

Stroh und Spreu – Herausforderungen beim Pelletieren und Verbrennen landwirtschaftlicher Reststoffe

Jan Khalsa, Mirjam Matthes und Ingo Hartmann



InnoForum SpreuStroh – 2. Workshop, 14.03.16 in Leipzig

Spreu und Stroh als Pellets

Warum Pellets?

- Hohe Energiedichte
- Hohe Effizienz der Konversionsanlagen
- Lagerfähigkeit des Brennstoffes
- Geringere Transportkosten
- Preisspanne zwischen Produktion und Endverbraucher gibt Spielraum zur Brennstoffoptimierung



© Andreas Pilz (DBFZ)

Spreu und Stroh als Pellets

Aktuelle Marktsituation (Holzpellets)

120 - 140€/t ^[1]

242€/t ^[2]



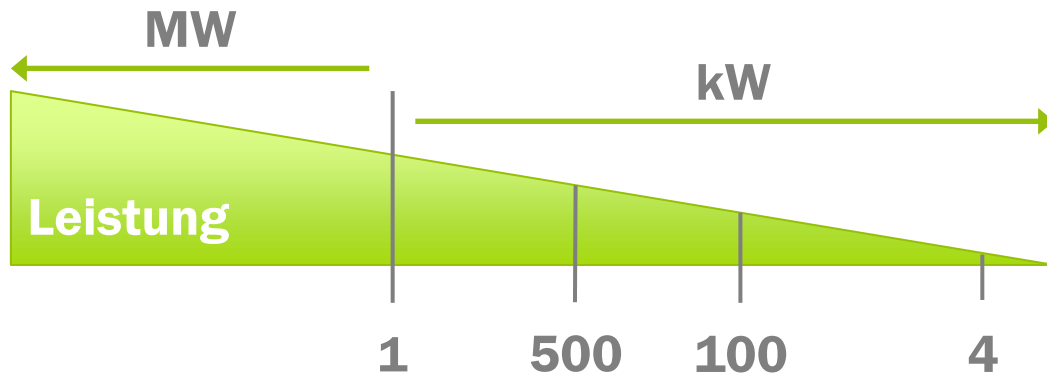
© Andreas Pilz (DBFZ)

^[1] EU range in 2010, Sikkema et al. 2011, "The European wood pellet markets: current status and prospects for 2020"

^[2] März 2016, EN_{plus}-Pelletpreis in Deutschland, DEPV-Index (online abrufbar)

Spreu und Stroh als Pellets

Genehmigungsrechtliche Voraussetzungen



Holz



**Nr. 8^[1]
Brennstoff**



**Nr. 13^[2]
Brennstoff**



Folgende Verordnungen können zutreffen:

1. BImSchV

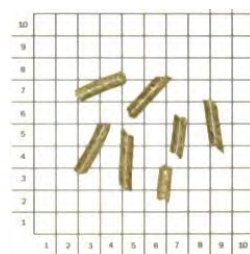
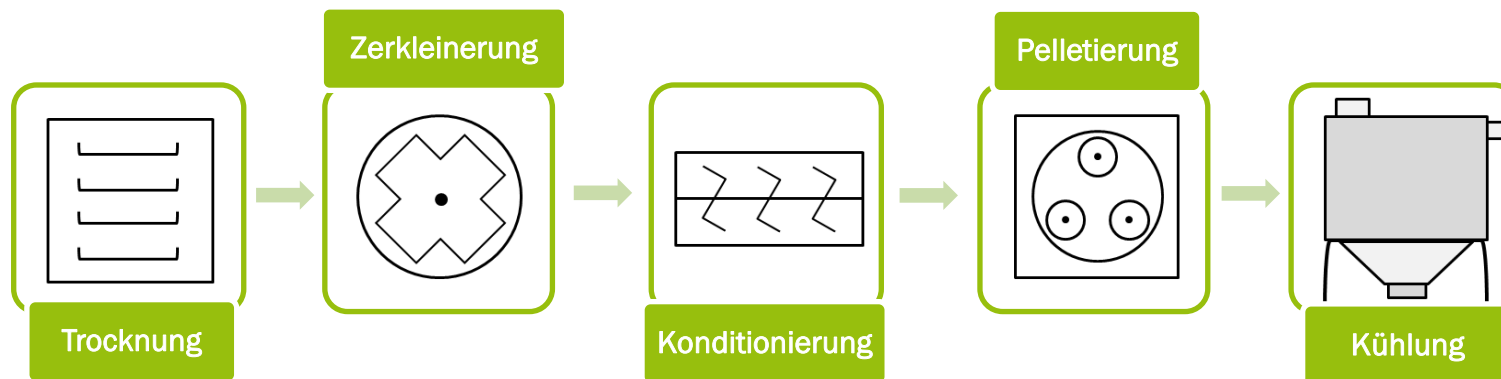
4. BImSchV + TA Luft

