmebedarf in der Fernwärme ausgegangen werden.

In Abbildung 7 ist ein **Schema der drei Anlagen** auf dem Gelände des BAT in Grassau zu sehen. Der BAT versorgt mit seinen Brennstoffen sowohl das Heizwerk Grassau (minderwertiges Material) als auch den Holzvergaser (höherwertiges Material). Diese produzieren daraus Wärme bzw. Strom, welche in das Fernwärmenetz bzw. das öffentliche Übertragungsnetz eingespeist werden. Die Kondensationsabwärme des Heizwerks wird zur Trocknung der Hackschnitzel am BAT eingesetzt. Der BAT verkauft Premium-Hackschnitzel und andere Brennstoffe auch an private Abnehmer (hauptsächlich Premiummaterial, Pfeil rechts unten).

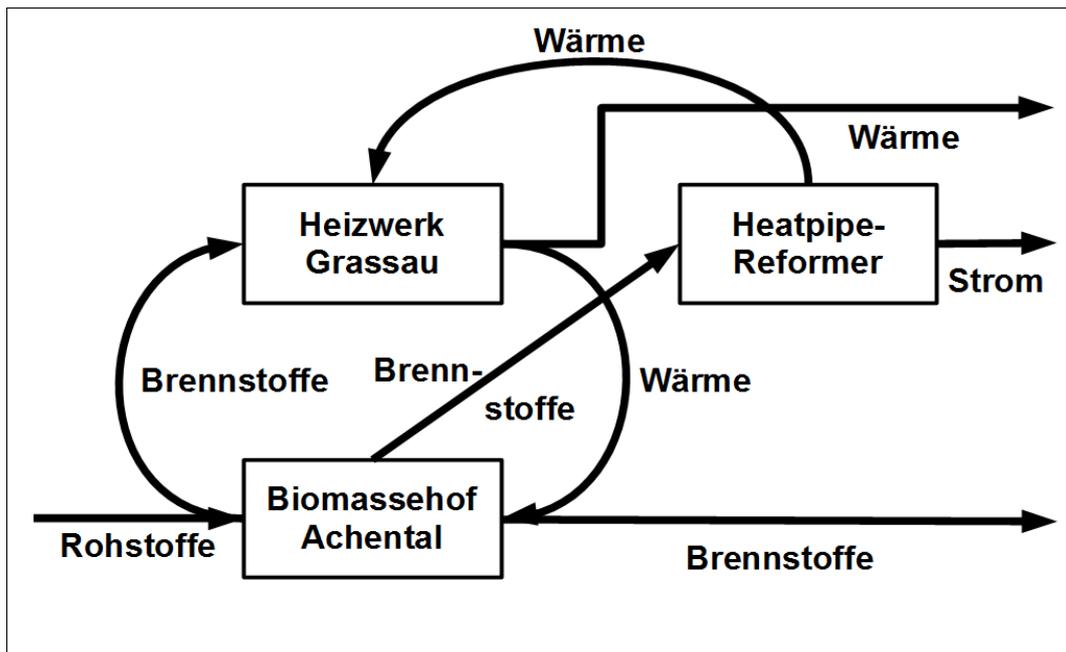


Abbildung 7: Schema der Stoffkreisläufe am Biomassehof Achtental

Beispielhafte Bringungsketten im Achtental

Nach Vorstellung der drei zusammen agierenden Anlagen im Achtental wird hier auf die einzelnen Bringungsketten zur Aufbereitung der Rohstoffe für deren Betrieb detailliert eingegangen.

Zunächst lassen sich die absoluten Mengen (als Volumina in Schüttraummeter/SRM) der drei HHS-Qualitätsklassen in Tabelle 3 einsehen. Diese Mengen wirtschaftlich und ökologisch nachhaltig zu erreichen ist Kernaufgabe des BAT.

Tabelle 3: Volumina der am Biomassehof Achtental aufbereiteten HHS (aktuell und zukünftig)

| Material | Bedarf aktuell (SRM) | Bedarf zukünftig (SRM) | Verwendung | Kommentar |
|---------------|----------------------|------------------------|-------------------|--|
| Industrie-HHS | 20.000 | 20.000 | Heizwerk Grassau | Erweiterung des Fernwärmenetzes wird durch Vergaserabwärme kompensiert |
| | 5.000 | 7.000 | Direktverkauf | Steigerung geplant |
| Premium-HHS | 12.000 | 13.000 | Verkauf an Kunden | Steigerung geplant |
| Mischklasse | 0 | 12.000 | Holzvergaser | Bei 7.500 Betriebsstunden pro Jahr |
| Summe | 37.000 | 52.000 | | |

Zur Aufbereitung der fünf oben definierten Rohstoffe zu den drei gewünschten Brennstoffqualitäten gibt es für jeden Rohstoff einen eigenen Verarbeitungsweg. Diese werden nachfolgend schematisch in Form von sogenannten Petrinetzen dargestellt. Dabei stellen Kreise stets Stoffe in definierten Zuständen dar, während die Rechtecke dazwischen Handlungen aufzeigen, die einen Stoff in einen anderen überführen.

