

Wärmeerzeugung aus halmgutartiger Biomasse

Besonderheiten und Anforderungen

Dipl.-Ing. Th. Hering

28.10.2010, Haus Düsse



Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

A Brennstoffeigenschaften

B Einsatzmöglichkeiten Halmgüter (thermisch)

1. Wärmeerzeugungsanlagen
2. Stromerzeugungsanlagen

C Rechtliche Rahmensituation

D Zusammenfassung

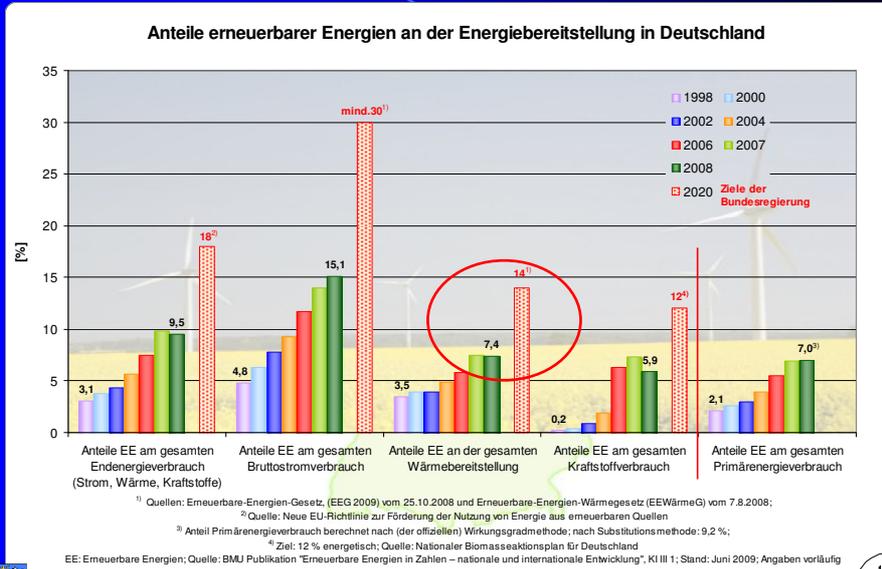


Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Anteile Erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland (Stand Juni 2009)

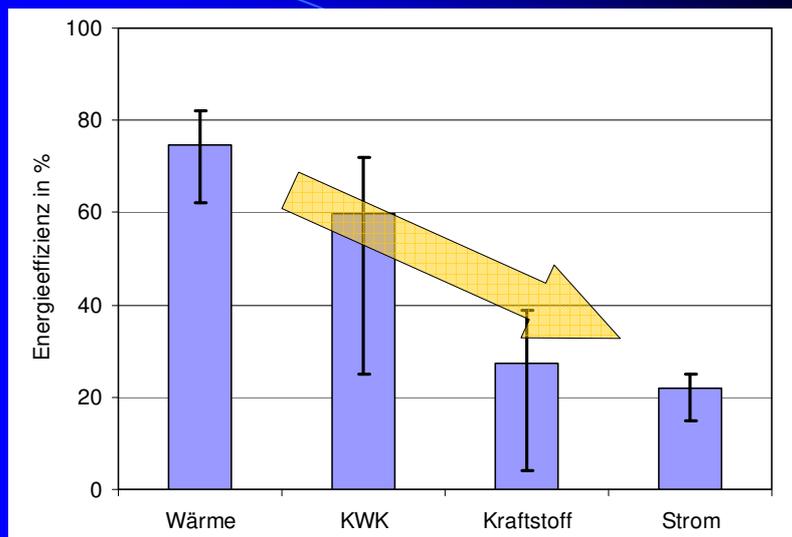


Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Energieeffizienzen der verschiedenen Nutzungspfade



(Quelle: Biomasseaktionsplan der Bundesregierung)



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



A Brennstoffeigenschaften

Physikalisch-mechanische Brennstoffeigenschaften z.B.

- Schütt/Pressdichte ⇒ Transport, Lagerdichte
- Wassergehalt ⇒ Lagerung, Heizwert, Ausbrand
- Aschegehalt ⇒ Auslegung Austragsystem, Staubemission
- Störstoffe (Beikrautanteil) ⇒ Ausbrand
- Halmgutlänge (Stroh lang/kurz, Ganzpflanze)

Chemisch-stoffliche Brennstoffeigenschaften z.B.

- Stickstoff ⇒ NO_x -Emissionen
- Schwefel ⇒ SO_x -Emissionen, Korrosion
- Chlor ⇒ HCl-, PCDD/F-Emissionen, Korrosion
- K, Na, Ca, (Mg) ⇒ Ascheschmelzverhalten, Korrosion
- Cd ⇒ Ascheverwertung



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Brennstoffeigenschaften

Vergleich der Press- und Schüttdichten (bei 85 % TS-Gehalt)