Nicht erlaubt

^[1] Stroh, strohähnliche Biomassen und Getreide
^[2] andere nicht-holzartige Biomassen

Spreu und Stroh als Pellets

Was sind die Stellschrauben für eine optimale Pelletqualität?



Stroh-Pellets



Misch-Pellets



Mehr Informationen zu EN_{agro} gibt es unter www.mibiopells.eu

Stellschrauben für Qualitätspellets

Siebweite

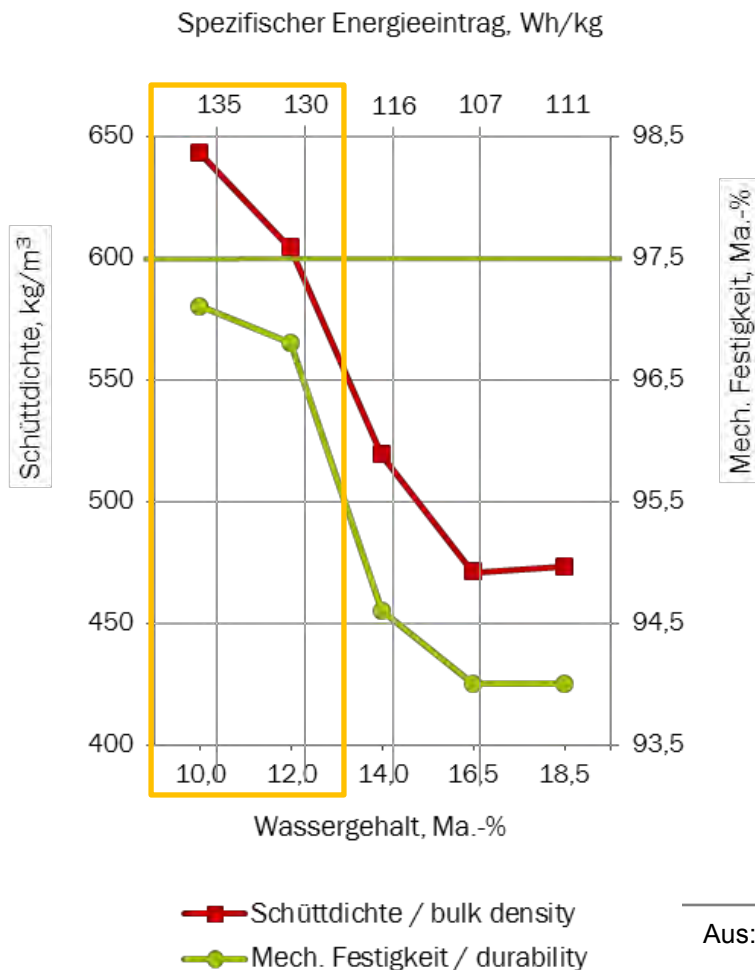
Siebweite (in mm)	Schüttdichte (in kg/m ³)	Mech. Festigkeit (in Ma.-%)	Energieeintrag Pelletierung (in Wh/kg)
2	582	94,5	98
4	561	96,2	128
6	557	95,7	126



- Bereits bei der Zerkleinerung entscheidet sich wie die später Pelletqualität
- Eine Siebweite von 4mm hat sich für Miscanthus als besonders positiv herausgestellt

Stellschrauben für Qualitätspellets

Wassergehalt



- Wassergehalt ist ein entscheidender Parameter um Pelletqualität zu beeinflussen
- Von der Gesamtenergiebilanz ist der Wassergehalt eng mit der Trocknung verknüpft

Aus: Pilz et al. 2013, Pelletierung und energetische Verwertung von Landschaftspflegeheu, Landtechnik, 68, S. 349-352

Stellschrauben für Qualitätspellets

Additivzugabe



Additiv	Schüttdichte [kg/m ³]	Mechanische Festigkeit [Ma.-%]	Spezifischer Energieeintrag [Wh/kg]
Ohne	604	96,8	130
3 Ma.-% CaCO ₃	698	98,2	156
1 Ma.-% Kaolin	688	97,6	131
3 Ma.-% Kaolin	701	98,0	110