In Abbildung 8 ist die Bringungskette für **Sägerestholz und Rundholz** zu sehen. Obwohl beide aus unterschiedlichen Quellen stammen, ist doch die Verarbeitung auf Grund ihrer ähnlichen Qualität analog. Das Sägerestholz oder Rundholz wird entweder als Ganzholz oder bereits gehackt angeliefert. Ob das Ganzholz gepoltert wird, hängt vom aktuellen Bedarf, dem verfügbaren Lagerplatz und dem Wassergehalt ab. Dies gilt ebenso für die Auswahl zwischen Trocknung oder Lagerung der Hackschnitzel. Das Endprodukt sind Premium-Hackschnitzel, die anschließend entweder verkauft oder vergast werden können.

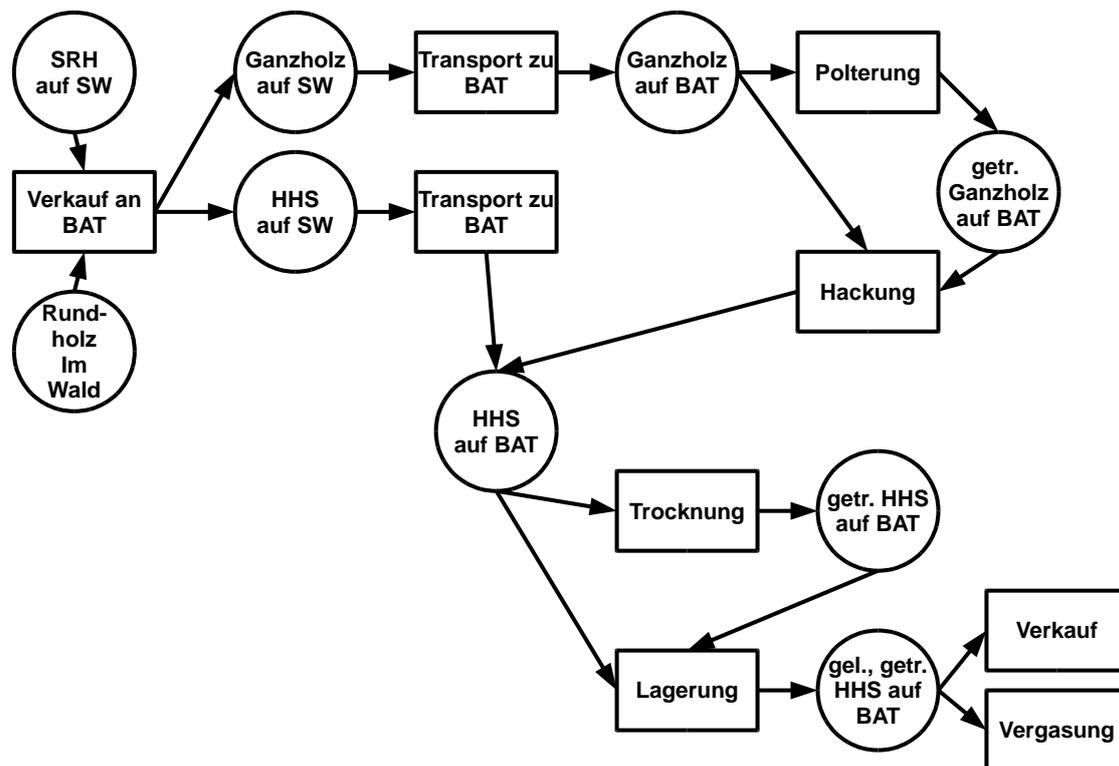


Abbildung 8: Bringungskette für Hackschnitzel aus Sägerestholz oder Rundholz.
[Abkürzungen: SW=Sägewerk, getr.=getrocknet, gel.=gelagert]

In Abbildung 9 ist das Schema der Aufbereitung für **Waldrestholz** zu sehen. Dieses wird stets bereits auf der Waldstraße bzw. am Anfallort gehackt (zum Teil, um den Transport zu vereinfachen, zum Teil aber auch wegen der beschränkten Hackkapazitäten am BAT). Die entstehenden Industrie-HHS werden entweder direkt an den Kunden (fast ausschließlich große Heizwerke) oder an den BAT geliefert. Je nach Bedarf werden die HHS noch zwischengelagert (hauptsächlich am Heizwerk Grassau) oder das Heizwerk unmittelbar beschickt. Die Lagerung sollte dabei nicht zu lange (max. 6 Wochen) erfolgen, um dem Verlust von Heizwert durch Schimmelbildung und Materialzersetzung vorzubeugen.