Form	Art / Sorte	Dichte kg/m ³
→ Häcksel	Stroh	50 - 70
→ Rundballen	Stroh	100 - 120
→ Quaderballen	Gräser	120 - 180
→ Quaderballen	Stroh	130 - 160
→ Quaderballen	Getreideganzpflanzen	150 - 230
→ Hobelspäne	Holz	80 - 100
→ Hackgut	Fichte	160 - 170
→ Sägemehl	Holz	160 - 180
→ Hackgut	Buche	250 - 260
→ Pellets	Holz u. Stroh	400 - 650
→ Getreidekörner	Hafer	500 - 550
→ Getreidekörner	Gerste	600 - 650
→ Getreidekörner	Weizen/Roggen	700 - 750



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Physikalisch-mechanische Parameter von Halmgutballen

Exakte Ballenmaße z.B.
1,20 x 1,30 x 2,20 m (Z3150)



Gleiche Ballenlänge



Gleiche Ballenbreite
und ~ höhe



FG < 20 %, keine
Feuchtenester



Geringer Beikrautanteil, < 10 %



Gleichmäßige Pressdichte
> 120 kg/m³



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Strohverbrennung



Ablage der Ballen in Reihen



Einsatz von Heston-Ballenpresse und Ballensammelwagen

Ballentransport mit Plattenwagen



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Lagerung im Freien



Balleneinlagerung mit Teleskopklader

neue Lagerhalle



herkömmliche Lagerhalle

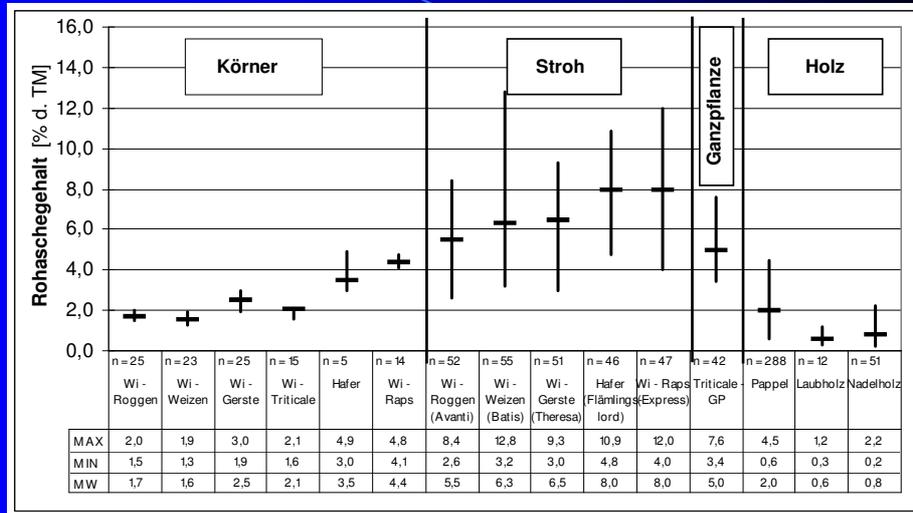


Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Brennstoffeigenschaften - Vergleich Rohaschegehalte

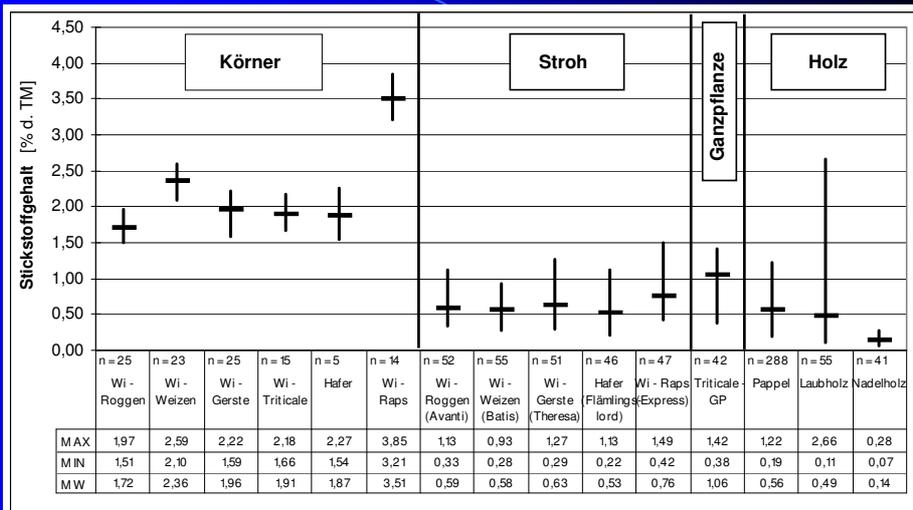


Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Brennstoffeigenschaften - Vergleich Stickstoff

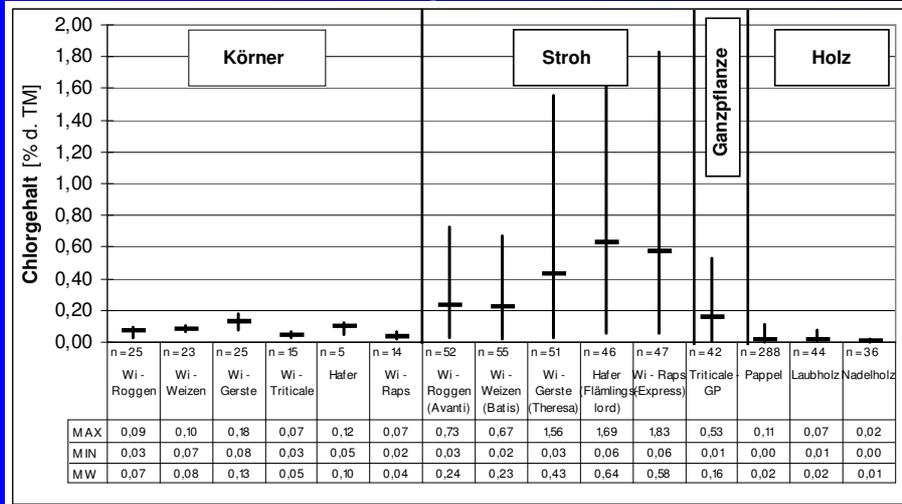


Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Brennstoffeigenschaften - Vergleich Chlor

