

Verbrennung von Getreide

Möglichkeiten und Grenzen



Dipl.- Ing. Th. Hering
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

A Brennstoffeigenschaften

B Rechtliche Rahmensituation

C Feuerungstechniken für Getreide

D Zusammenfassung



Einleitung

Ergebnisse der Versuche im Rahmen des FNR-Projektes
„Energetische Verwertung von Getreide und Halmgutpellets“

Unterauftragnehmer: VTI, IE, DBI-AUA, PTG

Kooperationspartner: TLUG

Tabelle 1: Übersicht der untersuchten Brennstoffe bzw. Brennstoffmischungen

Körner	Pellets	Sonstige
Roggen	Strohpellets ¹⁾	Holz hackschnitzel
Weizen	Getreideganzpflanzenpellets ²⁾	Mischungen Getreide & Holzbrennstoff
Gerste	Kleipellets	
Hafer	Holzpellets	
Triticale		
Raps		

¹⁾ In der Versuchskampagne 2003/2004 wurden Strohpellets für den konventionellen Verwendungszweck als Einstreupellets untersucht. In der Versuchskampagne 2004/2005 erfolgte die Untersuchung von 14 speziell für die energetische Verwertung konzipierten Pelletchargen.

²⁾ Für die Pelletierung von Ganzpflanzen wurde aufgrund des festen Kornsitzes ausschließlich Triticale verwendet.





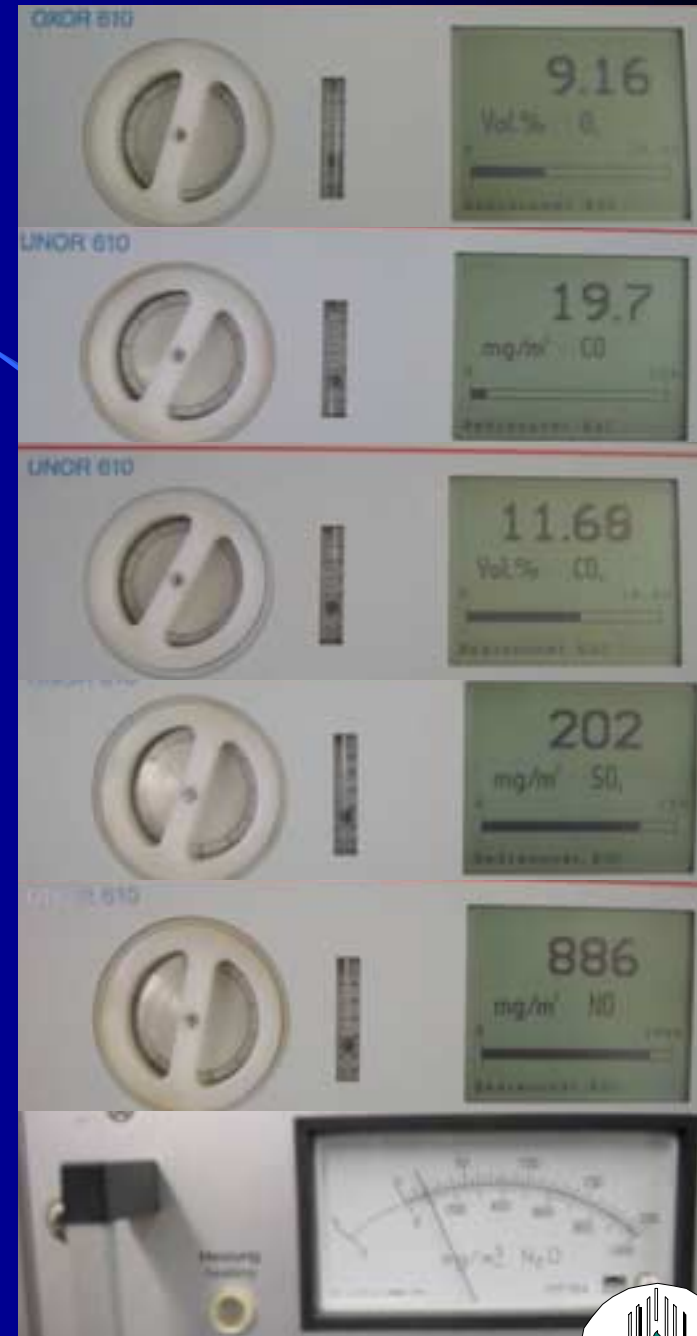
Kontinuierliche
Messung von:

O₂, CO, CO₂, SO_x,
NO_x, N₂O

Diskontinuierliche
Messung von:

Staub und HCl

PCDD/F,
Feinstaub



Im Projekt untersuchte Anlagen

Anlagentyp	Leistungsklasse	Hersteller
Vorofenfeuerung mit wassergekühlter Brennmulde	900 kW _{th}	Firma Okotherm
Unterschubfeuerung	40 kW _{th}	Firma Agroflamm
Brennmuldenfeuerung	23 kW _{th}	Firma Baxi
Schubrostfeuerung	23 kW _{th}	Firma Ferro
Vorschubrostfeuerung	25 kW _{th}	Firma Reka



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

A Brennstoffeigenschaften

B Rechtliche Rahmensituation

C Feuerungstechniken für Getreide

D Zusammenfassung



A Brennstoffeigenschaften

Physikalisch-mechanische Brennstoffeigenschaften z.B.

- Schüttdichte ⇒ Transport, Lagerdichte
- Wassergehalt ⇒ Lagerung, Heizwert, Ausbrand
- Aschegehalt ⇒ Auslegung Austragsystem, Staubemission
- Spelzanteil ⇒ Schüttdichte, Zündverhalten, Ascheschmelzverhalten

Chemisch-stoffliche Brennstoffeigenschaften z.B.

- Stickstoff ⇒ NO_x -Emissionen
- Schwefel ⇒ SO_x -Emissionen, Korrosion
- Chlor ⇒ HCl-, PCDD/F-Emissionen, Korrosion
- Kalium ⇒ Ascheschmelzverhalten, Korrosion
- Natrium ⇒ Ascheschmelzverhalten, Korrosion
- Calcium ⇒ Ascheschmelzverhalten



