



Bericht

Vertiefende Untersuchung zur grundsätzlichen Machbarkeit eines Strohheizwerkes für die Hamburger Fernwärme

Christian Maaß, Dr. Matthias Sandrock, Simona Weisleder



Inhalt

A.	Zusammenfassung / Ergebnisse.....	1
B.	Einleitung.....	6
C.	Potenzialanalyse	8
C.1	Untersuchungsbasis.....	8
C.2	Potenziale in Deutschland	9
C.3	Nachhaltiges Potenziale in der Metropolregion Hamburg	11
C.4	Zwischenergebnis	14
D.	Versorgungssicherheit, Logistik, Beschaffung.....	15
D.1	Technisch-logistische Voraussetzungen	15
D.2	Wirtschaftliche und soziale Voraussetzungen.....	18
D.3	Beschaffung	19
D.4	Zwischenergebnis	21
E.	Brennstoff-Substitution durch überregionale Biomasse	22
E.1	Strohpotenziale in Deutschland	23
E.2	Stroh-Potenziale im Ausland	24
E.3	Überregionaler Import von Strohballen	26
E.4	Überregionaler Import von Strohpellets	27
E.5	Holz hackschnitzel oder -pellets als Brennstoff-Substitut.....	29
E.6	Zwischenergebnis	29
F.	Kostenfaktoren	31
F.1	Bergungskosten	31
F.2	Nährstoffersatzkosten	34
F.3	Lagerkosten	35
F.4	Transportkosten (regional)	35
F.5	Gesamt-Bereitstellungskosten	38
G.	Strohpreise	40
G.1	Hintergrund und Methodik.....	40
G.2	Strohpreise in Deutschland	41
G.3	Strohpreise in reifen ausländischen Märkten	41
G.3.1	Preis- und Marktentwicklung in Dänemark.....	42
G.3.2	Preis- und Marktentwicklung in England und Wales	44
G.4	Zwischenergebnisse.....	45
H.	Marktrisiken	46
H.1	Risiken durch erhöhte Nachfrage aus Heiz(kraft)werken	46



H.2	Mitvergärung in Biogasanlagen.....	48
H.3	Kraftstoffe der zweiten Generation	48
H.4	Zwischenergebnis	51
I.	Standorte für Erzeugungsanlagen	52
I.1	Flächenbedarf	52
I.2	Anforderungen an die Fläche	53
I.3	Standortprüfung Stellingen	55
I.4	Standortprüfung Dradenau	57
I.5	Standortprüfung Wedel.....	59
I.6	Zwischenergebnis	62
J.	Wärmegestehungskosten.....	63
K.	Empfehlungen.....	65
L.	Anhang: Gespräche mit Marktakteuren.....	66
M.	Abbildungsverzeichnis.....	67
N.	Tabellenverzeichnis.....	69

A. Zusammenfassung / Ergebnisse

Regionale Potenziale

- Aus landwirtschaftlicher und ökonomischer Sicht ist im Einzugsbereich einer Hamburger Stroh-Verbrennungsanlage ein Vielfaches des erforderlichen Strohpotenzials verfügbar, um eine Anlage mit Brennstoff zu versorgen. Der zentrale Punkt für die Sicherung der Brennstoffversorgung ist daher nicht das grundsätzlich verfügbare Stroh-Dargebot, sondern die Frage, wie schnell und zu welchen Preisen ein hinreichender Anteil dieses Potenzials tatsächlich gehoben werden kann.

Versorgungssicherheit, Logistik, Beschaffung

- Der Aufbau der logistischen Voraussetzungen für eine sichere, regionale Strohlieferung ist in den vergangenen Jahren an zahlreichen Standorten in England, Dänemark und Deutschland erfolgreich innerhalb der Realisierungszeiträume für die Genehmigung und den Bau der Anlagen gelungen.
- Aufgrund dieser praktischen Erfahrungen ist davon auszugehen, dass auch in Hamburg der mit der Errichtung der Feuerungsanlage verbundene zeitliche Vorlauf ausreicht, um auf Seiten der Landwirte und der Transporteure die notwendigen technischen und prozessualen Veränderungen einzuleiten, um eine qualitativ und quantitativ ausreichende Stroh-Lieferung sicherstellen zu können.
- Die wesentliche Herausforderung bei der Skalierung des Strohmarktes liegt darin, auf Seiten der Landwirte eine höhere Akzeptanz für die Vermarktung von Stroh zu schaffen. Derzeit besteht offenbar aus Sorge um eine hinreichende Humusbildung eine erhebliche Zurückhaltung bei der Vermarktung von Stroh. Dies führt dazu, dass trotz einer sehr guten Strohpotenzials und einer relativ geringen Nachfrage die Strohpreise in Deutschland höher sind als in Ländern mit einem geringerem Strohdargebot und einer höheren Nachfrage.
- Für eine Anlage in Hamburg heißt dies, dass zumindest in den kommenden Jahren die vorhandenen Strohpotenziale der Metropolregion voraussichtlich nur teilweise gehoben werden können. Es sind Anstrengungen zu unternehmen, um die Bereitschaft zur Strohvermarktung unter den Landwirten zu erhöhen.
- Denkbare Maßnahmen hierfür sind Informationsangebote und Marketingmaßnahmen für landwirtschaftliche Betriebe insbesondere im Hinblick auf die Humusbilanz und Nährstoffversorgung der Böden. Begleitend könnte mit den zuständigen Ministerien der Hamburger Nachbarländer (insbesondere in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern) über die Einführung spezieller Fördermaßnahmen zur Anschaffung der notwendigen technischen Gerätschaften

(Quaderballenpressen, Teleskoplader u.ä.) auf Seiten der Betriebe bzw. der Lohnunternehmen nachgedacht werden.

- Bei der Beschaffung des Strohs ist von einer niedrigen dreistelligen Anzahl von Lieferanten auszugehen. Die Beschaffung erfolgt über verschiedene Wege: Neben direkten bilateralen Verhandlungen mit Landwirten über den Abschluss von mittel- bis langfristigen Lieferverträgen erfolgt die Beschaffung häufig über Ausschreibungen im Gebotsverfahren.
- In einzelnen Fällen – insbesondere in Emlichheim - wurden die Landwirte bereits in der Projektierungsphase als Teilhaber der Anlage eingebunden. Dies kann förderlich für die Bereitschaft zum Abschluss längerfristiger Lieferverträge sein kann.

Brennstoffsubstitution

- Zur Abfederung von Marktrisiken – insbesondere für den Zeitraum bis zur Etablierung eines hinreichend großen Strohmarktes in Norddeutschland – bietet es sich an, eine Fernwärmeerzeugungsanlage multivalent zur Verbrennung unterschiedlicher Biomasse-Rohstoffe auszulegen.
- Solange keine regionalen Strohmenge in hinreichenden Mengen zu wirtschaftlich vertretbaren Preisen verfügbar sind, bieten sich verschiedene Biomasseströme als Substitute an. In Frage kommen der Transport von überregionalen Strohballen, der Import von Strohpellets sowie der Einsatz von Holzhackschnitzeln.
- Die Feuerungsanlage sollte daher auch technisch in der Lage sein, verschiedene Brennstoffe verarbeiten zu können (multi-fuel-Anlage). Neben Stroh als Brennstoff kommen auch Holzhackschnitzes, Holzpellets oder perspektivisch auch Gras-Pellets oder getrocknete Gärreste aus Biogasanlagen in Betracht.
- Die überregional und international verfügbaren Stroh-Ressourcen sind erheblich. Begrenzt wird die Verfügbarkeit im Wesentlichen durch die Transportkosten. Dadurch kommt der Import von Strohballen lediglich aus angrenzenden Regionen (z.B. Dänemark oder Ostdeutschland) in Frage. Bei Strohpellets ist der Transport aufgrund der höheren Energiedichte und der leichteren Handhabbarkeit deutlich kostengünstiger, jedoch werden die niedrigeren Transportkosten durch höhere Herstellungskosten bislang kompensiert.
- Strohpellets sind derzeit gegenüber Strohballen mit Mehrkosten verbunden. Durch neue Pelletiermethoden könnte sich der Marktpreis jedoch deutlich nach unten bewegen. Preise für den Import aus Osteuropa per Schiff konnten bislang nicht ermittelt werden.

- Holzhackschnitzel sind – anders als Stroh – bereits eine global gehandelte Commodity. Im Hinblick auf die Akzeptanz und Nachhaltigkeit hat Stroh jedoch deutliche Vorteile, da es sich bei Stroh um einen echten Reststoff handelt, von dessen Verwertung kein Druck zu einer kritischen Intensivierung der Landbewirtschaftung ausgeht.

Brennstoffpreise

- Die im HIC-Gutachten für Hamburg ermittelten Stroh-Preise in Höhe von ca. 80 Euro/t bzw. 18 - 19 Euro/MWh frei Heizwerk werden in Deutschland teilweise erzielt. Unter den derzeitigen Marktgegebenheiten, die durch Zurückhaltung der Landwirte bei der Strohvermarktung gekennzeichnet ist, werden diese Preise von Marktbeobachtern jedoch nicht für das gesamte Liefervolumen als realistisch betrachtet.
- Solange sich in Deutschland kein liquider Markt mit einem deutlich ausgeweiteten Strohangebot entwickelt, wird eine Preisspanne von 80 bis 100 Euro/t für realistisch gehalten, wobei voraussichtlich relevante Mengen aus überregionalen Quellen geliefert würden.
- Sobald sich der Strohmarkt in Deutschland weiter entwickelt hat, ist von einem niedrigeren Preisniveau auszugehen, welches sich bezogen auf die Produktionskosten pro MWh am Preis für Holzhackschnitzel orientiert.
- Die im HIC-Gutachten angenommenen Preise für Stroh werden sowohl in Dänemark als auch in England erreicht bzw. unterschritten. In England ergaben sich in den letzten Jahren Brennstoffkosten frei Heizwerk in Höhe von 70 bis 94 Euro, dies entspricht Brennstoffkosten in Höhe von 17,5 bis 23,75 Euro/MWh. Neuere Anlagen in Jütland/Dänemark kalkulieren mit einem Strohpreis von 70 Euro/t (ca. 17 Euro/MWh).
- Die Preise für Strohpellets liegen im Mittel etwa 14% über den Preisen für Holzhackschnitzel.

Marktrisiken

- Bei der Beurteilung der Marktrisiken durch das mögliche Hinzutreten weiterer Nachfrager nach Stroh auf dem Markt ist zeitlich zu **differenzieren**:
- **Kurzfristig** (5 Jahre) ist es unwahrscheinlich, dass durch zusätzliche Nachfrage aus dem Ausland oder neue nachfragerrelevante Technologien aus dem Inland neue Nachfragevolumen generiert werden, die im Vergleich zu den verfügbaren Stroh-Potenzialen marktrelevante Verwerfungen erzeugen.

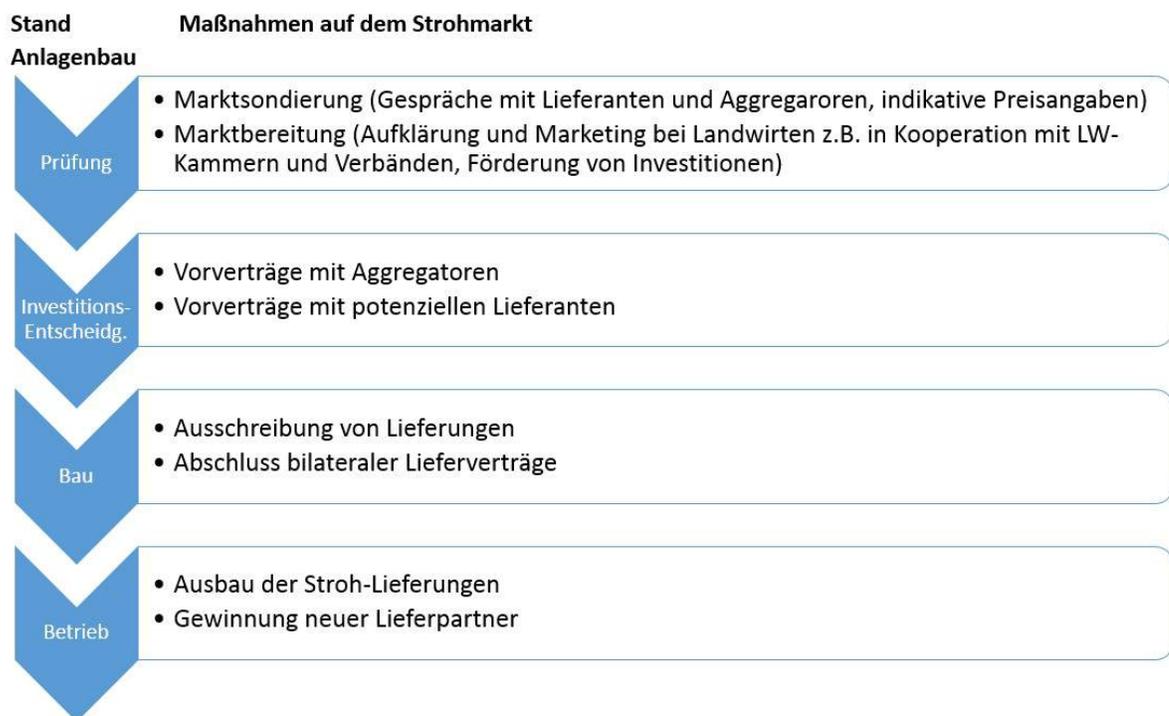
- **Mittelfristig** (5 bis 15 Jahre) ist damit zu rechnen, dass weitere Nutzer aus dem In- und Ausland die Nachfrage nach Stroh erhöhen. Angesichts der riesigen Mengen an noch verfügbarer Stroh-Biomasse in Deutschland, Dänemark, Frankreich, Osteuropa und Spanien ist jedoch nicht damit zu rechnen, dass mittelfristig eine für den Markt kritische Rohstoffknappheit entsteht.
- **Langfristig** (über 15 Jahre) ist damit zu rechnen, dass sich alternative Nutzungspfade für die Energiegewinnung aus Stroh zunehmend etablieren. Energiewirtschaftlich haben diese gegenüber der Verbrennung Vorteile, kostenseitig jedoch bislang deutliche Nachteile. Der dann herrschende – heute nicht absehbare - regulatorische Rahmen wird entscheiden, welche Technologien sich durchsetzen.
- Im Ergebnis sind die Marktrisiken für ein Stroh-Heizwerk kurz- und mittelfristig als begrenzt einzuschätzen. Durch eine entsprechende Kalkulation der Abschreibungszeiträume sowie der Vertragsgestaltung für die Rohstofflieferung sollte eine Minimierung des Risikos auf ein vertretbares Maß möglich sein.

Anlagen-Standorte

- In Hamburg kommen die Standorte Kraftwerk Wedel, Dradenau sowie Stellingen als Standorte für eine Strohverbrennungsanlage in Betracht. Weitere Standorte wurden nicht betrachtet.
- Am Standort Wedel käme aufgrund der verkehrlichen Erschließung voraussichtlich nur ein Betrieb mit Strohpellets und Holz-Biomasse in Frage, die über den Seeweg angeliefert werden. Eine Umrüstung des bestehenden Kraftwerks auf den Brennstoff Holz und ggf. einen Anteil Strohpellets erscheint denkbar und wäre näher zu überprüfen. Durch den Seezugang könnte die Anlage am Biomasse-Weltmarkt teilnehmen.
- Der Standort Dradenau ist sowohl für eine Strohballen-Anlage als auch für eine multivalente Biomasse-Verbrennungsanlage nutzbar und würde ebenfalls durch den Hafenzugang unmittelbar am Biomasse-Weltmarkt teilnehmen können. Nachteilig ist die fehlende Anbindung an das Fernwärmenetz.
- Der Standort Stellingen hat keinen Seezugang, so dass der Transport der gesamten Biomasse voraussichtlich per LKW erfolgen würde (eine Anlieferung per Bahn wäre ggf. gesondert zu untersuchen). Vorteilhaft wäre hier die mögliche Kombination mit den ohnehin geplanten Anlagen der SRHH. Eventuell könnten die hier vorgesehenen Kessel bivalent genutzt werden und damit Kosten einsparen. Auch eine gemeinsame Abgasreinigung wäre aus Kostensicht vorteilhaft.

Empfehlungen

- Die Verbrennung von Stroh zur Erzeugung von Fernwärme bietet das Potenzial einer regionalen und nachhaltigen Wärmeerzeugung auf Basis einer international breit erprobten Technologie und sollte für Hamburg weiterverfolgt werden.
- Zur Verringerung der mit dem Brennstoff verbundenen Risiken sollte bei der Planung der entsprechenden Anlage darauf geachtet werden, dass weitere Biomasse-Brennstoffe verbrannt werden können (Multi-fuel-Anlagen).
- Im weiteren Verlauf des Projekts sollten die folgenden weiteren Schritte eingeleitet werden:



B. Einleitung

Im Rahmen der Untersuchung „Erneuerbare Energien im Fernwärmenetz Hamburg“ wurde die grundsätzliche Machbarkeit eines Strohheizwerks am Standort Stellingen herausgearbeitet. Dabei wurde unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit der Fokus auf biologische Reststoffe gelegt. Im Gegensatz zu Energiepflanzen wie Mais oder Raps stehen diese nicht in Flächen- und Nährstoffkonkurrenz zur Lebensmittelproduktion. Im Vergleich zum Brennstoff Holz führt die Verwendung von Reststoffen zu keinem Druck auf eine (ggf. ökologisch nachteilige) intensivere Bewirtschaftung von Wäldern im internationalen Kontext. Die genauere Betrachtung ergab, dass Stroh als einer der aussichtsreichsten Reststoffe im Raum Hamburg gelten könnte.

Der Auftraggeber ist daran interessiert, die Machbarkeit vertieft untersuchen zu lassen und dabei verschiedene Marktakteure einzubinden. Hierzu sollen vertiefende Untersuchungen und Abstimmungen durchgeführt werden.

Leitfragen

Mit der vertiefenden Untersuchung sollen folgende Leitfragen untersucht und beantwortet werden:

1. Ist das **regional verfügbare Brennstoff-Potenzial** vorhanden, um
 - a) verlässlich,
 - b) nachhaltig und
 - c) dauerhaft preisgünstigdie Versorgung eines größeren Stroh-Heizwerks in Hamburg mit Brennstoffen sicherzustellen?
2. Welche technisch-wirtschaftlichen Voraussetzungen müssen für eine zuverlässige **Stroh-Belieferung** geschaffen werden und welche Zeiträume sind zum Aufbau einer entsprechenden Versorgungslogistik einzuplanen?
3. Welches sind die wesentlichen **Kostenfaktoren für den Brennstoff** und wie sind die Risiken bei der Marktpreisbildung für Stroh einzuschätzen, insbesondere im Hinblick auf Nachfrage aus dem Ausland (Dänemark, Niederlande)?
4. Inwieweit besteht die wirtschaftliche Möglichkeit, zumindest übergangsweise eine Belieferung mit Stroh oder vergleichbaren Biomasse-Brennstoffen **aus überregionalen Quellen** zu beschaffen?
5. Welche **Standorte** kommen für ein Stroh-Heizwerk grundsätzlich in Frage. Wieviel Flächenbedarf ist für eine solche Anlage incl. Lagerhaltung und Anlieferung erforderlich?

6. Welche **Wärmegestehungskosten** sind bei einem Stroh-Heizwerk von 80 MW thermischer Leistung zu erwarten?

Diese Vertiefung baut auf den im Gutachten zum Wedel-Ersatz dargestellten Ergebnissen auf. Zum Teil werden diese hier nochmals aufgeführt, um die Verständlichkeit der darauf aufbauenden neuen Erkenntnisse zu gewährleisten.

Es werden Erfahrungen aus dem In- und Ausland einbezogen. Neben einer umfassenden Literaturrecherche wurden zu diesem Zweck Gespräche oder Telefon-Interviews mit Marktteilnehmern und Experten durchgeführt bzw. entsprechender Schriftwechsel geführt.

C. Potenzialanalyse

C.1 Untersuchungsbasis

Zu den Potenzialen von Biomasse-Reststoffen als Energieträger liegen mehrere aktuelle Studien vor. Diese stellen, basierend auf unterschiedlichen Erhebungsmethoden, die bundesweiten oder regionalen Potenziale der biologischen Reststoffe dar. Die Ergebnisse dieser Studien sind auch für die Bewertung der Potenziale im Großraum Hamburg hilfreich.

Am aktuellsten ist die Studie „Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen – Status Quo in Deutschland“, die 2015 von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) herausgegeben wurde. Sie gibt bundesweite theoretische, technische und ungenutzte Potenziale an. Des Weiteren stellt sie den Untersuchungsstand zu verschiedenen Biomasse-Energieträgern dar.

Einen umfassenden Überblick der Biomasse-Potenziale auf regionaler Ebene liefert die im Jahr 2010 vom Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) veröffentlichte Studie „Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen“. Sie enthält Potenzialberechnungen für land- und forstwirtschaftliche Biomassen, sowie Reststoffe, auf Ebene der Landkreise.

Der „Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern“ der Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) aus dem Jahr 2013 griff diese Studie auf und veröffentlichte die angegebenen Energiepotenziale in kumulierter Form.

Im Großraum Hamburg existieren für die Freie und Hansestadt Hamburg (FHH), das Land Schleswig-Holstein und das Land Mecklenburg-Vorpommern eigene Potenzialstudien für die energetische Nutzung der Biomasse. Die Landwirtschaftskammer Hamburg veröffentlichte eine solche Studie schon im Jahr 2009. Das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MLUR) des Landes Schleswig-Holstein veröffentlichte im Jahr 2011 ein entsprechendes Dokument. Für das Land Mecklenburg-Vorpommern wurde vom dortigen Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus im Jahr 2011 der Landesatlas „Erneuerbare Energien Mecklenburg Vorpommern“ veröffentlicht.

Zu den Potenzialen des Energieträgers Stroh existiert durch ein vom Bundesministerium für Umwelt, Bau, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördertes Forschungsprojekt eine sehr umfangreiche Datenquelle. Diese wurde im DBFZ Report Nr. 13 „Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung“ dokumentiert. Der Bericht beinhaltet neben umfassenden Analysen zu den Potenzialen auch Anlagen- und Bereitstellungskonzepte, sowie technisch-ökonomische und ökologische Analysen.

C.2 Potenziale in Deutschland

Bei der Analyse wird zwischen dem theoretischen, dem technischen und dem nachhaltigen Potenzial unterschieden. Das theoretische Potenzial beschreibt das physikalisch nutzbare Energieangebot eines Energieträgers, das in einem bestimmten Zeitraum nutzbar wäre. Ein Anteil dessen, das technische Potenzial, ist jenes, das technisch und unter den geltenden gesetzlichen Rahmenbedingungen nutzbar ist. Davon gilt es das nachhaltige Potenzial zu unterscheiden. Dieses berücksichtigt den Anteil des technischen Potenzials, der unter Berücksichtigung von Natur-, Landschafts- und Ressourcenschutz verwendet werden kann. Für den Energieträger Stroh liegt eine umfangreiche Datengrundlage vor. Vor allem die Potenziale Getreidestroh und Rapsstroh sind gut untersucht.¹

Der DBFZ-Report Nr. 13 gibt für Getreidestroh ein bundesweites theoretisches Potenzial von ca. 30 Mio. t FM pro Jahr an. Das nachhaltige Potenzial liegt – abhängig von der Berechnungsmethode - dieser Studie zufolge bei ca. 8 - 13 Mio. t FM pro Jahr.² Bei einem Heizwert von 14,05 GJ/t liegt damit das nachhaltige energetische Potenzial des Strohs bei ca. 31 - 51 TWh (112 - 182 PJ) pro Jahr. Diese Zahlen entsprechen zwischen 27 – 43% der aufgewachsenen Getreidestrohmenge oder des gesamten theoretischen Strohpotenzials.