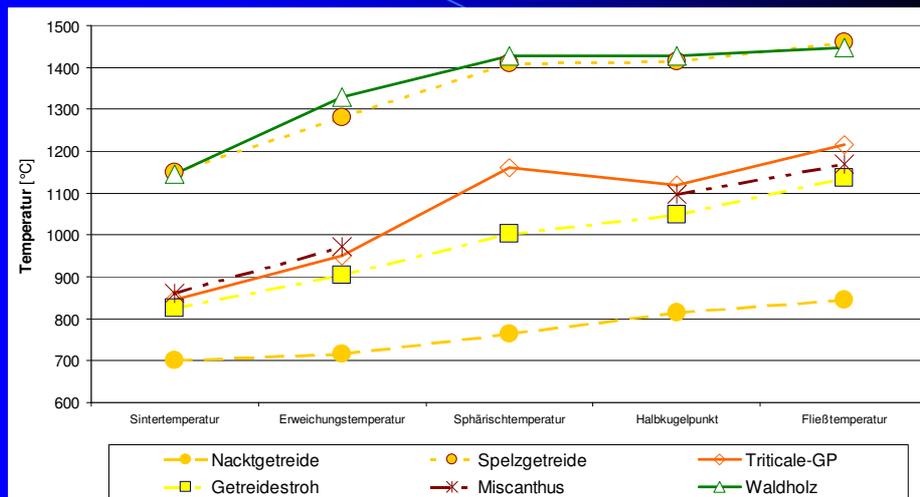


Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Brennstoffcharakteristik Vergleich Ascheschmelzverhalten



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

A Brennstoffeigenschaften

B Einsatzmöglichkeiten Halmgüter (thermisch)

1. Wärmeerzeugungsanlagen
2. Stromerzeugungsanlagen

C Rechtliche Rahmensituation

D Zusammenfassung



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Systeme der Strohverbrennung

diskontinuierliche und kontinuierliche Beschickung

Rost-, Kipptisch-Einschubfeuerungen, Zigarrenbrenner

Ganzballen: Mini-, Rund-, Heston-Großballen

Strohhäcksel: Zuführung über Schneckensysteme bzw.
Pneumatische Systeme

Strohpellets:

einsetzbare Brennstoffe:

Getreidestroh, Ganzpflanze, Landschaftspflegeheu,
Ölleinstroh, Rapsstroh, ...

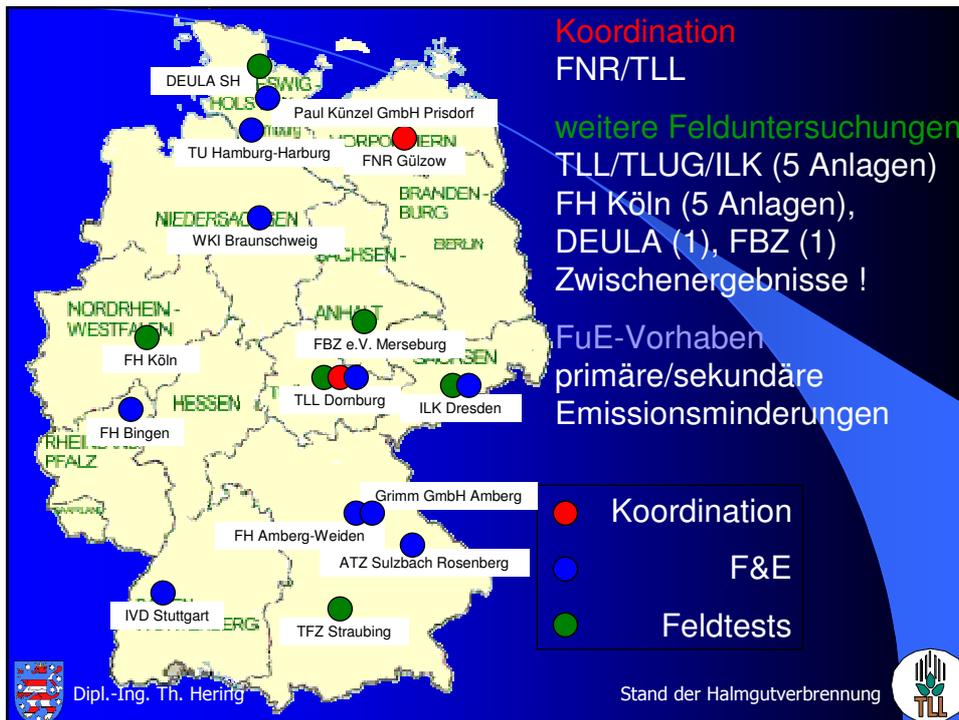
Anlagen ab 100 kW unterliegen 4. BImSchV (TA-Luft) !!!



