

Stand der Verbrennung für alternative Brennstoffe aus der Landwirtschaft



1. Alternative Brennstoffe und deren rechtliche Rahmenbedingungen

2. Anwendungsbeispiele

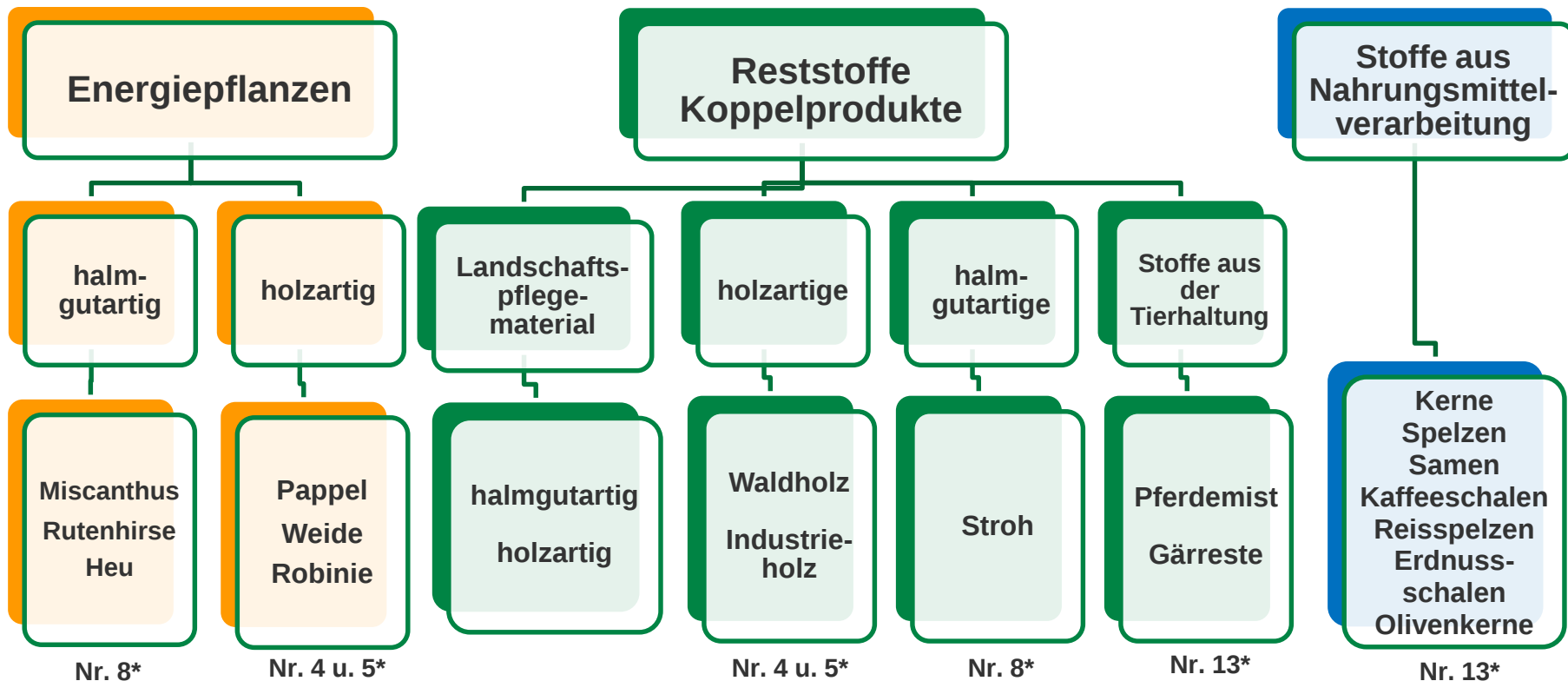
- 2.1. Untersuchungen der Emissionscharakteristik und Stoffbilanzen bei der thermischen Verwertung von Kurzumtriebshölzern im LVG Köllitsch
- 2.2. Untersuchungen zur thermischen Nutzung von Biomassen aus der Landschaftspflege (Grünland)

3. Fazit



Feste Brennstoffe aus Land- und Nahrungsmittelindustrie

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



* 1. BImSchV § 3



Anforderungen an die Energiebereitstellung

- hohe Versorgungssicherheit
- wirtschaftliche Bereitstellung
- hohe Energiedichte
- technisch erprobte Verfahren
- Einhaltung von umweltrechtlichen Vorschriften, insbesondere Emissionen (Nachhaltigkeit)

