

## **Festbrennstoffe aus Paludikultur – Produktivität und Verbrennungseignung von Halmgut aus nassen und wiedervernässten Mooren**

**Autor(en):** Claudia Oehmke<sup>1</sup>, Wendelin Wichtmann<sup>2</sup>

Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE) e.V.

c/o Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Universität Greifswald

Grimmer Straße 88, 17487 Greifswald

Tel. 03834 864143

E-Mail: 1) oehmke@duene-greifswald.de, 2) wendelin.wichtmann@duene-greifswald.de

**Schlagwörter:** *Wiedervernässte Moore; Feuchtgrünland; Biomasseverwertung; feste Biobrennstoffe; Halmgut; Brennstoffeigenschaften; brennstofftechnische Eigenschaften; Produktivität*

In Deutschland geben entwässerte Moorflächen jährlich etwa 32 Mio. t CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre ab [1]. Aus Sicht des Klimaschutzes ist die Wiedervernässung der Moore daher sehr dringlich. Nach Wiedervernässung wäre es wünschenswert eine moorschonende Landwirtschaft zu etablieren. Die standortgerechte und nachhaltige Bewirtschaftungsform nasser Moorstandorte, Paludikultur, verbindet den Erhalt von ökologischen Moorfunktionen mit der Abschöpfung von nachwachsenden Rohstoffen, die stofflich oder energetisch verwertet werden können.

Nach Wiedervernässung von degradierten Mooren stellen sich häufig ausgedehnte Dominanzbestände von Gemeinem Schilf (*Phragmites australis*) oder Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) ein [2] [3]. Welche Arten sich letztendlich durchsetzen, ist abhängig von der Samenbank und den standörtlichen Verhältnissen, insbesondere den vorherrschenden Wasserständen und der Nährstoffverfügbarkeit. Sollen diese Standorte offen gehalten werden, ist ein mehr oder weniger regelmäßiges Management der Flächen erforderlich. Dabei fällt Biomasse an, die möglichst zu höherwertigen Produkten veredelt oder zumindest energetisch verwertet werden sollten, anstatt, wie leider häufig zu beobachten, als ungeordnete Deponie in der Landschaft untergebracht zu werden.

Gefördert vom:



Koordiniert vom:



Wissenschaftlich begleitet vom:



Zur energetischen Verwertung von Biomasse aus Dominanzbeständen der beiden Pflanzenarten *Phragmites communis* und *Phalaris arundinacea* liegen nur wenige Studien vor, die eine späte Ernte auf wiedervernässten oder nassen Moorstandorten durchführten (siehe Tabelle 1). Die Brennstoffeigenschaften verbessern sich je später eine Ernte zum Winter hin erfolgt, da problematische chemische Pflanzeninhaltsstoffe teilweise zum Ende der Vegetationsperiode in die Wurzeln verlagert oder über den Winter hinweg durch Niederschläge ausgewaschen werden, sowie auch durch Abwurf von Blättern vermindert werden [4] [5] .

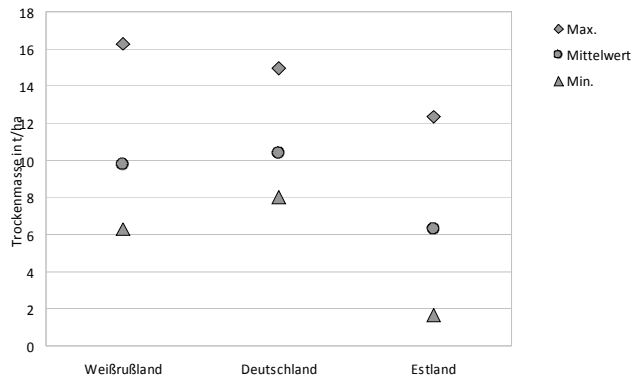
Tabelle 1 Studien zu Biomasseerträgen und zur Verbrennungseignung von *Phragmites australis* und *Phalaris arundinacea*