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung





Untersuchte Feuerungsanlagen (Feldtests)

Hersteller	Typ	Leistung [kW _{th}]	Feuerungsprinzip	Brennstoffe			Institution
				Getreide	Stroh		
				Pellet	Ballen/Häcksel		
Reka	HKRST 30	30	Vorschubrostfeuerung	X	X		TLL
Reka	HKRST 60	60	Vorschubrostfeuerung			X	TLL
Reka	HKRST 100	98	Vorschubrostfeuerung	X	X		DEULA
Passat	C4	40	Brennmuldenfeuerung	X	X		FH Köln
Biokompakt	AWK 45 S1	45	Unterschubfeuerung	X	X		FBZ, FH Köln
Heizomat	HSK-RA 60	60	Kettenumlaufrost	X	X		FH Köln
Ökotherm	C1L	120	Brennmuldenfeuerung	X	X		FH Köln
Agroflamm	Agro 40	40	Unterschubfeuerung	X	X		TLL, FH Köln, IVD/TFZ
Guntamatic	Powercom 30	30	Rostfeuerung	X			TLL, FH Köln, TFZ
Linka	Linka-H 400	400	Brennmuldenfeuerung			X	TLL
Herlt	HSV 145	145	Ganzballenvergaser			X	TLL

Untersuchte Brennstoffe

Getreidekörner	Stroh		Sonstige
	Pellet	Ballen/Häcksel	
Winterweizen (Referenz)	Winterweizen (Referenz)	Winterweizen (Referenz)	Holzpellets
Wintergerste (Referenz)	Winterroggen (Referenz)	Winterweizen (grau)	Triticale-GP Pellets
Winterweizen	Triticale	Triticale	Grüngutpellets
Wintergerste			GNP Pellets
Winterroggen			Rapspresskuchen Pellets
Triticale			



Neuartige und konventionelle Feuerungsanlagen



Abbildung xx: Funktionschema (links), Feuerraum mit Treppennest (mitte), Powercorn 30 (rechts)



Abbildung xx: Abscheideeinrichtung der Firma Schröder (hydroboil) am Powercorn 7-30



Abbildung xx: Funktionschema (links), RHK - AK 60 bei Döpsik Umwelttechnik (rechts)

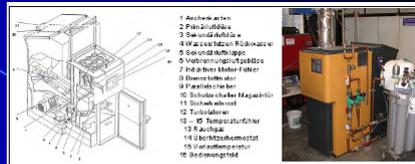


Abbildung xx: Funktionschema (links), Compact C4 auf dem Prüfstand der FH Köln (rechts)



Abbildung xx: einzige Quereinschubfeuerung (links), Brennraum des Compact C4 (rechts)

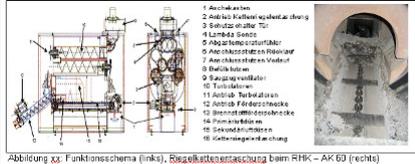


Abbildung xx: Funktionschema (links), Regelstellenanordnung beim RHK - AK 60 (rechts)



Dipl.-Ing. Th. Hering

Alternative Brennstoffe in Anlagen < 1 MW



Kohlenmonoxid-Emissionen - Vergleich Referenzbrennstoffe

CO [mg/Nm³, tr.: 13 % O₂]	Wintergerstenkörner			Winterweizenkörner			Winterweizenstrohpellets			Winterroggenstrohpellets		
	TLL	FBZ	TFZ	TLL	FBZ	TFZ	TLL	TLL	FH Köln	FH Köln	FH Köln	TFZ
	Agro 40	AWK SI 45	Powercorn 30	Agro 40	AWK SI 45	Powercorn 30	Agro 40	HKRST 60	RHK-AK 60	Agro	RHK-AK 60	Powercorn 30
	Feldtest	Feldtest	Prüfstand	Feldtest	Feldtest	Prüfstand	Pellet Feldtest	Häcksel Feldtest	Pellet Feldtest	Feldtest	Feldtest	Prüfstand
	n = 156	n = 73	n = 3	n = 171	n = 69	n = 4	n = 23	n = 11	n = 66	n = 6	n = 6	n = 3
MAX	22	37	54	38	106	361	321	264	140	588	344	182
MIN	3	2	39	2	6	11	21	49	9	148	45	170
MW	6	6	48	6	34	109	110	98	33	260	157	175