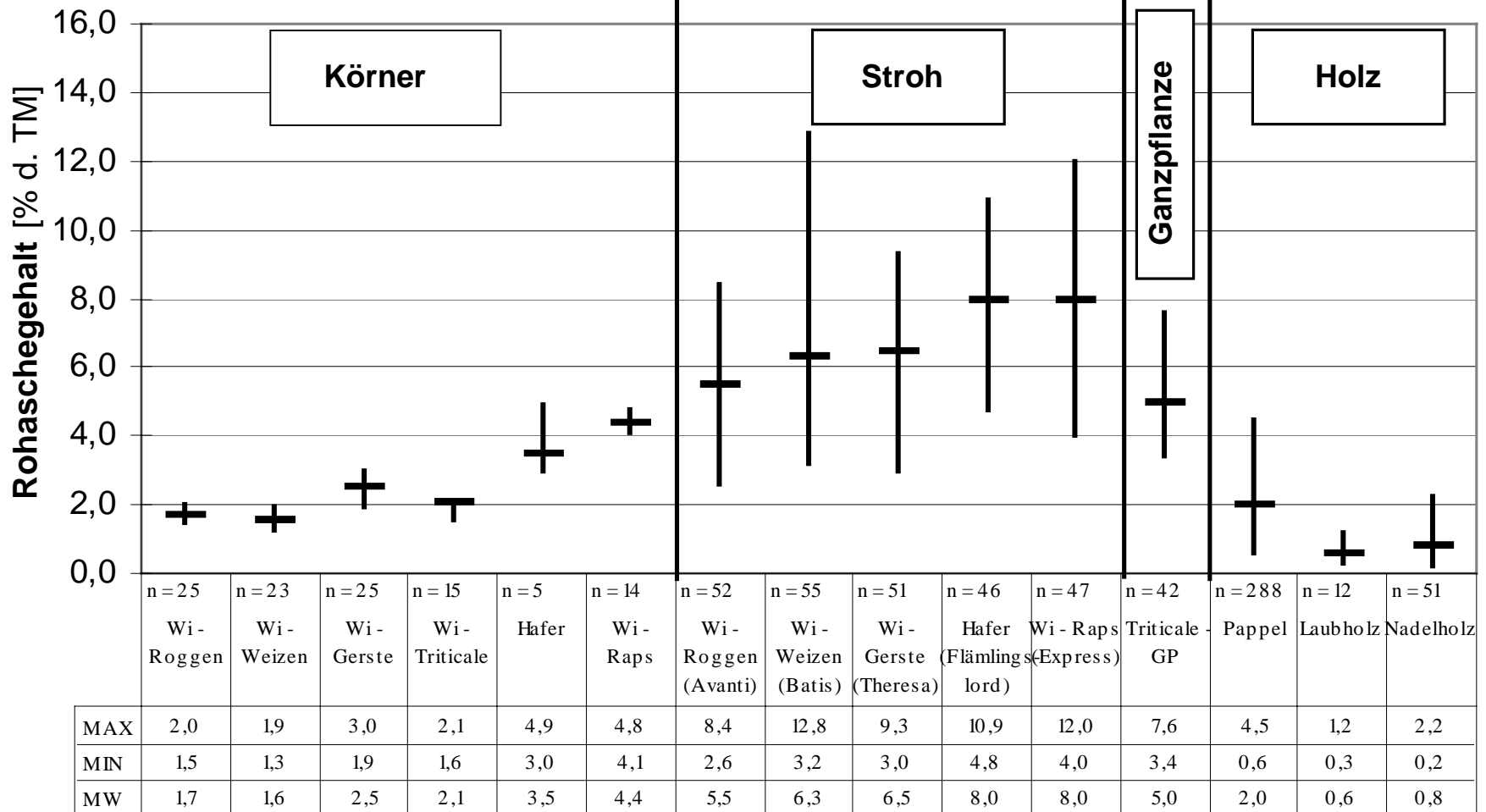
Brennstoffeigenschaften

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

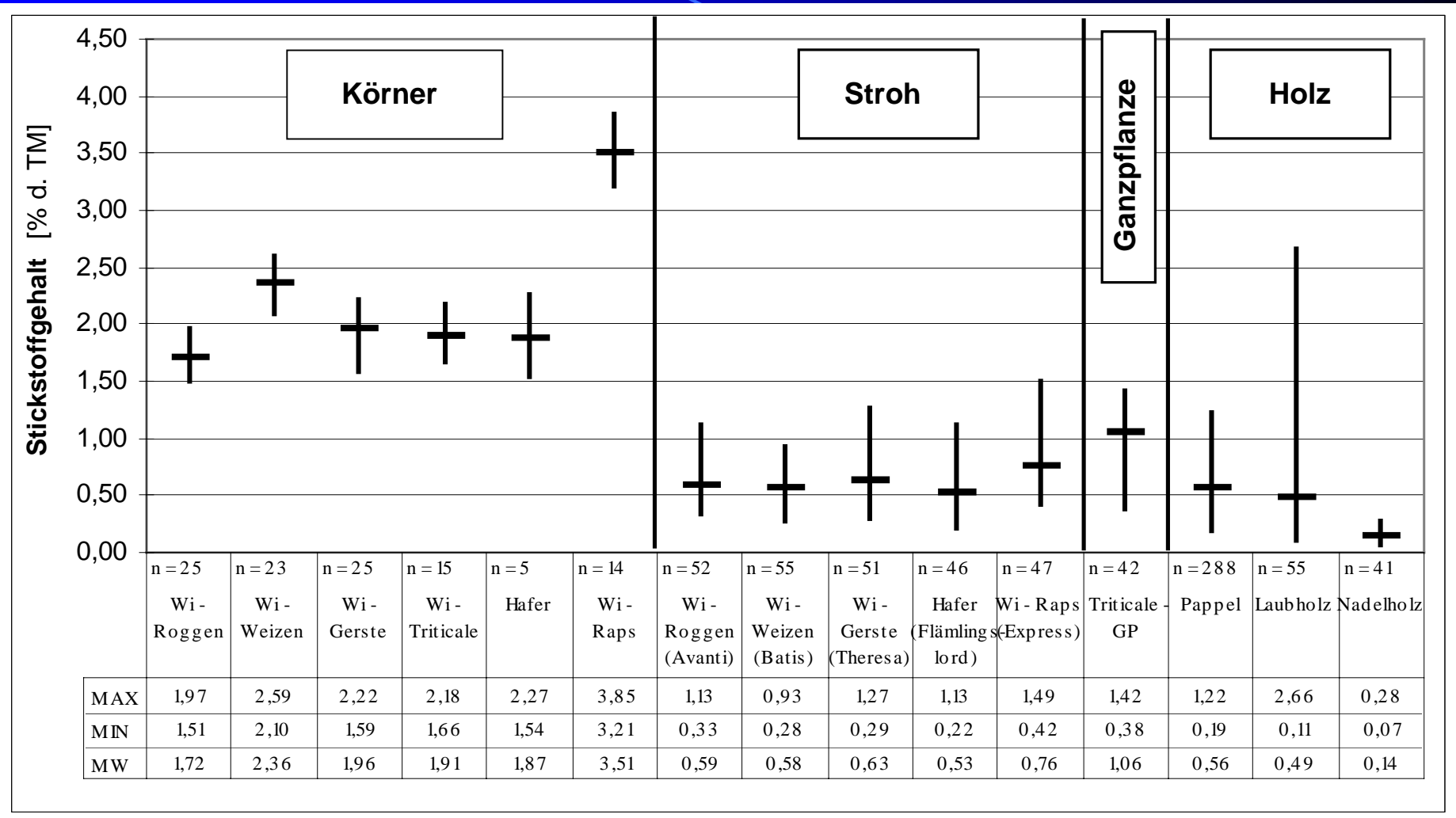
Form	Art / Sorte	Dichte kg/m ³
→ Häcksel	Stroh	50 - 70
→ Rundballen	Stroh	100 - 120
→ Quaderballen	Gräser	120 - 180
→ Quaderballen	Stroh	130 - 160
→ Quaderballen	Getreideganzpflanzen	150 - 230
→ Hobelspäne	Holz	80 - 100
→ Hackgut	Fichte	160 - 170
→ Sägemehl	Holz	160 - 180
→ Hackgut	Buche	250 - 260
→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