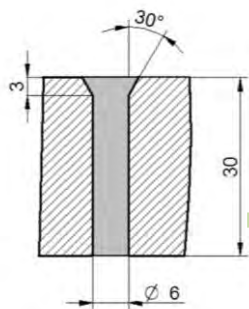
- Additivzugabe ist zum einen eine Möglichkeit zur Verbesserung der Verbrenneigenschaften (weniger Verschlackung)
- Additivzugabe kann auch sehr positiv für die Pelletqualität sein

Aus: Pilz et al. 2013, Pelletierung und energetische Verwertung von Landschaftspflegeheu, Landtechnik, 68, S. 349-352

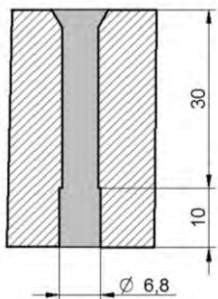
Stellschrauben für Qualitätspellets

Matrizengeometrie

- Die Presskanallänge und Geometrie ist ein entscheidender Parameter für die Pelletqualität
- Für Miscanthus hat sich eine Presskanal mit Hinterbohrung als besonders geeignet gezeigt



Presskanal	Schüttdichte [kg/m ³]	Mechanische Festigkeit [Ma.-%]	Spezifischer Energieeintrag [Wh/kg]
6x30	580	97,5	109
6x40	647	95,5	205
6x30 (+10)	589	97,5	98



Verbrennung landwirtschaftlicher Reststoffe

Gesetzliche Anforderungen Emissionen nach 1. BImSchV und TA Luft

Grenzwerte 1. BImSchV ¹		Typenprüfung	Laufender Betrieb (außer ERF)
CO	g/m ³	0,25	0,4
NO _x ²	g/m ³	0,5	-
PM	g/m ³	0,02	0,02
PCDD/F ²	ng/m ³	0,1	



- Holzartige Brennstoffe bis 1 MW
- Nicht-holzartige biogene Brennstoffe bis 100 kW

Brennstoffe Nr. 8 und 13 in Kleinf Feuerungen (1. BImSchV)

- Automatisch beschickte Anlagen
- Nachweis der Eignung bei Typenprüfung

Grenzwerte TA Luft ³		Genehmigung
CO	g/m ³	0,25
NO _x	g/m ³	0,5
PM	g/m ³	0,02
PCDD/F	ng/m ³	0,1
OGC	g/m ³	0,05
SO ₂	g/m ³	0,35
HCl	g/m ³	0,03

¹ Bezogen auf 13 Vol.-% O₂
² Grenzwerte für Brennstoffe Nr. 8 und 13
³ Bezogen auf 11 Vol.-%; Leistungsbereich 0,1-1 MW