Die Bestimmung der Potenziale erfolgte unter Berücksichtigung der regionalen Faktoren in den einzelnen Landkreisen anhand verschiedener Humusbilanzierungsmethoden (VDLUFA-Bilanzierung, Humuseinheitenmethode).

Die Gesamtaufwuchsmenge an Getreidestroh eines Landkreises ist abhängig von der Anbaufläche und dem Nebenproduktertrag der Getreideart. Der Strohertrag wird aus dem Ertrag des Hauptproduktes und dem Hauptprodukt-Nebenprodukt-Verhältnis berechnet. Für VDLUFA-Bilanzierung werden dabei die Standardwerte nach Düngeverordnung verwendet. Die Humuseinheitenmethode verwendet bei einigen Getreidearten leicht abweichende Korn-Stroh-Verhältnisse. Es wird davon ausgegangen, dass nur 2/3 der gesamten Aufwuchsmenge bei derzeitiger konventioneller Bergetechnik bergbar sind. Etwa 1/3 verbleibt durch Schnitthöhe, Presstechnik und sonstigen Feldverlusten auf den Flächen. Als Faustformel werden hierfür normalerweise ca. 30%^{3 4} des anfallenden Strohs angenommen.

Richtwerte nach der DBFZ-Studie sind (Produktion und nutzbar je nach Humusbilanzmethode):

- 6,5 t Stroh je ha Gesamtgetreideproduktion
- 2,8 t Stroh je ha entnehmbar nach VDLUFA u
- 1,8 t Stroh je ha entnehmbar nach VDLUFA o
- 2,0 t Stroh je ha entnehmbar nach HE

¹ DBFZ. Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen – Status quo in Deutschland. 2015.

² DBFZ. Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. 2011.

³ DBFZ. Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. 2011.

⁴ IFEU. Nachhaltig nutzbares Getreidestroh in Deutschland. 2008.

Humusbilanzen liefern räumlich detailliertere Ergebnisse. Sie basieren auf dem Humusbedarf und Humusreproduktion im Bewirtschaftungsverlauf. Auf konkrete Äcker bezogene Humushaushalte sind aufgrund der zeitlichen Variabilität und den langfristigen Änderungszeiträumen schwierig zu erstellen. Darüber hinaus sind sie für großflächige Analysen nicht praktikabel.

Für die im Folgenden dargestellten nachhaltigen Strohpotenziale wurden die VDLUFA-Methode und die Humuseinheiten-Methode verwendet.⁵

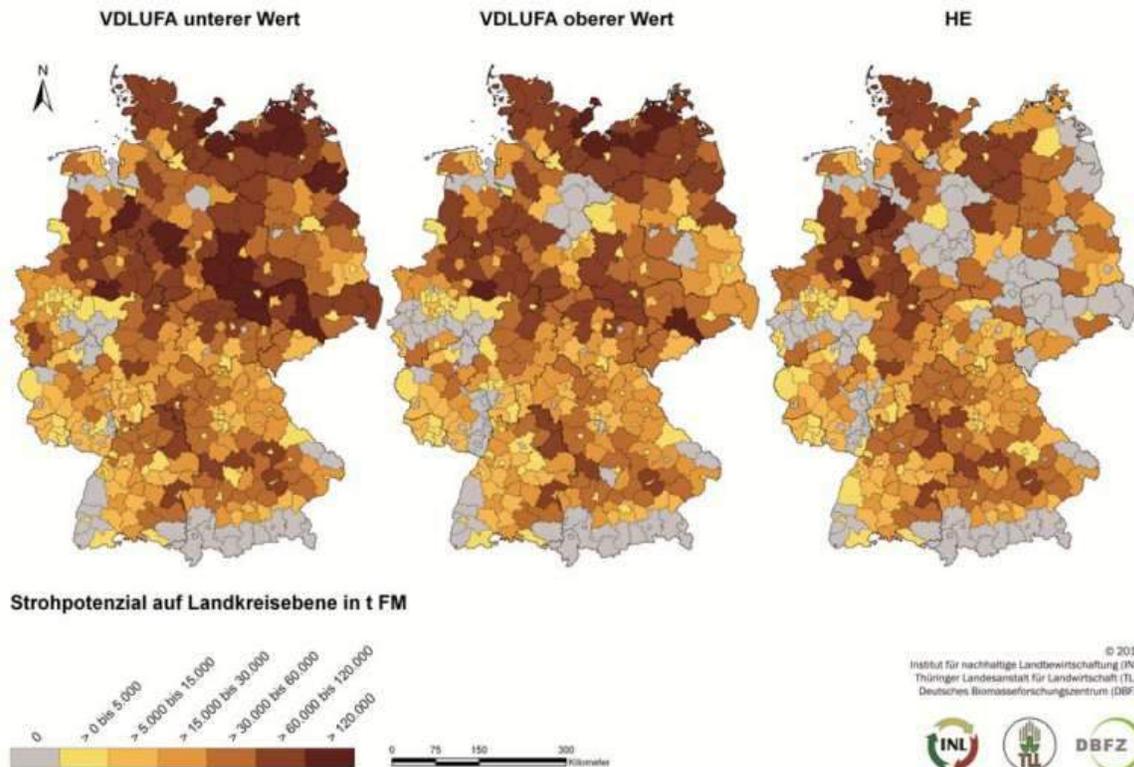


Abbildung 1: Nachhaltiges Strohpotenzial auf Landkreisebene nach den Humusbilanzmethoden VDLUA und HE / Mittelwert 1999-2007 (Quelle: DBFZ 2011).

Die Studienautoren der obigen Übersicht stellen hierzu fest:

„Für einige Regionen liefern die Bilanzierungen stabile und für andere Regionen variierende Ergebnisse. Alle Methoden zeigen, dass die größten Strohpotenziale bei allen drei verwendeten Methoden im Osten Schleswig-Holsteins und im Nordwesten Mecklenburg-Vorpommerns vorzufinden sind.“⁶

⁵ DBFZ. Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. 2011.

⁶ DBFZ, aaO., S. 174.

Aus ökologischer und wirtschaftlicher Sicht bietet es sich an, vornehmlich auf regionale Potenziale zurückzugreifen. Daher werden im Folgenden besonders die Potenziale der Landkreise in der Metropolregion Hamburg untersucht. Begrenzend für das nutzbare nachhaltige Potenzial sind letztlich die von der Transportkette abhängigen Gesamtbereitstellungskosten.

Das erschließbare Potenzial beschreibt dann den tatsächlichen Beitrag zur Energieversorgung. Dieses hängt dann von einer Vielzahl weiterer gesellschaftspolitischer und praktischer Randbedingungen ab.

C.3 Nachhaltiges Potenziale in der Metropolregion Hamburg

In der Metropolregion Hamburg beträgt das nachhaltige Potenzial je nach Berechnungsmethode ca. 0,63 - 1,12 Mio. t FM pro Jahr.⁷ Das daraus berechnete Arbeitspotenzial liegt bei 4,47 - 2,52 Mio. MWh im Jahr. Bei 4.500 Laufstunden und einem an bestehenden Heizwirken orientierten Wirkungsgrad lässt sich ein Leistungspotenzial von 561 - 993 MW abschätzen.

Dabei gibt es starke Unterschiede zwischen den Landkreisen. Während einzelne Landkreise keine nachhaltig verfügbaren Potenziale vorweisen können, gehören andere zu den Landkreisen mit den größten nachhaltig verfügbaren Potenzialen in Deutschland.

Der größte Teil der Potenziale findet sich in den schleswig-holsteinischen Landkreisen. Die zwei Landkreise in Mecklenburg-Vorpommern haben nach der VDLUFA-Methode ein höheres Potenzial als die niedersächsischen Landkreise. Diese haben nach der HE-Methode ein größeres Potenzial.

⁷ DBFZ. Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. 2011.

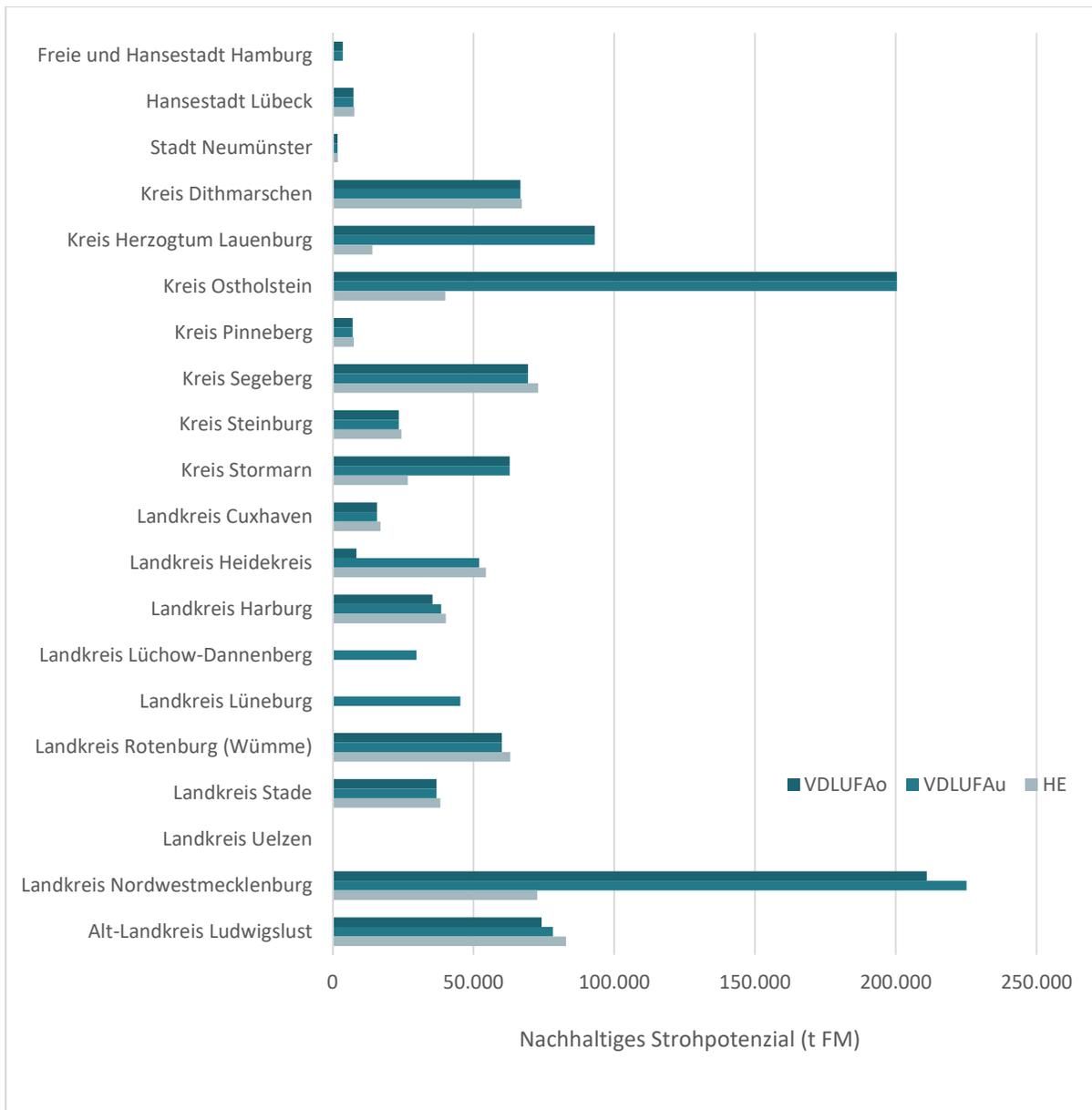


Abbildung 2: Nachhaltiges Strohpotenzial der Landkreise in der Metropolregion Hamburg nach den Humusbilanzmethoden VDLUFA und HE (Quelle: DBFZ 2011).

Für das Land Schleswig-Holstein, dessen Landkreise auch teilweise zur Metropolregion Hamburg gehören, wurde im Jahr 2011 eine landesspezifische Studie herausgegeben.⁸ Das nachhaltige Potenzial des Getreide- und Rapsstrohs (in dieser Studie: 25% des tatsächlich anfallenden Strohs) in Schleswig-Holstein wurde in dieser Studie mit 3,2 Mio. t (ca. 3,8 TWh (13,6 PJ)) im Jahr 2020 angegeben. Dabei wurden aktuelle Trends in der Entwicklung des Getreide- und Rapsanbaus berücksichtigt.

⁸ Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MLUR) Schleswig-Holstein. Energiepotenzial aus Biomasse und Versorgungsbeitrag für das Jahr 2020. 2011.

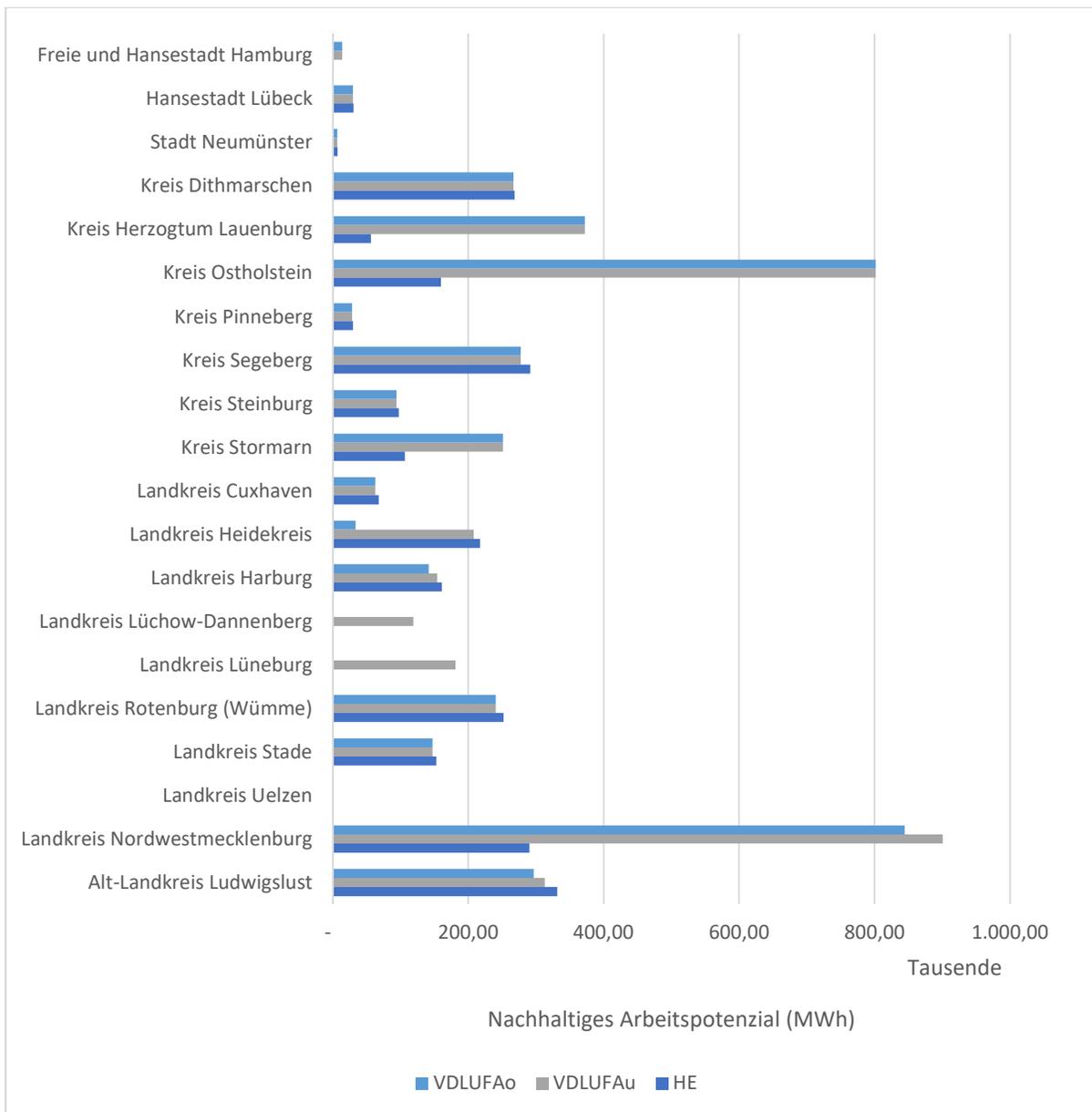


Abbildung 3: Nachhaltiges Arbeitspotenzial aus Stroh der Landkreise in der Metropolregion Hamburg nach den Humusbilanzmethoden VDLUFA und HE (Umrechnungsfaktor: 4 MWh/t) (Quelle: DBFZ 2011).

Im Landesatlas „Erneuerbare Energien Mecklenburg Vorpommern 2011“ wird für die Region Westmecklenburg, die zu großen Teilen zur Metropolregion Hamburg gehört, ein technisches energetisches Strohpotenzial von ca. 611 GWh (2,2 PJ) pro Jahr angegeben.⁹

⁹ Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Mecklenburg-Vorpommern. Landesatlas Erneuerbare Energien Mecklenburg-Vorpommern 2011. 2011

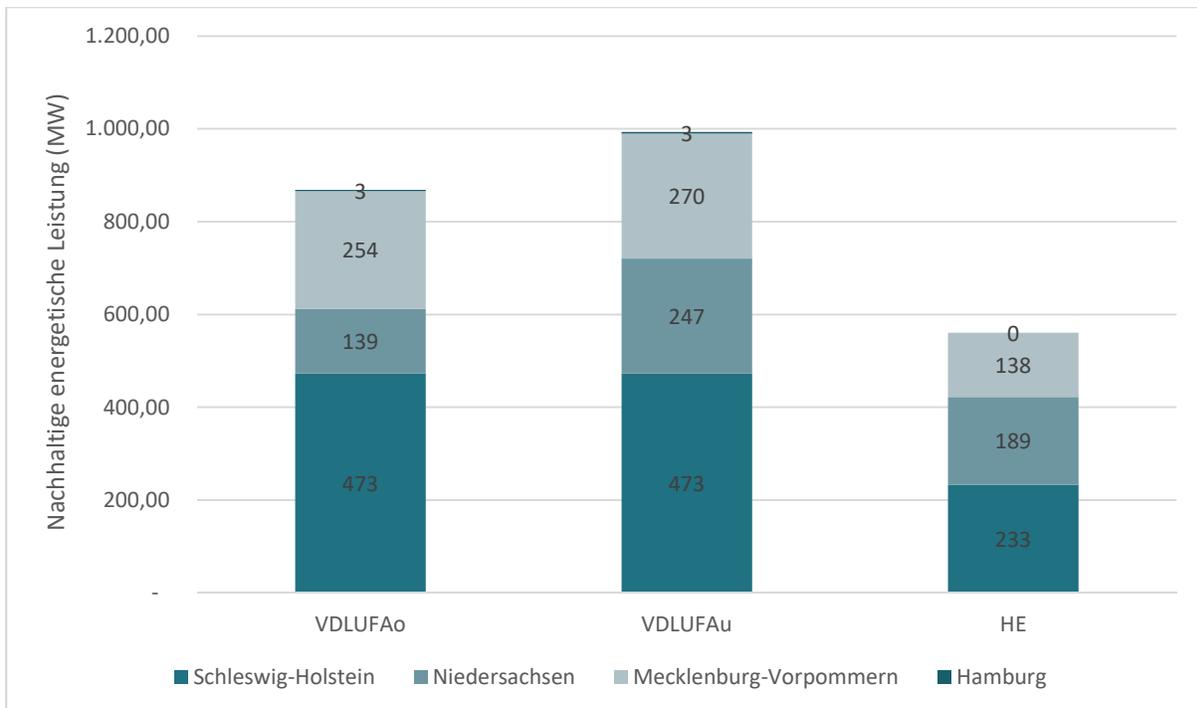


Abbildung 4: Nachhaltiges Leistungspotenzial aus Stroh der Bundesländer in der Metropolregion Hamburg nach den Humusbilanzmethoden VDLUFA und HE (Annahmen: 4500 Volllaststunden, Wirkungsgrad 100%) (Quelle: DBFZ 2011).

Die nachhaltig darstellbare energetische Leistung aus Stroh in der Metropolregion Hamburg ist je nach Bilanzierungsmethode mit 560-1.000 MW abzuschätzen.

C.4 Zwischenergebnis

- Aus landwirtschaftlicher und ökonomischer Sicht ist im Einzugsbereich einer Hamburger Stroh-Verbrennungsanlage somit ein Vielfaches des erforderlichen Strohpotenzials verfügbar, um die Anlage mit Brennstoff zu versorgen. Der zentrale Punkt für die Sicherung der Brennstoffversorgung ist daher nicht das grundsätzlich verfügbare Stroh-Dargebot, sondern die Frage, wie schnell und zu welchen Preisen ein hinreichender Anteil dieses Potenzials tatsächlich gehoben werden kann.

D. Versorgungssicherheit, Logistik, Beschaffung

Leitfrage:

Welche technisch-wirtschaftlichen Voraussetzungen müssen für eine zuverlässige **Stroh-Belieferung** geschaffen werden und welche Zeiträume sind zum Aufbau einer entsprechenden Versorgungslogistik einzuplanen?

Die Verfügbarmachung der in der Metropolregion Hamburg vorhandenen Stroh-Potenziale hängt von verschiedenen technisch-logistischen aber auch akzeptanzbezogenen Faktoren auf Seiten der Landwirte ab.

Im Folgenden wird zunächst untersucht, welche technisch-logistischen Voraussetzungen für eine ausreichende Stroh-Belieferung geschaffen werden müssen (D. 1). Sodann wird auf wirtschaftlich-soziale Faktoren eingegangen (D.2); schließlich werden die Anforderungen an den Beschaffungsvorgang beleuchtet (D.3).

D.1 Technisch-logistische Voraussetzungen¹⁰

Bereits heute wird Stroh auch in Norddeutschland im relevanten Umfang von den Feldern geborgen. Seine Nutzung findet ganz überwiegend in der Landwirtschaft für Vieh- und Pferdehaltung statt, in Einzelfällen auch außerhalb der Landwirtschaft (neben den bereits erwähnten Anlagen zur energetischen Nutzung z.B. auch im ökologischen Bauen). Das Bergen, Transportieren, Lagern und Verkaufen von Stroh ist daher grundsätzlich bereits ein Standard-Prozess in der Landwirtschaft.

Für die energetische Verwertung des Strohs sind diese Prozesse zu skalieren, zudem ergeben sich im Hinblick auf den Verbrennungsprozess einige Anforderungen. Die Anforderungen an die Skalierung und Spezifizierung werden im Folgenden dargestellt.