|  | Land           | Pflanzenart  | Böden       | Erntezeit          | Bemerkungen                         |
|--|----------------|--|-------------|--------------------|-------------------------------------|
| Hunston Engineering Ltd. (2006) <sup>[6]</sup> | Großbritannien | <i>Phragmites australis</i>                                | Organisch   | Frühjahr           | Natürliches Moor                    |
| Deschan 2010 <sup>[7]</sup>                    | Weißrussland   | <i>Phragmites australis</i><br><i>Phalaris arundinacea</i> | Organisch   | März               | Wiedervernässtes Moor               |
| Kask et al. 2007 <sup>[8]</sup>                | Estland        | <i>Phragmites australis</i>                                | unbekannt   | Feb. bis April     | Natürliche Feuchtgebiete            |
| Timmermann 2009 <sup>[9]</sup>                 | Deutschland    | <i>Phragmites australis</i><br><i>Phalaris arundinacea</i> | Organisch   | Nov. bis März      | Naturnahe und wiedervernässte Moore |
| Wichtmann & Tanneberger 2009 <sup>[10]</sup>   | Weißrussland   | <i>Phragmites australis</i><br><i>Phalaris arundinacea</i> | Organisch   | März/April         | Wiedervernässtes Moor               |
| Wulf 2008 <sup>[11]</sup>                      | Deutschland    | <i>Phragmites australis</i><br><i>Phalaris arundinacea</i> | Organisch   | Nov./Dez. bis März | Naturnahe und wiedervernässte Moore |
| Hadders & Olsson 1997 <sup>[12]</sup>          | Schweden       | <i>Phalaris arundinacea</i>                                | Mineralisch | Frühling           |                                     |

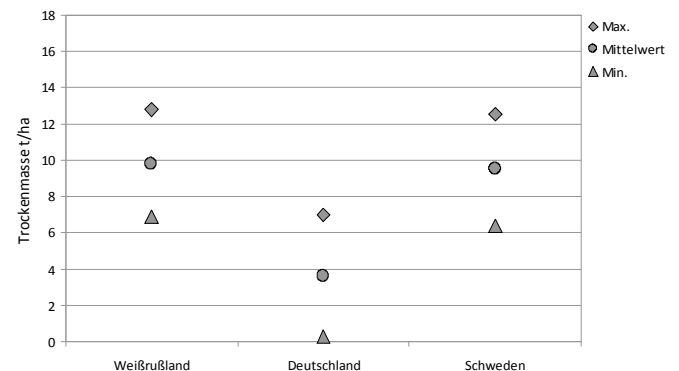
|                             |          |                             |             |              |                         |
|-----------------------------|----------|-----------------------------|-------------|--------------|-------------------------|
| Paulrud & Nilsson 2001 [13] | Schweden | <i>Phalaris arundinacea</i> | Mineralisch | Frühjahr     | Ackerkultur             |
| Burvall 1997 [14]           | Schweden | <i>Phalaris arundinacea</i> | Mineralisch | März bis Mai | Ackerkultur mit Düngung |

## 2 Ertragsspanne von *Phragmites australis* und *Phalaris arundinacea*

Für die „Erntewürdigkeit“ von Rieden und Röhrichten ist deren voraussichtlicher Ertrag eine wichtige Kenngröße. Bei der Offenhaltung mit tiergebundenen Verfahren ist die Pflege umso günstiger, je geringer die Produktivität des Standortes ist. Im Gegensatz dazu ist die Mahd und Beräumung der Biomasse für nasse Moorstandorte aus wirtschaftlicher Sicht umso interessanter, je höher die zu erwartenden Biomasseerträge ausfallen. Die Ertragshöhe ist jeweils abhängig von Standort und Erntetermin.



Grafik 1 Ertragsspanne von *Phragmites australis* (Wintermahd), Weißrussland [10], Deutschland [9], Estland [8]



Grafik 2 Ertragsspanne von *Phalaris arundinacea* (Wintermahd), Weißrussland [10], Deutschland [9], Schweden [12]

Die Wintererträge von *Phragmites australis* reichen im Mittel von 5,5 t TM/ha bis 10 t TM/ha (Grafik 1). Für Mecklenburg-Vorpommern wurden für *Phragmites australis* Erträge zwischen 8-15 t/ha TM ermittelt [9]. Die Ertragsspannen innerhalb der Studien sind sehr groß. Die Mittelwerte schwanken zwischen 6-10 t/ha TM.