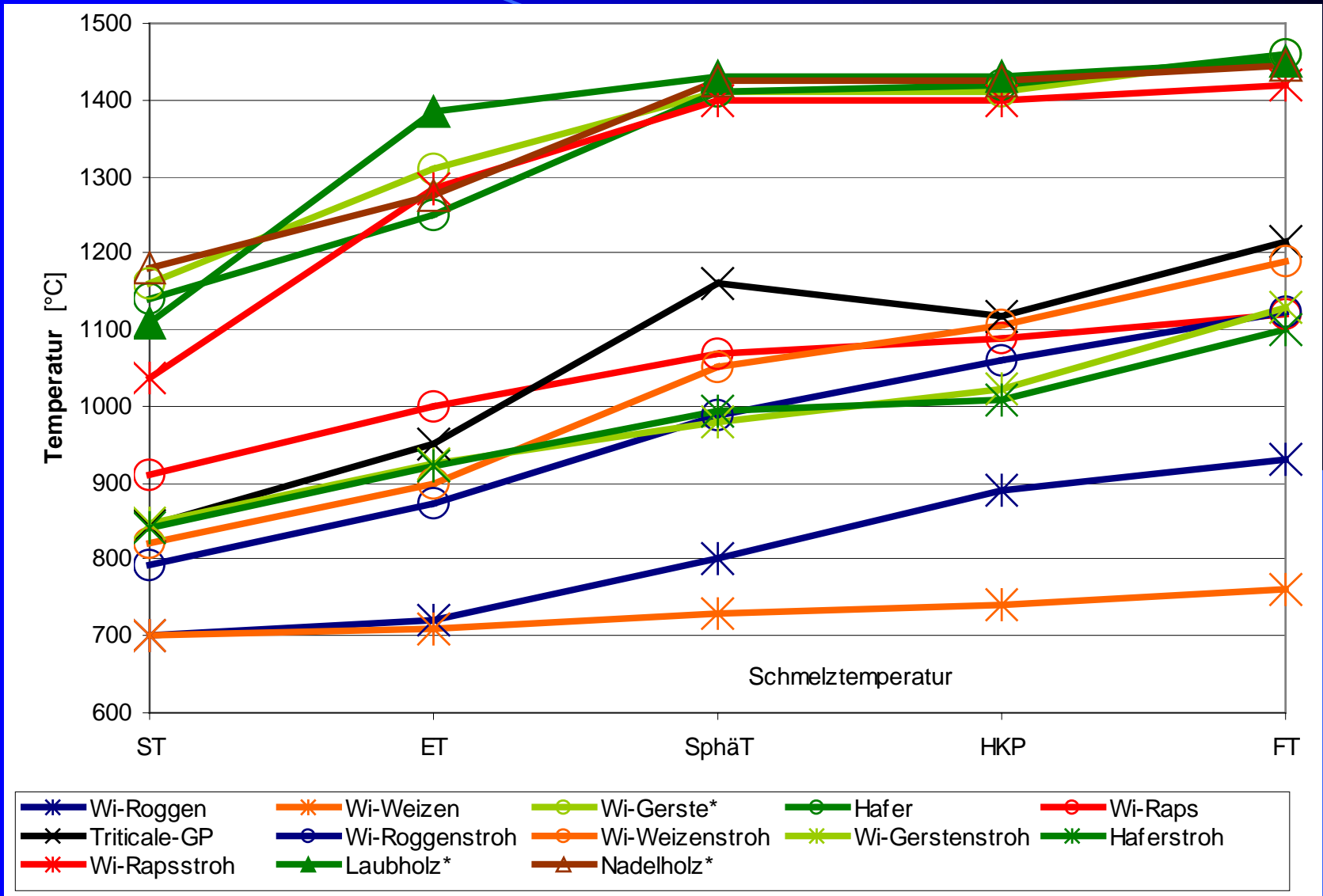
Brennstoffeigenschaften - Vergleich Rohaschegehalte



Brennstoffeigenschaften - Vergleich Stickstoff



Brennstoffcharakteristik Vergleich Ascheschmelzverhalten



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

A Brennstoffeigenschaften

B Rechtliche Rahmensituation

C Feuerungstechniken für Getreide

D Zusammenfassung



B Rechtliche Rahmenbedingungen

Relevante Emissionsgrenzwerte beim Einsatz von festen Bioenergieträgern (nach 4. BImSchV [TA-Luft] bzw. 1. BImSchV)

Anlagengröße	relevante	Bezugs- sauerstoff Vol. %	Emissionsgrenzwerte				
	Vorschrift		CO	Staub	Ges.-C	NO _x	SO ₂
			g/m ³ _n	mg/m ³ _n	mg/m ³ _n	mg/m ³ _n	g/m ³ _n
Emissionsgrenzwerte bei der Verfeuerung von unbehandeltem Holz							
< 15 kW	keine Emissionsbeschränkungen						
15 - 50 kW	1. BImSchV	13	4	150	-	-	-
50 - 150 kW	1. BImSchV	13	2	150	-	-	-
150 - 500 kW	1. BImSchV	13	1	150	-	-	-
500 - 1000 kW	1. BImSchV	13	0,5	150	-	-	-
1 - 2,5 MW	TA-Luft	11	0,15	100	10	250	2,0
2,5 - 5 MW	TA-Luft	11	0,15	50	10	250	2,0
5 - 50 MW	TA-Luft	11	0,15	20	10	250	2,0
Besondere Regelung beim Einsatz von Stroh und ähnlichem pflanzlichen Material							
< 15 kW	kein Einsatz von Halmgut erlaubt						
15 - 100 kW	1. BImSchV	13	4	150	-	-	-
100 - 1000 kW	TA-Luft	11	0,25	50	50	500	2,0
1 - 50 MW	TA-Luft	11	0,25	20	50	400	2,0

Zusätzlich können weitere Grenzwerte aus den allgemeinen Anforderungen der TA-Luft herangezogen werden. Dies betrifft neben bestimmten Staubinhaltsstoffen auch weitere organische und anorganische Komponenten u.a. HCl, PCDD/F



Kein Einsatz von Getreide bzw. Ganzpflanzen in Anlagen der 1.BImSchV möglich **Ausnahmen nach § 20 1. BImSchV bislang:**

Bayern (BSUGV):

- nur Getreide von Flächen auf welchen mind. 1 Jahr kein chlorhaltiger Mineraldünger eingesetzt wurde

- **Anlagen auf Prüfstand** (13 % O₂)
NOx < 500 mg/m³ und Staub 75 mg/m³

- **Anlagen in Praxis** (13 % O₂)