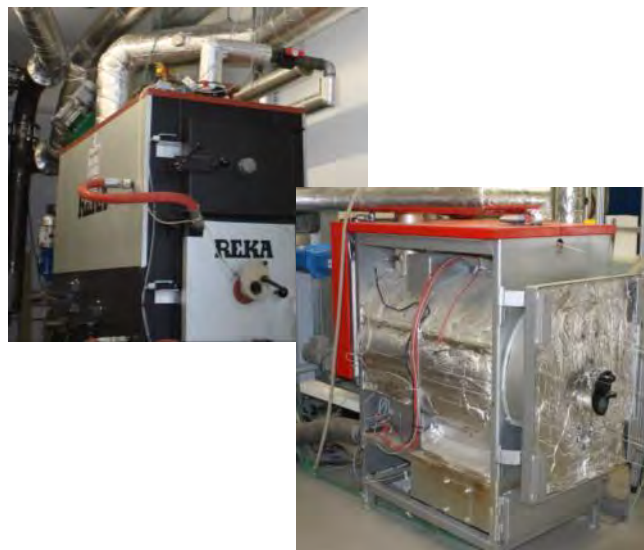
Verbrennungstechnik für Biomasse

Überblick - Anlagengröße

Biomasseheiz-
kraftwerke¹



Kessel



Öfen²



© Wodtke

MW

**Anlagengröße einhergehend mit Komplexität der
Verbrennungsregelung & Maßnahmen zur Abgasreinigung**

kW

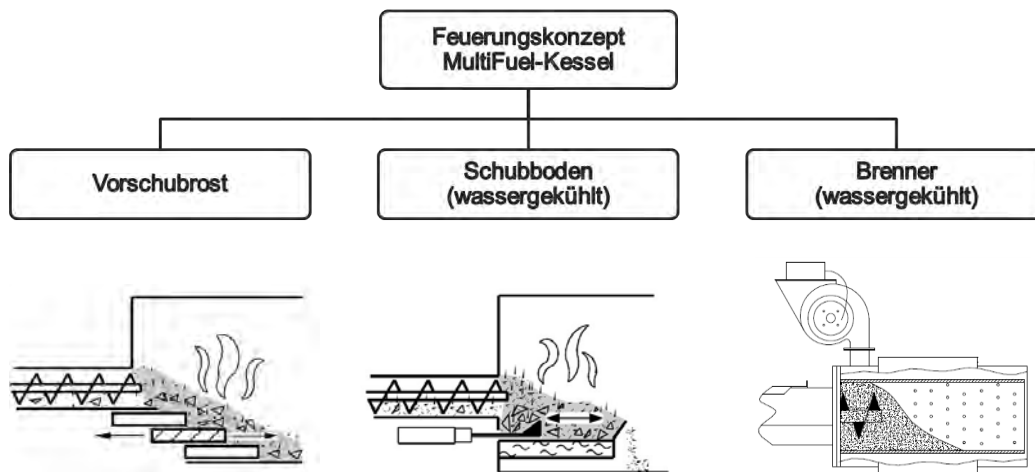
¹ Quelle der Grafik: https://de.wikipedia.org/wiki/Biomasse-Heizkraftwerk_Werl

² Wodtke Pat air plus, Quelle: <http://www.lsf-kirn.de/wodtke.html>

Verbrennungstechnik für Biomasse

Kleinanlagentechnik

- Automatisch beschickte Feuerungsanlagen¹
 - » Festbett-, Wirbelschicht- und Flugstromreaktoren
 - » Kleinanlagen < 100 kW nur Festbettfeuerungen
- Angepasste Feuerungstechnik für alternative Festbrennstoffe²



Brennstoffzufuhr
 Ascheaustrag
 Glutbettzone
 Verbrennungstemperatur
 Gestufte Luftzufuhr
 Abgasnachbehandlung

¹ Hartmann, H., Reisinger, K., Thuneke, K., Höldrich, A. and Rossmann, P.: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. 3rd ed. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.: Gülzow, 2013

² König, M.; Hartmann, I.; Matthes, M.; Weller, N.; Döhling, F.: „Nutzung alternativer biogener Festbrennstoffe in Kleinfeuerungsanlagen - Anlagentechnik und Emissionen“, In: Tagungsband 8. Rostocker Bioenergieforum, Rostock 2014 - ISBN: 978-3-86009-412-9

Verbrennungstechnik für Biomasse

Überblick - Emissionsverhalten

- Einsatz alternativer Brennstoffe in Kleinfeuerungen¹

Feuerung	Brennstoff	Staub	CO	NO _x	HCl	SO ₂
		mg/Nm ³ 13 Vol.-% O ₂			mg/Nm ³ 11 Vol.-% O ₂	
Stufenrost	Holzpellets (EN plus)	25	60	100	---	---
	Miscanthuspellets	115	30	340	106	100
	Strohpellets (Roggen)	163	115	300	0	15
Schubboden	Holzpellets (EN plus)	14	40	119	---	---
	Miscanthuspellets	120	80	320	100	81
	Strohpellets (Roggen)	180	890	203	---	---
	Getreideausputzpellets	106	122	628	49	263
Brenner	Holzpellets (EN plus)	25	8	96	---	---
	Miscanthuspellets	123	11	270	88	53
	Getreide (Roggen)	224	28	430	23	73
	Reisspelzen	34	315	260	230	58

Herausforderungen

- Hohe Staubkonzentrationen
→ Abscheidetechnik unumgänglich
- Guter Ausbrand (CO+VOC↓) bei geeigneter Verbrennungsregelung
- Vermeidung Verschlackung
- Ggf. Weitere Abgasreinigung erforderlich für NO_x, HCl → starke Abhängigkeit von Brennstoffcharge