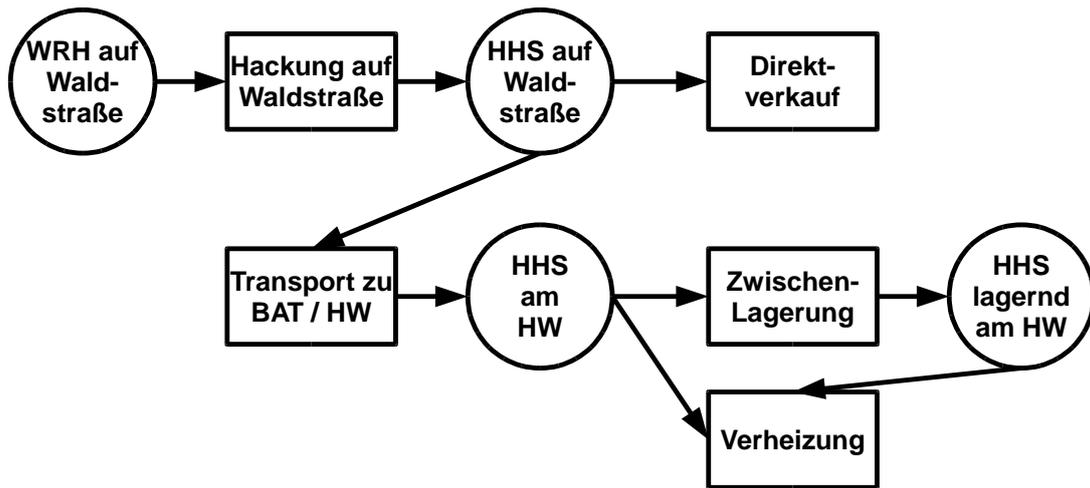


Abbildung 9: Bringungskette für Hackschnitzel aus Waldrestholz
[Abkürzungen: HW=Heizwerk]

Wie **Landschaftspflegematerial bzw. -holz** am BAT aufbereitet wird, kann in Abbildung 10 eingesehen werden. Das Material aus öffentlichen oder privaten Quellen wird an den BAT geliefert, dort gehackt und anschließend am Heizwerk eingesetzt. Wegen der meist minderwertigen Qualität (dünne Zweige und Büsche mit hohem Grünanteil) des LPM ist nur eine Aufbereitung zu Industrie-HHS möglich. Je nach Bedarf werden diese noch zwischengelagert.

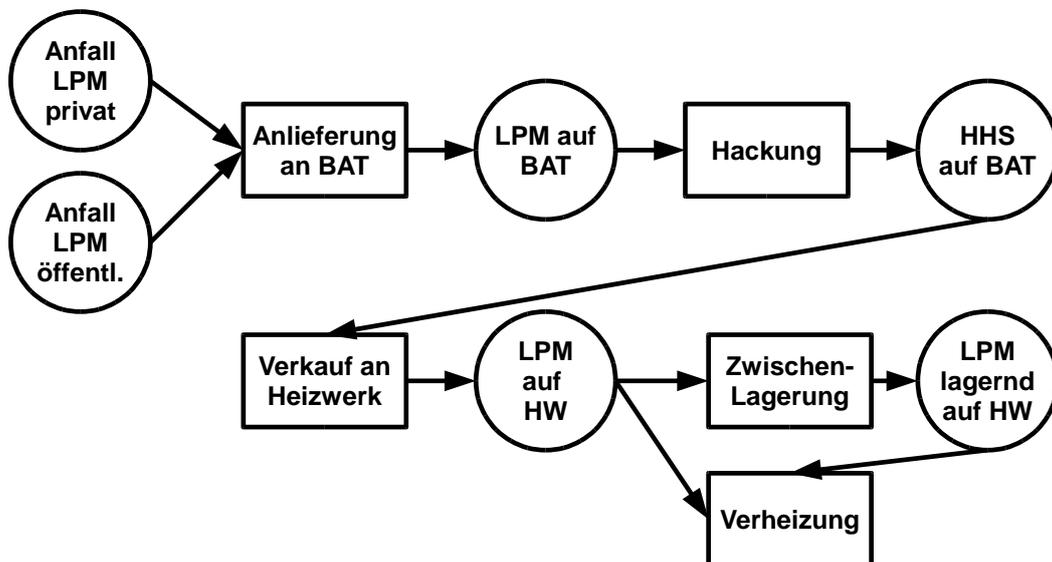


Abbildung 10: Bringungskette für Hackschnitzel aus Landschaftspflegematerial/-holz
[Abkürzungen: HW=Heizwerk]

Schließlich ist in Abbildung 11 die Produktion von HHS aus **Kurzumtriebsplantagen** zu sehen. Deren Holz kann am Ende der Umtriebszeit auf verschiedene Arten geerntet werden: entweder mit Hackung vor Ort, oder mit einer Bündelung und anschließender Polterung⁹. Am BAT gibt es jedoch noch keine ausreichende Erfahrung mit KUPs (Ernte der ersten Fläche im Achenal wird voraussichtlich im Winter 2014 sein), weshalb die optimale Strategie erst gefunden werden muss. Je

⁹ Weitere Infos zu KUPs finden sich zum Beispiel unter <http://veranstaltungen.fnr.de/agrarholz-2013/beitraege/> oder unter <http://wald21.com/> (Zugriff jeweils am 18.11.2013)

nach Wassergehalt und Qualität werden die HHS entweder zu Premium- oder Industrieware aufbereitet und entsprechend verwertet werden.