- nur in Betrieben der Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau sowie agrargewerblichen Sektor

bis 50 kW: Staub 100 mg/m³
CO 1,0 g/m³

über 50-100 kW: Staub 75 mg/m³
CO 0,5 g/m³

Baden-Württemberg (UmBW):

- nur bauartgeprüfte Anlagen von 15-100kW

- **Anlagen auf Prüfstand** (13 % O₂)
NOx < 500 mg/m³ und Staub 75 mg/m³

15 bis 50 kW: CO 0,5 g/m³

über 50-100 kW: CO 0,25 g/m³

- **Anlagen in Praxis** (13 % O₂)

- in Betrieben der Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau sowie agrargewerblichen Sektor

15 bis 50 kW: Staub 100 mg/m³
CO 1,0 g/m³

über 50-100 kW: Staub 75 mg/m³
CO 0,5 g/m³

in sonstigen Fällen

15 bis 50 kW: Staub 20 mg/m³
CO 1,0 g/m³

über 50-100 kW: Staub 20 mg/m³
CO 0,5 g/m³



Ausnahmen nach § 20 1. BImSchV für:

NRW (MUNLV):

- nur Getreidekörner und Bruchkörner einsetzbar, welche nicht als Nahrungsmittel verwendbar sind
- kein Einsatz von Getreideganzpflanzen und Getreidereinigungsresten
- nur bauartgeprüfte Anlagen von 15-100 kW
- **Anlagen auf Prüfstand** (13 % O₂)
- NO_x < 500 mg/m³, Staub 75 mg/m³, CO 15 bis 50 kW: 0,5 g/m³, 50-100 kW: 0,25 g/m³
- **Anlagen in Praxis** (13 % O₂)

15 bis 50 kW:	Staub 130 mg/m³	über 50-100 kW:	Staub 110 mg/m³
	CO 1,0 g/m ³		CO 0,5 g/m ³

- nur in Betrieben der Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau sowie dem agrargewerblichen Sektor
- Feuerungsanlage ist mit Pufferspeicher zu betreiben

Ausnahmeregelungen gelten unter Vorbehalt der Novellierung der 1. BImSchV !



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

A Brennstoffeigenschaften

B Rechtliche Rahmensituation

C Feuerungstechniken für Getreide

D Zusammenfassung



C Feuerungsanlagen

Einzelssysteme

Kombinierte Systeme

mit Hackschnitzeln bzw.
mit Holzpellets

z.T. mit Scheitholz



Kohlenmonoxid-Emissionen – Ferro, 23 kW_{th}

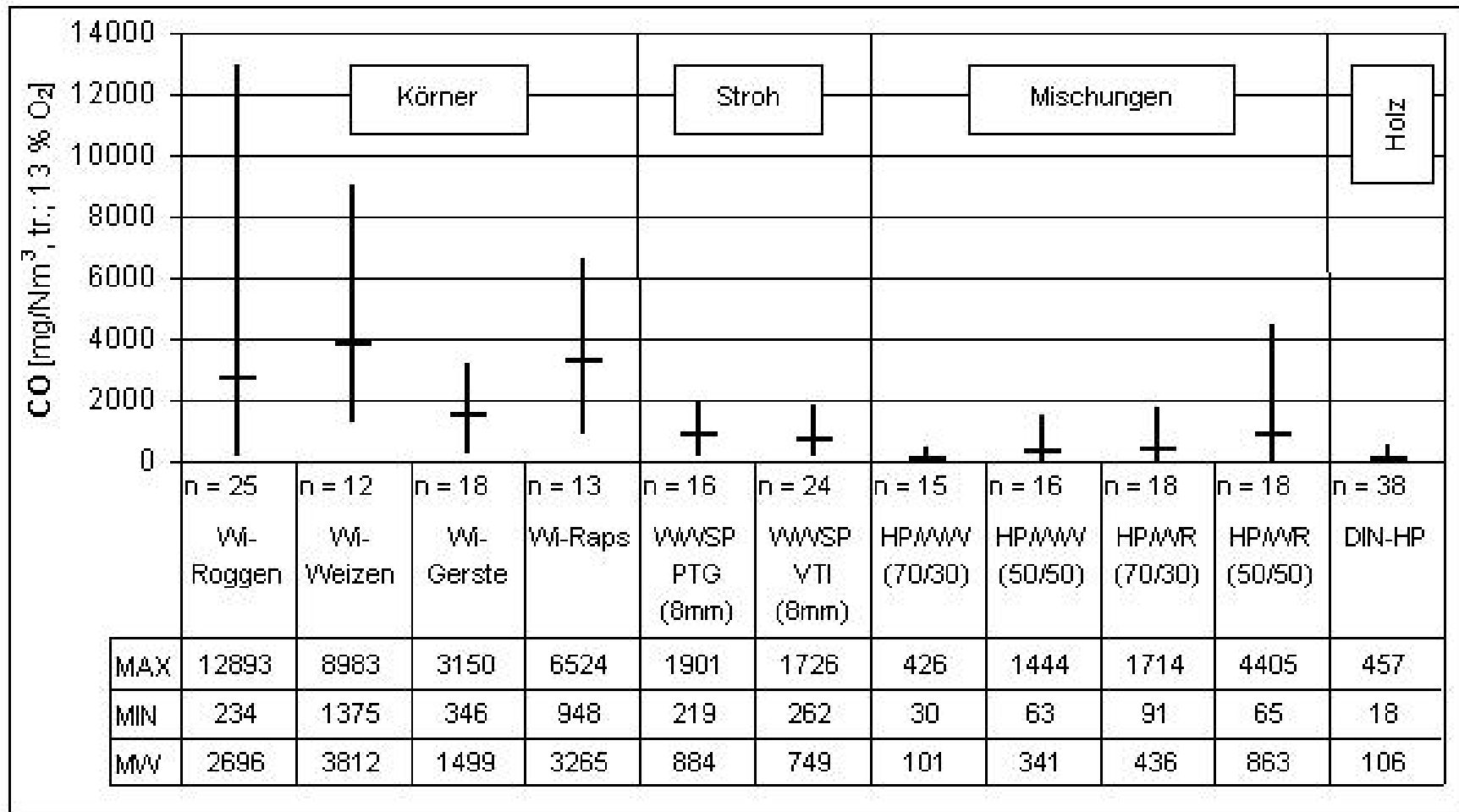


Abbildung 16: Vergleich der Kohlenmonoxidemissionen verschiedener holz- und halmgutartiger Biomassen – Erhebung von Prüfstandsdaten am BIOMAT FB 23L, Fa. FERRO GmbH – 2003/04; angegeben als Viertelstundenmittelwerte bezogen auf 13 % Restsauerstoffgehalt im trockenen Abgas unter Normbedingungen



Vorschubrostfeuerung im Leistungsbereich 20 kW_{th} bis 5 MW_{th} Firma REKA (Dk)



laut Hersteller geeignet für:

Stroh, Holzhackschnitzel, Pellets,
Getreide, etc.