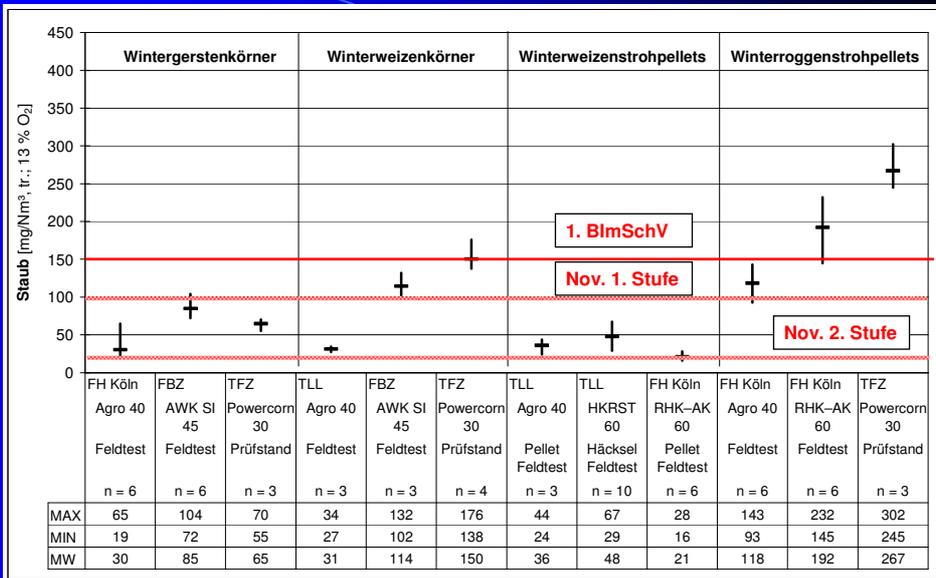


Dipl.-Ing. Th. Hering

Alternative Brennstoffe in Anlagen < 1 MW



Gesamtstaub-Emissionen – Vergleich Referenzbrennstoffe



Dipl.-Ing. Th. Hering

Alternative Brennstoffe in Anlagen < 1 MW



weitere Entwicklungen - Voruntersuchungen

Erprobung innovativer Feuerungssysteme TLL – TZNR Dornburg/Jena



IHT-Anlage
Brennstoffmisch- und
wägeanlage



wassergekühlte Vorschubtreppen-
rostfeuerung mit Rauchgasrezirkulation



Dipl.-Ing. Th. Hering

Alternative Brennstoffe in Anlagen < 1 MW



Strohfeuerungsanlagen für Häckselgut mit Ballenauflöser
Vorschubrostfeuerung im Leistungsbereich 20 kW_{th} bis 5 MW_{th}
 Fa. REKA - Reka-HKRST 60, 54 kW_{th}

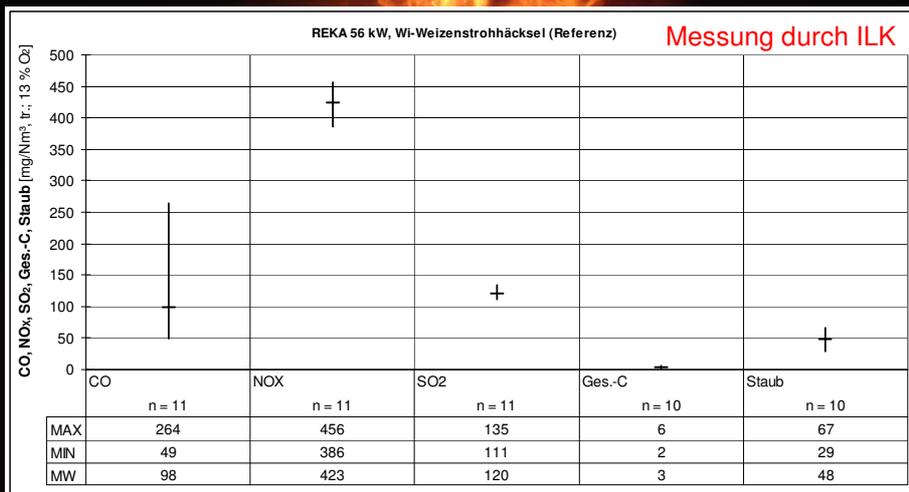


Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Strohverbrennung



Ergebnisse der Messungen am Reka-HKRST 60, 54 kW_{th}

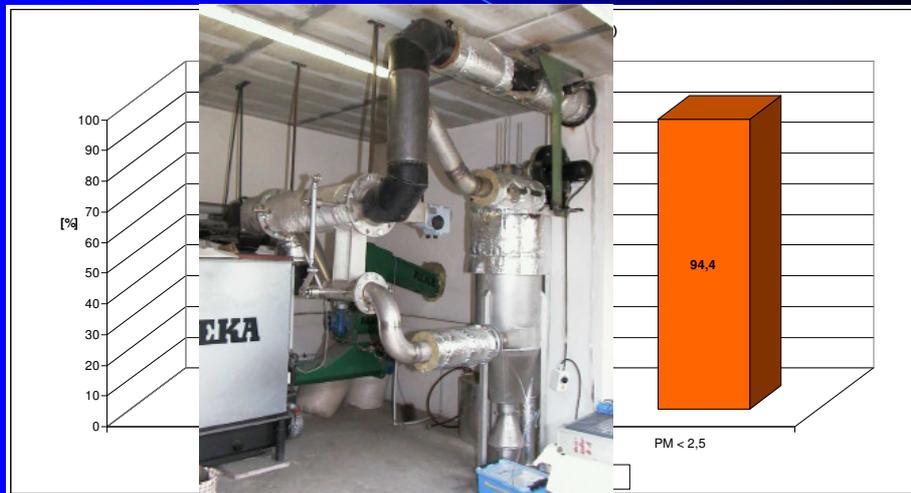


Dipl.-Ing. Th. Hering

13 10 2005
 Stand der Strohverbrennung



Vorschubrostfeuerung Fa. REKA - Reka-HKRST 60, 54 kW_{th}



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Strohverbrennung



Stadtwerke Göppingen Firma Ökotherm (D), 600 kW_{th}



Die ÖKOTHERM®-Biomasse Heizanlage mit 600 kW als Grundlastkessel in Kaskade mit zwei Gaskessel und BHKW