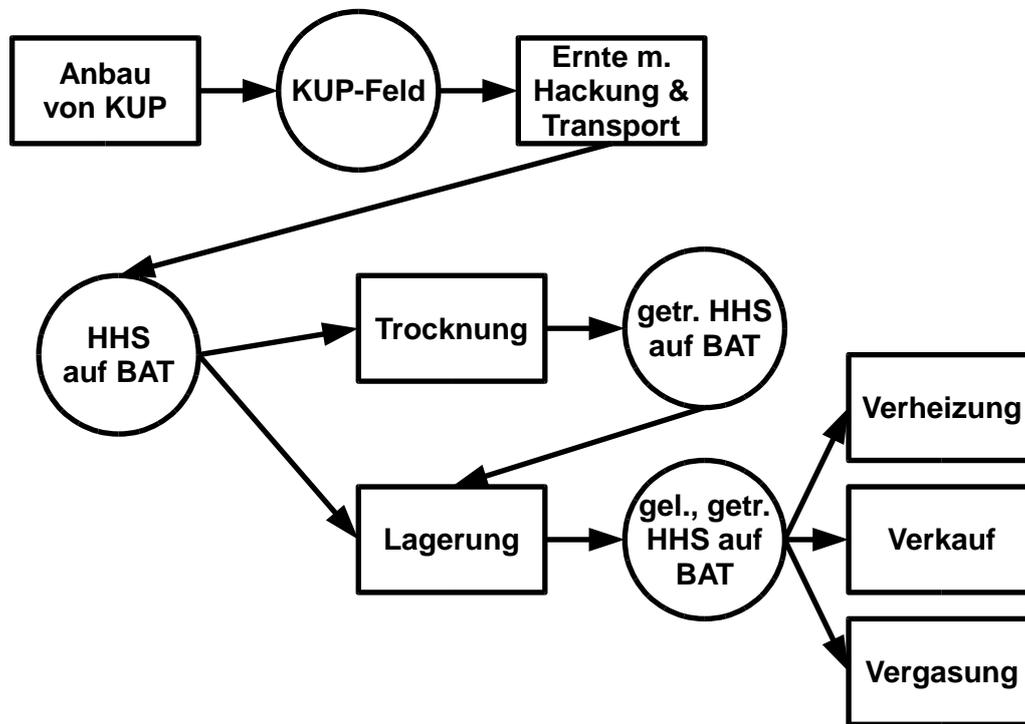


Abbildung 11: Bringungskette für Hackschnitzel aus Kurzumtriebsplantagen [Abkürzungen: getr.=getrocknet, gel.=gelagert]

Ein Flussdiagramm der derzeitigen Verarbeitungsschritte (kombinierte Bringungsketten aller Stoffe; ohne KUP) ist in Abbildung 12 mit Fotos unterlegt zu sehen.

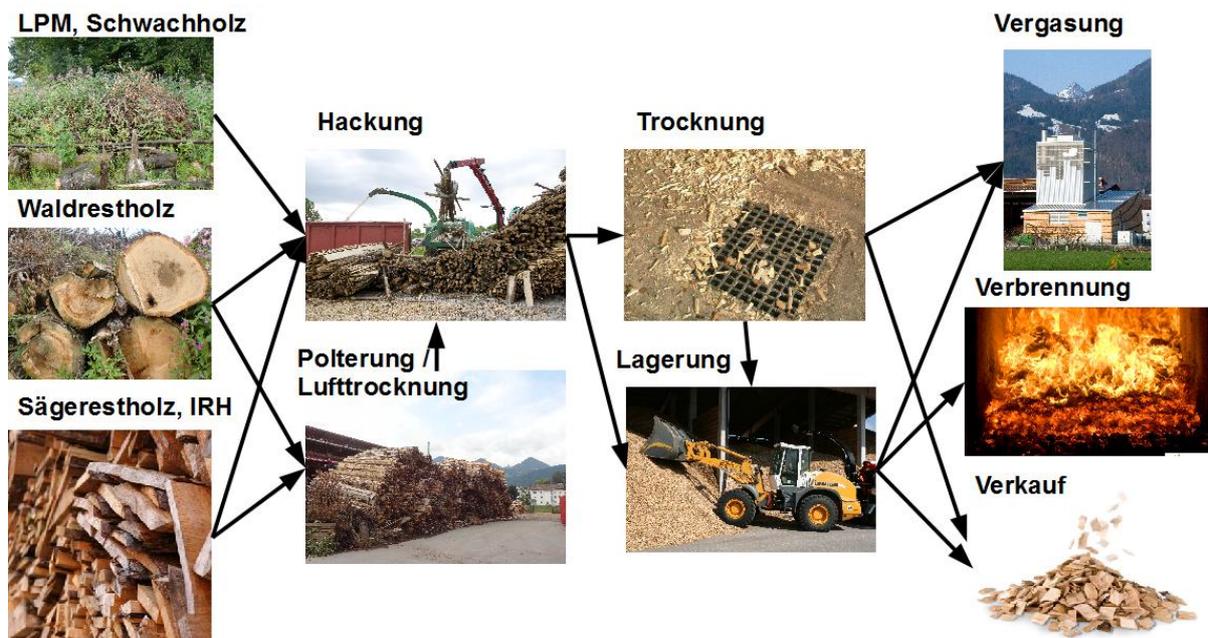


Abbildung 12: Aufbereitungswege für verschiedene Rohstoffe und Verwertungen am Biomassehof Achentäl

Wirtschaftliche und ökologische Betrachtung der Aufbereitungswege

Im vorhergehenden Abschnitt wurden die Strukturen und Verarbeitungsschritte der einzelnen Aufbereitungen dargestellt. Hier wird nun auf die wirtschaftlichen und ökologischen Kriterien der Verarbeitungsschritte (Rechtecke in den Diagrammen) eingegangen. Diese können wie folgt gemessen werden:

- Wirtschaftliche Kosten in *Euro pro produzierter MWh*
- Ökologische Kosten in *Emission an CO₂ pro produzierter MWh*
 - Zusätzlich ist auch eine nachhaltige Waldbewirtschaftung wichtig
- Effizienz der Aufbereitung als Anzahl der Zwischenschritte und die Qualitätssicherheit der Produkte

Die Kosten und Emissionen für die jeweiligen Bringungsketten sind in den folgenden Tabelle 4 bis

| | | | |
|-----------------------|---------|--|--|
| Verarbeitungsschritte | 3 | | |
| Qualitätssicherheit | niedrig | | |

Tabelle 7 aufgeführt. Dabei werden nur die relevanten (Kosten oder Emissionen verursachenden) Schritte beachtet. Für die Umrechnung von SRM zu MWh wurde der Faktor 0,8 MWh/SRM verwendet, der auf langjähriger Erfahrung des BAT beruht.