Halmguteinsatz in Kombination mit:

Ballenauflöser und Abscheidetechnik



Kohlenmonoxid-Emissionen – Reka, 25 kW_{th}

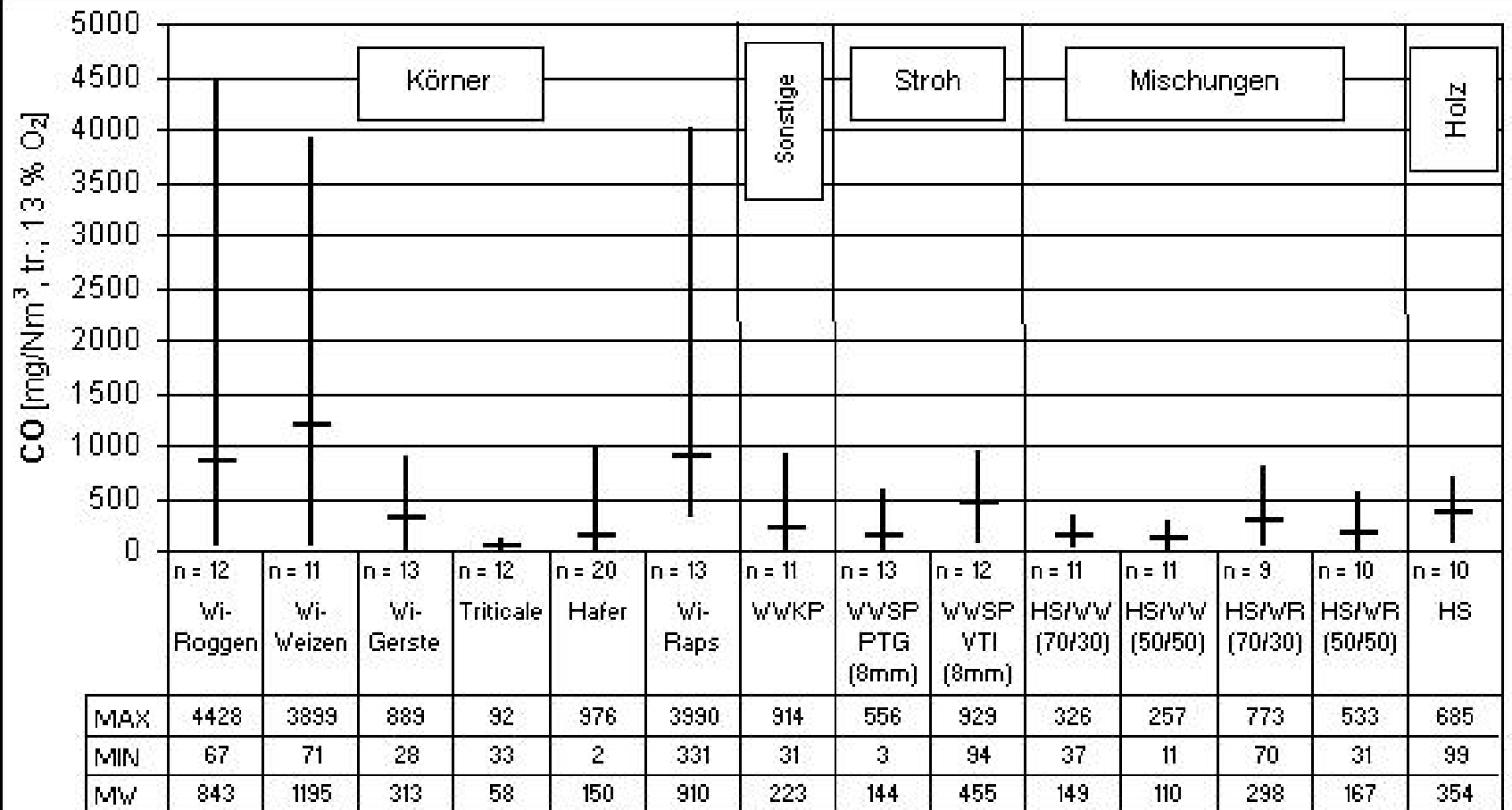


Abbildung 17: Vergleich der Kohlenmonoxidemissionen verschiedener holz- und halmgutartiger Biomassen – Erhebung von Prüfstandsdaten am HKRST-FSK 20, Fa. REKA A/S – 2003/04; angegeben als Viertelstundenmittelwerte bezogen auf 13 % Restsauerstoffgehalt im trockenen Abgas unter Normbedingungen





Holzpelletanlage in Kombination mit Scheitholzanlage



als getreidetauglich
ausgewiesene Holzpelletanlage
der Firma Baxi (Dk) – 23 kW_{th}



Zündung von Getreide erfolgt bei ca. 400 °C später als bei holzartigen Brennstoffen