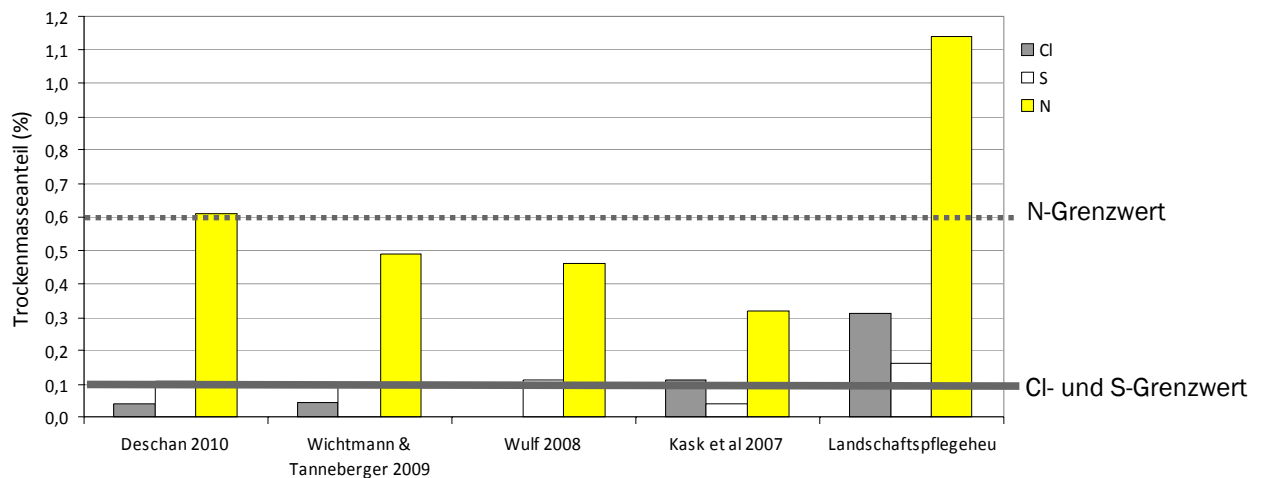
*Phalaris-arundinacea*-Bestände von wiedervernässten und nassen Mooren in Mecklenburg-Vorpommern erreichten im Vergleich mit den anderen Studien nur geringe Wintererträge von 0,5 bis 7,5 t/ha (Grafik 2). Der mittlere Winterertrag sank kontinuierlich von Dezember bis März von 4t/ha auf 2,5t/ha ab, das

entspricht einem Biomasseverlust von 37,5 % [9]. Die Studien aus Weißrussland [10] und Schweden [12] erreichten Erträge von ca. 6,5 bis 12,5 t/ha. Timmermann (2009) berichtet, dass *Phalaris*-Bestände in Mecklenburg-Vorpommern ab November schon vermehrt schräg stehen und sich niederlegen. Für Schweden trifft das nicht zu, dort sei eine späte Wintermahd im Frühjahr kurz vor dem Beginn der Wachstumsperiode optimal [14] [15]. Die Witterungsverhältnisse über den Winter hinweg beeinflussen die Biomasseerträge maßgebend. Während kalter und trockener Winter erhalten *Phalaris*-Bestände eher ihre Form, während sie unter wärmeren und nasserem Witterungsbedingungen schneller einbrechen und sich niederlegen können. Eine spätere Ernte wird dann erschwert und erbringt nur geringe Erträge [9].

Timmermann 2009 untersuchte die Erträge des gesamten Jahres in Abhängigkeit des Nährstoffgehaltes der Böden, der Trophiestufe, sowie des Wasserregimes, insbesondere der Wasserstufen [16] [17]. *Phalaris* erbrachte die höchsten Erträge von 10-12 t/ha auf polytrophen Standorten (C/N-Verhältnis 7-10) mit Wasserstufen 4+ und 5+ (30 cm über bis 15 cm unter Flur). Dominanzbestände von *Phalaris* sind auf 5+-Standorten nur über einige Jahre hinweg stabil. Langfristig etabliert es sich eher auf etwas trockeneren, den 4+- Standorten. *Phragmites* zeigte auf Standorten mit der Wasserstufe 6+ (150cm bis 30 cm über Flur) und mit sehr nährstoffreichen polytrophen Böden, sehr hohe Erträge von durchschnittlich 18,5 t/ha TM. *Phragmites*-Dominanzbestände etablieren sich auf sehr nassen Standorten mit hoher Nährstoffverfügbarkeit auch langfristig.