Beachte: die bei der Verbrennung oder der Vergasung auftretenden CO₂-Emissionen werden nicht berücksichtigt, da diese durch die Menge an Material eindeutig festgelegt sind und durch die Verarbeitungsschritte nicht beeinflusst werden. Auch die Preise der Rohstoffe spielen für die Kosten der Aufbereitungsschritte keine Rolle.

Tabelle 4: Kosten und CO₂-Emissionen der Arbeitsschritte für HHS aus SRH bzw. Rundholz

| Sägerestholz / Rundholz | | | |
|-------------------------|--------------------|---------------------------------|---|
| Verarbeitungsschritt | Kosten €/MWh | Emissionen CO ₂ /MWh | Kommentar |
| Transport (Ganzholz) | 2,5-3,5 | 0,55 kg | 60-70 Euro/h LKW, alles inklusive; Schätzwert. CO ₂ : 0,3l/SRM, bei 1,8 SRM/rm |
| Transport (HHS) | 3,2 | 1 kg | Leertransport 25l, mit HHS 45l/100km; 30km Lieferweg |
| Polterung | - | 0 | Handhabungskosten sind anderweitig gedeckt |
| Hackung (BAT/SW) | 3,5-4,5 | 2,25 kg | Kapazität des Hackers ist ca. 120 SRM pro h |
| Trocknung | 3,0 | 4,25 kg | Emissionen aus Wärme und Strom |
| Lagerung | 1,0 – 1,5 | 0 | v.a. Hallenamortisation, Handhabung |
| Gesamt | 13,2 – 15,7 | 8,05 kg | |
| Verarbeitungsschritte | 5 | | |
| Qualitätssicherheit | hoch | | |

Tabelle 5: Kosten und CO₂-Emissionen der Arbeitsschritte für HHS aus Waldrestholz

| Waldrestholz | | | |
|------------------------|------------------|---------------------------------|--|
| Verarbeitungsschritt | Kosten €/MWh | Emissionen CO ₂ /MWh | Kommentar |
| Hackung auf Waldstraße | 4 | 2,25 kg | Siehe oben |
| Transport | 3,2 | 1 kg | 60 Euro/h LKW, alles inklusive; Schätzwert |
| Zwischenlagerung | 1,0 – 1,5 | (n.v.) | Siehe oben |
| Gesamt | 8,2 – 8,7 | 3,25 kg | |

| | | | |
|-----------------------|--------------------|--|--|
| Verarbeitungsschritte | 3 | | |
| Qualitätssicherheit | niedrig bis mittel | | |

Tabelle 6: Kosten und CO₂-Emissionen der Arbeitsschritte für HHS aus LPM

| Landschaftspflegematerial | | | |
|---------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Verarbeitungsschritt | Kosten €/MWh | Emissionen CO ₂ /MWh | Kommentar |
| Anlieferung | 0 – 6 | 1 kg | Anlieferung erfolgt durch Entsorger |
| Hackung | 4 | 2,25 kg | Siehe oben |
| Zwischenlagerung | 1,0 – 1,5 | (n.v.) | Siehe oben |
| Gesamt | 5,0 – 11,5 | 3,25 kg | |
| Verarbeitungsschritte | 3 | | |
| Qualitätssicherheit | niedrig | | |

Tabelle 7: Kosten und CO₂-Emissionen der Arbeitsschritte für HHS aus KUP-Holz

| Kurzumtriebsplantagen | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---|
| Verarbeitungsschritt | Kosten €/MWh | Emissionen CO ₂ /MWh | Kommentar |
| Ernte mit Hackung und Transport | (n.v.) 5-17,5 ¹⁰ | (n.v.) | Noch keine Erfahrung am BAT; abhängig vom gewählten Verfahren |
| Trocknung | 3,0 | 4,25 kg | Siehe oben |
| Lagerung | 1,0 – 1,5 | (n.v.) | Siehe oben |
| Gesamt | 9,0 – 22,0 | > 5 kg | |
| Verarbeitungsschritte | 3-4 | | |
| Qualitätssicherheit | mittel bis hoch | | |

Wie man erkennen kann, steigen sowohl die Kosten als auch die Emissionen der Aufbereitung im Wesentlichen mit der Qualität der Brennstoffe an (siehe Abbildung 13). Beide sind auf die höhere Anzahl an Aufbereitungsschritten und deren zunehmende Komplexität (vor allem bei der Trocknung) zurückzuführen, die vom Rohstoff bis zum Brennstoff nötig sind. Die qualitative Ähnlichkeit zwischen WRH und LPM zeigt sich in einer flachen Kurve, während hingegen zum SRH oder Rundholz beide Werte deutlich ansteigen. Dem höheren Aufwand der Aufbereitung stehen aber zugleich verbesserte Brenneigenschaften (höherer Heizwert, weniger Schadstoffe im Rauchgas) und ein höherer Verkaufserlös gegenüber, so dass die Investition gerechtfertigt ist.