¹ Auszug aus König, M.; Hartmann, I.; Matthes, M.; Weller, N.; Döhling, F.: „Nutzung alternativer biogener Festbrennstoffe in Kleinfeuerungsanlagen - Anlagentechnik und Emissionen“, In.: Tagungsband 8. Rostocker Bioenergieforum, Rostock 2014 - ISBN: 978-3-86009-412-9

Verbrennung landwirtschaftlicher Reststoffe

Sekundäre Emissionsminderung

- Reduzierung partikelförmiger und gasförmiger Schadstoffe
 - » Notwendigkeit aufgrund Grenzen der primären Emissionsminderung → Anpassung Verbrennungsprozess

Abscheider



- Staubminderung mit Zyklon, Elektroabscheider, Gewebefilter
 - Einsatz in Abhängigkeit der abzuscheidenden Stäube und Feuerungsanlagen

Katalysatoren



- Hauptsächlich Minderung gasförmiger Bestandteile
 - Verschiedene Systeme erhältlich bspw. für CO, VOC-Minderung oder NOx-Reduzierung

- Einsatz kombinierter Systeme zur Reduzierung verschiedener Schadstoffe

Verbrennung landwirtschaftlicher Reststoffe

Sekundäre Emissionsminderung - Beispielprojekt

- Beispiel: Kooperationsprojekt am DBFZ¹ zur Staub- und NO_x-Reduzierung in Biomassefeuerungen
 - » Prototyp eines katalytisch aktiven Gewebefilters (Leistungsbereich 0,1 – 1 MW)
 - » Demonstration an 120 kW Stufenrostfeuerung mit den Brennstoffen Holzhackschnitzel und Strohhäcksel / Strohpellets