Bildquelle: www.oeko-therm.net



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Strohverbrennung



Ballenvergaser 145 kW/Herlt



Abbildung 30: diskontinuierliche Beschickung (links; [Quelle: SLUG]), HSV 145 Gesamtanlage Standort Wiesenburg (rechts)

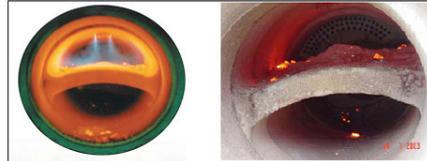


Abbildung 30: Schema Wirbelbrennkammer (links; [Quelle: Webprospekt]), Wirbelbrennkammer HSV 145 Standort Wiesenburg (rechts; [Quelle: SLUG])



Abbildung 30: Ausbrandphase (links), Glut nach Ausbrandphase (rechts; [Quelle beide SLUG])



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Strohverbrennung



Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Jena

Brennstoff:
Leistung:

Stroh und Ganzpflanzen
1,75 MW_{th}

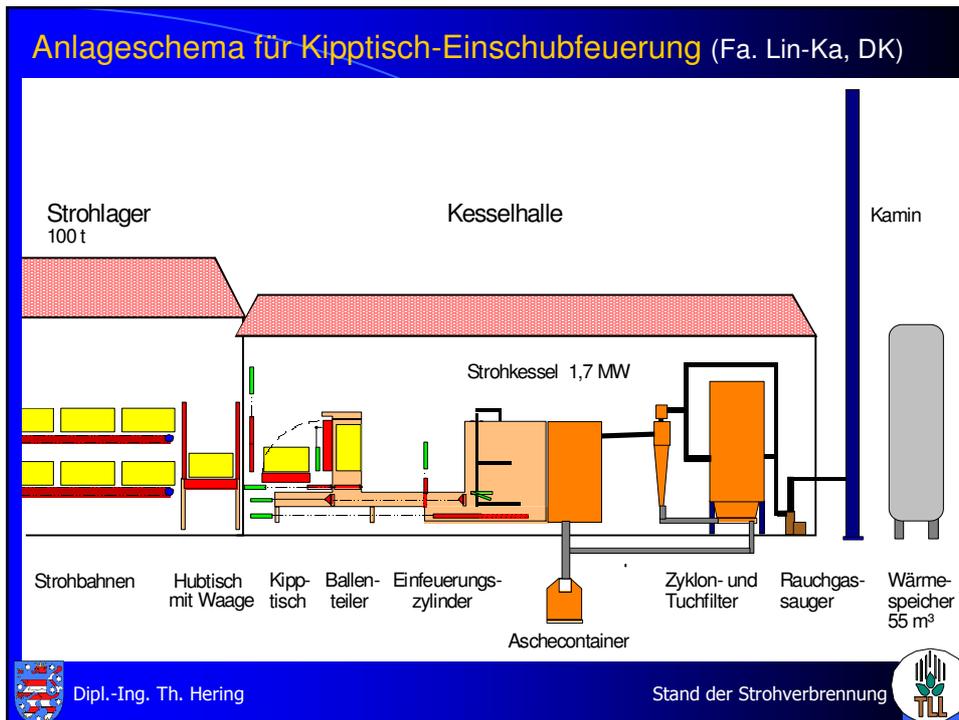
Kipptisch -
Einschubfeuerung
kontinuierliche Beschickung
mit einzelnen Scheiben



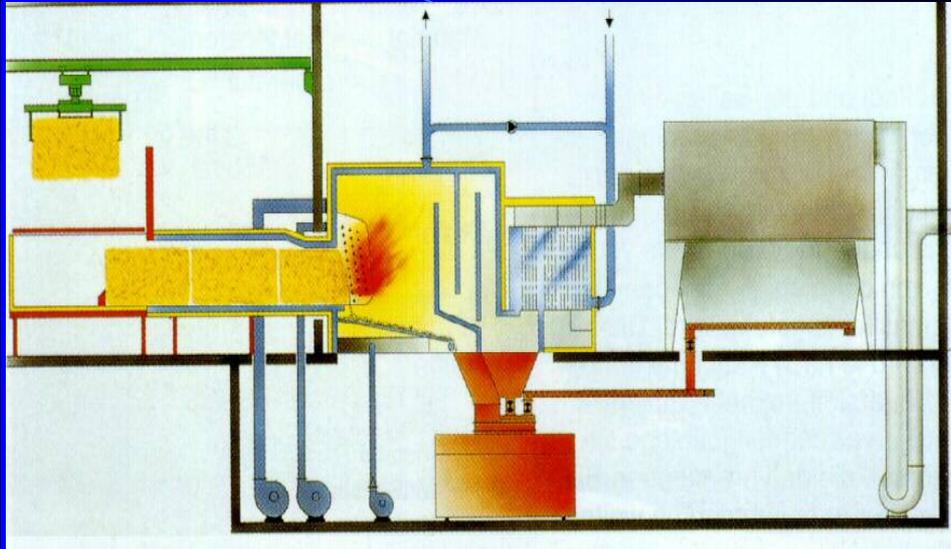
Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Strohverbrennung