Stroh als Reststoff der Getreideproduktion fällt flächig und in der Landschaft weit verteilt an. Aufgrund seiner relativ geringen Energiedichte (14,05 MJ je kg bei 14 % Wassergehalt) sind die Einzugsgebiete von Strohkonversionsanlagen vergleichsweise groß. Die relative geringe Massendichte des Transportgutes führt außerdem dazu, dass die Kapazitäten der eingesetzten Transportmittel in der Regel nur teilweise ausgelastet sind. Darüber hinaus fällt Stroh nur in einem kurzen Zeitraum im Jahresverlauf an (während der Getreideernte im

¹⁰ S. weiterführend m.w.N. zum Aufbau der Strohlogistik z.B. auch *Hartmann/Kaltschmitt/Thrän/Wirkner*, Bereitstellungskonzepte, in: Kaltschmitt u.a. (Hg.), *Energie aus Biomasse*, 2016, S. 325 ff. ; *Hinge*, Elaboration of a Platform for Increasing Straw Combustion in Sweden, based on Danish Experience, 2009; DBFZ u.a. Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung, 2012, S. 66 ff.; *Danish Technology Institute*, [Straw%20for%20Energy%20production.pdf](#); *Nikander*, Application of PapiNET Standard for the Logistics of Straw Biomass in Energy Production, in: Tjoa et al. (eds.), *Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems*, 2016.
Danish Technological Institute, Production of big straw bales, straw pellets transport and storing, for power plants and CHP plants, EU Bionet 2, Factsheet 12, 2007

Spätsommer und Frühherbst). Die Strohkonversionsanlagen haben jedoch einen ganzjährig weitgehend gleichmäßigen Rohstoffbedarf.

Daraus folgt die Notwendigkeit zur Zwischenlagerung großer Mengen Stroh über einen definierten Zeitraum des Jahres. Diese Zwischenlagerung hat bei Anlagen mit großem Jahresbedarf, bei denen die Zwischenlagerung dezentral organisiert ist, wiederum mehrere zusätzliche Umschlags- und Transportprozesse zur Folge.

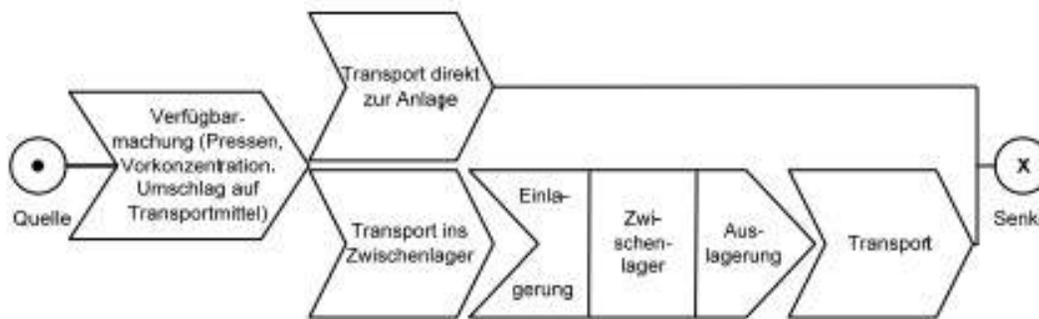


Abbildung 5: Elemente einer Bereitstellungskette (Quelle: DBFZ 2012).

Der Heizwert von Stroh und anderen festen Biobrennstoffen wird maßgeblich durch den Wassergehalt bestimmt. Stroh mit einem Wassergehalt unter 20%, besser noch unter 15%, ist als Brennstoff bestens geeignet. Die Brennstoffeigenschaften sind umso günstiger, je reifer und trockener das Stroh ist.

Die FNR beschreibt in ihrem Bericht zum „Heizen mit Stroh“¹¹ sehr detailliert die Rahmenbedingungen. Bei günstigen Witterungsbedingungen zur Erntezeit kann Stroh mit Wassergehalten von etwa 10 - 15% eingefahren werden. Besonders gut ist sogenanntes „graues Stroh“, das in einer mehrtägigen Feldliegezeit Tau und ggf. Regen ausgesetzt war, wodurch sich die Alkalimetall- und Chlorgehalte im Stroh reduzieren. Stroh sollte in der Weise geborgen und gepresst werden, dass es keine Fremdbestandteile wie z. B. Sand, Lehm und Steine sowie Folien oder Bänder enthält.

Bei Getreidebeständen für die energetische Strohnutzung kann bereits ab **Bodenbearbeitung** und Aussaat auf eine gute Brennstoffqualität hingewirkt werden. Angefangen von der Fruchtfolgeplanung mit zeitlichem Abstand, über eine Bodenkalkung mit chlorhaltigen Düngemitteln sowie sorgfältige Steinlese nach der Aussaat, Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen bis zu Druschtermin und Strohbergung. Vorteilhaft sind u.a. die Vermeidung von chlorhaltigen Düngemitteln und abreifeverzögernden Pflanzenschutzmitteln sowie ein Druschtermin nach Eintritt der Vollreife des Getreides.

Nach dem Drusch wirken sich einige Tage **Feldliegezeit** positiv aus. Eine dadurch bedingte erheblich verzögerte Aussaat der Folgefrucht kann zu Ertragsminderungen führen, die als Kosten dann dem Stroh zuzurechnen wären. In der Praxis wird von den Landwirten eine

¹¹ FNR. Heizen mit Stroh- Wertschöpfung für Landwirtschaft und Kommunen. 2015

Verzögerung der Aussaat der Folgefrucht häufig jedoch nicht akzeptiert. Erforderlich ist daher, dass der Markt Mechanismen herausbildet, die eine schnelle Abfuhr des Strohs nach der Ernte gewährleisten oder den Landwirten eine von ihnen akzeptierte Prämie für Verzögerungen bei der Stroh-Abfuhr bietet.

Je nach den Anforderungen des Strohheizwerks sind in Bezug auf die **Ballierung** Quaderballen- oder Rundballenpressen einzusetzen. In Deutschland sind bislang überwiegend Rundballen üblich, für die Lagerung und Transport im großen Maßstab sind Quaderballen effizienter. Die Investition von entsprechenden Ballenpressen auf Seiten der Lohnunternehmer oder Landwirte ist daher notwendiger Teil des Aufbaus der Infrastruktur.

Die Ballen sollen auf trockenem, befestigtem Boden unter Dach bzw. unter Plane gelagert werden. Eine **Lagerung** von Stroh zum Heizen ohne Abdeckung im Freien wird teilweise praktiziert. Bei längerer Lagerung im Freien können aufgrund des Feuchtigkeitseintrags durch Niederschlag und vom Boden die oberen und unteren Ballenlagen meist nicht mehr verwendet werden.

Für die Lagerung muss das Stroh mit hierfür geeigneten Maschinen wie Radladern **verladen** werden. Auch hierfür müssen entsprechende Investitionen bei den Landwirten oder Lohnunternehmen getätigt werden.

Eine Lagerung unter Dach ist im Vergleich zur Lagerung unter Plane mit höheren Kosten und einem höheren zeitlichen Vorlauf verbunden, da die entsprechenden Lagerhallen ggf. erst errichtet werden müssen. Aufgrund der vorhandenen Möglichkeiten zur Lagerung unter Planen bzw. verschweißt mit Folie sind hier jedoch keine logistischen Engpässe zu erwarten. Teilweise wurden bei der Strohlagerung auf den Feldern brandschutztechnische Auflagen durch die Behörden formuliert, die die Umsetzung von Projekten beeinträchtigt haben.

Im Hinblick auf die erforderliche Logistik für den **Transport** des Strohs aus der Region zum Kraftwerk sind keine erheblichen Engpässe zu erwarten. Der Transport in dezentrale Lager erfolgt mit dem vorhandenen Maschinenpark durch die Landwirte. Für den späteren LKW-Transport zum Heizwerk sind in der Metropolregion voraussichtlich ausreichende Transportkapazitäten vorhanden. Ggf. noch zu untersuchen wäre, ob aus den Stroh-Lieferregionen bisher relevante Mengen an Leerfahrten (z.B. Rückfahrten nach Auslieferungen vom Hamburger Hafen) stattfinden – dies würde sich kostensenkend auswirken.

Zur Verbesserung der Verbrennungseigenschaften von Stroh sind verschiedene Verfahren der **Vorbehandlung** des Strohs in der Entwicklung.¹² Diese Verfahren sind jedoch für große Feuerungsanlagen mit entsprechender Anlagentechnik nicht unbedingt erforderlich, so dass sie keine Restriktion für den Aufbau der erforderlichen Logistikkette bilden. Im Rahmen einer

¹² S. z.B. *Quicker/Horst*, Konfektionierte Stroh brennstoffe für innovative Feuerungen, Präsentation „Stroh-Energie.NRW“, 2015 (Zieleinsatzgebiet der dort behandelten Vorbehandlung des Strohs sind jedoch vorrangig Kleinfeuerungsanlagen).

ggf. weiteren Vertiefung sollten jedoch die Auswirkungen der bevorstehenden Marktreife entsprechender Vorbehandlungsmöglichkeiten auf den Strohmarkt untersucht werden.

Durch den hohen Ascheanteil von Stroh fallen bei der Verbrennung größere Mengen Asche an (ca. 5 – 10% des Brennstoffvolumens).

Die **Ascheentsorgung** erfolgt in Dänemark durch Verbringung der Asche auf die Felder, wo die Mineralien den Boden verbessern.

D.2 Wirtschaftliche und soziale Voraussetzungen

Während die technisch-logistischen Anforderungen für die Skalierung und Spezifizierung der Stroh-Logistik für die energetische Verwertung nach dem Stand der bisherigen Untersuchungen kein wesentliches Problem darzustellen scheinen, dürfte die Akzeptanz auf Seiten der Landwirte zur Steigerung der Stroh-Verwertung eine größere Herausforderung darstellen.

Marktakteure berichten von einer erheblichen Zurückhaltung deutscher Landwirte in der Vermarktung von Stroh – ähnliche Vorbehalte existieren auch im Ausland.¹³ Bei den Recherchen zu diesem Gutachten wurde dem HI gegenüber beispielsweise von einem landwirtschaftlichen Verband die pauschale These vertreten, dass Stroh in jedem Fall auf dem Feld zu verbleiben habe. Diese Haltung deckt sich nicht mit den herrschenden wissenschaftlichen Bewertungen der Erfordernisse zur Humusbilanzierung, muss jedoch als wesentliche Barriere für die erforderliche Skalierung des Strohmarktes anerkannt werden.

Neben der Humus-Problematik dürfte auch eine Rolle spielen, dass der aktuelle Markt zu kleinteilig und unsicher ist, um auf dieser Basis relevante Investitionen auf Seiten der Landwirte und Lohnunternehmer zu tätigen. Ein großer Abnehmer, der langfristige Lieferverträge zu stabilen Preisen anbietet, würde den landwirtschaftlichen Akteuren eine neue Grundlage zur Tötigung von Investitionen in Ballierungsmaschinen, Radlader, Lager u.ä. bieten.

Ebenso spielt sicherlich eine Rolle, dass der für Landwirte zu erzielende Preis für den Verkauf des Strohs (ab Feld, ohne Ballierung, Transport usw.) mit ca. 25 – 35 Euro/t im Vergleich zum Getreidepreis (aktuell über 150 Euro/t) eher gering ist. Für kleinere Landwirte stellt sich damit die Frage, ob der Aufwand für die Vermarktung des Strohs angemessen ist.

Die Zurückhaltung vieler Landwirte bei der Bergung und Vermarktung von Stroh ist ein plausibler Erklärungsansatz, weshalb die Strohpreise in Deutschland trotz deutlich höherer Stroh-Potenziale höher sind als im Ausland. Wie in Kapitel D. unten näher ausgeführt wird, sind insbesondere in England und Dänemark die verfügbaren Strohressourcen deutlich

¹³ S. Hinge, a.a.O. für Schweden.

geringer als in Deutschland, zugleich ist die Nachfrage nach Stroh dort deutlich höher, weil bereits sehr zahlreiche Stroh-Verbrennungsanlagen mit einem hohen Durchsatz in Betrieb sind.

Trotz des geringeren Stroh-Potenzials und der deutlich höheren Nachfrage sind in beiden Ländern die Strohpreise jedoch signifikant niedriger als in Deutschland. Dieser offenkundige Widerspruch konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht vollständig aufgeklärt werden, jedoch erscheint erfahrenen Marktbeobachtern die o.g. These plausibel, wonach die Zurückhaltung der deutschen Landwirte bei der Strohvermarktung hierfür ursächlich ist.

Eine der wesentlichen Herausforderungen bei der Sicherstellung der Stroh-Versorgung einer Verbrennungs-Anlage besteht somit in der Verbesserung der Akzeptanz der Stroh-Vermarktung auf Seiten der Landwirte.

Ein Ansatzpunkt zum Umgang mit dieser Thematik besteht darin, zunächst vorrangig mit großen Betrieben in Verhandlungen zu gehen, bei denen am ehesten eine professionelle und auf dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse basierende Bewertung der Stroh/Humus-Thematik erwartet werden kann. Ebenso sind größere Betriebe voraussichtlich eher geneigt, die notwendigen Investitionen zu tätigen und Geschäftsprozesse einzurichten.

Daneben sollten geeignete Informationsmaßnahmen ergriffen werden, um in der Landwirtschaft allgemein eine möglichst differenzierte Beurteilung der Strohverwertung und Bodenbedürfnisse zu fördern.

Zumindest in den ersten Jahren dürfte die aktuelle Zurückhaltung vieler Landwirte jedoch ein limitierender Faktor bei der Erschließung der Strohpotenziale bleiben. Auf mittlere Sicht erscheint es jedoch wahrscheinlich, dass zunehmend die vorhandenen Strohpotenziale erschlossen werden können. Sowohl in Dänemark als auch in England/Wales ist es gelungen, vorhandene ähnliche Marktbarrieren auf Seiten der Landwirte zu begegnen und die Strohvermarktung jeweils erheblich auszuweiten.

D.3 Beschaffung

Der Beschaffungsprozess für Strohheizwerke weist mehrere Besonderheiten auf:

- **Hohe Anzahl von Lieferanten:** Die benötigten Brennstoffe in einer Größenordnung von ca. 90.000 t/a können nur gemeinsam durch eine Vielzahl von Landwirten in der Region erzeugt und geliefert werden. Je nach Größe der Betriebe, die auch regional variiert (in Mecklenburg gibt es tendenziell größere Betriebe als in Schleswig-Holstein) müsste das Stroh von einer dreistellige Anzahl von Lieferanten geliefert werden. Wenn es gelingt, mit einigen Großbetrieben (insbesondere in Mecklenburg) Lieferverträge abzuschließen, reduziert sich die Anzahl entsprechend. In Emlichheim wird die Anzahl der Lieferanten für eine Liefermenge von 65.000 – 75.000 Tonnen mit etwas über 100 angegeben, was einigen Marktbeobachtern jedoch unplausibel niedrig erscheint.

- **Direkte Lieferbeziehungen zu Erzeugern vs. Aggregatoren:** Beispiele aus Dänemark und England zeigen, dass meist direkte Lieferverträge zwischen den Betreibern der Anlage und den Landwirten der Region abgeschlossen werden. Denkbar ist auch die Einschaltung von Aggregatoren auf Lieferantenseite, beispielsweise Maschinenring oder Raiffeisen. Zwar wird durch einen Aggregator die Arbeit im Vertragsmanagement und der Koordination der Anlieferung auf Seiten des Anlagenbetreibers erheblich erleichtert, jedoch verschlechtert sich die Verhandlungsposition des Anlagenbetreibers deutlich: Auf der Angebotsseite steht ihm ein gut organisierter Vertragspartner gegenüber, der die Rohstoffströme weitgehend kontrolliert und oligopolisiert. Zudem erhöht die Marge des Aggregators die Brennstoffpreise.

- **Einbindung der Lieferanten als Teilhaber:** Um die Bereitschaft der Landwirte zur Lieferung von Stroh zu erhöhen, kann eine frühzeitige Einbindung in die Projektierung der Anlage und eine Teilhabe am wirtschaftlichen Erfolg der Anlage sinnvoll sein. In Emlichheim wurde entsprechend verfahren.

- **Zeitlicher Vorlauf:** Die konkrete Gewinnung von Landwirten als Lieferanten beginnt in reifen Stroh-Märkten erst mit der Entscheidung zum Bau der Anlagen. Die Kontrahierung von Optionen zur Lieferung fester Mengen von Brennstoffen zu fixen Preisen ist vor der Entscheidung zum Bau der Anlagen eher unüblich. Mit der Entscheidung zum Projektstart werden z.T. Projekt-Webseiten geschaltet, mit denen Landwirte informiert werden und auf denen um Lieferverträge geworben wird. Da der deutsche Strohmarkt jedoch nicht stark entwickelt ist, sollte für eine größere Anlage vor der finalen Bau-Entscheidung zumindest Rahmenverträge für eine Teilmenge der benötigten Stroh-Mengen mit Lieferanten geschlossen werden.

- **Ausschreibungen und Verhandlungsverfahren:** Es kommen unterschiedliche Verfahren bei der Beschaffung zum Einsatz. Teilweise werden Liefermengen von Anlagenbetreibern öffentlich ausgeschrieben, teilweise erfolgt die Kontrahierung im Verhandlungsverfahren mit einzelnen Landwirten. Beide Verfahren werden auch kombiniert angewendet.

- **Mittelfristige Lieferverträge:** Es werden Lieferverträge mit unterschiedlichen Laufzeiten abgeschlossen, dabei scheinen Zeiträume von drei bis fünf Jahren üblich zu sein.

D.4 Zwischenergebnis

- Der Aufbau der logistischen Voraussetzungen für eine sichere, regionale Strohlieferung ist in den vergangenen Jahren an zahlreichen Standorten in England, Dänemark und Deutschland erfolgreich innerhalb der Realisierungszeiträume für die Genehmigung und den Bau der Anlagen gelungen.
- Aufgrund dieser praktischen Erfahrungen ist davon auszugehen, dass auch in Hamburg der mit der Errichtung der Feuerungsanlage verbundene zeitliche Vorlauf ausreicht, um auf Seiten der Landwirte und der Transporteure die notwendigen technischen und prozessualen Veränderungen einzuleiten, um eine qualitativ und quantitativ ausreichende Stroh-Lieferung sicherstellen zu können.
- Die wesentliche Herausforderung bei der Skalierung des Strohmarktes liegt darin, auf Seiten der Landwirte eine höhere Akzeptanz für die Vermarktung von Stroh zu erzeugen. Derzeit besteht offenbar aus Sorge um eine hinreichende Humusbildung eine erhebliche Zurückhaltung bei der Vermarktung von Stroh. Dies führt dazu, dass trotz einer sehr guten Strohpotenzials und einer relativ geringen Nachfrage die Strohpreise in Deutschland höher sind als in Ländern mit geringerem Potenzial und höherer Nachfrage.
- Für eine Anlage in Hamburg heißt dies, dass zumindest in den ersten Jahren die vorhandenen Strohpotenziale der Metropolregion voraussichtlich nur teilweise gehoben werden können. Es sind Anstrengungen zu unternehmen, um die Bereitschaft zur Strohvermarktung unter den Landwirten zu erhöhen.
- Bei der Beschaffung des Strohs ist von einer niedrigen dreistelligen Anzahl von Lieferanten auszugehen. Die Beschaffung erfolgt über verschiedene Wege: Neben direkten, bilateralen Verhandlungen mit Landwirten über den Abschluss von mittel- bis langfristigen Lieferverträgen erfolgt die Beschaffung häufig über Ausschreibungen.
- In einzelnen Fällen – insbesondere in Emlichheim - wurden die Landwirte bereits in der Projektierungsphase als Teilhaber der Anlage eingebunden. Dies kann förderlich für die Bereitschaft zum Abschluss längerfristiger Lieferverträge sein kann.

E. Brennstoff-Substitution durch überregionale Biomasse

Leitfrage:

- Inwieweit besteht die wirtschaftliche Möglichkeit, zumindest übergangsweise eine Belieferung mit Stroh oder vergleichbaren Biomasse-Brennstoffen **aus überregionalen Quellen** zu beschaffen?

Aufgrund der oben beschriebenen Herausforderungen bei der Sicherstellung einer ausreichenden regionalen Strohversorgung stellt sich die Frage, ob zumindest übergangsweise auch eine Belieferung mit anderer Biomasse denkbar und wirtschaftlich wäre.

Eine solche Möglichkeit der Substituierung regionaler Strohressourcen ist auch aus Vorsorge vor wetterbedingten Marktrisiken sinnvoll: Der Strohmarkt ist – wie auch der Getreidemarkt – erheblich von Witterungseinflüssen abhängig; in schlechten Jahren, z.B. bei zu hoher Feuchtigkeit in der Erntesaison, drohen Bergungsausfälle und damit verbunden Knappheit und höhere Beschaffungskosten für das Stroh.

Entsprechende Preisrisiken können nur teilweise durch entsprechende Lieferverträge begrenzt werden, eine völlige Entkoppelung der Preise vom aktuellen Marktgeschehen dürfte gegenüber den Lieferanten nicht durchsetzbar sein. Auch für derartige Situationen bietet es sich an, über die Option zum Bezug anderer Brennstoffe oder Stroh von außerhalb der Region zu verfügen.

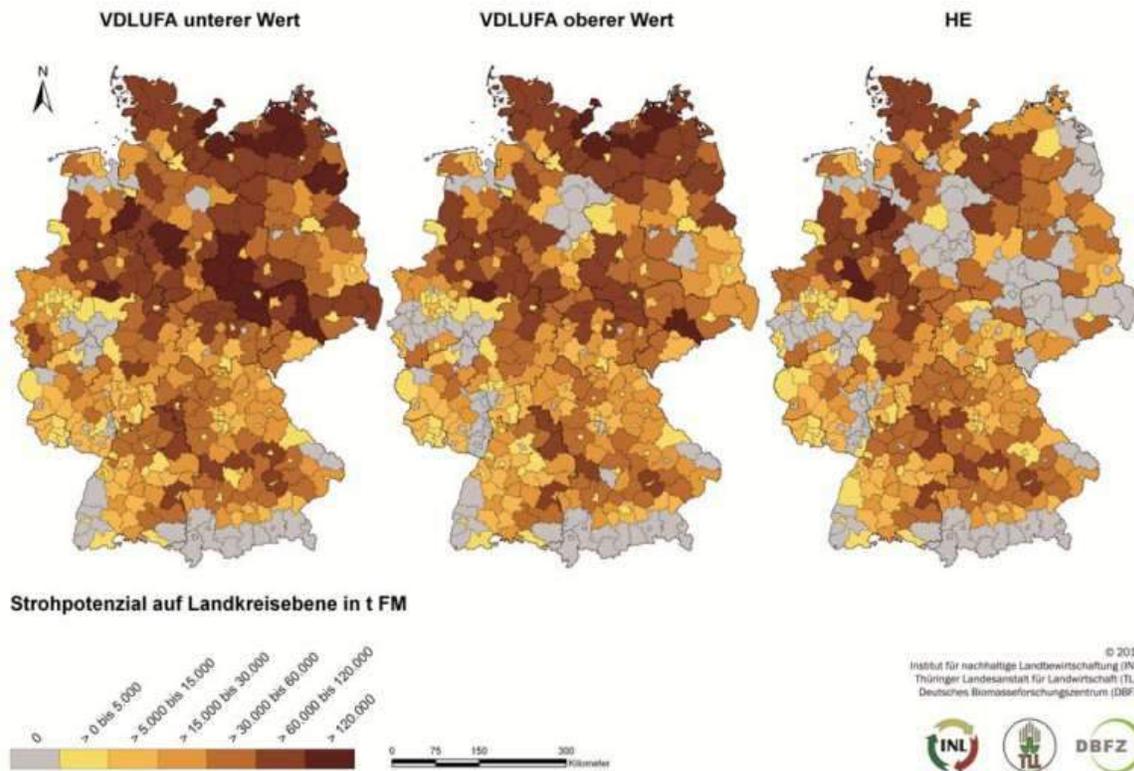
Im Hinblick auf die Beschaffung von Biomasse aus Quellen außerhalb der Region besteht die wesentliche Herausforderung darin, den Transport zu wettbewerbsfähigen Kosten zu bewältigen. Ein potenzieller Vorteil einer Anlage in Hamburg liegt in der Nähe zum Seehafen bzw. der möglichen unmittelbaren Anbindung an den Binnen- und Seeschiffsverkehr. Bei einem Standort mit Zugang zur Elbe (Wedel oder Dradenau) könnte die Biomasse ohne zusätzlichen Umschlagvorgang (z.B. auf einen LKW) direkt an das Kraftwerk geliefert werden. Bei einem Standort ohne Wasserzugang müsste eine Verladung auf ein weiteres Fahrzeug zum Weitertransport erfolgen, was mit zusätzlichen Kosten verbunden ist.