Kohlenmonoxid-Emissionen – Baxi, 23 kW_{th}

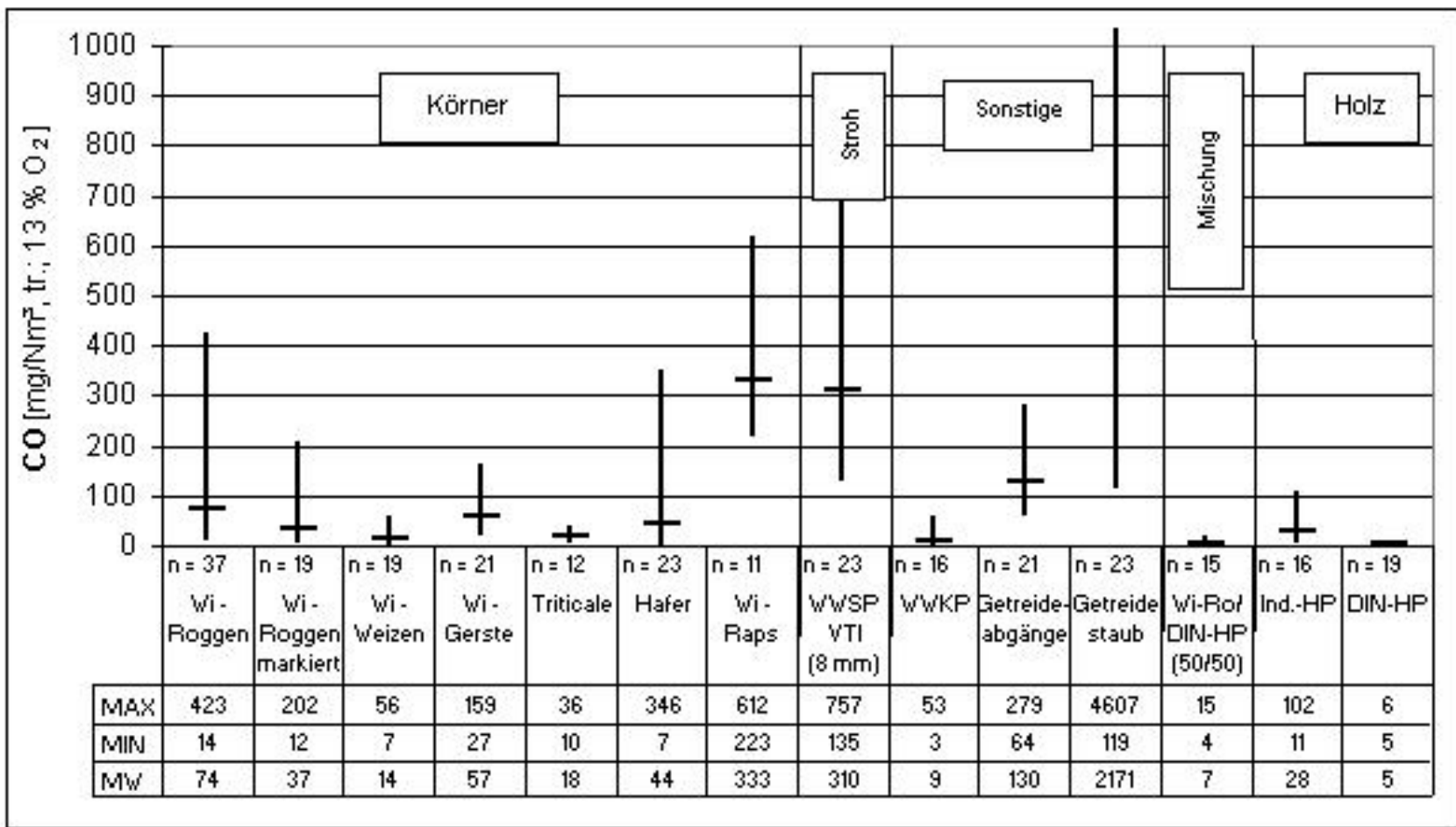
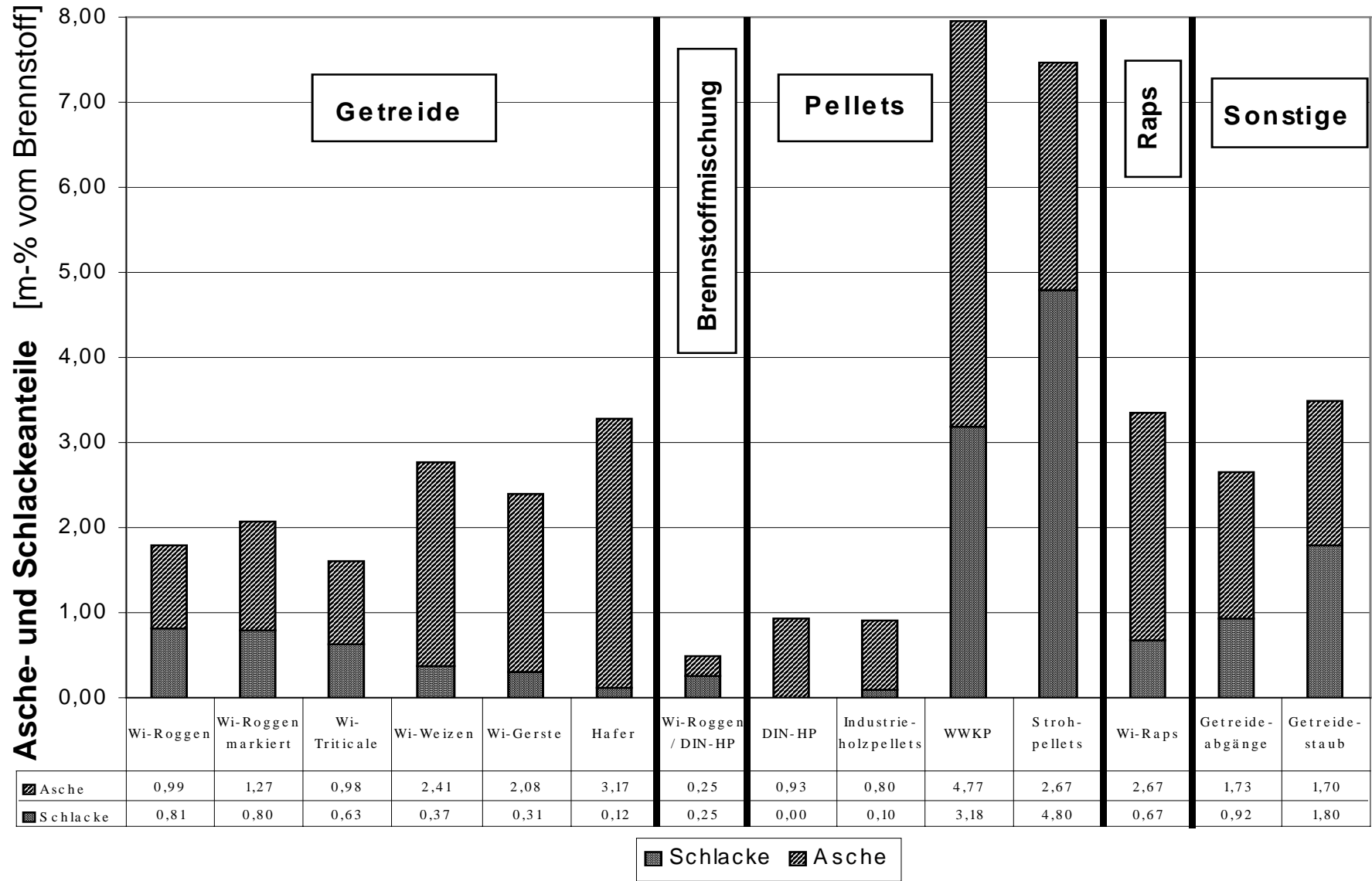


Abbildung 20: Vergleich der Kohlenmonoxidgehalte verschiedener holz- und halmgutartiger Biomassen – Erhebung von Praxisdaten am MULTI HEAT 2,5, Fa. BAXI A/S – 2003/04; angegeben als Viertelstundenmittelwerte bezogen auf 13 % Restsauerstoffgehalt im trockenen Abgas unter Normbedingungen