### 3 Verbrennungskritische Inhaltsstoffe

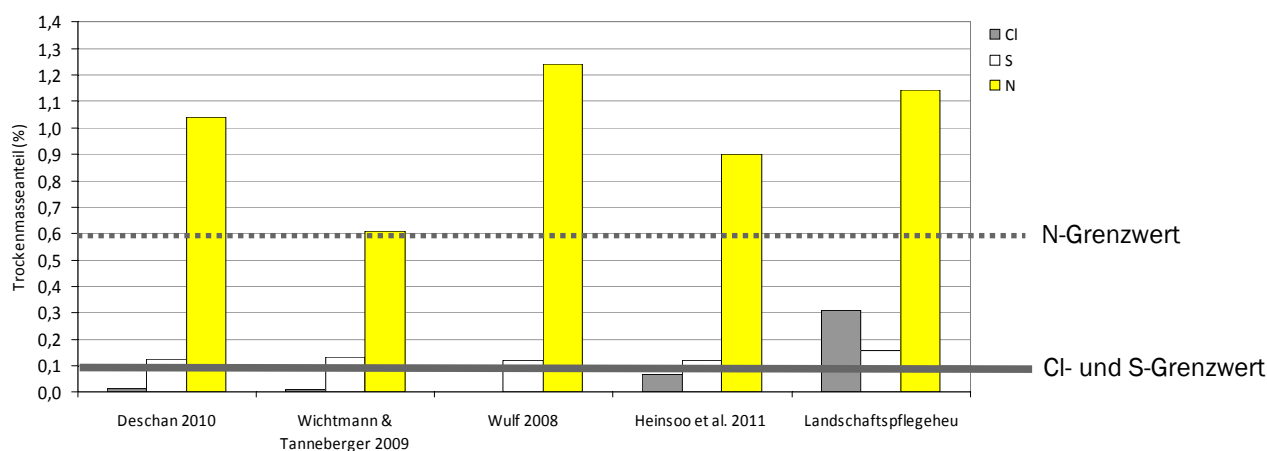
Einige chemische Inhaltsstoffe von Biobrennstoffen können sowohl zu schnellerem Verschleiß der Aufbereitungs- und Verbrennungsanlagen als auch zu umweltschädlichen Emissionen führen und sind deshalb als kritisch einzustufen. Hohe Chlor- und Schwefelkonzentrationen tragen zur Luftverschmutzung bei. Chlor kann insbesondere durch die Bildung von Säuren zu Korrosionsschäden an der Feuerungsanlage führen [18]. Bei sehr hohen SO<sub>2</sub>- Konzentrationen im Abgas findet eine erhöhte Sulfatbindung statt, wodurch korrosionsförderndes Chlor (Cl<sub>2</sub>) freigesetzt wird [19, S. 344]. Ist auch Stickstoff in größeren Mengen enthalten, werden während der Verbrennung vermehrt schädliche Stickoxide abgegeben. Für die thermische Verwertung von Halmgut sind daher Richtwerte für Chlor, Schwefel und Stickstoff formuliert, die die unproblematische Verbrennung bestimmen (Grafik 3 und 4) [20].



**Grafik 3** kritische Inhaltsstoffe Cl, S und N von *Phragmites australis* (Wintermahd) im Vergleich zu Landschaftspflegeheu [19, S.343],  
Grenzwerte unproblematische Verbrennung von Halmgut [20] :

— Cl und S < 0,1%  
 ..... N < 0.6 %

Die Chlorwerte von *Phragmites australis* liegen in allen Studien unter dem Grenzwert von 0,1% pro Trockenmasse (TM), die Schwefelkonzentrationen nur knapp darunter (Grafik 3). Die Studie von Kask et al. 2007 zeigt im Vergleich den niedrigsten Schwefelwert von 0,04% pro TM. Die Stickstoffkonzentrationen sind in allen Studien unter dem Grenzwert von 0,6% pro TM. Die späte Wintermahd von *Phragmites australis* weist im Durchschnitt etwas geringere Konzentrationen an kritischen Inhaltsstoffen auf als Landschaftspflegeheu.