Im Folgenden werden zunächst die Stroh-Potenziale in Deutschland (E.1) und im Ausland (E.2) dargestellt und anschließend drei mögliche ergänzende Brennstoffquellen für eine Stroh-Verbrennungsanlage betrachtet (E. 3 -5):

- Strohballen aus überregionalen Quellen
- Strohpellets aus überregionalen Quellen
- Holzhackschnitzel

E.1 Strohpotenziale in Deutschland

Aus der folgenden (bereits oben wiedergegebenen) Abbildung ergeben sich die landkreispezifischen Strohpotenziale in Deutschland.



Es wird ersichtlich, dass die Region um Hamburg zu den Regionen in Deutschland mit den höchsten Strohpotenzialen gehört. Weitere Regionen mit größeren Stroh-Überschüssen sind in Sachsen-Anhalt, Sachsen, Mecklenburg-Vorpommern und das westliche Niedersachsen und Westfalen.

Eine überregionale Beschaffung kommt jedoch nur in Betracht, soweit dadurch die Transportkosten nicht unwirtschaftlich hoch werden.

E.2 Stroh-Potenziale im Ausland

Die größten Stroh-Potenziale liegen außerhalb Europas, insbesondere in China, Indien, Nord- und Südamerika.

Strohpotenziale: 2003-2007 (Deutschland: 2011)

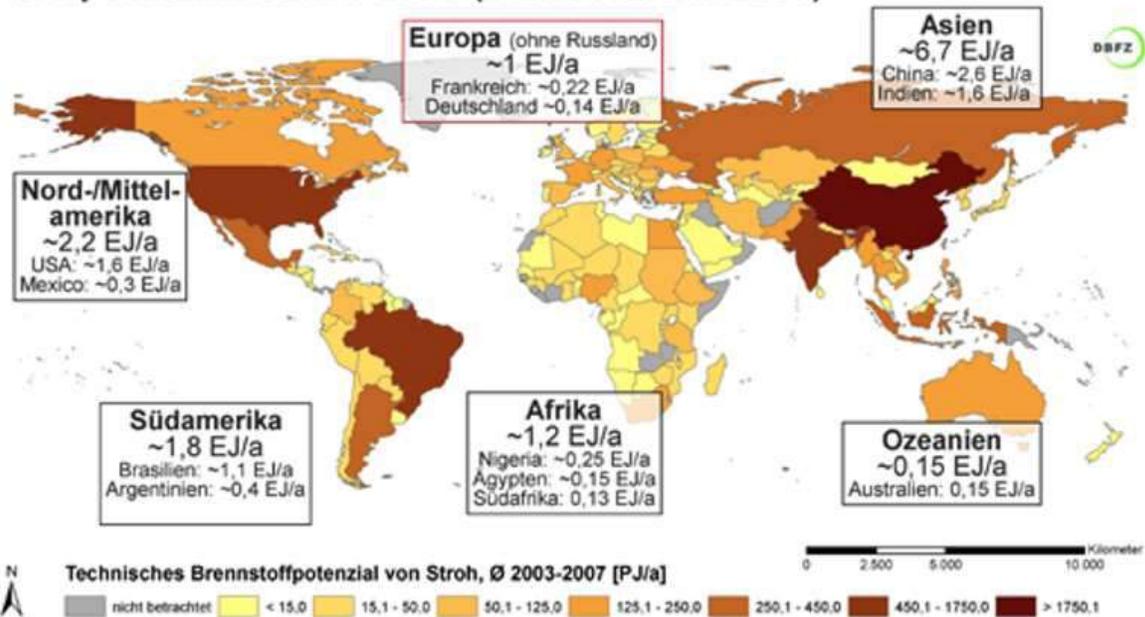


Abbildung 6: Globale und regionale Verteilung von Biomassepotenzialen (Quelle: BMVBS-Online-Publikation, Nr. 27/2010).

Aufgrund der hohen Transportkosten werden Strohimporte aus Übersee nicht weiter betrachtet.

Die Untersuchung konzentriert sich somit auf Stroh innerhalb Europas. Die Potenziale ergeben sich überblicksartig aus der folgenden Karte:

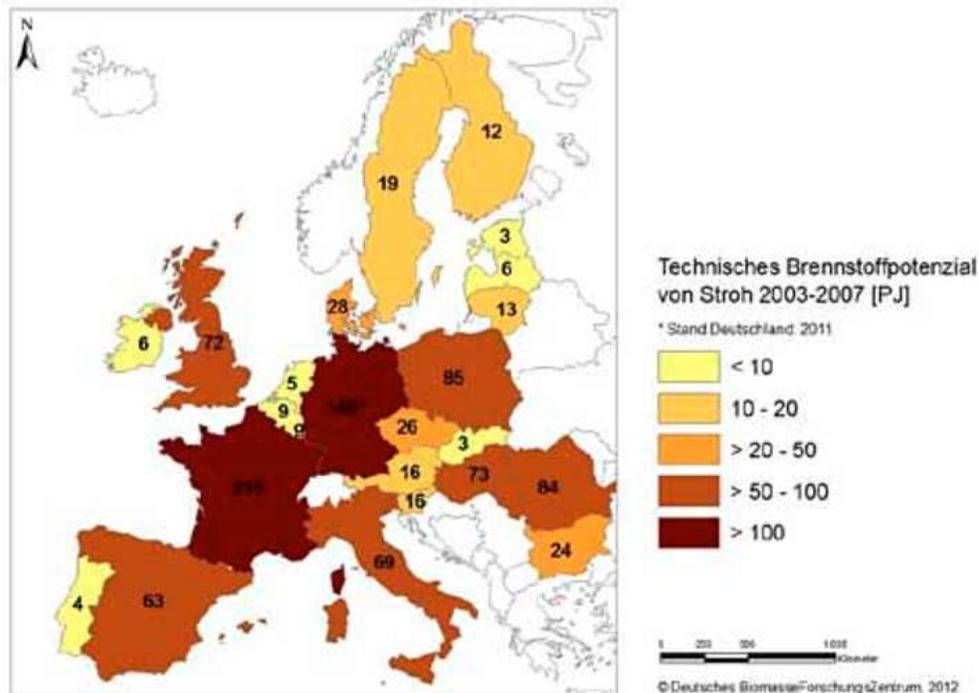


Abbildung 7: Globale und regionale Verteilung von Biomassepotenzialen (Quelle: BMVBS-Online-Publikation, Nr. 27/2010).

Laut DBFZ (Thrän et.al 2012) liegen bisher nur sehr wenige wissenschaftliche Studien für die Einordnung der energetischen Strohnutzung in Europa vor, die sich hinsichtlich der angewandten Methodik deutlich voneinander unterscheiden. Das in den Studien geschätzte technische Strohpotenzial in der EU-27 variiert zwischen 820 und 1.800 PJ/Jahr (ca. 220 – 500 TWh).

Die derzeitige energetische Nutzung von Stroh innerhalb Europas zeigt ein sehr heterogenes Bild. Die Produktion von Bioenergie auf der Basis von Stroh in größeren Anlagen erfolgt bisher nur in wenigen europäischen Ländern (z.B. Dänemark, Großbritannien, Österreich und Spanien).

Obwohl positive Entwicklungen in den Märkten zu verzeichnen sind, findet eine energetische Nutzung in den Ländern mit den größten Potenzialen (Frankreich und Deutschland) in vergleichsweise geringem Umfang statt. Eine klare Vorreiterrolle in der energetischen Strohnutzung spielt Dänemark, wo sich etwa 75% der installierten Strohheiz(kraft)-werksleistung Europas befinden (bezogen auf die EU15). Die Umsetzung wurde durch gesetzliche Rahmenbedingungen, Förderprogramme und moderate Emissionsbestimmungen ermöglicht. Zum Einsatz kommen Strohfeuerungsanlagen auf landwirtschaftlichen Betrieben, Heizwerke mit Anbindung an ein Nahwärmenetz und Heizkraftwerke.

E.3 Überregionaler Import von Strohballen

Die Untersuchungen des DBFZ und der FNR gehen davon aus, dass wegen der geringeren Energiedichte von Strohballen im Vergleich zu anderen feste Biobrennstoffen und des damit verbundenen höheren Bedarfs an Transport- und Lagerkapazitäten die Transportwürdigkeit von Stroh begrenzt ist. Die ökonomischen Möglichkeiten des überregionalen Imports von Strohballen sind daher durch die Transportkosten begrenzt.

Im folgenden Kapitel F. wird ausführlich dargestellt, wie sich die Transportkosten auf die Strohpreise auswirken. Im Regelfall dürfte die wirtschaftlich vertretbare LKW-Transportdistanz für Strohballen zwischen 60 und 100 km liegen. Dies ist auch die Größenordnung des Transports zu bestehenden Anlagen aus dem Ausland.

Wie das (unten näher dargestellte) Beispiel Emsland zeigt, kommen unter bestimmten Umständen durchaus auch LKW-Transporte von Strohballen aus entfernteren Regionen in Frage, insbesondere wenn dadurch LKW-Leerfahrten vermieden werden können. Inwieweit zwischen den möglichen Lieferregionen und Hamburg entsprechende Kapazitäten vorhanden sind, konnte in diesem Gutachten nicht untersucht werden.

Im Rahmen der Erstellung dieses Berichts wurde eine überregionale Strohballenlieferung aus Dänemark nach Hamburg frei Werk für 95 Euro/Tonne in Aussicht gestellt. In einer ähnlichen Größenordnung dürfte auch ein Import aus Ostdeutschland machbar sein.

Im Hinblick auf einen möglichen Transport per Schiff als Ballen wird auf die entsprechenden Ausführungen unten verwiesen.

E.4 Überregionaler Import von Strohpellets

Anders ist die Kostenkalkulation hingegen bei Strohpellets: Hier kommen Transporte über deutlich größere Entfernungen in Frage, da Stroh-Pellets pro Kubikmeter eine drei bis sechsfach höhere Energiedichte pro Kubikmeter als Strohballen haben.

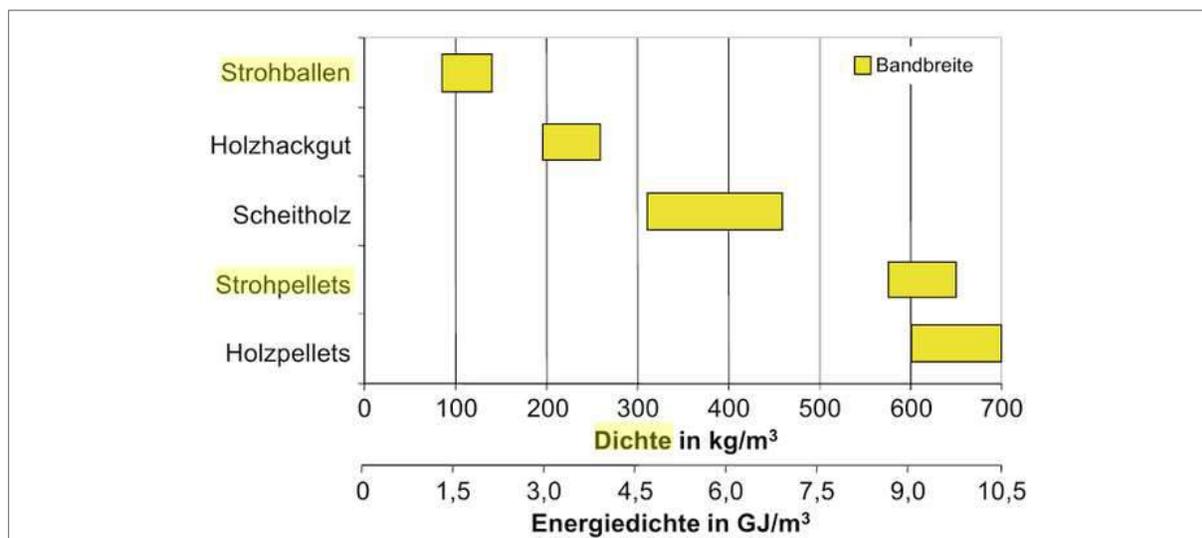


Abbildung 8: Dichte und Energiedichte unterschiedlicher biogener Festbrennstoffe (bei 15% Wassergehalt), (Quelle: Kaltschmitt u.a., a.a.O, Energie aus Biomasse, 2016, S. 332).

Zudem sind sie als Schüttgut leichter umzuschlagen, wodurch sich die Transportkosten erheblich verringern. In der Praxis wird eine Reduzierung der Transportkosten um 60% angenommen.¹⁴

Im Vergleich zu Strohballen lassen sich bei der Verbrennung von Pellets bessere Konditionen erreichen, die eine sauberere Verbrennung sicherstellen. Gegen eine Nutzung von Strohpellets sprechen allerdings die durch die Pelletierung entstehenden höheren Bereitstellungskosten.¹⁵

Die Verbrennung von Strohpellets wurde in einer Großanlage bisher einmal in Dänemark durch das Unternehmen Vattenfall realisiert. Der Grund für den Pellet-Betrieb der Anlage lag insbesondere darin, dass in der Stadt Kopenhagen möglichst wenig LKW-Zulieferverkehr durch den Transport von Strohballen verursacht werden sollte. Der Transport der Strohpellets vom Pelletierwerk zum Kraftwerk wurde daher mit Schiffen durchgeführt. Allerdings wurde die dortige Anlage im Jahr 2013 auf Holzpellets umgestellt.¹⁶

¹⁴ <http://www.maabjergenergycenter.com/facts-about-mec/input-output/>.

¹⁵ Eigene Berechnungen

¹⁶ <https://ing.dk/artikel/dansk-halm-taber-til-udenlandske-traepiller-fabrik-i-koege-lukkes-136833>

Aufgrund der noch zu hohen Preise im Vergleich zu holzartiger Biomasse gehen Marktanalysen bislang davon aus, dass Stroh auch in Form von Pellets nicht auf dem Weg zu einem global gehandelten Commodity-Produkt ist.¹⁷

Strohpellets sind bislang teurer als Strohballen, da die Pelletierung zusätzliche Verfahrensschritte notwendig macht. Bisher werden Strohpellets in eigenen Pelletierwerken erzeugt. Die Strohballen müssen als ersten Transportschritt zum Pelletierwerk transportiert werden, erst dort erfolgt die Weiterverarbeitung zu Pellets.

Neuartige Erntemaschinen, die in diesem Jahr auf den Markt kommen, ermöglichen jedoch eine Pelletierung direkt auf dem Feld, d.h. der Verfahrensschritt der Ballierung entfällt – die Bergung der Strohballen vom Feld entfällt ebenfalls da die Pellets unmittelbar abtransportiert werden.

Bislang ist nicht absehbar, ob und inwieweit Strohpellets durch diese technische Innovation zu einem gegenüber Strohballenwirtschaftlich gleichwertigen oder sogar vorteilhaften Brennstoff werden. Erste Modellrechnungen von Herstellern deuten darauf hin, dass deutliche Kostensenkungspotenziale erzielbar sind. Anders als Strohballen müssen Pellets jedoch trocken unter Dach gelagert werden, wodurch die Lagerkosten steigen.

Abhängig von den real zu erzielenden Einsparungen durch die neue Technik wird auch die Frage neu zu beantworten sein, ob Strohpellets ähnlich wie Holzhackschnitzel ein global gehandeltes Commodity-Produkt werden. Aufgrund der ähnlichen Energiedichte und der hinreichenden Verbrennungseigenschaften könnte ein solcher Pfad bei niedrigeren Produktionskosten vorgezeichnet sein. Bereits heute werden Strohpellets zu attraktiven Preisen angeboten, die jedoch noch über den Kosten für Holzhackschnitzel liegen.

Noch keine Antwort wurde auf die Frage gefunden, zu welchen Kosten ein Transport von Strohpellets per Seeschiff oder per Binnenschiff aus Ländern mit großen Strohvorkommen und niedrigem Lohnniveau machbar wäre. Ein Problem dabei scheint zu sein, dass die Pelletierwerke eher klein sind und offenbar keinen Fokus auf den internationalen Markt haben. Mehrere Anfragen bei Strohpelletterstellern in Osteuropa blieben bislang unbeantwortet.

Zusammengefasst lässt sich im Hinblick auf Strohpellets konstatieren, dass diese derzeit gegenüber der Ballenfeuerung mit Mehrkosten verbunden ist. Auch gegenüber Holzhackschnitzeln sind Strohpellets noch nicht konkurrenzfähig. Durch neue Pelletiermethoden könnte sich der Marktpreis jedoch deutlich nach unten bewegen. Preise für den Import aus Osteuropa per Schiff konnten bislang nicht ermittelt werden.

¹⁷ EA Energy Analysis 2014, a.a.O. (s.u.).

E.5 Holzhackschnitzel oder -pellets als Brennstoff-Substitut

Viele der vorhandenen Stroh-Verbrennungsanlagen können als Brennstoff auch Holzhackschnitzel oder Holzpellets verarbeiten. Holzhackschnitzel sind in Dänemark und Schweden für die Fernwärmeversorgung ein bedeutender Brennstoff.

In den vergangenen Jahren wurden bereits zahlreiche Kohlekraftwerke auf Holzhackschnitzel umgerüstet. In der Regel beziehen die Heizkraftwerke bzw. Heizwerke die Biomasse in großen Volumina per Seeschiff (Massengutfrachter). Wichtige Ursprungsländer der Hackschnitzel sind Skandinavien, Nordamerika sowie Russland. Holzartige Biomasse ist daher ein global gehandeltes Commodity-Produkt auf dem Weltmarkt.

Das Hauptproblem bei der Verbrennung von Holz ist die Frage nach der Nachhaltigkeit und dem hiervon ausgehenden Druck auf eine intensivere Bewirtschaftung der Wälder. Dieser Punkt wäre vertieft zu betrachten, soweit zusätzliche Holz-Biomasse in der Hamburger Fernwärme zum Einsatz kommen soll.

Zum Zweck der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken, wurde ein Verfahren entwickelt, was Holzpellets wasserfest und abriebfest macht („Blackpellets“). Dadurch können die Pellets an Kraftwerksstandorten im Freien auf unüberdachten Kohlehalden (wie z.B. am Standort Wedel) gelagert werden.¹⁸

E.6 Zwischenergebnis

- Zur Abfederung von Marktrisiken – insbesondere für den Zeitraum bis zur Etablierung eines hinreichend großen Strohmarktes in Norddeutschland – bietet es sich an, eine Fernwärmeerzeugungsanlage multivalent zur Verbrennung unterschiedlicher Biomasse-Rohstoffe auszulegen.
- Solange keine regionalen Strohmengen in hinreichenden Mengen zu wirtschaftlich vertretbaren Preisen verfügbar sind, bieten sich verschiedene Biomasseströme als Substitute an. In Frage kommen der Transport von überregionalen Strohballen, der Import von Strohpellets sowie der Einsatz von Holzhackschnitzeln.
- Die überregional und international verfügbaren Stroh-Ressourcen sind erheblich. Begrenzt wird die Verfügbarkeit im Wesentlichen durch die Transportkosten. Dadurch kommt der Import von Strohballen lediglich aus angrenzenden Regionen (z.B. Dänemark oder Ostdeutschland) in Frage. Bei Strohpellets ist der Transport aufgrund der höheren Energiedichte und der leichteren Handhabbarkeit deutlich

¹⁸ <http://zilkha.com/zilkha-black-pellets>

kostengünstiger, jedoch werden die niedrigeren Transportkosten durch höhere Herstellungskosten bislang überkompensiert.

- Strohpellets sind derzeit gegenüber Strohballen mit Mehrkosten verbunden ist. Durch neue Pelletiermethoden könnte sich der Marktpreis jedoch deutlich nach unten bewegen. Preise für den Import aus Osteuropa per Schiff konnten bislang nicht ermittelt werden.
- Holzhackschnitzel sind – anders als Stroh – bereits eine global gehandelte Commodity. Im Hinblick auf die Akzeptanz und Nachhaltigkeit hat Stroh jedoch deutliche Vorteile, da es sich bei Stroh um einen echten Reststoff handelt, von dessen Verwertung kein Druck zu einer kritischen Intensivierung der Landwirtschaft ausgeht.

F. Kostenfaktoren

Leitfrage:

- Welches sind die wesentlichen **Kostenfaktoren für den Brennstoff?**

Die Bereitstellungskosten für Stroh sind ein wesentlicher Faktor für die Darstellung der Wirtschaftlichkeit der Wärmeerzeugungsanlage. Sie unterteilen sich im Fall von Stroh in die Bergungskosten und die Transportkosten. Die Bergungskosten beschreiben die Kosten für die Ernte des Strohs bis zur Zwischenlagerung in Feldnähe. Die Transportkosten beschreiben die Kosten des Transports von dieser Zwischenlagerung bis zur Verbrennungsanlage. Während die Bergungskosten nur wenig variabel sind, können sich die Transportkosten entsprechend der Entfernung und des Transportmittels wesentlich unterscheiden.

F.1 Bergungskosten

Die einzelnen Schritte der Strohbergung incl. der Pressung und des Transports zum Zwischenlager, sowie die Lagerkosten sind in den genannten Quellen detailliert dargestellt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studien zusammengefasst.

Nach IER liegen die Kosten für das Quaderballenpressverfahren bei etwa 20,3 €/t FM. Das Laden der Ballen auf dem Feld mit Frontlader und landwirtschaftlichem Anhänger wird mit 24,5 €/ha angesetzt. Die Kosten für den durchschnittlich drei Kilometer langen Transport zum Zwischenlager und für das Entladen der Ballen belaufen sich auf 30 €/ha. Die gesamten Bergelkosten liegen somit bei 159,7 €/ha.

Die Bereitstellungskosten frei Zwischenlager ergeben sich aus der Summe des Nährstoffwertes und der Strohbergelkosten. In der folgenden sind die Kostenelemente und die Bereitstellungskosten frei drei Kilometer entferntem Zwischenlager aufgeführt.