¹⁰ LWF Bayern 2011, Broschüre „Anbau von Energiewäldern“ (siehe <http://www.lwf.bayern.de/>)

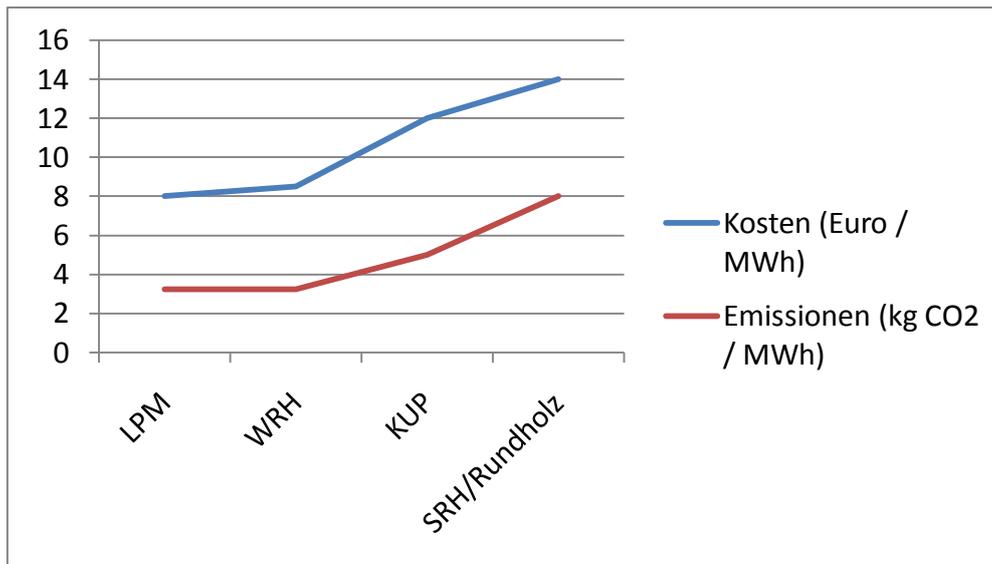


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen HHS-Qualität und Kosten sowie Emissionen der Aufbereitung

Dass eine Aufbereitung verschiedener Rohstoffe zu normierbaren Brennstoffen wirtschaftlich möglich ist, zeigt das Beispiel des Biomassehofs Achentel. Dieser ist seit seiner Gründung 2006 stetig gewachsen und weist mittlerweile einen Jahresumsatz von ca. 3,5 Mio. Euro auf (davon stammt ein Drittel aus Hackschnitzeln). Die sichere Versorgung mit HHS durch den BAT hat im Laufe weniger Jahre zu einer großen Zunahme an kleinen HHS-Öfen als auch Heizwerken geführt. Somit wurde die Nachfrage durch das Angebot deutlich angeregt. Auch in anderen Regionen Deutschlands (z.B. in Kempten im Allgäu¹¹, Berthelsdorf in Ostsachsen¹² oder in Borlinghausen in NRW¹³) konnten sich Biomassehöfe etablieren, die HHS diverser Qualitätsklassen produzieren und die umliegende Region damit beliefern.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, wie wichtig das Zusammenspiel von BAT, Heizwerk und Holzvergaser am gleichen Standort bei der Optimierung ist. Denn erst durch die Konstellation der beiden Anlagen Heizwerk und Heatpipe-Reformer mit einem Bedarf von Material unterschiedlicher Qualität ist es für den BAT als Logistik-Dienstleister möglich, Stoffströme wirtschaftlich und ökologisch zu steuern (siehe Abbildung 7). Denn für jede Qualitätsstufe ist eine wirtschaftlich und ökologisch entsprechende Verwertung vorhanden.

Handlungsempfehlungen

Die Struktur der oben vorgestellten Bringungsketten für diverse Rohstoffquellen und Endprodukte hat sich erst im Laufe der Zeit am BAT etabliert. Dabei wurden zahlreiche Erkenntnisse gewonnen, die in diesem Abschnitt gesammelt vorgestellt werden, um anderen Regionen beim Aufbau einer Logistik rund um Holzbrennstoffe möglicherweise behilflich zu sein. In Tabelle 8 sind diese prägnant zusammengefasst.