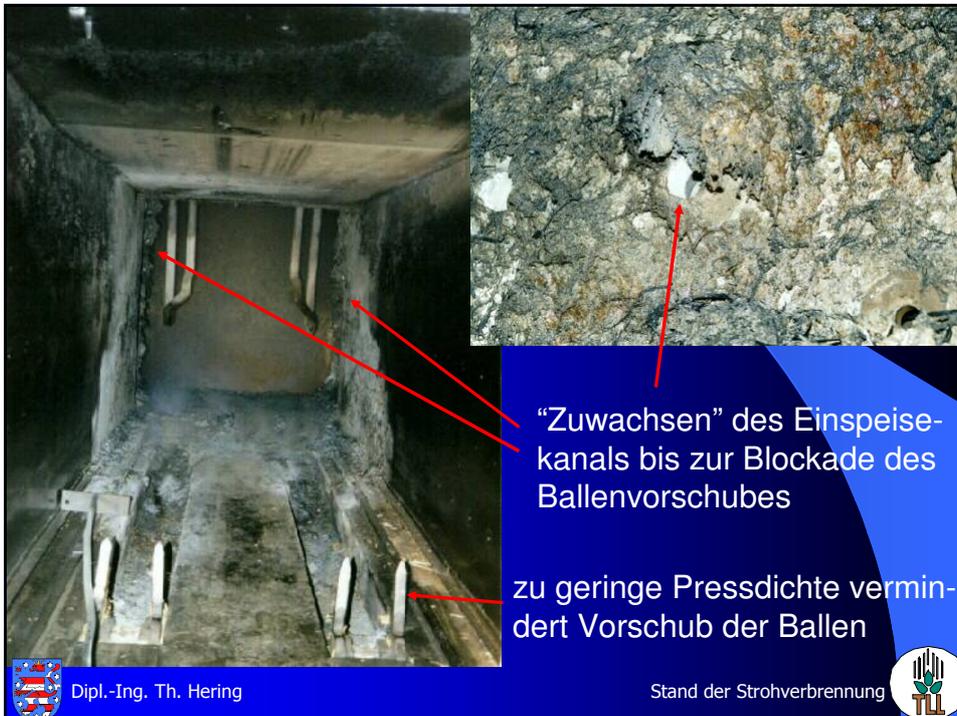


Anlageschema für Ganzballen-Feuerung, Zigarrenabbrand
kontinuierliche Beschickung mit Heston-Ganzballen (Fa. Volund, DK)



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Strohverbrennung



“Zuwachsen” des Einspeisekanals bis zur Blockade des Ballenvorschubes

zu geringe Pressdichte vermindert Vorschub der Ballen



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Strohverbrennung



Vor und nach Reinigung des Strohkessels



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Strohverbrennung



Zerkleinerung der Strohascheschlacke in
ehemaliger Düngermühle

Maximale Korngröße 40 mm



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Strohverbrennung



Strohheizkraftwerk Masnedø (Dänemark)

KWK mit 8,3 MW_{el} - 40.000 t Stroh, 8.000 t Holz



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Ausgewählte strohgefeuerte (Heiz-) Kraftwerke in Europa

(nach D. Thrän, M. Kaltschmitt 2001)

Standort	Leistung	Feuerungssysteme	Jährlicher Brennstoffeinsatz	Inbetriebnahme
Ensted Dänemark	40 MW _{el}	aufgelöst/ Stoker	120 000 Mg Stroh 30 000 Mg Hackschnitzel	1998
Cambridgeshire Großbritannien	36 MW _{el}	aufgelöst/ Stoker	200 000 Mg Stroh (50-miles-Radius) sowie Erdgas	2001
Studstrup Dänemark	30 von 150 MW _{el}	aufgelöst/ Stoker	50 000 Mg Stroh sowie mind. 80 % Kohle	1995
Sangüesa Spanien	25 MW _{el} mit KWK	aufgelöst/ Stoker	160 000 Mg Stroh	2002
Slagelse Dänemark	11,7 MW _{el} mit KWK	aufgelöst/ Stoker	25 000 Mg Stroh 20 000 Mg Hausmüll	1990
Maribo Dänemark	9,3 MW _{el} mit KWK	aufgelöst/ Stoker	40 000 Mg Stroh	2000
Grena Dänemark	8,5 von 17 MW _{el} mit KWK	aufgelöst/ pneumatisch	55 000 Mg Stroh 40 000 Mg Kohle	1992
Masnedø Dänemark	8,3 MW _{el} mit KWK	aufgelöst/ Stoker	40 000 Mg Stroh 8 000 Mg Hackschnitzel	1996
Mabjerg Dänemark	5,6 von 28 MW _{el} mit KWK	Zigarrenbrenner, 2 weitere Kessel	35 000 Mg Stroh, 150 000 Mg Hausmüll, 25 000 Mg Hackschnitzel, Erdgas	1993
Haslev Dänemark	5,0 MW _{el} mit KWK	Zigarrenbrenner	25 000 Mg Stroh	1989
Rundkøbing	2,3 MW _{el}	aufgelöst/	12 500 Mg Stroh	1990