	€ ₂₀₁₂ /t FM	€ ₂₀₁₂ /t TM	€ ₂₀₁₂ /GJ
Düngung (nur Nährstoffwert)	12,4	14,2	0,9
Ernte und Bergung	25,5	29,4	1,8
Transport zum Lager und Einlagerung	5,8	6,7	0,4
Lagerung (Folienabdeckung)	6,4	7,5	0,4
Aufladen und Transport zur Feuerungsanlage	23,3	27,4	1,6
Summe Kosten frei Feuerung	73,4	85,2	5,7

Quelle: /IER 2012/

Wassergehalt 15 %, Heizwert 14,3 GJ/t (4,0 kWh/kg)

Transportentfernung zur Feuerungsanlage 20 km; einschließlich Lagerverlusten

Abbildung 9: Brennstoffkosten von Getreidestroh frei Feuerungsanlage (ohne MWSt.), (Quelle: FNR, Leitfaden Bioenergie, a.a.O., S. 159).

Die Tabelle zeigt, dass nach IER die Strohbereitstellungskosten 43,7 €/t FM betragen und hauptsächlich durch die Kosten für das Strohpresen bestimmt werden.

Das DBFZ hat die Kosten noch detaillierter aufgeschlüsselt. Hier als Beispiel die Kalkulation der Strohbereitung mit Quaderballenpresse:

Position	Betrag	Bemerkungen
Schlepperleistung (Umschlag) (kW)	67	
Schlepperleistung (Presse) (kW)	140	
Pressdichte (kg /m ³)	140	Trockensubstanzanteil 85 %
Lebensleistung Presse (Ballen)	60.000	
Ballengröße B x H x L (m)	1,2 x 0,9 x 2,2	Breite x Höhe x Länge
Bindegarnverbrauch (kg/B.)	0,4	kg / Ballen
Ballenanzahl je Anhänger (Stck.)	10	20 Stck. / TE (Doppelzug)
Preis Bindegarn (€/kg)	1,8	
Preis Dieselkraftstoff (€/l)	0,8	
Bruttolohn (€/h)	9,1	Endgeldtarifvertrag
technologische Lohnnebenkosten (%)	50	
Zuschlag Allgemeinkosten (%)	40	
Zinssatz (%)	4%	
Reinnährstoffpreis N (€/kg)	0,9	0,5 kg/dt Stroh –FM
Reinnährstoffpreis P (€/kg)	1,7	0,13 kg/dt Stroh –FM
Reinnährstoffpreis K (€/kg)	0,7	1,41 kg/dt Stroh – FM
Reinnährstoffpreis Mg (€/kg)	0,7	0,12 kg/dt Stroh – FM
Schlaggröße (ha)	20	

Abbildung 10: Parameter, Preise und Leistungen für die Strohbereitung mit Quaderballenpresse (alle Preisangaben sind Nettobeträge ohne MwSt.), (Quelle: DBFZ Report 13).

Als Ergebnis kommt das DBFZ zu folgenden Bergungskosten:

Position	Basisvariante	Optimierte Variante
Strohertrag (dt/ha)	3	3
Transportentfernung (km)	5	5
Pressen, inkl. Rüst- und Wegezeiten (Akh/ha)	0,4	0,4
Umschlag/Transport inkl. Rüstzeiten (Akh/ha)	0,99	nb.
Arbeitskräfte für Umschlag/Transport	4	1
Verfahrenskosten Pressen (€/t br.)	19,80	19,80
Verfahrenskosten Umschlag und Transport (€/ t br.)	14,60	7,90
Materialwert Stroh (€/t br.)	17,40	17,40
Summe (€/t)	51,80	45,10

Abbildung 11: Verfahrenskosten und Arbeitsaufwand der Strohbergung mit Quaderballenpresse, (Quelle: DBFZ Report 13).

Die Bergungskosten wurden bereits in mehreren Studien untersucht. Die Kosten lagen in den verschiedenen Studien in einem vergleichbaren Bereich.

Variante	DBFZ ¹⁹		IER ²⁰
	Basis	optimiert	-
Bergungskosten (€/t Stroh)	51,80	45,10	43,70

Tabelle 1 Kosten für die Bergung von Stroh in Deutschland.

Für dieses Gutachten werden die Bergungskosten von 45,10€ pro Tonne (optimierte Variante bei Umschlag und Transport), die das DBFZ errechnet hat, angesetzt.

In der DBFZ-Studie findet sich auch eine Zusammenstellung anderer Autoren für die Strohbergung. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung.

¹⁹ DBFZ. DBFZ Report Nr. 13 – Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. 2012.

²⁰ Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart. Leitfaden Feste Biobrennstoffe. 2014.

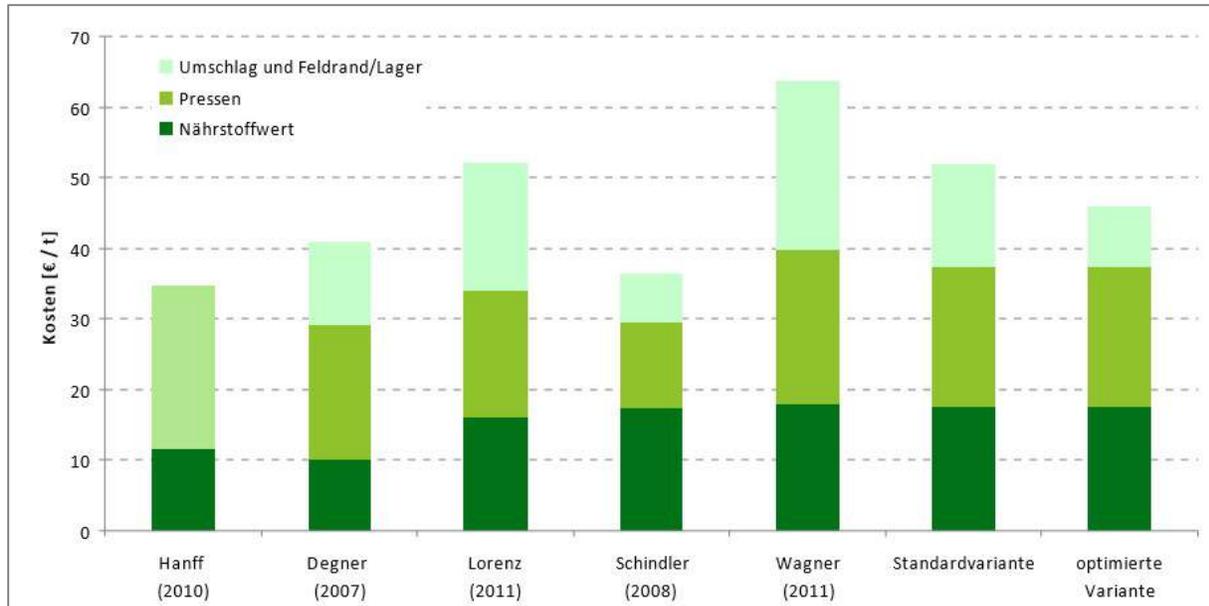


Abbildung 12: Berechnung der Bergungskosten bzw. Preiskalkulationen verschiedener Autoren, (Quelle: DBFZ Report 13).

In der Kalkulation der Bergungskosten ist ein Zuschlag Allgemeinkosten in Höhe von 40% berücksichtigt.

F.2 Nährstoffersatzkosten

Der Nährstoffwert des Strohs lässt sich aus dem durchschnittlichen Nährstoffgehalt des Strohs und den Kosten pro Kilogramm Reinnährstoff ermitteln. Der Nährstoffgehalt im Stroh hängt von der Getreideart, der Sorte, der Düngung, der Witterung und anderen Faktoren ab. Zur Berechnung werden hier die vollständigen Nährstoffersatzkosten herangezogen.

Damit ergibt sich – bei einem angenommenen Ertrag von 4,4 t FM/ ha – ein durchschnittlicher Nährstoffwert des Strohs über alle Getreidearten von 63,1 €/ha (14,3 €/tFM). Dieser Wert wird bei den Bereitstellungskosten berücksichtigt (s. Abbildung 12). Das DBFZ rechnet mit einem Faktor (Materialwert Stroh bei DBFZ (17,40 €/t).

F.3 Lagerkosten

Wird das Stroh nicht zeitnah zum Heizwerk transportiert, sondern über Monate gelagert, entstehen Lagerkosten. Diese schätzen IER und DBFZ wie folgt ein:

Lagertyp	Lagerverluste (%)	Lagerkosten (€/t _{TM})
Offene Feldmiete	11	0
Feldmiete mit Folienabdeckung	8	1,99
Scheune (Altbau)	2	5,69
Leichtbauhalle	2	13,89

Abbildung 13: Charakterisierung der berücksichtigten Lagertypen, (Quelle: DBFZ Report 13).

		Folienabdeckung	Altgebäude	Leichtbauhalle ohne Bodenplatte
Lagerbau- bzw. Folienkosten (inkl. Unterhalt und Versicherung)	€/2012/t TM	3,0	8,0 ^a	13,2
Lagerverlustkosten	€/2012/t TM	4,5	1,1	1,1
Gesamte Lagerungskosten	€/2012/t TM	7,5	9,1	14,3
Trockenmasseverluste ^b	% TM	8,1	2	2

Abbildung 14: Kosten der Strohballenlagerung, (Quelle: IER 2012).

F.4 Transportkosten (regional)

Die Transportkosten hängen im Wesentlichen von der Entfernung der Wärmeerzeugungsanlage vom Feldzwischenlager und vom Transportmittel ab. Da zudem der Anfall des Strohs regional sehr verteilt ist, bietet der LKW-Transport klare Vorteile.

Die LKW-Transportkette umfasst im Normalfall den Transport vom Feldzwischenlager zu einem weiteren Zwischenlager und den Transport von diesem Zwischenlager zum Lager der Wärmeerzeugungsanlage.

Im DBFZ-Report Nr. 13 wurde die Lieferkette mit LKWs für Stroh im Detail untersucht. Dabei wurden alle Transport- und Lagerschritte mit realen Daten modelliert. Die räumliche Struktur des Stroheinzugsgebiets wurde räumlich idealisiert dargestellt. Aufgrund dieser Modellannahmen wurden Transportentfernungen und -kosten für Anlagen mit unterschiedlichen Strohbedarfen errechnet.

Die kalkulierten Transportkosten orientieren sich dabei an der Modellierung des DBFZ. Die Einzelheiten der Kostenansätze finden sich dort:

Maschine	Spezifikation	Auslastung (h/a)	Fixkosten (€/h)	Variable Kosten* (€/h)
Standardtraktor	Allrad; 120 kW	1 500	12,20	32,88
Plattformanhänger (2 Achsen)	2 konventionell Dreiseitenkippanhänger – Ladefläche 2,50 x 5 m	500	2,78	1,60
LKW mit Plattform und 1 Plattformanhänger (2 Achsen)	300 kW	2 000	10,75	46,94
LKW-Zugmaschine für Sattelaufleger und 1 Plattformanhänger (3 Achsen)	300 kW	2 000	11,79	49,04

Abbildung 15: Beim Transport eingesetzte Maschinen und ihre Charakterisierung, (Quelle: DBFZ Report 13).

Aus den so modellierten Kosten konnte im Folgenden eine Kostenfunktion für den Transport abgeleitet werden. Es zeigt sich, dass die Kosten bei kleinen Entfernungen stärker ansteigen, während sie bei größeren Entfernungen keinen großen Anstieg mehr verzeichnen.

Die Kosten pro Tonne bewegen sich zwischen ca. 10€ bei einer durchschnittlichen Transportdistanz von ca. 3 km und ca. 41€ bei einer Transportdistanz von ca. 102 km.

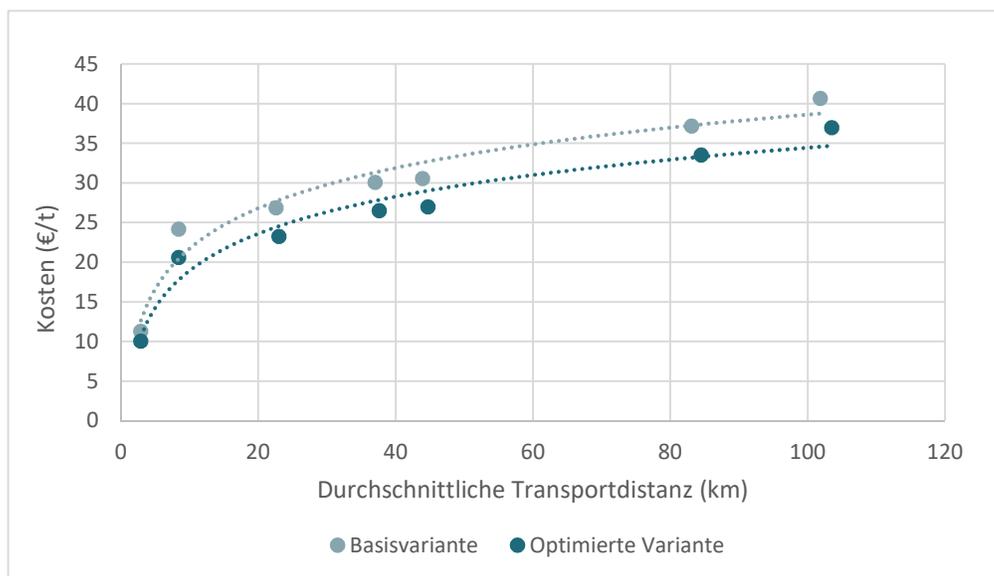


Abbildung 16: Modellerte Bereitstellungskosten für unterschiedliche Transportdistanzen (Punkte) und daraus abgeleitete Funktion für die Bereitstellungskosten abhängig von der Transportdistanz (Linie) (Quelle: DBFZ 2011/eigene Berechnungen).

Je größer die Konversionsanlage ist, desto größer ist auch das erforderliche Einzugsgebiet und desto größer kann auch die ökonomisch tragfähige Transportdistanz ausfallen. Die DBFZ-

Studie gibt für eine Konversionsanlage mit einem Jahresdurchsatz von 48.000 t ein Einzugsgebiet mit einer mittleren Transportdistanz von 44 km an. Für eine Anlage mit einem Durchsatz von 170.000 t liegt diese bei etwa 84 km.

Für die mögliche Hamburger Anlage mit ca. 90.000 t wird eine mittlere Transportdistanz von 60 km angenommen, was einen Transport einer Teilmenge innerhalb eines 100 km-Radius um die Anlage einschließt.

Allein in den unmittelbar an Hamburg grenzenden Kreisen Segeberg, Stormarn und Harburg ist den obigen Studien zufolge ein Potenzial von mehr 150.000 t verfügbar. Gleichwohl kann zumindest in den ersten Jahren bis zum Herausbilden eines größeren Strohmarktes möglicherweise eine höhere mittlere Transportdistanz erforderlich sein. Es sollte daher ein Sicherheitsaufschlag bei den Transportkosten einkalkuliert werden.

Zum besseren Vergleich wurde für eine realistische durchschnittliche Transportdistanz von 60 km eine Kostenüberstellung der modellierten und realen Quellen durchgeführt. Es zeigt sich, dass die modellierten Kosten die reale Situation gut abzubilden vermögen.

	DBFZ ²¹		BEKW Emsland ²²
Variante	Basis	optimiert	-
Transportkosten (€/t Stroh)	34,88	31,02	30

Tabelle 2 Transportkosten für Stroh beim LKW-Transport über eine beispielhafte Distanz von 60km. Für das „BEKW Emsland“ beschreibt die angegebene Zahl die Differenz der realen Bereitstellungskosten und den modellierten Bergungskosten von 45,10€.

²¹ DBFZ. DBFZ Report Nr. 13 – Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. 2012.

²² <http://www.agrarheute.com/landundforst/news/stroh-heizkraftwerk-geht-los>
<http://www.topagrar.com/news/Energie-News-Strohheizkraftwerk-Emlichheim-soll-75-000-t-Stroh-verfeuern-99198.html>

F.5 Gesamt-Bereitstellungskosten

Die verschiedenen Arbeitsschritte werden dann für unterschiedliche Anwendungszwecke in einer Vollkostenrechnung modelliert. Dabei wurden für die verschiedenen Arbeitsmittel die Kosten ermittelt:

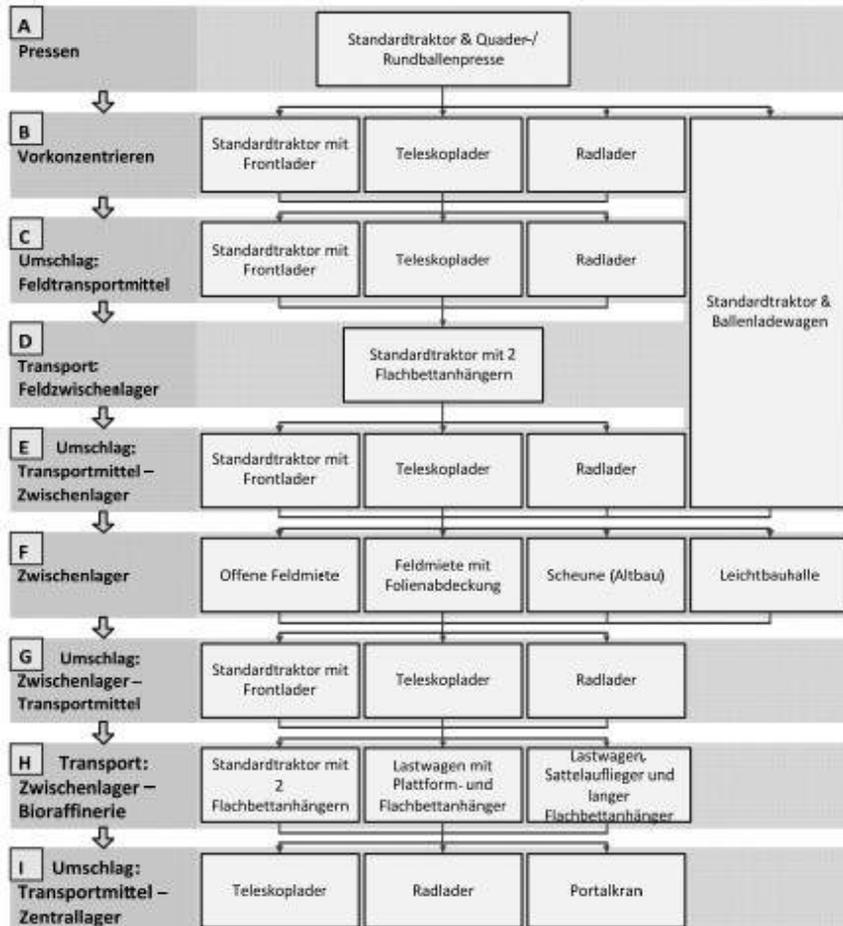


Abbildung 17: Modell der Bereitstellungskette für Stroh zur Energieproduktion (Quelle: DBFZ 2011).

Die resultierenden Bereitstellungskosten aus Bergung, Transport und Kompensation des Nährstoffentzugs sind in der folgenden Grafik dargestellt (DBFZ). Sie liegen zwischen 60 und 90 €/t FM.

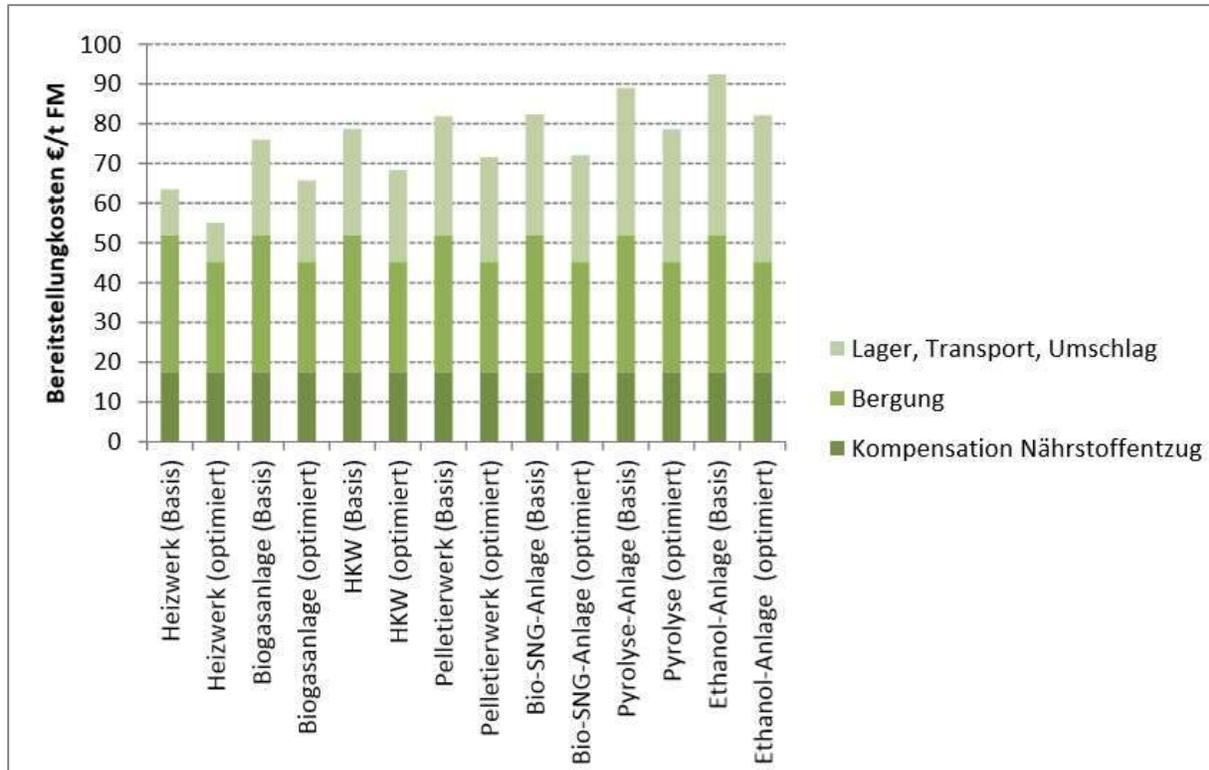


Abbildung 18: Strohbereitstellungskosten der einzelnen Konversionspfade für die Logistikooptionen Basis und optimiert (Bezugsjahr 2010), (Quelle: DBFZ Report 13).

Wir haben für unseren Berechnungsfall Bergungskosten (incl. Nährstoffkompensation) von 45,10 €/t und Transportkosten von 31 €/t bei einer mittleren Transportdistanz von 60 km angenommen. Dies führt zu Bereitstellungskosten von 76 €/t.

G. Strohpreise

Leitfrage:

- Wie **belastbar** sind die im Gutachten dargestellten Kosten für Strohlieferungen frei Heizwerk unter **realen Marktbedingungen**?

G.1 Hintergrund und Methodik

Im Gutachtenprozess wurden die aktuell auf dem Markt in Deutschland aufgerufenen Preise für Stroh als Indiz gewertet, dass die Strohpreise in Deutschland höher liegen würden als in den von HIC zitierten Untersuchungen.

HIC war im Gutachten von Brennstoffkosten in Höhe von ca. 19,50 Euro/MWh ausgegangen, was einen Strohpreis frei Werk von ca. 80 Euro / t entspricht. Gestützt wurden diese Annahmen durch detailliert ermittelte Kostenansätze aus verschiedenen Studien sowie indikativen Angaben zu den Brennstoffbeschaffungspreisen eines Betreibers.