¹¹ <http://www.holzbrennstoffe.de/index.php> (Zugriff am 18.11.2013)

¹² <http://www.saxonia-holzbrennstoffe.de/> (Zugriff am 18.11.2013)

¹³ http://www.mr-hoexter-warburg.com/cms/front_content.php?idcat=52 (Zugriff am 18.11.2013)

Tabelle 8: Handlungsempfehlungen des BAT bei der Aufbereitung von biogenen Rohstoffen zu Brennstoffen

| Verarbeitung | Handlungsempfehlungen |
|---------------|--|
| Mobilisierung | Rohstoffe sollten bereits bei der Mobilisierung in unterschiedliche Qualitätsstufen (nach Wassergehalt, Rinden-/Laubanteil, Störstoffanteil) getrennt werden, um anschließend die beste jeweilige Verwertung zu ermöglichen. |
| | Die Erschließung von Material mit minderer Qualität (z.B. LPM) kann die Bezugskosten erheblich senken. Dies kann zum Beispiel durch eine Zusammenarbeit mit den Kommunen (Pflege öffentlicher Flächen) geschehen. |
| | Auch die Akquise von WRH aus privaten Wäldern kann kostendämpfend wirken. |
| | Der Aufbau eines breiten Netzwerks an Lieferanten ermöglicht eine flexible Anpassung an veränderte Preis- oder Qualitätsbedingungen. Durch verlässliche Abnehmerpreise und regelmäßige Abnahmen kann ein gutes Handelsklima entstehen. |
| | Die Verwendung langfristiger Verträge ist jedoch genau zu bedenken, da die Holzpreise oft Schwankungen ausgesetzt sind, die bei den geringen Gesamtmargen des Marktes zu erheblichen Gewinneinbußen führen können. |
| Transport | Der Transport von Ganzholz ist effizienter (mehr SRM pro Ladung), da weniger leere Zwischenräume transportiert werden. Zudem kann Ganzholz am BAT gepoltert und somit gleichzeitig platzsparend gelagert und luftgetrocknet werden. Je nach Bedarf wird dann die entsprechende Menge an Rohholz gehackt. |
| | Die regionale Nähe zu den Bezugsstellen ist ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit (geringe Transportkosten). |
| Polterung | Die Vorpolterung von Ganzholz (SRH oder Rundholz) spart große Mengen an Trocknungsenergie ein. |
| | Die Polterung von Ganzholz benötigt deutlich weniger Platz und Vorleistungen (Halle) als die Lagerung von HHS. |
| | Die Polterung von Ganzholz bindet zwar finanzielle Ressourcen, ermöglicht aber auch eine bedarfsgerechte Produktion von HHS. |
| Hackung | Bei der Hackung ist vor allem für Premiummaterial auf scharfe Messer zu achten. |
| | Auch bei größeren Mengen ist es noch nicht wirtschaftlich zwingend, einen eigenen Hacker zu verwenden. |
| Trocknung | Der Einkauf von extern getrocknetem Material ist im Achenal teurer als die Eigentrocknung, insbesondere wenn die Rohware an der Luft vorgetrocknet wird. |
| | Die Trocknung von Rohstoffen ist nur für Ware mit anschließender hochwertiger Verwertung wirtschaftlich sinnvoll. |
| | Die Trocknung von HHS in Boxen mit Bodenluftkaminen funktioniert auch bei geringer Wärme (ca. 45-50°C am BAT); je geringer die Schütthöhe, desto effizienter. Aber auch die Containertrocknung ist eine Variante, die – insbesondere wenn keine entsprechende Halle zur Verfügung steht – wirtschaftlich sinnvoll sein kann (siehe hierzu auch die beiden separaten Trocknungsberichte als Anlage zum Schlussbericht). |
| | Die wegen des niedrigen Temperaturniveaus kostengünstige Kondensationsabwärme des Heizwerks ermöglicht eine wirtschaftliche Trocknung. |
| Lagerung | Die Zwischenlagerung von Material verschafft einen zeitlichen und finanziellen Puffer, der für eine garantierte Brennstoffversorgung unerlässlich ist. |
| | Die Lagerung von Hackschnitzeln in mit einem Vlies abgedeckten Mieten ist ohne Wiederbefeuchtung möglich, bedarf allerdings einer sorgfältigen Anlage der Miete (Anhäufungswinkel, Bodenbelüftung, etc.) ¹⁴ . |

¹⁴ <http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-merkblaetter/mb-11-hackschnitzel-lagern.pdf> (Zugriff am 18.11.2013)

| | |
|-------------|--|
| (Allgemein) | Die räumliche Nähe von Anlagen mit verschiedenen Qualitätsansprüchen an die Brennstoffe ist wirtschaftlich und logistisch vorteilhaft. |
| | Eine Reduktion des Energiebedarfs in den Schritten Transport, Hackung oder Trocknung senkt die Produktionskosten deutlich. |
| | Die Emissionen aus dem Energieeinsatz in allen Arbeitsschritten würden durch eine Minderung dessen ebenfalls sinken. |
| | Die Verwertung von Material in für die jeweilige Anlage gerade ausreichender Qualität spart Einkaufs- und Aufbereitungskosten. |

Die Erfahrungen des BAT sind zunächst spezifisch für das Achantal. Doch auch wenn es bei den Potenzialen und den vorhandenen Strukturen Unterschiede zu anderen Regionen geben kann, könnten viele der Erkenntnisse nach einer entsprechenden Anpassung auch in anderen Regionen angewandt werden. Die Voraussetzungen für eine Übertragbarkeit beinhalten dabei vor allem:

- Ausreichende Mengen an regionalen Holzreststoffen
- Eine Kombination an Energie-Erzeugungsanlagen mit unterschiedlichen Qualitätsansprüchen an die Brennstoffe. Erst diese ermöglicht die wirtschaftliche Aufarbeitung von Brennstoffen aus mehreren zur Verfügung stehenden Quellen mit verschiedenen Qualitäten.
- Regionales Logistikunternehmen mit Erfahrung in Holzbrennstoffen
- Genügend Wärmesenken zur Nutzung der Abwärme bei eigenen Energieerzeugungsanlagen
- Motivierte und vernetzte Akteure
- Eine gesicherte Finanzierung, zum Beispiel über kommunale Unternehmen oder Energie-Genossenschaften