Rückstandscharakteristik - Aschegehalt / Schlacke



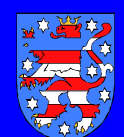
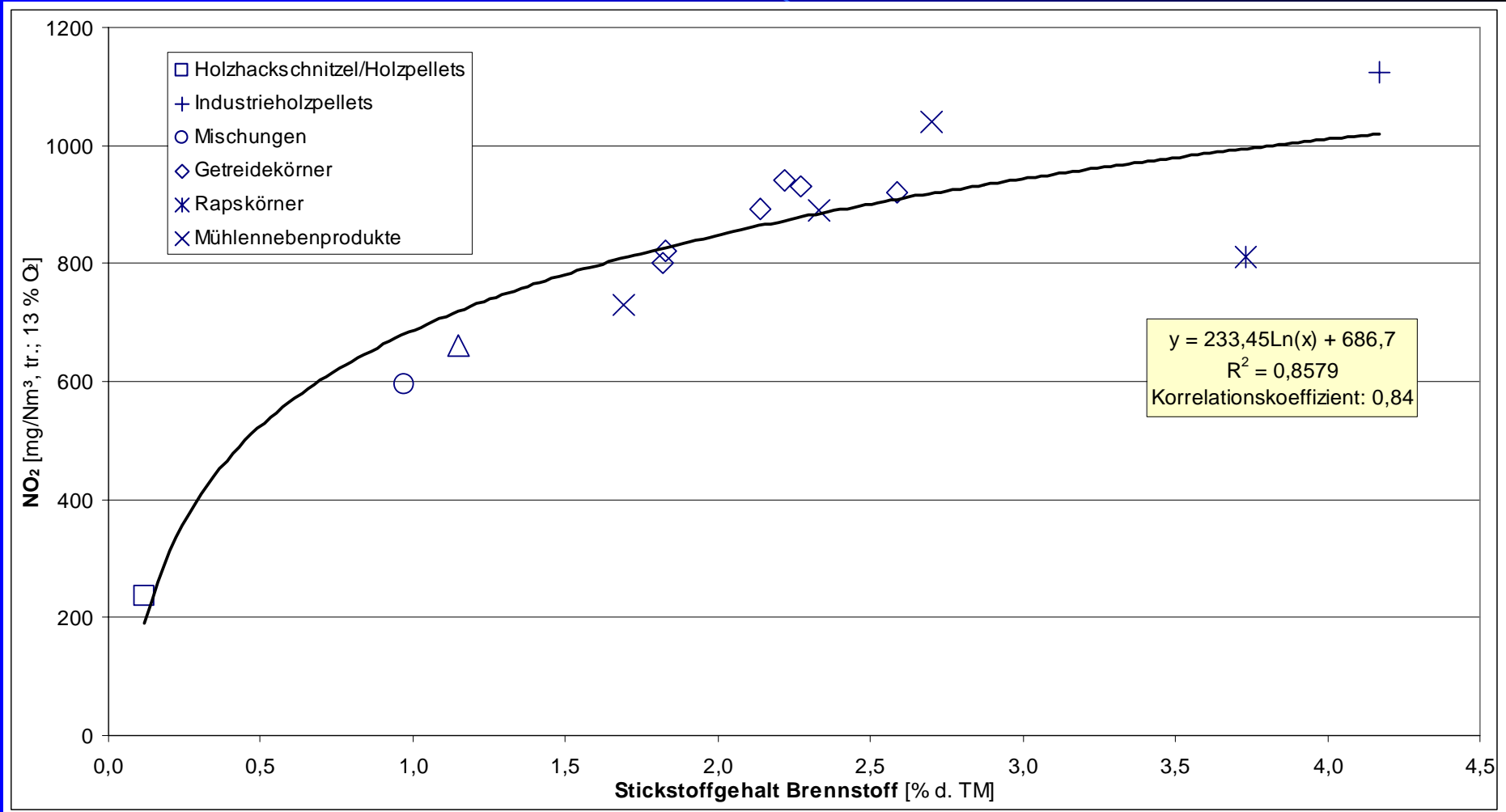
Getreide mit höherem Ascheanfall (2,5 %) gegenüber holzartigen Brennstoffen (1%) aber niedriger als bei Stroh (6 %)



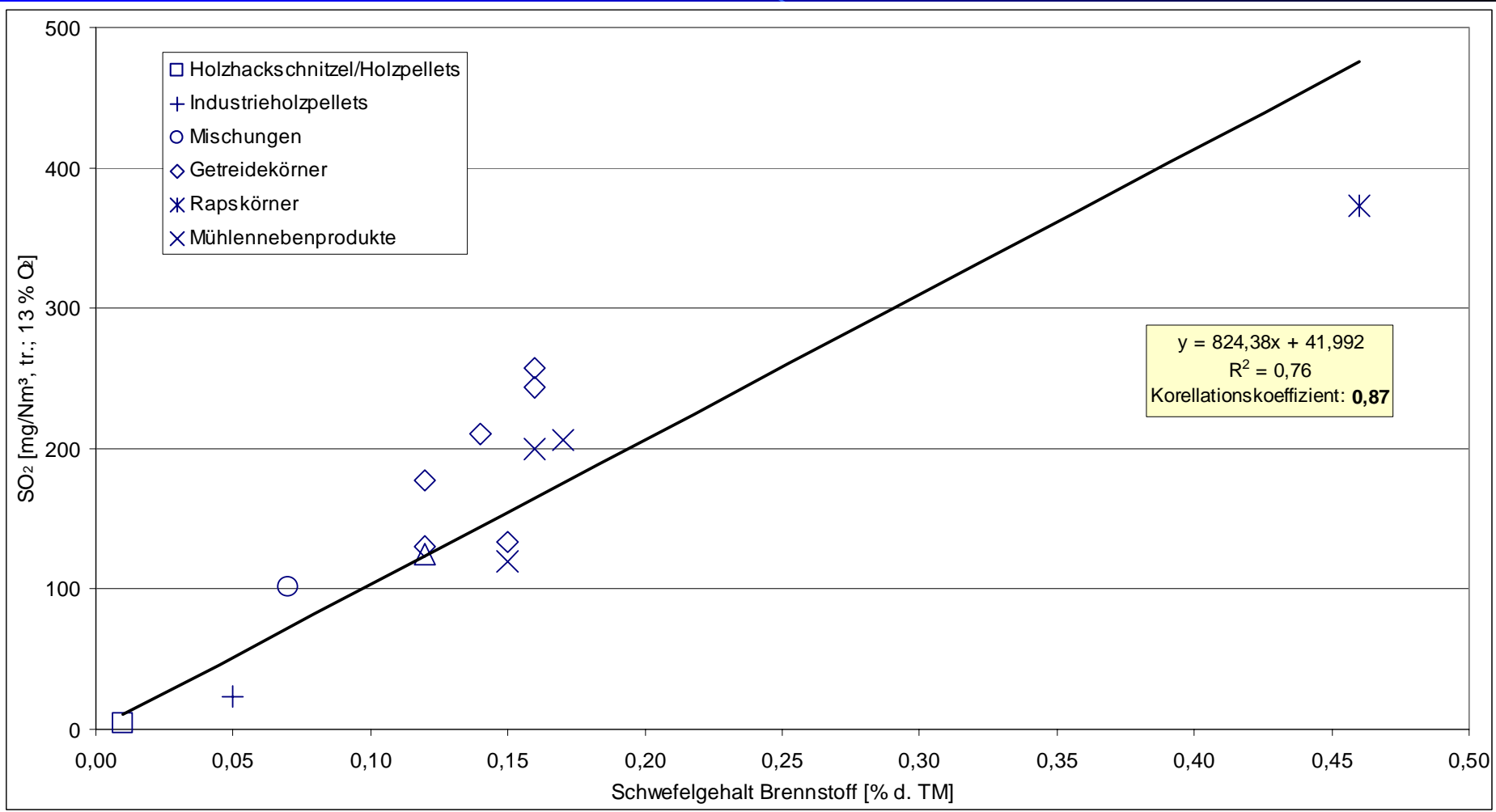
Verschlackung von Getreideaschen erfolgt ab ca. 700 °C vor allem bei Nacktgetreidearten wie Roggen, Weizen oder Triticale