Laut der Marktübersicht von [agrarheute.com](http://www.agrarheute.com)²³ lagen jedoch die Strohpreise frei Hof – also ohne Transportkosten - im Bundesdurchschnitt in den vergangenen Jahren zwischen 70 und 80 Euro/t. Dabei sind erhebliche regionale Unterschiede zu verzeichnen: Während sich die Preise in Teilen Ostdeutschlands zwischen 50 und 60 Euro/t bewegten, lagen die Preise z.B. in Schleswig-Holstein meist zwischen 60 und 80 Euro/t, in jüngster Vergangenheit sogar noch deutlich darüber.

Diese widersprüchlichen Angaben gilt es näher zu analysieren, um eine höhere Sicherheit im Hinblick auf die erzielbaren Brennstoffpreise zu erlangen.

Hierzu wurden einerseits weitere Marktsondierungen in Deutschland durchgeführt, andererseits die Preise in den deutlich weiter entwickelten Strohmärkten England/Wales und Dänemark näher betrachtet.

²³ <https://www.agrarheute.com/markt/futtermittel/stroh>

G.2 Strohpreise in Deutschland

Anders als in England und Dänemark existiert in Deutschland – mit Ausnahme des Gebiets um das Strohkraftwerk Emlichheim im Emsland - kein relevanter Markt für die energetische Nutzung von Stroh. Der deutsche Strohmarkt ist begrenzt auf den Markt für Stroh als Einstreu in der Vieh- und Pferdehaltung. Dieser Markt ist geprägt durch eine Vielzahl kleinerer Abnehmer, deren Bedarf sich in der Regel unter 1.000 t p.a. bewegt. Ausnahmen sind große Gestüte oder Ställe, die im Einzelfall Bedarfe von einigen Tausend t/p.a. aufweisen.

Aufgrund dieser Nachfragestruktur ist der deutsche Strohmarkt heute strukturell nicht vergleichbar mit reifen Energie-Strommärkten, welche von großen Abnahmemengen, standardisierten Prozessen und einer optimierten Lieferlogistik gekennzeichnet sind.

Für den Standort Stellingen wurden von Marktakteuren Lieferpreise von ca. 95 Euro/t für realistisch gehalten. Ein relevanter Teil dieses Strohs würde demzufolge aus Dänemark angeliefert werden können.

Die im Emsland angegebenen Preise wurden teilweise hinterfragt. Diese Preise wären auf regionaler Ebene nur in der Erntesaison zu erzielen, außerhalb der Ernte würden höhere Preise gezahlt werden müssen. Realistisch seien 80 Euro/t für Strohlieferungen aus Ostdeutschland ins Emsland. Die ostdeutschen Strohpreise liegen deutlich unter dem Preisniveau von Nordwestdeutschland, zudem könne das Stroh als Rückfracht von Misttransporten aus dem Emsland nach Ostdeutschland günstig transportiert werden.

G.3 Strohpreise in reifen ausländischen Märkten

Weltweit existieren nur wenige Länder, in denen Stroh im erheblichen Umfang zur Energieerzeugung eingesetzt wird. Die weltweit reifsten Märkte für Stroh sind England/Wales und Dänemark. Diese werden näher untersucht, um die Annahmen für den deutschen Markt zu überprüfen. Dabei ist vorweg zu schicken, dass beide Länder bezogen auf die Fläche über deutlich *geringere* Stroh-Potenziale verfügen als Norddeutschland. Gleichzeitig ist die Stroh-Nutzung in diesen Ländern um ein Vielfaches höher als aktuell in Norddeutschland, weil dort bereits im großen Maßstab Stroh zur Energiegewinnung genutzt wird.

Aus der Preisentwicklung in diesen Märkten können möglicherweise Rückschlüsse auf die Marktentwicklung in Norddeutschland gezogen werden, wenn sich hier ein entsprechender Markt für großvolumige Abnahme von Stroh zur Energieerzeugung entwickelt.

G.3.1 Preis- und Marktentwicklung in Dänemark

Der Markt für die energetische Strohnutzung in Dänemark hat bisher ein Volumen von ca. 1,4 Millionen Tonnen p.a.²⁴ Dieses Marktvolumen ist in den vergangenen 20 Jahren weitgehend konstant geblieben. Nachdem fast zwei Jahrzehnte kaum neue Heizwerke mit Strohfeuerung gebaut wurden, wurden erst in jüngster Vergangenheit wieder neue Kapazitäten mit relevanter Feuerungsleistung in Betrieb genommen. Zugleich sind in den vergangenen Jahren ältere Heizwerke vom Markt gegangen.

Die Auswertung der verfügbaren Daten für die Preise für Stroh als Brennstoff einschließlich Lieferung frei Heizwerk in Dänemark ergeben folgendes Bild:

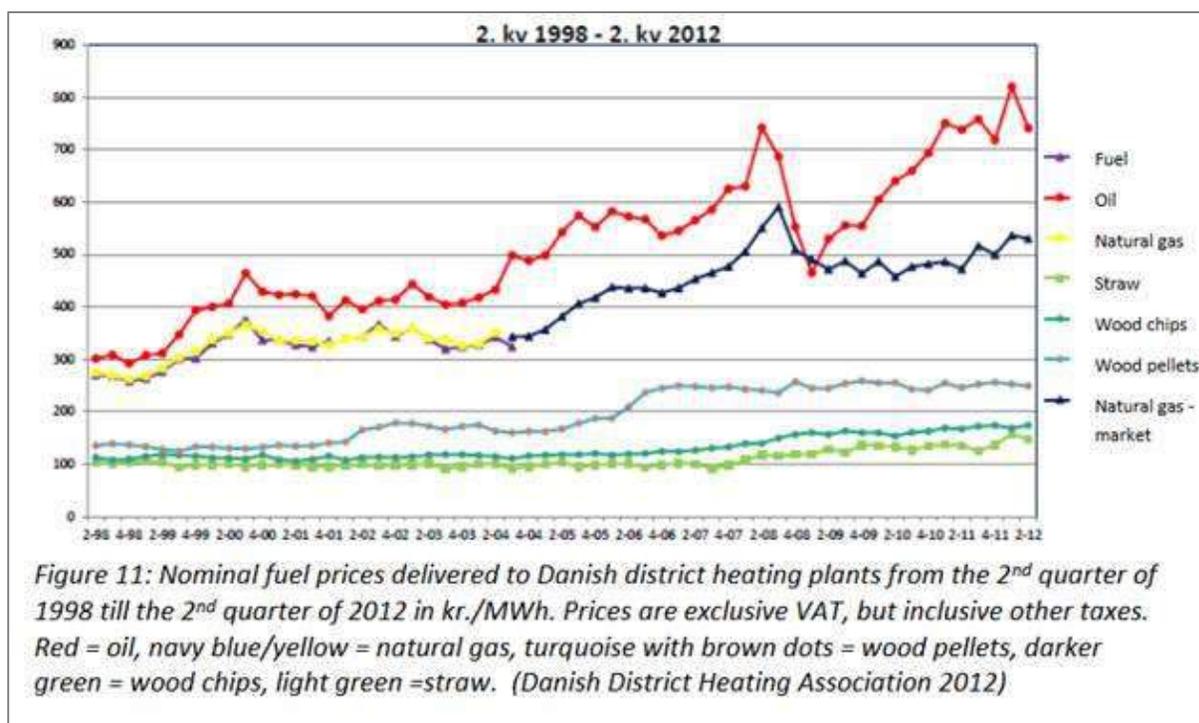


Abbildung 19: Nominal fuel prices (Quelle: Danish District Heating Association 2012).

Erhoben wurden die Daten vom Dänischen Fernwärmeverband. Dargestellt sind die Brennstoffkosten frei Heizwerk für verschiedene Brennstoffarten zwischen den Jahren 1998 und 2012 in Dänischen Kronen (DKK). Die unterste, hellgrüne Linie stellt den Preis für **Stroh (Großballen)** dar. Dieser bewegte sich recht stabil in einem Korridor zwischen 100 und 150 DKK. Umgerechnet in Euro beträgt diese Preisspanne zwischen 13 und 20 Euro/MWh.

²⁴ https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/analysis_of_biomass_prices_2013.06.18_-_final_report.pdf S. 26.

In der zitierten Analyse gehen die Autoren davon aus, dass sich der Brennstoffpreis für Stroh in Dänemark aufgrund der Marktmechanismen automatisch unterhalb des Preises für Hackschnitzel einsortiert (s. hierzu näher unten im Kapitel zu den Marktrisiken).

In einer anderen Untersuchung verschiedener Forschungsinstitute wurden die Preise für **Strohpellets** mit Holzpellets und Holz hackschnitzeln in sieben EU-Ländern verglichen. Strohpellets waren in der Vergangenheit demnach etwa 14% teurer als Holz hackschnitzel, aber günstiger als Holzpellets, wie aus folgender Übersicht ersichtlich wird:

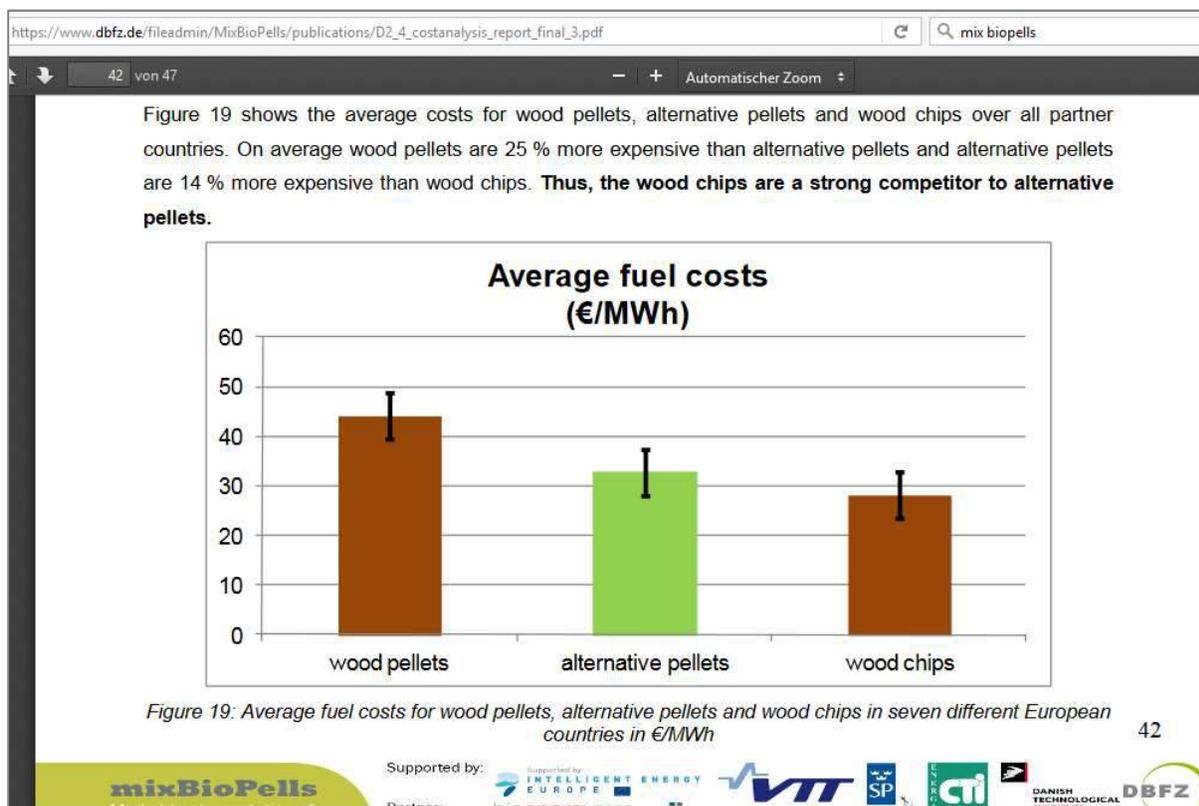


Abbildung 20: Brennstoffkosten für Hackschnitzel, Holzpellets und „alternative Pellets“ in sieben EU-Ländern

Die Belastbarkeit der vom HIC-Gutachten angenommenen Transportkosten konnte ebenfalls anhand der realen Marktbedingungen in Dänemark verifiziert werden. In der oben zitierten Untersuchung,²⁵ gehen die Autoren ebenfalls davon aus, dass die Transportkosten ungefähr die Hälfte der Brennstoffpreise ausmachen.

Aufschlussreich sind auch die realen Preise, welche neue Stroh-Heizwerke für die Strohbeförderung zahlen.

²⁵ [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/analysis_of_biomass_prices_2013.06.18 - final_report.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/analysis_of_biomass_prices_2013.06.18_-_final_report.pdf) S. 92.

Der Strohpreis wurde für ein Werk in Dänemark mit 70 €/t frei Werk angegeben (= ca. **17 Euro/MWh** Brennstoffkosten). Die Genossenschaft schließt jährliche Verträge mit den umliegenden Bauern und Distributoren ab.

G.3.2 Preis- und Marktentwicklung in England und Wales

Wie die folgende Abbildung zeigt,²⁶ schwankte der Preis in England und Wales für Stroh in Großballen bei Abnahme ab Hof in den vergangenen acht Jahren zwischen 30 und 50 Pfund. Dies entspricht (bei einem aktuellen Wechselkurs von 1 zu 1,18) einer Preisspanne von 35 bis 59 Euro pro Tonne.

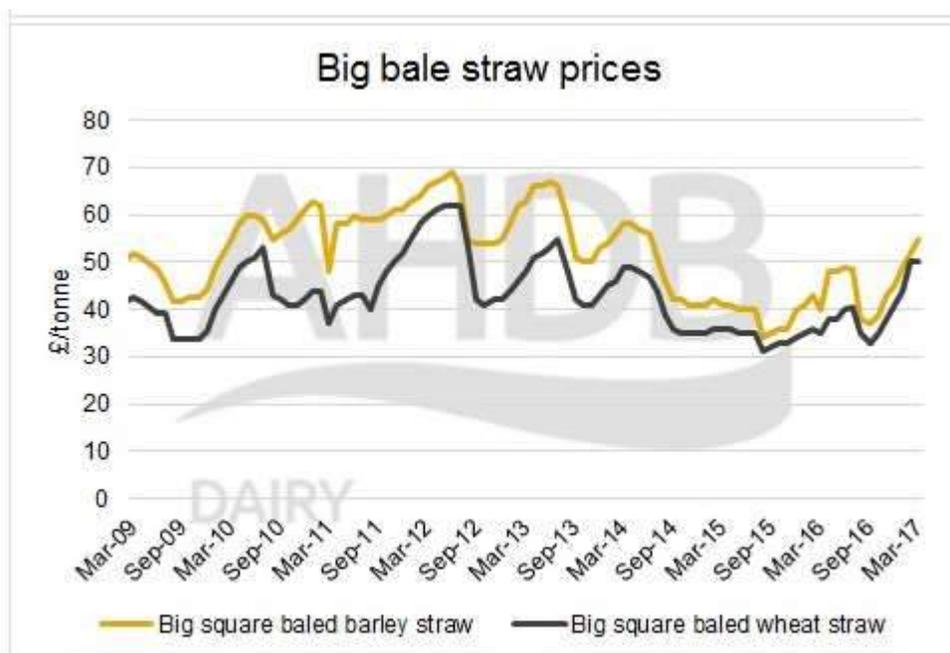


Abbildung 21: Big bale straw prices (Quelle: British Hay & Straw Merchants Association/Defra, British Hay & Straw Merchants Association/Farmers Weekly).

Kalkuliert man hierzu die notwendigen Transportkosten vom Hof zum Kraftwerk in Höhe von ca. 35 Euro/t, so ergeben sich Brennstoffkosten frei Heizwerk in Höhe von 70 bis 94 Euro, dies entspricht Brennstoffkosten in Höhe von 17,5 bis 23,75 Euro/MWh.

In der Erntesaison ist das Stroh jeweils günstiger als zu Beginn des Frühlings, hier spiegeln sich die höheren Lagerkosten nieder.

²⁶ Quelle: <https://dairy.ahdb.org.uk/market-information/farm-expenses/hay-straw-prices/#.WO09r2ekLDc>

Betrachtet man – über die oben dargestellten Jahre hinaus - die langfristige Entwicklung des Strohmarktes in England und Wales seit dem Jahr 2000,²⁷ so zeigt sich, dass es langfristig eine Preissteigerung gegeben hat. Im Januar 2000 lag der Strohpreis bei 21 Pfund/t, in der Erntesaison desselben Jahres fiel der Preis auf 15 Pfund/t. Die Preisspanne zwischen 15 und 25 Pfund war in den Folgejahren der überwiegende Marktkorridor. Erst in den letzten zehn Jahren war eine Erhöhung des Preiskorridors in den Bereich zwischen 30 und 60 Euro zu verzeichnen.

G.4 Zwischenergebnisse

- Die im HIC-Gutachten für Hamburg ermittelten Stroh-Preise in Höhe von ca. 76 Euro/t bzw. 18 - 19 Euro/MWh frei Heizwerk werden in Deutschland teilweise erzielt. Unter den derzeitigen Marktgegebenheiten, die durch Zurückhaltung der Landwirte bei der Strohvermarktung gekennzeichnet ist, werden diese Preise von Marktbeobachtern jedoch nicht für das gesamte Liefervolumen als realistisch betrachtet.
- Solange sich in Deutschland kein liquider Markt mit einem deutlich ausgeweiteten Strohangebot entwickelt, wird eine Preisspanne von 80 bis 100 Euro/t für realistisch gehalten, wobei voraussichtlich relevante Mengen aus überregionalen Quellen geliefert würden.
- Sobald sich der Strohmarkt in Deutschland weiter entwickelt hat, ist von einem niedrigeren Preisniveau auszugehen, welches sich bezogen auf die Produktionskosten pro MWh am Preis für Holzhackschnitzel orientiert.
- Die im HIC-Gutachten angenommenen Preise für Stroh werden sowohl in Dänemark als auch in England erreicht bzw. unterschritten. In England ergaben sich in den letzten Jahren Brennstoffkosten frei Heizwerk in Höhe von 70 bis 94 Euro, dies entspricht Brennstoffkosten in Höhe von 17,5 bis 23,75 Euro/MWh. Neuere Anlagen in Jütland/Dänemark kalkulieren mit einem Strohpreis von 70 Euro/t (ca. 17 Euro/MWh).
- Die Preise für Strohpellets liegen im Mittel etwa 14% über den Preisen für Holzhackschnitzel jedoch geringer als Holzpellets.

²⁷ Siehe der Link auf die excel-Datei unter <https://dairy.ahdb.org.uk/market-information/farm-expenses/hay-straw-prices/#.WO09r2ekLDc>

H. Marktrisiken

Leitfrage

- Wie sind die Risiken bei der Marktpreisbildung für Stroh einzuschätzen, insbesondere im Hinblick auf Nachfrage aus dem Ausland (Dänemark, Niederlande)?

H.1 Risiken durch erhöhte Nachfrage aus Heiz(kraft)werken

Oben wurden die Preise für den Bezug von verschiedenen Biomasse-Brennstoffen durch dänische Anlagen dargestellt. Auffällig hieran ist, dass die Preise für Stroh sich über einen Zeitraum von 15 Jahren kontinuierlich in einem Bereich von etwa 10% unter dem Preis für Holzhackschnitzel bewegen.

In einer ausführlichen Analyse und Projektierung der Preise für Energie aus Biomasse, welche im Auftrag der Dänischen Energieagentur durchgeführt wurde, erläutern die Studienautoren von Energieanalys die Gründe hierfür:²⁸

Weil die Verbrennungsprozesse bei Stroh aufgrund der chemischen Reaktionen (insbesondere wegen des hohen Chlorgehaltes) komplexer sind als bei Holz und höhere Wartungskosten verursachen, müssten sich Brennstoffpreis für Stroh automatisch unter den Preis für Hackschnitzel einsortieren. Der Brennstoffpreis für Holzschnitzel ist aufgrund der leichten Verfügbarkeit (Import) der Referenzpreis auch für Stroh, der zwingend unterschritten werden muss, um das Stroh am Markt absetzen zu können, da andernfalls die Strohheizwerke gegenüber Holzhackschnitzel-Heizwerken nicht konkurrenzfähig zu betreiben wären.

Aus den Daten kann daher gefolgert werden, dass jedenfalls für ein Heizwerk, welches sowohl Stroh als auch Holzhackschnitzel zur Wärmeerzeugung verbrennen kann, der **Weltmarktpreis für Hackschnitzel eine ökonomische Obergrenze für den Strohpreis darstellt**.

Dies ist auch der Grund, weshalb eine etwaige **steigende Nachfrage nach Stroh für Heizwerke in Dänemark oder in den Niederlanden keinen großen Risikofaktor** darstellt. Holzhackschnitzel sind ein weltweit verfügbares Commodity-Produkt, welches heutzutage im Umfang von mehreren Millionen Tonnen p.a. mit Seeschiffen über große Distanzen zwischen Kontinenten bewegt wird.

²⁸ EA Energy Analysis, Analysis of biomass prices, FUTURE DANISH PRICES FOR STRAW, WOOD CHIPS AND WOOD PELLETS "FINAL REPORT" 18-06-2013

https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/analysis_of_biomass_prices_2013.06.18_-_final_report.pdf

Die Transportkosten spielen aufgrund der relativ hohen Energiedichte für deren Preisbildung keine besondere Rolle. Strohheizwerke in der Nähe eines Seehafens, die auch Holzschnitzel als alternativen Brennstoff verfeuern können, bewegen sich somit automatisch innerhalb der globalen Preisbildung auf dem Weltmarkt für Biomasse-Brennstoffe mit hoher Energiedichte, insbesondere Holzhackschnitzel.

Aktuell spricht auch nichts dafür, dass aus Dänemark oder den Niederlanden ein erheblicher Nachfragedruck durch den Bau neuer Anlagen zur energetischen Nutzung von Stroh zu erwarten ist. Wie bereits oben dargelegt wurde, fand in den vergangenen Jahren ein Zubau von Kapazitäten nur im Einzelfall statt. Eine Reihe der Anfang der 1990er Jahre gebauten Stroh-Heizkraftwerke steht in den kommenden Jahren zur Stilllegung an, bis zum Jahr 2015 wurden in Jütland Stroh-Heizkraftwerke mit einem Bedarf von 300.000 t/a stillgelegt.²⁹ Ob die stillzulegenden Anlagen 1:1 durch neue Stroh-Heizwerke oder andere Stroh-basierte-Nutzungen ersetzt werden, erscheint unsicher. Zudem wird der noch ungenutzte, jedoch nutzbare Stroh-Überschuss in Jütland heute auf 1,5 Millionen t/a geschätzt.³⁰

Zudem sind – wie oben dargestellt - die in Norddeutschland vorhandenen, ungenutzten Strohpotenziale so erheblich, dass selbst ein nicht zu erwartender Zubau von mehreren weiteren großen Stroh-Heizwerken im Umkreis von 170 km von Hamburg (und damit teilweise mit überschneidendem Einzugsgebiet für die Brennstoffbeschaffung) vom Markt abgedeckt werden könnte.

Die Begrenzung des Risikos aufgrund der Nachfrage aus benachbarten Ländern zeigt sich auch an Folgendem: Im Zuge der Erstellung dieser Vertiefung wurde den Verfassern dieses Gutachtens ein indikatives Angebot eines Lieferanten zur Lieferung von Stroh aus Dänemark im erheblichen Größenordnungen zu einem Preis von 95 Euro/Tonne frei Heizwerk Hamburg unterbreitet (= Brennstoffkosten ca. 22 Euro/MWh).