Laufzeit

09/2014-08/2016

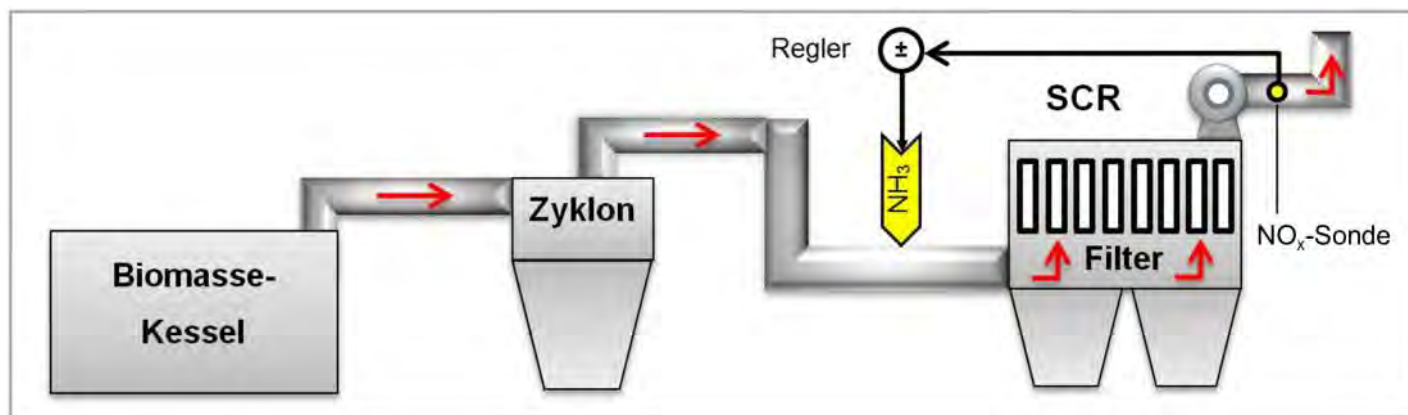
Projektpartner

DBFZ

Dr. Weigel
Anlagenbau GmbH

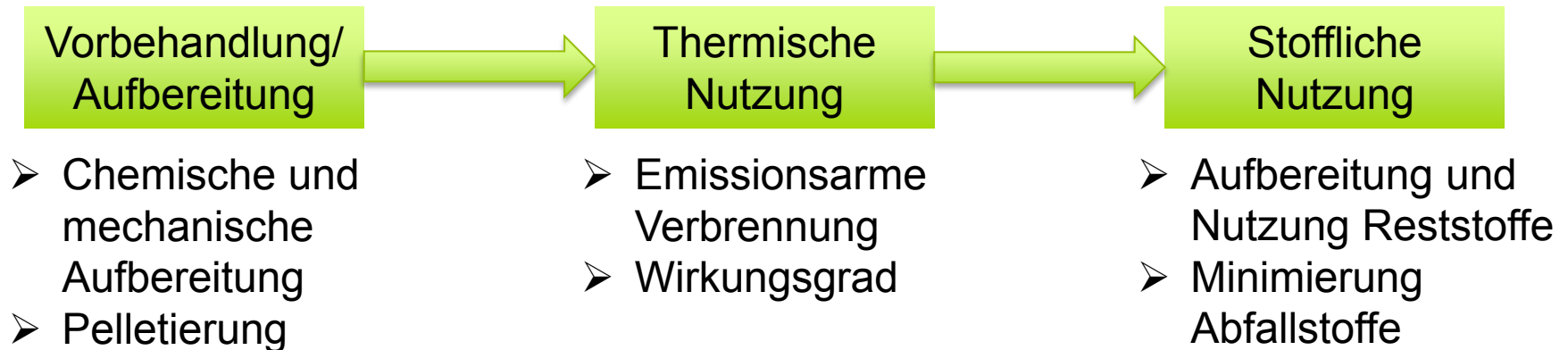
Industrietechnik
Barleben GmbH

Fraunhofer IFF



¹ König, M.: „Demonstration von Verfahren zur kombinierten Reduktion von Stickoxiden und Feinstaub an Biomassefeuerungen“; Posterpräsentation auf der 6. Statuskonferenz des Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“ Bioenergie – Mehr als eine sichere Reserve!?, 11.-12. November 2015, Leipzig

Energetische plus stoffliche Nutzung



- Nutzung des SiO₂ aus Biomassen¹
- Kooperationsprojekt am DBFZ zur kombinierten energetischen und stofflichen Nutzung von Agrarbrennstoffen
- Projektpartner: Uni Leipzig, UGT 2000, ABW, CWK, Ökotherm)
- Laufzeit: 04/2015-03/2018



© Universität Leipzig, Institut für Technische Chemie, Denise Schneider

Ausblick

- Entscheidend für eine wirtschaftliche Nutzung von SpreuStroh als Pellet-Brennstoff ist vor allem die Logistik-Kette
- Die Herstellung eines Qualitätspellets aus SpreuStroh erfordert gezielte Anpassungen der gängigen Pelletierparameter
- Entscheidend für die Marktrelevanz von SpreuStroh-Pellets wird eine geeignete Verbrennungstechnik sein
- Ein Einsatz von SpreuStroh mit bisher am Markt verfügbaren Kesseln ist denkbar mit einer Anpassung der Verbrennungsregelung.
- Sekundäre Emissionsminderungsmaßnahmen werden zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte erforderlich sein, speziell in Bezug auf Staub.
- Die Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte muss für geeignete Anlagen brennstoffspezifisch nachgewiesen werden.
- Eine effektive Ressourcennutzung von Spreu Stroh kann durch eine kombinierte stoffliche und energetische Nutzung erfolgen.

Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft

Ansprechpartner

Dr. Jan Khalsa

Tel. +49 (0)341 2434 – 396

E-Mail: jan.khalsa@dbfz.de

Mirjam Matthes

Tel. +49 (0)341 2434 – 473

E-Mail: mirjam.matthes@dbfz.de

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116

D-04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434 – 112

E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de

Halmgutartige Biomasse als Pellets

Stationäre Pelletieranlage (5000t/a)

- eine ganzjährige Auslastung ist Grundvoraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb
- Mögliche Kombination mit Produktion von Futtermitteln oder Tiereinstreu
- Pelletierkosten:

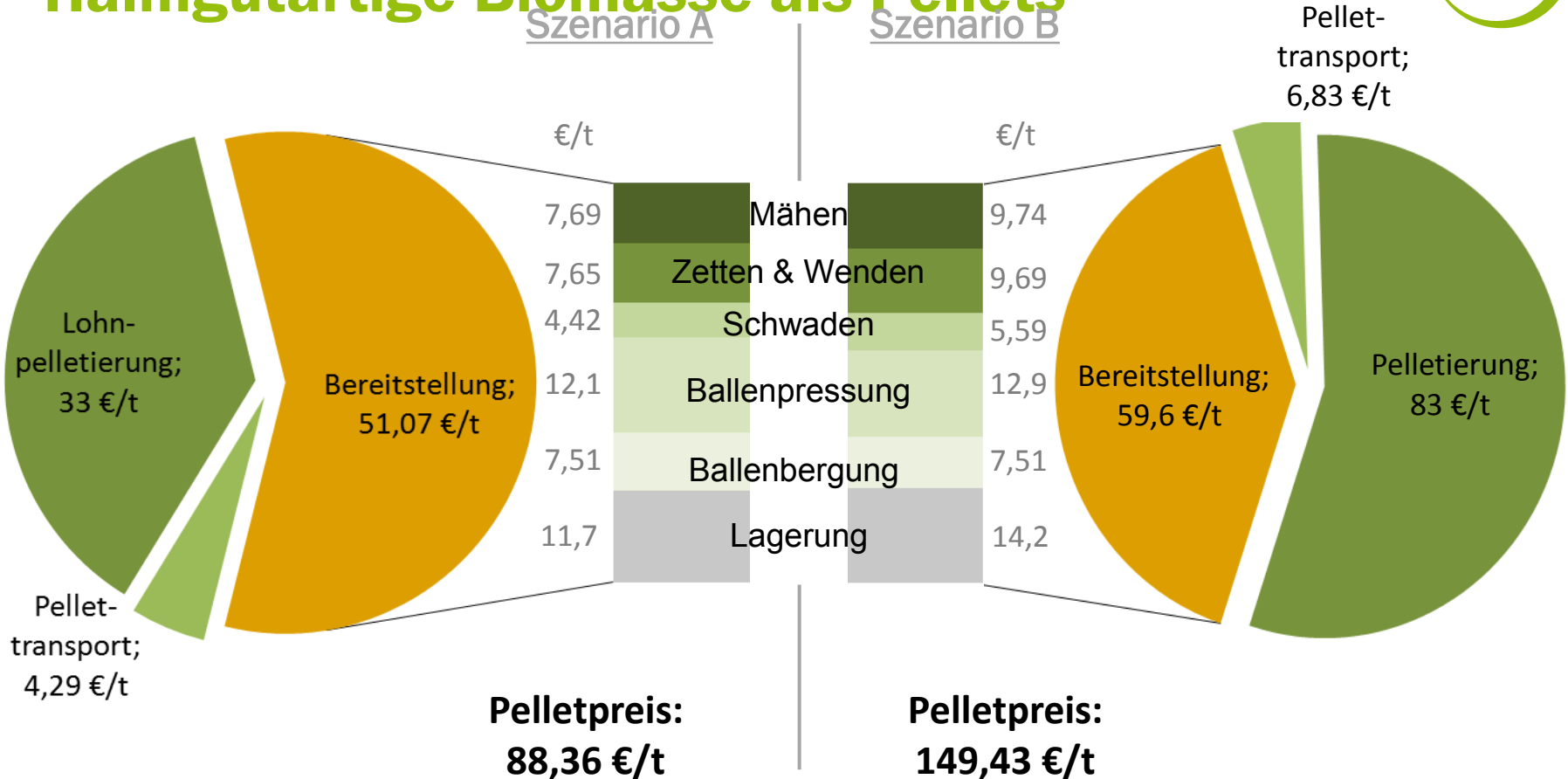
Szenario A - vollausgelastete, neuinstallierte Anlage: ca. 83 €/Tonne

Szenario B - Mitbenutzung einer bestehenden Anlage: ca. 33 €/Tonne



Kriterium	Szenario A	Szenario B
Investitionskosten	sehr hoch	für den Auftraggeber keine
Arbeitskraftbedarf	gering, aber Personal mit Fachkenntnissen nötig	für den Auftraggeber keine
Flexibilität	gering	hoch

Halmgutartige Biomasse als Pellets



Szenario A:

Pelletnutzung in 20 km Entfernung zur Pelletierung

Szenario B:

Pelletnutzung in 35 km Entfernung zur Pelletierung

Hektarpreise (beide Szenarien):

- Mähen: 32,91 €/ha
- Zetten und Wenden (2x): 32,74 €/ha
- Schwaden: 18,89 €/ha

Halmgutartige Biomasse als Pellets

Mobile Lohnpelletierung

- 2-3 Anlagenkonzepte sind am Markt verfügbar
- meist wird die Beschickung vom Auftraggeber übernommen
- ca. 1t Pellets pro Stunde
- Preis: ca. 96 €/Tonne



Kriterium	Bewertung
Investitionskosten	für den Auftraggeber keine
Arbeitskraftbedarf	gering
Flexibilität	sehr hoch