NO_x-Emissionen in Abhängigkeit vom Stickstoffgehalt im Brennstoff (Baxi, 23 kW_{th}, 13 % O₂, TLL)



SO_x-Emissionen in Abhängigkeit vom Schwefelgehalt im Brennstoff (Baxi, 23 kWth, 13 % O₂, TLL)





Thüringer Lehr-, Prüf- und Versuchsgut (Buttelstedt)

Wärmeversorgung der Sozialgebäude

Brennstoffe:

Stroh- und Grüngutpellets

Getreide

Holzpellets

Leistung: 40 kW_{th}

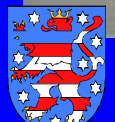


Umrüstung von:

250 kW_{th}
Ölfeuerung

auf

40 kW_{th} →
Biomasse



Kohlenmonoxid-Emissionen – Agro 40, 40 kW_{th}

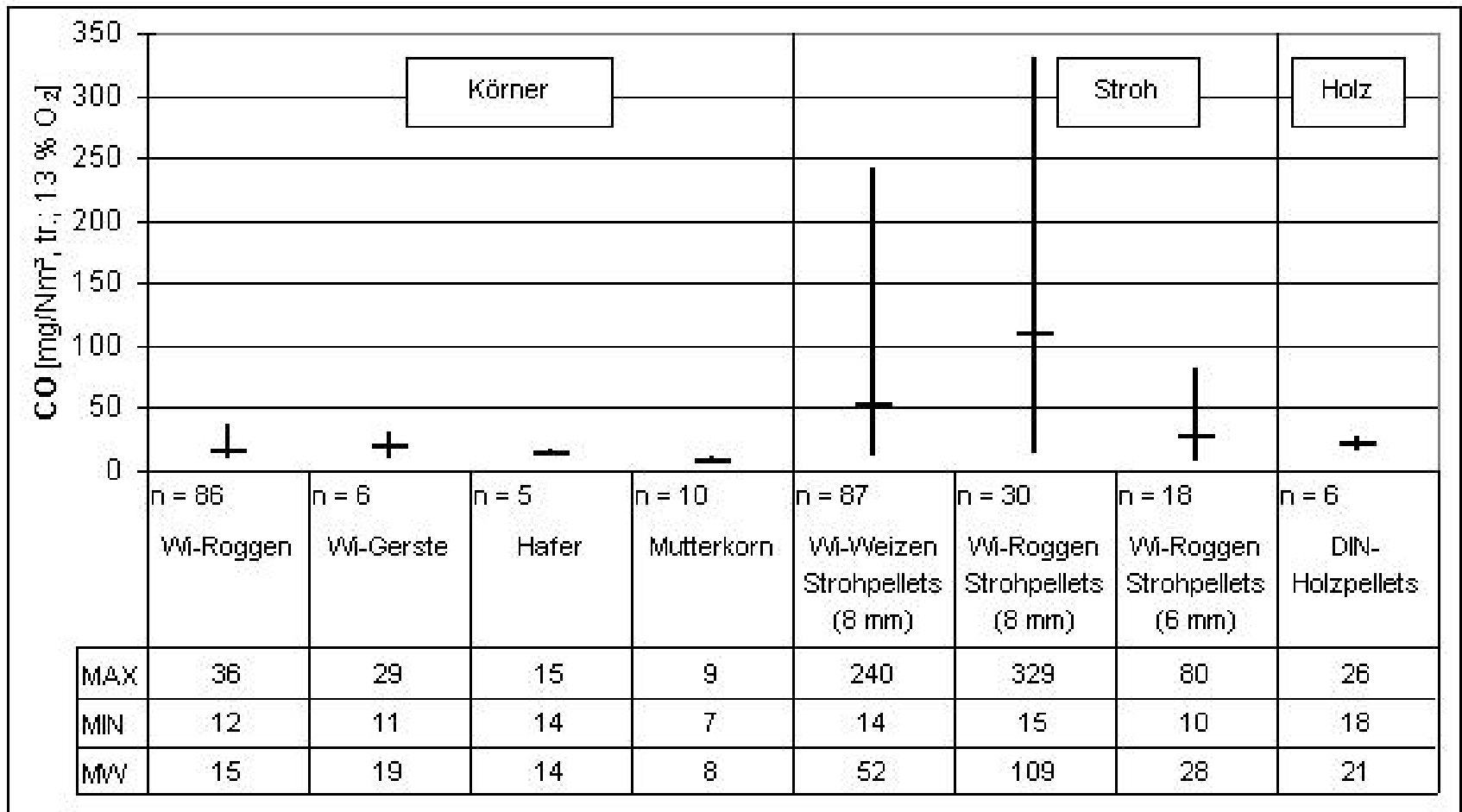


Abbildung 27: Vergleich der Kohlenmonoxidemissionen verschiedener holz- und halmgutartiger Biomassen – Erhebung von Praxisdaten am AGRO 40, Fa. Agroflamm – 2004/05; angegeben als Viertelstundenmittelwerte bezogen auf 13 % Restsauerstoffgehalt im trockenen Abgas unter Normbedingungen

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

A Brennstoffeigenschaften

B Rechtliche Rahmensituation

C Feuerungstechniken f. Getreide & Halmgutpellets

D Zusammenfassung



D. Zusammenfassung

1. Technik für die Ernte, Aufbereitung, Transport und Lagerung von Getreide, Stroh, Ganzpflanzen und Strohpellets ist etabliert und weitestgehend optimiert
2. Energetische Verwertung von Getreide und Halmgutpellets in Kleinf Feuerungsanlagen ist technisch möglich. Herkömmliche Anlagen weisen z.T. Probleme beim Emissionsverhalten bzw. Verschlacken auf – Lösungsansätze und Prototypen existieren !

Hier ist mit erhöhten Investitionskosten besonders für die Aufbereitung des Brennstoffes, Entaschung und die Abreinigung des Rauchgases zu rechnen
3. Anlagen für die Vergasung von Getreide und Halmgutpellets sind in der Markteinführungsphase und weisen ein sehr gutes Emissionsverhalten auf (CO-, Staub-, NO_x-Emissionen)



D. Zusammenfassung

4. Förderungen sind beim BMWI (Markt- und Anreizprogramm) bzw. den Wirtschaftsministerien der Länder zu beantragen – jedoch fast ausschließlich für holzartige Alternativbrennstoffe
5. Getreide als Brennstoff bedarf der Einordnung als Regelbrennstoff der 1. BImSchV – Markt schafft Entwicklung – Erste Vorschläge sind erarbeitet !

Genehmigungsverfahren und Überwachung für rechtlich zugelassene größere Anlagen für Getreide nach TA Luft, erfordern höhere Invest-, Verwaltungs- und Betriebskosten

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





Weitere Informationen unter

www.tll.de/nawaro

t.hering@dornburg.tll.de

bzw.



Thüringer Zentrum Nachwachsende Rohstoffe (TZNR)



www.tll.de/nawaro

Wir über uns

News/Termine

Kontakt

Veröffentlichungen

Links



Datenbank NAWARO :

Adressen, Referenzen, Förderprogramme