Dies ist bemerkenswert, da heute in Dänemark die Nachfrage nach Stroh um ein Vielfaches höher ist als in Norddeutschland und gleichzeitig in Norddeutschland das flächenspezifische Dargebot an Stroh höher ist als in Dänemark. Insofern ist nicht zu erwarten, dass eine erhöhte Stroh-Nachfrage aus dem Ausland zu Verwerfungen auf dem Strohmarkt in Norddeutschland führen kann.

²⁹ <http://www.maabjergenergycenter.com/facts-about-mec/input-output/>.

³⁰ <http://www.maabjergenergycenter.com/facts-about-mec/input-output/>.

H.2 Mitvergärung in Biogasanlagen

Ein weiteres Marktrisiko für strohbasierte Anwendungen liegt in dem Markteintritt von Technologien zur energetischen Nutzung von Stroh, die wettbewerbsfähiger sind als die Verbrennung in einem Heizwerk oder Heizkraftwerk.

Eine **Mitvergärung** von Stroh in konventionellen Biogasanlagen ist technisch bereits heute möglich und wird auch bereits teilweise praktiziert.³¹ Stroh kann dabei eine begrenzte Menge an Maissilage verdrängen. Das quantitative Potenzial einer solchen Mitvergärung von Stroh ist jedoch durch die Anzahl der bestehenden und zu bauenden Biogas-Anlagen begrenzt. Veränderungen des Marktes durch die Erhöhung der Mitvergärung von Stroh in Biogasanlagen sind daher zwar wahrscheinlich, jedoch quantitativ im Vergleich zu den verfügbaren Strohressourcen voraussichtlich unerheblich. Ggf. sollte diese vorläufige Einschätzung jedoch vertieft untersucht werden.

H.3 Kraftstoffe der zweiten Generation

Neben der Wärme- und Strombereitstellung erfährt Rohstoff Stroh auch zunehmend Aufmerksamkeit für die Produktion von **Kraftstoffen der zweiten Generation**.



Abbildung 22: Energetische Nutzungspfade von Stroh, (Quelle: FNR).

Der Einsatz als Rohstoff für die Produktion von **Ethanol** findet gegenwärtig jedoch nur in Demonstrations- oder Pilotanlagen statt.

Eine weitere Technologie, die gegenwärtig technisch realisierbar ist, stellt die **Vergasung** dar. Für die Produktion von Bio-SNG (Synthetic Natural Gas) kommt Stroh allerdings nur in wenigen Demonstrations-Anlagen zum Einsatz.

³¹ http://www.tll.de/ainfo/pdf/st_bstroh.pdf

Ähnlich ist die Situation für **BTL-Prozesse** (Biomass to Liquids) und die Produktion von Kraftstoffen wie DME (Dimethylether), FT-Diesel (Fischer-Tropsch) oder Biomethanol. Die in Europa installierten Demonstrations- und Pilotanlagen basieren hauptsächlich auf dem Einsatz von forstwirtschaftlichen und industriellen Reststoffen. Die Nutzung von Stroh zur BTL-Produktion befindet sich noch in einer sehr frühen Entwicklungsphase.

Einige der oben genannten Verfahren werden bereits in Demonstrationsanlagen industriell hergestellt. Beispiele:

- Das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS) betreibt eine Pilot-Biogasanlage, welche ausschließlich mit Getreidestroh gefahren wird.³² Auch in Hamburg wird an der HAW an entsprechenden Technologien geforscht.³³
- VERBIO³⁴ ist der einzige großindustrielle Produzent von Biodiesel, Bioethanol und Biomethan in Europa. Rund 500 Mitarbeiter sind an drei Standorten beschäftigt. *verbio* wird in der Bioraffinerie ausschließlich aus agrarischen Reststoffen wie Schlempe oder Stroh hergestellt. Zukünftig werden verstärkt agrarische Reststoffe wie Mist und Gülle für die Biomethanherstellung eingesetzt. Ende 2014 ist eine Anlage in Schwedt/Oder zur Produktion von Biomethan aus 100% Stroh in Betrieb gegangen. Diese wird im Rahmen des NER300 Förderprogramms der EU bis 2019 auf eine Kapazität von 16,5 MW ausgebaut.
- Am Karlsruher KIT wird das sogenannte *bioliq*[®]-Verfahren entwickelt, um aus trockener Biomasse synthetische Kraftstoffe und chemische Grundprodukte herzustellen.³⁵
- Süd-Chemie AG: – *sunliquid* – Zellulose-Ethanol aus Agrarreststoffen³⁶: Bei Zellulose-Ethanol handelt es sich um einen Biokraftstoff der zweiten Generation aus Agrarreststoffen wie Getreide- oder Maisstroh. In Straubing steht seit 2012 eine Demonstrationsanlage der Clariant AG zur Produktion von Bioethanol mit einer jährlichen Kapazität von 1.000 Tonnen Ethanol.

Nach Einschätzung von Marktakteuren ist gegenwärtig und in den nächsten Jahren nicht mit einem Eintritt der o.g. Technologien in den Markt zu rechnen, da diese ohne Fördermittel auf absehbare Zeit nicht wettbewerbsfähig sind.

³²http://www.ikts.fraunhofer.de/content/dam/ikts/de/documents/Strom_aus_Stroh_2010tcm185-71958.pdf

³³<https://www.haw-hamburg.de/themendienst/projekt-news-detail/artikel/zukunft-im-reaktor-wie-stroh-biomais-in-der-stromgewinnung-ersetzen-kann.html>

³⁴<http://www.verbio.de/>

³⁵<http://www.bioliq.de/index.php>

³⁶<http://www.technik-für-kommunen.de/news-sudchemie-bioethanol.htm> ;

<http://www.clariant.com/de/Business-Units/New-Businesses/Biotech-and-Biobased-Chemicals/Sunliquid> ; <http://sunliquid-project-fp7.eu/>

Eine grundlegende Änderung des Förderrahmens könnte jedoch dazu führen, dass sich die Technologien mittelfristig durchsetzen. Im Hinblick auf die Speicherbarkeit, den Transport über bestehende Infrastrukturen und die vielseitige Nutzbarkeit von Kraftstoffen (zur Verstromung, im Mobilitätssektor, als Ersatz von Erdgas oder Heizöl, Industrieprozesse) erscheint die Nutzung von Stroh zur Kraftstoffherzeugung klima- und energiepolitisch auch sinnvoll.

Dies heißt jedoch nicht, dass sich damit die Marktbedingungen für ein Stroh-Heizwerk oder Stroh-Heizkraftwerk verschlechtern müssen. Erstens ist zu beachten, dass der Markteintritt der genannten Technologien einen deutlich längeren Vorlauf haben wird als der Bau des angedachten Heizwerks. Zweitens wird ein Heizwerk mittel- bis langfristige Lieferverträge mit Landwirten abschließen. Drittens sind die regional verfügbaren Strohpotenziale so groß, dass auch bei Zubau von weiteren großen Stroh-Nachfragern nicht mit einer kritischen Verknappung des Rohstoffs zu rechnen ist. Viertens haben Stroh-Heizwerke erhebliche Kostenvorteile. Im Hinblick auf die Stroh-Bereitstellungskosten gegenüber alternativen energetischen Stroh-Nutzungen, wie die folgende Darstellung des DBFZ zeigt:

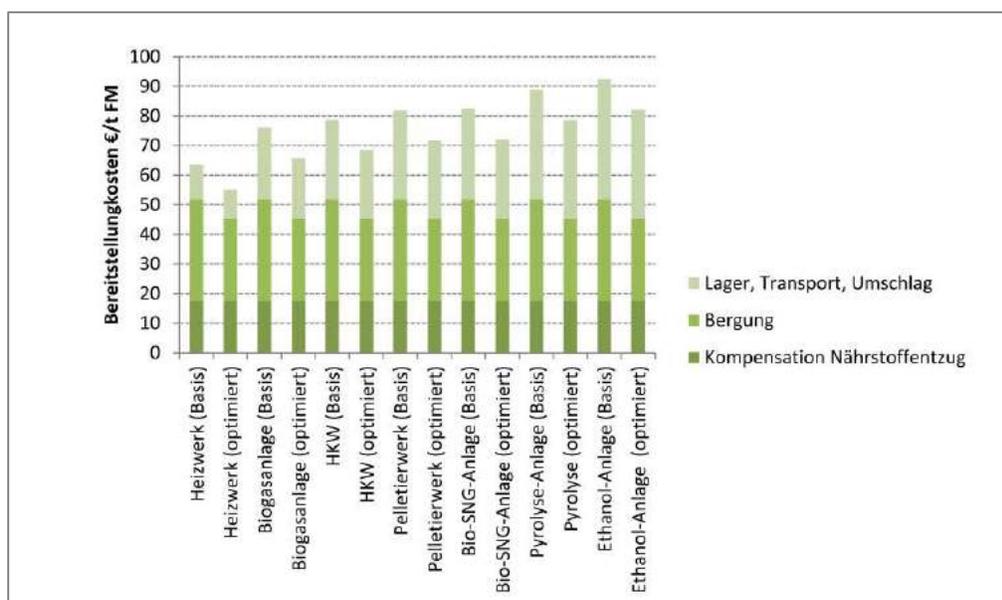


Abbildung 23: Strohbereitstellungskosten der einzelnen Konversionspfade (Bezugsjahr 2010), Quelle: DBFZ Report 13

Mit dem bestehenden Regulierungs- und Marktrahmen ist es daher für die kommenden Jahre eher unwahrscheinlich, dass erhebliche Verschiebungen des norddeutschen Strohmarktes durch großindustrielle Herstellung von Kraftstoffen der zweiten Generation auftreten werden.

H.4 Zwischenergebnis

Bei der Beurteilung der der Marktrisiken durch das mögliche Hinzutreten weiterer Nachfrager nach Stroh auf dem Markt ist zeitlich zu differenzieren:

- **Kurzfristig** (5 Jahre) ist es unwahrscheinlich, dass durch zusätzliche Nachfrage aus dem Ausland oder neue nachfragerrelevante Technologien aus dem Inland neue Nachfragevolumen generiert werden, die im Vergleich zu den verfügbaren Stroh-Potenzialen marktrelevante Verwerfungen erzeugen.
- **Mittelfristig** (5 bis 15 Jahre) ist damit zu rechnen, dass weitere Nutzer aus dem In- und Ausland die Nachfrage nach Stroh erhöhen. Angesichts der riesigen Mengen an noch verfügbarer Stroh-Biomasse in Deutschland, Dänemark, Frankreich, Osteuropa und Spanien ist jedoch nicht damit zu rechnen, dass mittelfristig eine für den Markt kritische Rohstoffknappheit entsteht.
- **Langfristig** (über 15 Jahre) ist damit zu rechnen, dass sich alternative Nutzungspfade für die Energiegewinnung aus Stroh zunehmend etablieren. Energiewirtschaftlich haben diese gegenüber der Verbrennung Vorteile, kostenseitig jedoch bislang deutliche Nachteile. Der dann herrschende – heute nicht absehbare - regulatorische Rahmen wird entscheiden, welche Technologien sich durchsetzen.
- Im Ergebnis sind die Marktrisiken für ein Stroh-Heizwerk kurz- und mittelfristig als begrenzt einzuschätzen. Durch eine entsprechende Kalkulation der Abschreibungszeiträume sowie der Vertragsgestaltung für die Rohstofflieferung sollte eine Minimierung des Risikos auf ein vertretbares Maß möglich sein.

I. Standorte für Erzeugungsanlagen

- Welche **Standorte** kommen für ein Stroh-Heizwerk grundsätzlich in Frage. Wieviel Flächenbedarf ist für eine solche Anlage incl. Lagerhaltung und Anlieferung erforderlich?

I.1 Flächenbedarf

Als Beispiel für den Flächenbedarf eines Strohheizkraftwerks dient die derzeit in Bau befindliche Anlage in Aarhus. Die Feuerungswärmeleistung beträgt 110 MW, die Anlage kann sowohl zu 100% mit Stroh, alternativ jedoch anteilig mit Holzhackschnitzeln betreiben werden. Die Gesamtfläche der Anlage beträgt ungefähr 2,5 Hektar. Das Strohlager mit einer Kapazität von 16.000 m³ (ca. 4.500 Ballen) hat eine Fläche von 4.500 m² (0,45 Hektar) und ist in der Abbildung unten mittig in Dunkelgrün dargestellt. Die Grundfläche des Holzhackschnitzellagers mit einer Kapazität von 2.000 m³ beträgt 200 m².³⁷

Kleinere Anlagen haben einen entsprechend geringeren Flächenbedarf. Beispielsweis kommt das neue Strohheizwerk in Vejen mit einem Flächenbedarf von unter 0,5 Hektar aus:



Abbildung 24: Strohheizwerk in Vejen/Dänemark (Quelle: Google Maps)

Alle betrachteten Beispiele von realisierten Anlagen liegen außerhalb der Städte, d.h. entweder im ländlichen Raum (Anlagen in UK) oder deutlich außerhalb der Kernstädte (Aarhus, Vejen). Es ist daher davon auszugehen, dass bei der Planung die Optimierung der Flächeneffizienz nicht im Vordergrund stand und gewisse diesbezüglich bei einer Planung im großstädtischen Kontext mit starker Flächenknappheit Optimierungspotenziale im Hinblick auf die Flächeneffizienz bestehen.

³⁷ <https://www.aarhus.dk/~media/eDoc/1/2/0/1201683-1602814-1-pdf.pdf>;
<https://www.aarhus.dk/~media/Dokumenter/Borgmesterens-Afdeling/Indkoeb-og-Udbud/Aktuelle-udbud-2014/2--kvarter/Biokraft-Lisbjerg/B08-udbudsbekg.pdf>

Die betrachteten Beispiele von realisierten Anlagen verdeutlichen, dass die Flächen für die Anlieferung und vor allem die Lagerung des Strohs eine erhebliche Bedeutung für den Flächenbedarf des Heizwerks haben. Die Dimensionierung der Stroh-Lagerfläche wird in der Regel so bemessen, dass vor Ort ein Strohvorrat lediglich für einige Tage vorhanden ist. Die saisonale Lagerung des Strohs erfolgt dezentral bei den Strohproduzenten, welche nach Vereinbarung das Stroh in das Kurzzeit-Lager am Kraftwerk bringen.

Bei einer Multifuel-Anlage, die sowohl mit Strohballen als auch mit Hackschnitzeln, Holzpellets oder Strohpellets betrieben werden kann, ist es möglich, die Lagerflächen für die Brennstoffe kleiner zu dimensionieren als bei einer reinen Strohballen-Anlage. Die Lagerung von Hackschnitzeln oder Pellets hat gegenüber der Lagerung von Stroh zwei Vorteile: Erstens ist die Energiedichte von Hackschnitzeln und Holzpellets deutlich höher als von Strohballen. Zweitens können Pellets und Hackschnitzel in Silos gelagert werden, d.h. es können auch hohe Silos errichtet werden, die einen entsprechend geringeren Flächenbedarf als Strohballen-Lager haben, da die Stapelbarkeit von Strohballen in der Höhe begrenzt ist.

Der genaue Flächenbedarf hängt somit von der Spezifizierung der Anlage ab. Auf der Grundlage der realisierten Anlagen in Dänemark und England kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der Flächenbedarf für eine Anlage mit einer Feuerungswärmeleistung von 30 bis 80 MW bei 1 bis 2 Hektar liegt. Im HIC-Gutachten waren wir von 1,2 ha Flächenbedarf ausgegangen. Im Folgenden wird für die Standortprüfung vorsorglich ein Flächenbedarf von 2 ha unterstellt.

I.2 Anforderungen an die Fläche

Aus **planungsrechtlicher** Sicht muss die Fläche in einem Industriegebiet oder ausgewiesenem Kraftwerks-Standort liegen. Nur dort dürften die von der Anlage ausgehenden Emissionen zulässig sein.

Erforderlich ist auch eine sehr gute **verkehrliche Erschließung**. Bei einem Strohballen-Kraftwerk ist davon auszugehen, dass die Anlieferung der Strohballen über Sattelzüge mit Anhänger erfolgt und einige zweistellige Anzahl von Strohlieferungen am Tag erfolgt. Der Anlieferverkehr muss daher über leistungsfähige Straßen erfolgen und sollte nicht durch Wohngebiete erfolgen. Eine Anlieferung von Strohballen über Schiffe oder mit dem Zug kommt aus wirtschaftlicher Sicht hingegen aus heutiger Sicht nicht in Frage, weil am Ursprungsort des Strohs in der Regel kein Güterbahnhof oder Hafen mit entsprechender, spezialisierter Krantechnik vorhanden ist und zudem der zusätzliche Umschlagsvorgang die Transportkosten zu stark verteuert.

Hingegen hat für eine Multifuel-Biomasse-Anlage ein Standort mit seeschifftiefen **Wasserzugang** und Anlegemöglichkeit Vorteile. Viele große Biomasse-Multifuel-Anlagen in Dänemark liegen dementsprechend an Standorten mit Seezugang (Aarhus: Studstrup; Kopenhagen: Avedøre, Amager). Bei diesen ehemaligen Kohlekraftwerken wird die vorhandene Infrastruktur der Kohle-Anlieferung genutzt, um Biomasse aus entfernteren

Regionen anzuliefern. Hierdurch wird ein wirtschaftlicher Zugang zu internationalen Biomassemärkten gesichert.

Ein solcher Wasserzugang verringert die Transportkosten für den Import von nicht-regionaler Biomasse, weil ein Weitertransport vom Hafen zum Kraftwerk entfällt.

Ein Wasserzugang ist aus zwei Gründen jedoch keine zwingende Voraussetzung für ein Multifuel-Biomasse-Heizwerk: Erstens kann die angestrebte Belieferung mit Holz aus regionalen Quellen in der Regel ohnehin ausschließlich über LKW erfolgen. Ein Transport mit dem Schiff oder der Bahn entfällt aus denselben, bereits oben für Strohballen genannten Gründen. Zweitens sind selbst im Fall des Imports von Biomasse von außerhalb der Region die entsprechenden Distanzen bei einem Transport vom Hafen zu einem Standort in Hamburg gering. Insofern kommen grundsätzlich für Multifuel-Anlagen auch andere Standorte in Hamburg in Frage, jedoch bieten diese die genannten Einschränkungen im Hinblick auf den Marktzugang für Brennstoffe bzw. dessen Kosten.

I.3 Standortprüfung Stellingen

Die Stadtreinigung Hamburg plant am Standort der ehemaligen Müllverbrennungsanlage Stelling Moor ein neues Zentrum für Ressourcen und Energie, das einen wesentlichen Beitrag zur Fernwärmeversorgung in Hamburg leisten kann³⁸. Der derzeitige Planungsstand sieht vor, am Standort den biogenen Anteil von Hausmüll, sowie ansonsten nur schwer verwertbare Biomassen (u.a. Laub und Deichmahd) in einem Heizkraftwerk zur energetischen Verwertung einzusetzen. Neben dieser Anlage ist ein weiteres Heizkraftwerk geplant, das auf Ersatzbrennstoffen (EBS) aus Hausmüll und gewerblichen Abfällen basiert. Daneben ist vorgesehen, das aus der Vergärung stammende Biogas bei Bedarf in der Heizperiode zu Heizzwecken einzusetzen und ggfls. Erdgas-KWK-Anlagen sowie eine Power to heat-Anlage zu errichten.

Nördlich der stillgelegten MVA Stellingen liegt der Betriebshof Stelling Moor der HSE verkehrsgünstige an der A7 Ausfahrt Volkspark. Hier könnte eine Erweiterung des Standortes Stellingen durch eine weitere Biomasse-Anlage (statt fossiler KWK) auf dem nördlich angrenzenden HSE-Gelände realisiert werden. Die vorhandene Fläche auf dem HSE-Gelände würde deutlich ausreichen, um ein 80 MW Stroh-Heizwerkes mit einem Brennstoffumsatz von ca. 90.000 t/a bei 4.500 VBH zu errichten. Geht man mit konservativen Annahmen davon aus, dass der Platzbedarf für ein solches Heizwerk einschließlich Lager- und Anfahrtflächen bei ca. 20.000 m² liegt, wäre die HSE-Fläche nur zum Teil belegt. Die mögliche Lage der 2 Hektar großen Fläche für die Anlage wird in der folgenden Abbildung in Rot angedeutet:



Abbildung 25: Mögliche Betriebsfläche nördlich des Betriebshofes der SRHH

³⁸ <http://www.hamburg.de/contentblob/6882684/058302b5792efce22fd5a8deb7bb5f/data/planung-eines-zre.pdf> Abruf 13.10.2016

Planungsrechtlich erscheint der Standort im Industriegebiet für eine entsprechende Anlage geeignet.

Die verkehrliche Erschließung des Standorts ist für den Transport mit LKW durch die unmittelbare Lage an der Autobahn A 7 ideal. Eine zusätzliche erhebliche Störung empfindlicher Nutzungen durch den Anlieferverkehr kann aufgrund der hohen Vorbelastung des Standorts direkt an der A7 nahezu ausgeschlossen werden.

Es liegt kein Wasserzugang am Standort vor. Durch die parallel verlaufenden Bahnflächen wäre jedoch verkehrstechnisch auch eine Anlieferung per Bahn in die unmittelbare Nähe denkbar, sofern die entsprechende Lade-Infrastruktur errichtet werden kann. Jedoch erscheint die Wirtschaftlichkeit eines solchen Transports und der zusätzlichen Umschlagsvorgänge sehr fraglich, zumindest solange die externen Kosten des LKW-Transports sich nicht im Transportpreis niederschlagen.

Weiterhin wäre zu prüfen, ob die von der SRHH geplanten Anlagen nicht derart ausgestaltet werden könnten, dass sie neben den vorgesehenen Brennstoffen (Biomasse, EBS) auch Stroh-Brennstoffe mit nutzen könnten und auf eine höhere thermische Leistung ausgelegt werden können. Dies könnte ggfls. Kosten einsparen bei den Kesselinvestitionen aber auch bei Abgasreinigungsanlagen.

I.4 Standortprüfung Dradenau

Ein weiterer potenzieller Standort für ein Biomasse-Heizwerk ist der Standort des Klärwerks Dradenau. Zu beachten ist als zusätzliche Randbedingung, dass auch die für diesen Standort vorgesehene Großwärmepumpe Platzbedarf hat und entsprechende Flächen frei gehalten werden müssen.

Auch unter Beachtung dieser Prämisse dürfte auf dem Klärwerksgelände Platz für eine ca. zwei Hektar große Biomasse-Anlage vorhanden sein, wie die folgende Übersicht verdeutlicht.