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

A Brennstoffeigenschaften

B Einsatzmöglichkeiten Halmgüter (thermisch)

1. Stroh- und Ganzpflanzenfeuerungsanlagen
2. Stromerzeugungsanlagen

C Rechtliche Rahmensituation

D Zusammenfassung



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



C Neue rechtliche Rahmenbedingungen

Brennstoffe nach Nr. 8 § 3 der 1. BImSchV

8. Stroh und strohähnliche pflanzliche Stoffe, Getreideganzpflanzen, Getreidekörner und -bruchkörner, Pellets aus Getreideganzpflanzen oder Getreidekörnern, Getreideausputz, Getreidespelzen und -halmreste,

Grenzwerte (Typenprüfung) für Anlagen und Brennstoffe nach Nr. 8 § 3 der 1. BImSchV (Bezugs O₂ 13 %; Quelle: BMU/UBA)

Dioxine und Furane:	0,1 ng/m ³
Stickstoffoxide:	
Anlagen die nach dem Inkrafttreten dieser Verordnung errichtet werden:	0,6 g/m ³
Anlagen, die nach dem 31.12.2014 errichtet werden:	0,5 g/m ³
Kohlenstoffmonooxid:	0,25 g/m ³



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Grenzwerte (Praxismessung) für Anlagen und Brennstoffe nach Nr. 8 § 3 der 1. BImSchV (Bezugs O₂ 13 %; Quelle: BMU/UBA)

Emissionsgrenzwerte für Staub und Kohlenstoffmonoxid (CO)				
	Brennstoff gemäß § 3 Abs. 1	Nennwärmeleistung [Kilowatt]	Staub [g/m ³]	CO[g/m ³]
Stufe 1: Anlagen, die nach Inkrafttreten der Verordnung errichtet werden	Nr. 1 - 3a	≥ 4 - 500	0,09	1,0
		> 500	0,09	0,5
	Nr. 4 - 5	≥ 4 - 500	0,10	1,0
		> 500	0,10	0,5
	Nr. 5a	≥ 4 - 500	0,06	0,8
		> 500	0,06	0,5
	Nr. 6 - 7	≥ 50 - 100	0,10	0,8
		> 100 - 500	0,10	0,5
		> 500	0,10	0,3
		Nr. 8	≥ 4 < 100	0,10
Stufe 2: Anlagen, die nach dem 31.12.2014 errichtet werden	Nr. 1 - 5a	≥ 4	0,02	0,4
		≥ 50 - 500	0,02	0,4
	Nr. 6 - 7	> 500	0,02	0,3
		Nr. 8	≥ 4 < 100	0,02



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

A Brennstoffeigenschaften

B Einsatzmöglichkeiten Halmgüter (thermisch)

1. Stroh- und Ganzpflanzenfeuerungsanlagen
2. Stromerzeugungsanlagen

C Rechtliche Rahmensituation

D Zusammenfassung



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



D Zusammenfassung

1. Technik für die Ernte, Aufbereitung, Transport und Lagerung von Stroh und Getreide, etc. ist vorhanden und weitestgehend optimiert
2. Thermische Verwertung von Stroh-, ~pellets und Getreide ist technisch möglich, jedoch mit höheren Kosten, Emissionen und genehmigungsrechtlichen Aufwendungen verbunden
3. Geringe Erfahrung bei der Verstromung von Halmgut in Deutschland – Anreiz des EEG Nawaro Bonus nicht ausreichend – als Mischbrennstoffe nicht wirtschaftlich sinnvoll (Holz) – Ausschließlichkeitsprinzip !!!
4. Anlagen für die Vergasung von Halmgut stehen am Anfang ihrer Entwicklung, zeigen gute Fortschritte in Bezug auf Staub-, CO-, NOx-Emissionen, Verschlackungen
Gasnutzung zur Verstromung bisher ohne Praxisrelevanz

Getrennte Verbrennung/Vergasung von Getreidekörnern und Stroh gegenwärtig relevanter als Ganzpflanzennutzung



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung



D Zusammenfassung

Genehmigungsverfahren und Überwachung für rechtlich zugelassene größere Anlagen für Stroh und Getreide nach 4. BImSchV (TA Luft), erfordern höhere Invest-, Verwaltungs- und Betriebskosten, etc.

Je inhomogener der Brennstoff umso höher die Anforderungen an die Feuerungsanlage bzw. je einfacher die Feuerungsanlage umso höher die Anforderungen an die Qualität des Brennstoffes.



Dipl.-Ing. Th. Hering

Stand der Halmgutverbrennung





Weitere Informationen unter

www.tll.de/nawaro

bzw.

thomas.hering@tll.thueringen.de