**Grafik 4** kritische Inhaltsstoffe Cl, S und N von *Phalaris arundinacea* (Wintermahd) im Vergleich zu Landschaftspflegeheu [19, S.343], Grenzwerte unproblematische Verbrennung von Halmgut [20]:

— Cl und S < 0,1%  
 - - - - N < 0.6 %

Deschan 2010 und Wichtmann & Tanneberger 2009 ermittelten für die Ernte im März/April von *Phalaris arundinacea* sehr niedrige Chlorwerte, die weit unter dem Grenzwert für die unproblematische Verbrennung liegen (Grafik 4) und für eine späte Wintermahd typisch sind [21]. Die Schwefelkonzentrationen liegen bei allen Studien nur knapp über dem Grenzwert. Die Stickstoffkonzentrationen zeigen in den *Phalaris*-Studien weitaus höhere Konzentrationen als für eine unproblematische Verbrennung ermittelt wurde. Vermutlich sind die höheren Stickstoffgehalte auf den hohen Anteil von Blattmasse zurückzuführen. *Phalaris*-Pflanzen sind bis zum Ende des Winters reich beblättert, während Schilfblätter abfallen und überwiegend nur der Halm mit Blüte stehen bleibt. In den Blättern von *Phalaris*-Pflanzen wurden etwa 2,5 mal höhere Stickstoffgehalte gemessen als im Halm [15]. Die höheren Stickstoffkonzentrationen lassen vermuten, dass sich während der Verbrennung höhere Stickstoffemissionen bilden werden. Im Vergleich zu Landschaftspflegeheu zeigt *Phalaris arundinacea* etwas niedrigere Konzentrationen an kritischen Inhaltsstoffen.

#### 4 Brennstofftechnische Kenngrößen

Ascherweichungstemperatur, Wassergehalt und Aschegehalt sind Eigenschaften, die die Verbrennung maßgeblich beeinflussen. Viele Halmgüter weisen niedrige Erweichungstemperaturen auf, bei der die Asche im Feuerungsraum festbackt und sich ablagert. Die nachteilige Wirkung auf die Feuerungsanlage, wie zum Beispiel Luftzufuhrstörungen, können jedoch durch technische Umbauten vermieden werden.

Hohe Wassergehalte verschlechtern die Verbrennung und mindern den Heiz- bzw. Brennwert und müssten auch für die Lagerungsfähigkeit berücksichtigt werden. Für Halmgut ist deshalb ein Wassergehalt unter 20% anzustreben [22]. Aschegehalte sind in Halmgütern mehrfach höher als in Holz. Bei zu hohen Aschegehalten muss mit höherem Aufwand entascht, gereinigt und entsorgt werden [19, S.359].

| Studie                                      | Ascheerweichungs-<br>temperatur (°C) | Wassergehalt % | Aschegehalt<br>% pro TM |
|---|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| Deutschland <sup>[11]</sup>                 | 1220                                 | 9,45           | 4,51                    |
| Estland <sup>[8]</sup>                      | 1023                                 | 20,52          | 3,2                     |
| Großbritannien <sup>[6]</sup>               | -                                    | 24,6           | 5,7                     |
| Landschaftspflegeheu <sup>[19, S.360]</sup> | 1061                                 | 17,4           | 5,7                     |

Tabelle 2 *Phragmites australis* - Brennstofftechnische Kenngrößen

Die Ascheerweichungstemperaturen von *Phragmites australis* der Studien aus Estland und Großbritannien sind als problematisch anzusehen (Tabelle 2). Bei Erweichungstemperaturen von ca. 1300°C bis über 1400°C, wie für Holz und Rinde nachgewiesen, sind keine Probleme bei der Verbrennung zu erwarten. Für Halmgüter kann bei Erweichungstemperaturen unter 1200°C mit „Verschlackung“ gerechnet werden [19, S. 359]. Die durchschnittlichen Wassergehalte von ca. 20-25 % in den Studien aus Estland und Großbritannien können den Heizwert bereits um 30% mindern. Bei über 20% Wassergehalt wird die Lagerfähigkeit gemindert.