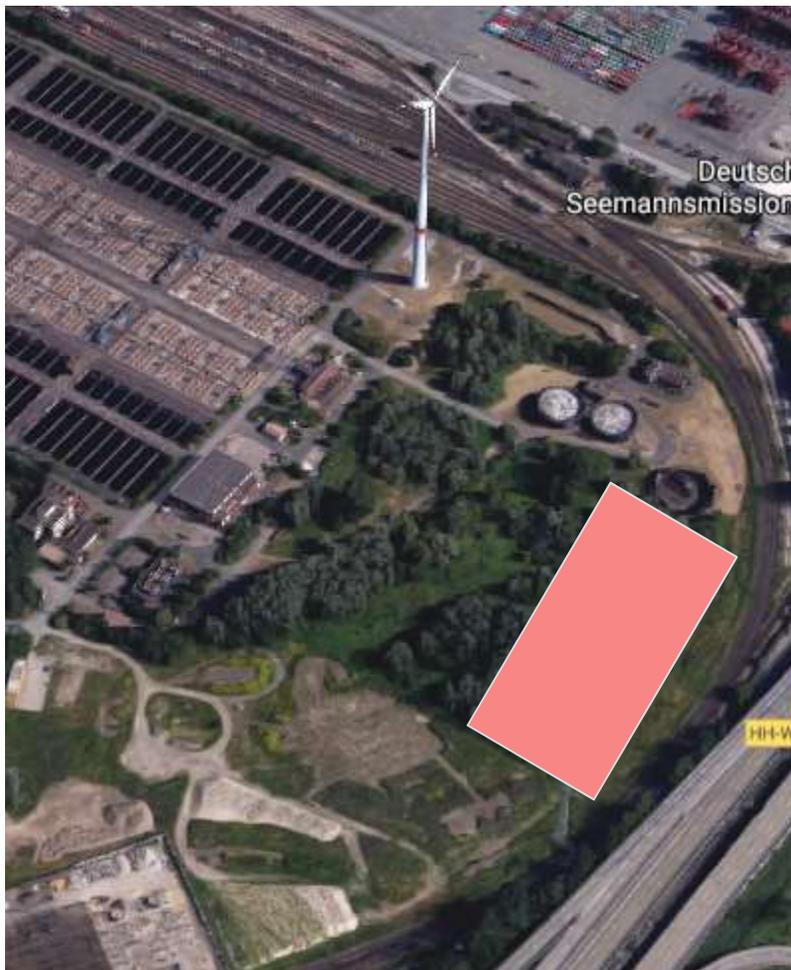


Abbildung 26: Standortprüfung Dradenau, (Quelle: Google Maps).

Die verkehrliche Erschließung dieses Standortes ist ideal. Es liegt – wie am Standort Stellingen - ein unmittelbarer Anschluss an die Autobahn A7 vor. Auch eine Schienen-Anbindung ist vor Ort.

Zusätzlich liegt der Standort im Hafen und in unmittelbarer Nähe des Hansahafens, auf dem Massengut – insbesondere Kohle - umgeschlagen und gelagert wird. Noch zu überprüfen ist, ob ein kostengünstiger leitungsgebundener Transport von Hackschnitzeln oder Holz- bzw.

Strohpellets vom Hansahafen oder vom westlich gelegenen Dradenauhafen zum Heizwerk ohne zusätzlichen Umschlagsvorgang (z.B. mittels Förderbändern oder Rohrleitungen mit Förderschnecken o.ä.) möglich ist.

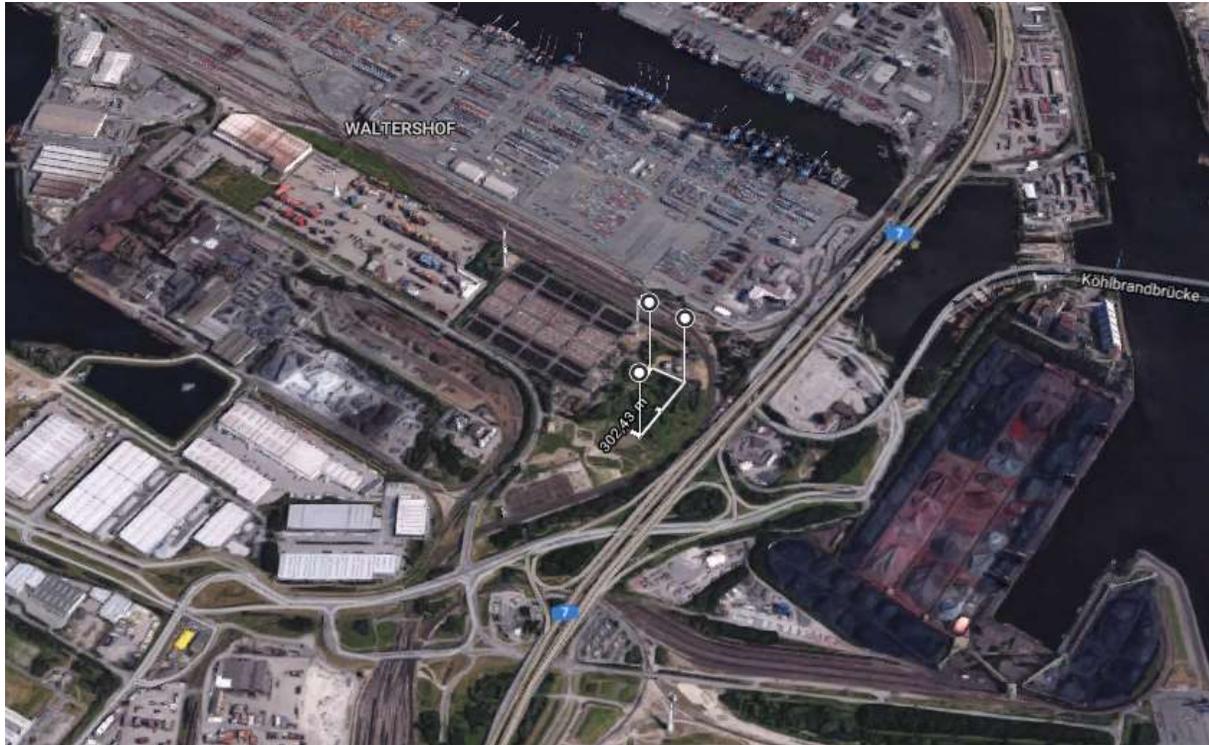


Abbildung 27: Standortprüfung Dradenau, (Quelle: Google Maps).

I.5 Standortprüfung Wedel

Als dritter potenzieller Standort für ein Biomasse-Heizwerk kommt der jetzige Standort des Kraftwerks Wedel in Frage.

Der Standort weist erhebliche Vorteile, jedoch auch Nachteile auf.

Vorteilhaft ist, dass es sich um einen genehmigten Kraftwerksstandort handelt und eine leistungsfähige Anbindung an das Fernwärmenetz vorhanden ist. Sofern ein Heizkraftwerk errichtet werden sollte, ist ebenfalls ein leistungsfähiger Anschluss an das Stromnetz vorhanden. Ebenso ist eine leistungsfähige Durchlaufkühlung vorhanden. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass eine Anlegemöglichkeit für Seeschiffe vorhanden ist, welche für die Anlieferung von Biomasse genutzt werden kann. Der Standort Wedel ist somit der einzige Standort, der

- über eine vorhandene leistungsfähige Fernwärme- und Kraftwerks-Infrastruktur verfügt und
- einen unmittelbaren Zugang zur Seeschifffahrt

verfügt.

Durch den Zugang zum seeschifftiefen Wasser und der vorhandenen Lager-Infrastruktur erscheint insbesondere eine Zufeuerung oder Umrüstung des heutigen Kohle-Kraftwerks auf Biomasse eine gangbare Option.

Nachteilhaft an dem Standort ist demgegenüber, dass bereits heute ein erheblicher Konflikt um diesen Standort herrscht und die FHH zudem nicht die Planungskompetenz für diesen Standort hat. Im Hinblick auf die Anlieferung von Biomasse dürfte eine Anlieferung per LKW aufgrund der Lage des Kraftwerks im Wohnumfeld zu erheblichen Konflikten mit der Nachbarschaft führen.

Für diesen Standort scheidet damit voraussichtlich eine Verfeuerung von Strohballen aus. Denkbar erscheint jedoch eine Anlage zur Verbrennung von Stroh- und Holzpellets und Hackschnitzeln.

Solange das jetzige Kohlekraftwerk am Standort noch läuft, ergeben sich zudem für die Übergangsphase Restriktionen bei der Standortentwicklung für ein neues Biomasse-Heizwerk. Die vorhandenen nicht genutzten Flächen am Standort sind begrenzt.

Im Rahmen dieses Gutachtens konnte keine genaue Prüfung der planungs- und eigentumsrechtlichen Verhältnisse der Fläche erbracht werden, jedoch fallen zwei Flächenoptionen ins Auge:

Fläche südlich Umspannwerk

Die in der Abbildung rot markierte Freifläche südlich des Umspannwerks dürfte etwas weniger als zwei Hektar groß sein, jedoch wahrscheinlich groß genug für ein Heizwerk mit der angestrebten Leistung.



Abbildung 28: Standortprüfung Umspannwerk Wedel, (Quelle: Google Maps).

Kohlenhalde

Soweit die Fläche südlich des Umspannwerks nicht in Frage kommen sollte, wäre eine Errichtung des Heizwerks auf einer Teilfläche der Kohlehalde denkbar. Die offene Kohlehalde nimmt heute eine Fläche von ca. vier Hektar ein.



Abbildung 29: Standortprüfung Kohlehalde Wedel, (Quelle: Google Maps).

Gemeinsam mit VWH wäre zu ermitteln, ob und unter welchen Voraussetzungen eine teilweise Umnutzung der Kohlehalden möglich ist. Denkbar erscheint dies z.B. bei Umsetzung folgender Maßnahmen:

- Veränderung der Lieferlogistik: Häufigere Anlieferung von Kohle für den Zeitraum des Baus der Anlage
- Außerbetriebnahme eines der Kraftwerksblöcke
- Errichtung eines flächeneffizienten Kohlensilos, welches später als Biomasse-Lager weiterverwendet werden kann.

I.6 Zwischenergebnis

- In Hamburg kommen die Standorte Kraftwerk Wedel, Dradenau sowie Stellingen als Standorte für eine Strohverbrennungsanlage in Betracht. (Weitere Standorte wurden nicht betrachtet.)
- Am Standort Wedel käme aufgrund der verkehrlichen Erschließung voraussichtlich nur ein Betrieb mit Strohpellets und Holz-Biomasse in Frage, die über den Seeweg angeliefert werden.
- Für den Standort Wedel kommt auch eine Umrüstung des bestehenden Kraftwerks auf den Brennstoff Holz und ggf. einen Anteil Strohpellets in Frage.
- Der Standort Dradenau ist sowohl für eine Strohballen-Anlage als auch für eine multivalente Biomasse-Verbrennungsanlage nutzbar und würde durch den Hafenzugang unmittelbar am Biomasse-Weltmarkt teilnehmen können. Nachteilig ist die fehlende Anbindung an das Fernwärmenetz.
- Der Standort Stellingen hat keinen Seezugang, so dass der Transport der gesamten Biomasse voraussichtlich per LKW erfolgen würde (eine Anlieferung per Bahn wäre ggf. gesondert zu untersuchen). Weiterhin kommt eine gemeinsame Nutzung der von der SRHH vorgesehenen Anlagen auch für die energetische Strohnutzung in Frage.

J. Wärmegestehungskosten

- Welche **Wärmegestehungskosten** sind bei einem Stroh-Heizwerk von 80 MW thermischer Leistung zu erwarten?

Bei vorsorglich unterstellten höheren Brennstoff-Bezugskosten zwischen 80 und 120 Euro/t entwickeln sich die errechneten Wärmegestehungskosten (analog zu den Annahmen im ersten Gutachten Kapitel H1) wie folgt³⁹:

Brennstoffpreis [Euro/t frei Anlage]	Wärmegestehungskosten (ohne Investitionsförderung) in ct/kWh bei angenommener Laufzeit von		
	4500 h/a	3000 h/a	1000 h/a
80 Euro/t	3,5 ct/kWh	4,3 ct/kWh	8,6 ct/kWh
90 Euro/t	3,8 ct/kWh	4,5 ct/kWh	8,8 ct/kWh
100 Euro/t	4,0 ct/kWh	4,8 ct/kWh	9,1 ct/kWh
120 Euro/t	4,5 ct/kWh	5,3 ct/kWh	9,6 ct/kWh

Tabelle 3 Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit von den Brennstoffpreisen (frei Heizwerk)

Die Tabelle zeigt die starke Abhängigkeit der Wärmegestehungskosten von der jährlichen Auslastung der Anlage durch die anteiligen Fixkosten.

Ein noch klärungsbedürftiger Punkt besteht im Hinblick auf die angenommenen Investitionskosten für die Anlage: Zu klären ist, ob und in welchem Umfang die in Deutschland fortgeschriebenen immissionsschutzrechtlichen Anforderungen Auswirkungen auf die Investitions- und Betriebskosten haben. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde in Erfahrung gebracht, dass zumindest in der Vergangenheit die immissionsschutzrechtlichen Anforderungen an Stroh-Heizwerke in Dänemark geringer waren als in Deutschland.

Im Rahmen der verfügbaren Zeit für dieses Gutachtens konnte nicht abschließend geklärt werden, ob die zur Berechnung der Wärmegestehungskosten angenommenen Investitions- und Betriebskosten auch vor dem Hintergrund der jetzigen bundesdeutschen Immissionswerte noch aktuell sind. Hierzu sollten konkrete Gespräche mit Anlageherstellern und dem zuständigen Amt für Anlagengenehmigungen der BUE geführt werden.

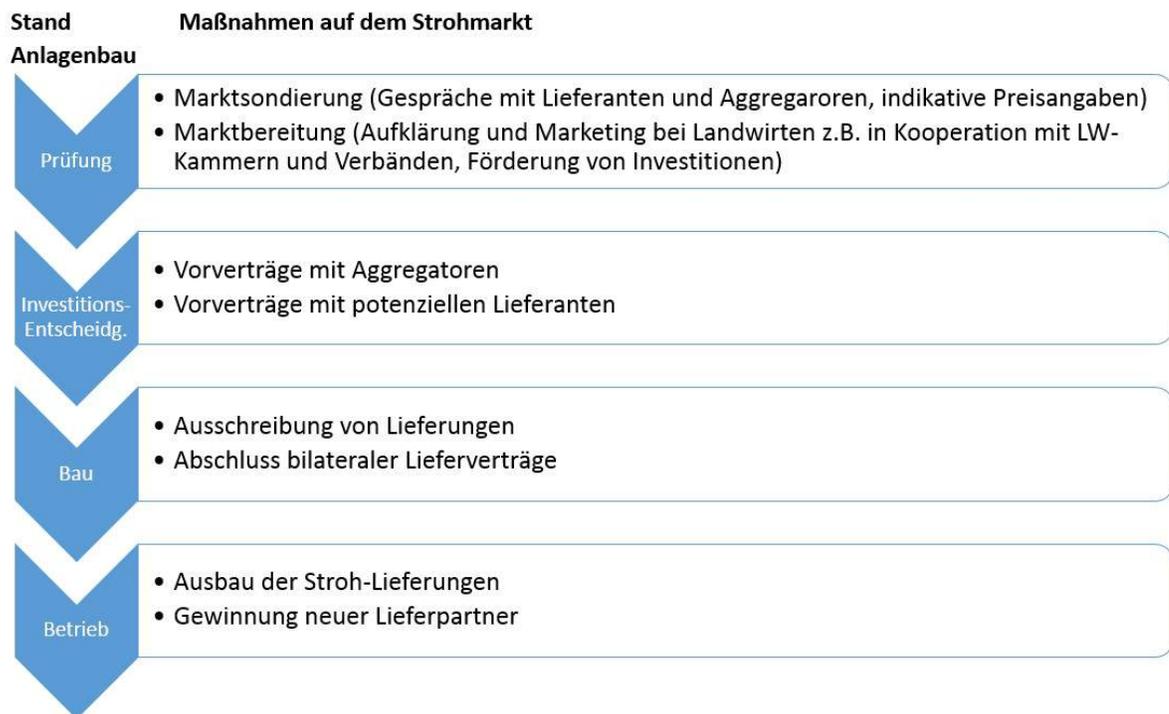
³⁹ Hierbei sind Investitionskosten von 47,5 Mio Euro für die Anlage angenommen. Die Investition wird über einen Zeitraum von 20 Jahren mit einem Zinssatz von 2 % annuisiert. Die jährlichen Wartungs- und Instandhaltungskosten sind mit 1,5 % der Investition angenommen, dazu kommen angenommene 900 T€ Personalkosten, 475 T€ Verwaltung und Versicherungen sowie 77 T€ sonstige variable Kosten.



Andererseits sind hier auch bisher keine Fördermöglichkeiten des Bundes oder der Freien und Hansestadt Hamburg mit eingerechnet. Derartige Investitionsanreize würden die Wärmegebungskosten senken.

K. Empfehlungen

- Die Verbrennung von Stroh zur Erzeugung von Fernwärme bietet das Potenzial einer regionalen und nachhaltigen Wärmeerzeugung auf Basis einer international breit erprobten Technologie und sollte für Hamburg weiterverfolgt werden.
- Im Hinblick auf konkrete mögliche Standorte sollten vertiefte Untersuchungen vorgenommen werden.
- Zur Verringerung der mit dem Brennstoff verbundenen Risiken sollte bei der Planung der entsprechenden Anlage darauf geachtet werden, dass weitere Biomasse-Brennstoffe verbrannt werden können (Multi-fuel-Anlagen).
- Um die beschriebenen Restriktionen auf dem Strohmarkt zu verringern, wird ein gestuftes Vorgehen empfohlen, das wie folgt dargestellt werden kann:



- Zur Senkung und Absicherung der Wärmegestehungskosten sind weitere Klärungen im Hinblick auf mögliche Investitionsförderungen oder andere Fördermöglichkeiten des Bundes durchzuführen. Gleiches gilt für die Kosten zur Erfüllung der Anforderungen des Immissionsschutzes.

L. Anhang: Gespräche mit Marktakteuren

Gespräche und Telefonate wurden u.a. mit Vertretern folgender Institutionen geführt

- **Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe FNR**
- **Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ**
- **Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft TLL**
- **Bioenergiekraftwerk Emsland BEKW**
- **Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein**
- **Bundesverband der Maschinenring e.V.**
- **Strohheizwerk Vejens (Dänemark)**
- **Maschinenring Harburg e.V.**
- **TU Hamburg-Harburg**, Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Bereich Biomasse
- **TU Hamburg-Harburg**, Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Bereich Abfallressourcen
- **Ingenieurbüro** aus dem Bereich Energieversorgung

M. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Nachhaltiges Strohpotenzial auf Landkreisebene nach den Humusbilanzmethoden VDLUA und HE / Mittelwert 1999-2007 (Quelle: DBFZ 2011)....	10
Abbildung 2:	Nachhaltiges Strohpotenzial der Landkreise in der Metropolregion Hamburg nach den Humusbilanzmethoden VDLUFA und HE (Quelle: DBFZ 2011).....	12
Abbildung 3:	Nachhaltiges Arbeitspotenzial aus Stroh der Landkreise in der Metropolregion Hamburg nach den Humusbilanzmethoden VDLUFA und HE (Umrechnungsfaktor: 4 MWh/t) (Quelle: DBFZ 2011).	13
Abbildung 4:	Nachhaltiges Leistungspotenzial aus Stroh der Bundesländer in der Metropolregion Hamburg nach den Humusbilanzmethoden VDLUFA und HE (Annahmen: 4500 Volllaststunden, Wirkungsgrad 100%) (Quelle: DBFZ 2011).....	14
Abbildung 5:	Elemente einer Bereitstellungskette (Quelle: DBFZ 2012).	16
Abbildung 6:	Globale und regionale Verteilung von Biomassepotenzialen (Quelle: BMVBS-Online-Publikation, Nr. 27/2010).	24
Abbildung 7:	Globale und regionale Verteilung von Biomassepotenzialen (Quelle: BMVBS-Online-Publikation, Nr. 27/2010).	25
Abbildung 8:	Dichte und Energiedichte unterschiedlicher biogener Festbrennstoffe (bei 15% Wassergehalt), (Quelle: Kaltschmitt u.a., a.a.O, Energie aus Biomasse, 2016, S. 332). 27	27
Abbildung 9:	Brennstoffkosten von Getreidestroh frei Feuerungsanlage (ohne MWSt.), (Quelle: FNR, Leitfaden Bioenergie, a.a.O., S. 159).....	31
Abbildung 10:	Parameter, Preise und Leistungen für die Strohbergung mit Quaderballenpresse (alle Preisangaben sind Nettobeträge ohne MwSt.), (Quelle: DBFZ Report 13). 32	32
Abbildung 11:	Verfahrenskosten und Arbeitsaufwand der Strohbergung mit Quaderballenpresse, (Quelle: DBFZ Report 13).	33
Abbildung 12:	Berechnung der Bergungskosten bzw. Preiskalkulationen verschiedener Autoren, (Quelle: DBFZ Report 13).....	34
Abbildung 13:	Charakterisierung der berücksichtigten Lagertypen, (Quelle: DBFZ Report 13). 35	35
Abbildung 14:	Kosten der Strohballenlagerung, (Quelle: IER 2012).	35
Abbildung 15:	Beim Transport eingesetzte Maschinen und ihre Charakterisierung, (Quelle: DBFZ Report 13).....	36
Abbildung 16:	Modellierte Bereitstellungskosten für unterschiedliche Transportdistanzen (Punkte) und daraus abgeleitete Funktion für die Bereitstellungskosten abhängig von der Transportdistanz (Linie) (Quelle: DBFZ 2011/eigene Berechnungen).....	36
Abbildung 17:	Modell der Bereitstellungskette für Stroh zur Energieproduktion (Quelle: DBFZ 2011).....	38

Abbildung 18: Strohbereitstellungskosten der einzelnen Konversionspfade für die Logistikoptionen Basis und optimiert (Bezugsjahr 2010), (Quelle: DBFZ Report 13).	39
Abbildung 19: Nominal fuel prices (Quelle: Danish District Heating Association 2012).....	42
Abbildung 20: Brennstoffkosten für Hackschnitzel, Holzpellets und „alternative Pellets“ in sieben EU-Ländern.....	43
Abbildung 21: Big bale straw prices (Quelle: British Hay & Straw Merchants Association/Defra, British Hay & Straw Merchants Association/Farmers Weekly).....	44
Abbildung 22: Energetische Nutzungspfade von Stroh, (Quelle: FNR).	48
Abbildung 23: Strohbereitstellungskosten der einzelnen Konversionspfade (Bezugsjahr 2010), Quelle: DBFZ Report 13	50
Abbildung 24: Strohheizwerk in Vejen/Dänemark (Quelle: Google Maps)	52
Abbildung 25: Mögliche Betriebsfläche nördlich des Betriebshofes der SRHH.....	55
Abbildung 26: Standortprüfung Dradenau, (Quelle: Google Maps).	57
Abbildung 27: Standortprüfung Dradenau, (Quelle: Google Maps).	58
Abbildung 28: Standortprüfung Umspannwerk Wedel, (Quelle: Google Maps).	60
Abbildung 29: Standortprüfung Kohlehalde Wedel, (Quelle: Google Maps).....	61



N. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Kosten für die Bergung von Stroh in Deutschland.....	33
Tabelle 2	Transportkosten für Stroh	37
Tabelle 3	Wärmegestehungskosten	63



KONTAKT

Dr. Matthias Sandrock
Christian Maaß
Simona Weisleder

HIC Hamburg Institut Consulting GmbH
Paul-Neumann-Platz 5
22765 Hamburg

Tel.: +49 (40) 39106989 - 0
info@hamburg-institut.com
www.hamburg-institut.com