Weiterführende Fragestellungen

Die Handhabung und Optimierung von Aufbereitungswegen für Biomasse-Rohstoffe zu definierten Brennstoffen ist eine konstante Herausforderung. Sowohl bei der Entwicklung neuer Technologien zur effizienten Verarbeitung, insbesondere der Hackung und Trocknung, als auch bei deren Einsatz im täglichen Betrieb ist ein genaues Verständnis der Eigenschaften von Holz unabdingbar. Das Aufkommen neuer Materialklassen, wie zum Beispiel Mischpellets oder nicht-holzige Brennstoffe, wird daher am BAT aufmerksam beobachtet. Derzeit jedoch ist die Verwendung nachhaltig gewonnener Holzhackschnitzel im Achantal nach wie vor die wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Möglichkeit zur Erzeugung von Energie.

Die in diesem Handbuch vorgestellten Analysen und Bewertungen sind vor allem aus der Praxis entstanden und richten sich auch an diese. Natürlich ist es aber auch möglich, die Aufbereitungswege tiefergehend zu untersuchen. Ein möglicher Ansatz dazu ist das sogenannte Life Cycle Assessment (LCA)¹⁵, das bei der Erstellung von Ökobilanzen äußert fundierte Informationen liefert. Ein weiteres interessantes Werkzeug zur Bewertung von wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen in Verarbeitungsketten findet sich z.B. im ToSIA Tool¹⁶ des European Forest Institute in Finnland.

Um die regionalen Kreisläufe vollständig zu schließen, wäre auch die Verwertung der bei der Verbrennung anfallenden Rostasche nötig. Denn die in der Asche enthaltenen Nährstoffe würden somit wieder an den Entstehungsort des Holzes zurückgeführt. Hierzu gibt es bereits zahlreiche Untersuchungen an anderer Stelle, die aber noch kein befriedigendes Ergebnis hervorgebracht haben. Da der BAT nur unbehandeltes Holz verwendet, bietet sich die Rostasche aus dem Heizwerk Grassau für eine Weiterverwendung auf Grund des geringen Störstoffgehaltes sehr gut an.

¹⁵ Siehe z.B. <http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kobilanz> (Zugriff: 18.11.2013)

¹⁶ Siehe <http://tosia.efi.int/> (Zugriff: 18.11.2013)

Anhang

Abkürzungsverzeichnis

Tabelle 9: Verzeichnis der im Text verwendeten Abkürzungen

| Abkürzung | Bedeutung |
|-----------|---|
| BAT | Biomassehof Achantal |
| BHKW | Blockheizkraftwerk |
| G# | Stückigkeit entspricht G... nach ÖNORM M 7133 |
| HHS | Holz hackschnitzel |
| HPR | Heatpipe-Reformer |
| IRH | Industrierestholz |
| KUP | Kurzumtriebsanlage |
| kW(h) | Kilowatt(stunde) |
| LPM | Landschaftspflegematerial / -holz |
| n.v. | nicht verfügbar oder messbar |
| ORK | Optimierung regionaler Kreisläufe |
| SNG | Synthetic Natural Gas |
| SRH | Sägerestholz |
| SRM | Schüttraummeter |
| W# | Wassergehalt <= #%, nach ÖNORM M 7133 |
| WRH | Waldrestholz |

Vergleich der Normen zu biogenen Brennstoffen

Die beiden derzeit gängigen Normen zur Hackschnitzel-Qualitätseinordnung, EN 14961 und ÖNORM M 7133, sind unten (Tabelle 10 und Tabelle 11) aufgeführt¹⁷.

Tabelle 10: EN 14961, nach Massenanteilen gegliedert

| Norm | Hauptfraktion | Feinanteil | Grobanteil | Extremwerte |
|----------|------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| P | > 80 % | < 5 % | < 1 % | |
| P16 | 3,15...16 mm | < 1 mm | > 45 mm | < 85 mm |
| P45 | 3,15...45 mm | < 1 mm | > 63 mm | < 120 mm |
| P63 | 3,15...63 mm | < 1 mm | > 100 mm | < 350 mm |
| P100 | 3,15...100 mm | < 1 mm | > 200 mm | < 350 mm |

Tabelle 11: ÖNORM M 7133, nach Massenanteilen gegliedert

| Norm | Hauptfraktion | Feinanteil | Grobanteil | Extremwerte |
|----------|---|------------------|------------------|-------------|
| G | > 60 % | < 20 % | < 20 % | |
| G30 | 2,8...16 mm, \varnothing 30 mm ² | < 2,8 mm | > 16 mm | < 85 mm |
| G50 | 5,6...31,5 mm, \varnothing 50 mm ² | < 5,6 mm | > 31,5 mm | < 120 mm |
| G100 | 11,2...63 mm, \varnothing 100 mm ² | < 11,2 mm | > 63 mm | < 250 mm |

¹⁷ Quelle für beide Tabellen: Wikipedia (<http://de.wikipedia.org/wiki/Hackschnitzel>); Zugriff am 14.11.2013