| Studie                                      | Ascheerweichungs-<br>temperatur (°C) | Wassergehalt % | Aschegehalt<br>% pro TM |
|---|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| Deutschland <sup>[11]</sup>                 | 1147                                 | 12,81          | 8,73                    |
| Schweden <sup>[13]</sup>                    | 1470                                 | 8              | 5,3                     |
| Schweden <sup>[14]</sup>                    | 1404                                 | -              | 5,6                     |
| Landschaftspflegeheu <sup>[19, S.360]</sup> | 1061                                 | 17,4           | 5,7                     |

Tabelle 3 *Phalaris arundinacea* – Brennstofftechnische Kenngrößen

*Phalaris* erreicht im Gegensatz zu *Phragmites* weitaus höhere Ascheerweichungstemperaturen, die fast an die Werte von Holz mit 1440°C heranreichen [18, S. 360]. Die Wassergehalte sind in beiden Studien niedrig und dürften für die Verbrennung sowie für die Lagerung unproblematisch sein. Im Vergleich zu Schilf fallen die Aschegehalte von *Phalaris* im Durchschnitt höher aus. Der Aschegehalt aus der Deutschen Studie ist mit 8,73% sehr hoch. Hier ist mit vermehrten technischem Aufwand zur Entaschung und Reinigung zu rechnen.

## 6 Fazit

Die durchschnittliche Biomasseertrag von *Phragmites australis* auf nassen oder wiedervernässten Moorstandorten in Mecklenburg-Vorpommern liegt zwischen 8-15 t/ha TM und ist damit etwa gleich den Ertragshöhen von Intensivgrünschnitt auf entwässertem Niedermoorgrünland, die mit etwa 8 bis 12 t/ha ausfallen. Bei extensiver Einschnittnutzung auf entwässerten Niedermoorgrünland sind sogar im Durchschnitt geringere Erträge von 5 bis 10 t/ha zu erwarten [23]. Eine Umstellung von tief entwässerter Grünlandnutzung auf eine nasse Bewirtschaftung mit Mahd von *Phragmites* könnte, ökonomisch gesehen, eine gute Alternative für den Landwirt sein. *Phragmites*-Bestände zeichnen sich durch einen geringen Biomasseverlust über den Winter aus. Bei einer späten Mahd werden hohe Erträge mit guten Verbrennungseigenschaften erzielt. *Phragmites* bildet auf sehr nassen und sehr nährstoffreichen Standorten ertragreiche Dominanzbestände, die auch bei jährlicher Wintermahd über mehrere Jahrzehnte hinweg bestehen bleiben [24] und sogar durch positive Effekte der Mahd, wie die Auflichtung und die Minderung der Streuschicht, zu ansteigender Produktivität führen [25]. Für erfolgreiche Nutzung von *Phragmites*- Beständen, wäre weiter zu untersuchen, mit welcher Wahrscheinlichkeit die abzuschöpfenden Erträge voraussagbar sind.

Die Ertragsstudien für *Phalaris arundinacea* in Mecklenburg-Vorpommern zeigten weitaus geringere Erträge als es für Ackersaatkulturen auf Mooren in Schweden und Estland gezeigt wurde. Vermutlich sind regionales Klima oder Standorteigenschaften scheinen hier die Standfestigkeit der *Phalaris*-Bestände zu verringern. Eine Frage für zukünftige Forschung, wäre, ob nicht eine Ernte im späten Herbst sich eignet, wenn die Halme noch aufrecht stehen, um hier höhere Erträge zu erzielen. Wie die Verbrennungseigenschaften im Spätherbst ausgeprägt sind, muss in weiteren Untersuchungen überprüft werden. Für Mecklenburg-Vorpommern wurde beobachtet, das *Phalaris*-Dominanzbestände auf nassen Standorten nach Wiedervernässung nur über einige Jahre hinweg bestehen [9]. Es stellt sich die Frage inwieweit hier durch gezielte Mahd im Sommer- oder Winter die Ausbreitung der Bestände gefördert werden, um diese beernten zu können.

*Phragmites australis* zeigt mit seinen geringen Gehalten an Chlor, Schwefel und Stickstoff gute Voraussetzungen für eine unproblematische Verbrennung, die relativ geringe schädliche Emissionen vermuten lassen. Im Vergleich von *Phragmites* zu herkömmlichen Halmgütern ist der niedrige Aschegehalt von durchschnittlich 4,5% pro TM als positive brennstofftechnische Eigenschaft zu werten. Allerdings scheinen relativ niedrige Ascheerweichungstemperaturen bzw. zum Teil hohe Wassergehalte problematisch und bedürfen weiterer Forschung, in welchem Maße der Standort oder die Erntemethode



diese Parameter beeinflussen.

*Phalaris* zeichnet sich ebenso wie *Phragmites* durch niedrige Chlor- und Schwefelgehalte aus. Die erhöhten Stickstoffkonzentrationen sind jedoch bedenklich. Während der Verbrennung werden vermutlich höhere Mengen an schädlichen Stickstoffoxiden abgegeben werden. Die späte Ernte scheint hinsichtlich des Stickstoffs keine Qualitätsverbesserung zu bewirken. Feuerungsanlagen, die *Phalaris*-Brennstoffe verwerten, müssen sich durch spezielle Filteranlagen auf diese Eigenschaft einstellen. *Phalaris* zeichnet sich durch hohe Ascheerweichungstemperaturen aus, die nur geringe Risiken für eine „Verschlackung“ der Feuerungsanlagen anzeigen. Im Gegensatz zu *Phragmites* zeigt *Phalaris* recht hohe Aschegehalte, die auch für andere Halmgüter z.B. Getreidestroh typisch sind.

## 7 Literatur

- [1] Joosten, H. (2010) The Global Peatland CO<sub>2</sub>-Picture Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world (updated August 2010)  
<http://www.wetlands.org/WatchRead/tabid/56/mod/1570/articleType/ArticleView/articleId/2418/The-Global-Peatland-CO2-Picture.aspx> (Stand: Februar 2011)
- [2] Timmermann, T. Margóczy, K., Takács, G., Vegelin, K. (2006) Restoration of peat-forming vegetation by rewetting species-poor fen grasslands. *Applied Vegetation Science* 9, 241-250.
- [3] Schulz, K. (2005) Vegetations- und Standortentwicklung des wiedervernässten Grünlandes im Anklamer Stadtbruch (Mecklenburg-Vorpommern). Diplomarbeit. Institut für Botanik und Landschaftsökologie. E.-M.-Arndt-Universität Greifswald, Greifswald.
- [4] Sander, B. (1997) Properties of Danish biofuels and the requirements for power production. *Biomass and Bioenergy* 12 (3), S. 177-183
- [5] Lewandowski, I., Heinz, A. (2003) Delayed harvest of miscanthus - influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production. *European Journal of Agronomy* 19 (1), S. 45–63.
- [6] Hunston Engineering Ltd. (2006) The effectiveness of reed as a convenience fuel. A Project of pelletise reeds. April 2006. Research study for RSPB. Great Britain, Suffolk
- [7] Deschan F. (2010) Aufwuchs und Qualität von Biomasse zur energetischen Verwertung aus nassen Mooren Weißrusslands. Abschlußarbeit Bachelor in Umweltwissenschaften; Institut für Physik, E.-M.-Arndt-Universität Greifswald.
- [8] Kask Ü, Paist A., Kask L. (2007) Reed as perspective natural energy crop. Doctoral school of energy and geotechnology. 15-20th January 2007. Kuressaare, Estonia

- [9] Timmermann (2009) Biomasse- und Standortskatalog (Standortpotential). In: Wichmann, S., Wichtmann, W. (Hrsg.) Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM). Universität Greifswald und DUENE e.V., S. 37-48. [http://laoek.botanik.uni-greifswald.de/projekte/ENIM-Projekt/Zwischenbericht-ENIM\\_Abgabe-10-3-08.pdf](http://laoek.botanik.uni-greifswald.de/projekte/ENIM-Projekt/Zwischenbericht-ENIM_Abgabe-10-3-08.pdf). Stand März 2011
- [10] Wichtmann, W., Tanneberger, F. (2009) Feasibility of the use of biomass from re-wetted peatlands for climate and biodiversity protection in Belarus. Project: 'Restoring Peatlands and applying Concepts for Sustainable Management in Belarus. APB-BirdLife Belarus; Royal Society for the Protection of Birds (RSPB); Michael Succow Stiftung zum Schutz der Natur, Greifswald. [http://www.succow-stiftung.de/tl\\_files/pdfs\\_downloads/Berichte/Wichtmann&Tanneberger\\_biomass%20study%20BY\\_2009\\_EN\\_300dpi.pdf](http://www.succow-stiftung.de/tl_files/pdfs_downloads/Berichte/Wichtmann&Tanneberger_biomass%20study%20BY_2009_EN_300dpi.pdf). Stand März 2011
- [11] Wulf A. (2008) Endbericht zum Teilprojekt "Charakterisierung und Analyse der Biobrennstoffe "Schilfrohr" und "Rohrglanzgras" und "Verbrennungstests". FH-Stralsund, Stralsund. (unveröffentlicht)
- [12] Hadders, G., Olsson, R. (1997) Harvest of grass for combustion in late summer and in spring. Biomass quality for power production. *Biomass and Bioenergy* 12 (3), S. 171-175.
- [13] Paulrud, S., Nilsson, C. (2001) Briquetting and combustion of spring-harvested reed canary-grass: effect of fuel composition. *Biomass and Bioenergy* 20 (1), S. 25-35.
- [14] Burvall, J. (1997) Influence of harvest time and soil type on fuel quality in reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.). Biomass quality for power production. *Biomass and Bioenergy* 12 (3), S. 149-154.
- [15] Landström, S., Lomakka, L., Andersson, S. (1996) Harvest in spring improves yield and quality of reed canary grass as a bioenergy crop. *Biomass and Bioenergy* 11 (4), S. 333-341.
- [16] Succow, M., Stegmann, H. (2001) Nährstoffökologisch-chemische Kennzeichnung. In: Succow, M., Joosten, H. (Hrsg.) Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. S. 75-85.
- [17] Koska, I. (2001) Ökohydrologische Kennzeichnung. In: Succow, M., Joosten, H. (Hrsg.) Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. S. 92-111.
- [18] Barz, M., Ahlhaus, M & Wichtmann, W. (2006): Energetic Utilization of common Reed for combined Heat and Power Generation. 2nd Int. Baltic Bioenergy Conference: Use of bioenergy in the baltic sea region. Conference proceedings. 02.- 04. Nov. 2006. FH Stralsund, pp. 166-173.
- [19] Hartmann, H. (2009) Brennstoffzusammensetzung und -eigenschaften. In: Kaltschmitt M., Hartmann H., Hofbauer H. (Hrsg.) Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, S. 333-373.
- [20] Obernberger, I. Brunner Th, Bärnthaler, G. (2006) Chemical properties of solid biofuels - significance and impact. *Biomass and Bioenergy* 30 (11), S. 973-982.

- [21] Burvall, J. & B. Hedman (1998): Perennial rhizomatous grass. The delayed harvest system improves fuel characteristics for reed canary grass. In: El Bassam, N., Behl, R.K., Prochnow, B. (Hrsg.) Sustainable agriculture for food, energy and industry. James & James Ltd., London. S. 916-918.
- [22] Vetter, A. (2001): Qualitätsanforderungen an halmgutartige Bioenergieträger hinsichtlich der energetischen Verwertung, IN: *Gülzower Fachgespräche* 17. Energetische Nutzung von Stroh, Ganzpflanzengetreide und weiterer halmgutartiger Biomasse. Stand der Technik und Perspektiven für den ländlichen Raum. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) 2001. S.36-49.
- [23] Benke, M., Isselstein, J. (2001) Extensive Landwirtschaft auf Niedermoorgrünland - Probleme und Chancen. In: Kratz, R. und J. Pfadenhauer (Hrsg.) Ökosystemmanagement für Niedermoore. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. S. 184-201.
- [24] Björndahl, G. (1985) Influence of winter harvest on stand structure and biomass production of the common reed, *Phragmites australis* (Cav.) trin. ex steud. in Lake Tåkern, Southern Sweden. *Biomass* 7 (4), S. 303–319.
- [25] Granéli, W. (1984) Reed *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel as an energy source in Sweden. *Biomass* 4 (3), S. 183–208.