- Stückgut
- Hackgut
- Häckselgut
 - Pellets
 - Briketts
 - Ballen

	Heizwert in MJ/kg
Holzpellets	16
Fichtenholz	18,8
Strohballen	15
Reisspelzen	16,4
Gärrest	17,5

Grenzwerte der 1. BImSchV



Stufe	Brennstoff nach § 3 Abs. 1	Nennwärme- leistung [kW]	Staub [mg/m³]	CO [mg/m³]
1 (gültig seit In-Kraft-Treten)	Nr. 4, 5 (naturbelassenes Holz- z. B. Hackschnitzel)	$\geq 4 \leq 500$	100	1000
		> 500	100	500
	Nr. 5a (Holzpellets)	$\geq 4 \leq 500$	60	800
		> 500	60	500
	Nr. 8, 13 (Stroh, strohähnliche, Sonderbrennstoffe)	$\geq 4 < 100$	100	1000
2 (gültig ab 2015)	Nr. 1 - 5a (u. a.: naturbelassenes Holz z. B. Hackschnitzel, Holzpellets)	≥ 4	20	400
	Nr. 8, 13 (Stroh, strohähnliche, Sonderbrennstoffe)	$\geq 4 < 100$	20	400

Zusammenfassung der Nachweise an Hand eines Beispiels (Heizkessel 49 kW)

Brennstoff Parameter	Stroh 1. BImSchV § 3 Nr. 8	sonstige Biomasse 1. BImSchV § 3 Nr. 13
Typprüfung incl. PCDD/F	X	X
1 jähriges Messprogramm PAK / PCDD/F		X
1 jähriges Messprogramm CO / Gesamtstaub		X
erstmalige und wieder kehrende Überprüfung durch den Schornsteinfeger	X	X
Es müssen genormte Qualitätsanforderungen für den Brennstoff vorliegen.		X

1. Alternative Brennstoffe und deren rechtliche Rahmenbedingungen

2. Anwendungsbeispiele

- 2.1. Untersuchungen der Emissionscharakteristik und Stoffbilanzen bei der thermischen Verwertung von Kurzumtriebshölzern im LVG Köllitsch
- 2.2. Untersuchungen zur thermischen Nutzung von Biomassen aus der Landschaftspflege (Grünland)

3. Fazit



2 Arten Kurzumtriebshölzer (Pappel und Weide)

- von schwermetallbelasteten Flächen
- Holzernte erfolgte im Frühjahr 2010
- auf einen Wassergehalt < 15 M.-% vorgetrocknet
- schmalere Hackschnitzel und faserige Anteile sowie kleine Äste (Weide) enthalten
- sehr gute Qualität, sehr homogen, wenig Fremdstoffe

unbelasteter Vergleichsbrennstoff

- Holzhackschnitzel der Fa. SAXHOLZ® GmbH aus naturbelassenem Rundholz
- entsprach der ÖNORM M 7133 in einer Größe von G30-G50 (größte Kantenlänge ca. 50 mm)
- eher ungleichmäßig große Hackschnitzel, kleine Kiefernäste, teilweise mit Nadeln und Holzspänen
- hohe Feuchte von 29,2 Ma.-%



Brennstoff Weide



Brennstoff Pappel



Brennstoff Waldrestholz

Quelle: ILK 2010



Biomassekessel MAWERA, Lehr- und Versuchsgut Köllitsch

Folgende gasförmige und staubförmige **Rauchgasinhaltsstoffe** wurden gemessen:

- kontinuierliche Messung der gasförmigen Emissionen an CO, SO₂, NO_x, HCl, CO₂, Gesamt-Kohlenstoff (Ges.-C)
- diskontinuierliche Messungen des Gesamtstaubgehaltes im Abgas mit mehreren Einzelprobenahmen je Versuch und Lastzustand des Heizkessels

Um die bei den Messungen vorherrschenden Randbedingungen beurteilen zu können, erfolgte weiterhin die **zusätzliche Messung** von:

- Abgasgeschwindigkeit (zur Ermittlung des Abgasvolumenstroms) und
- Abgastemperatur, Druck und Feuchte.

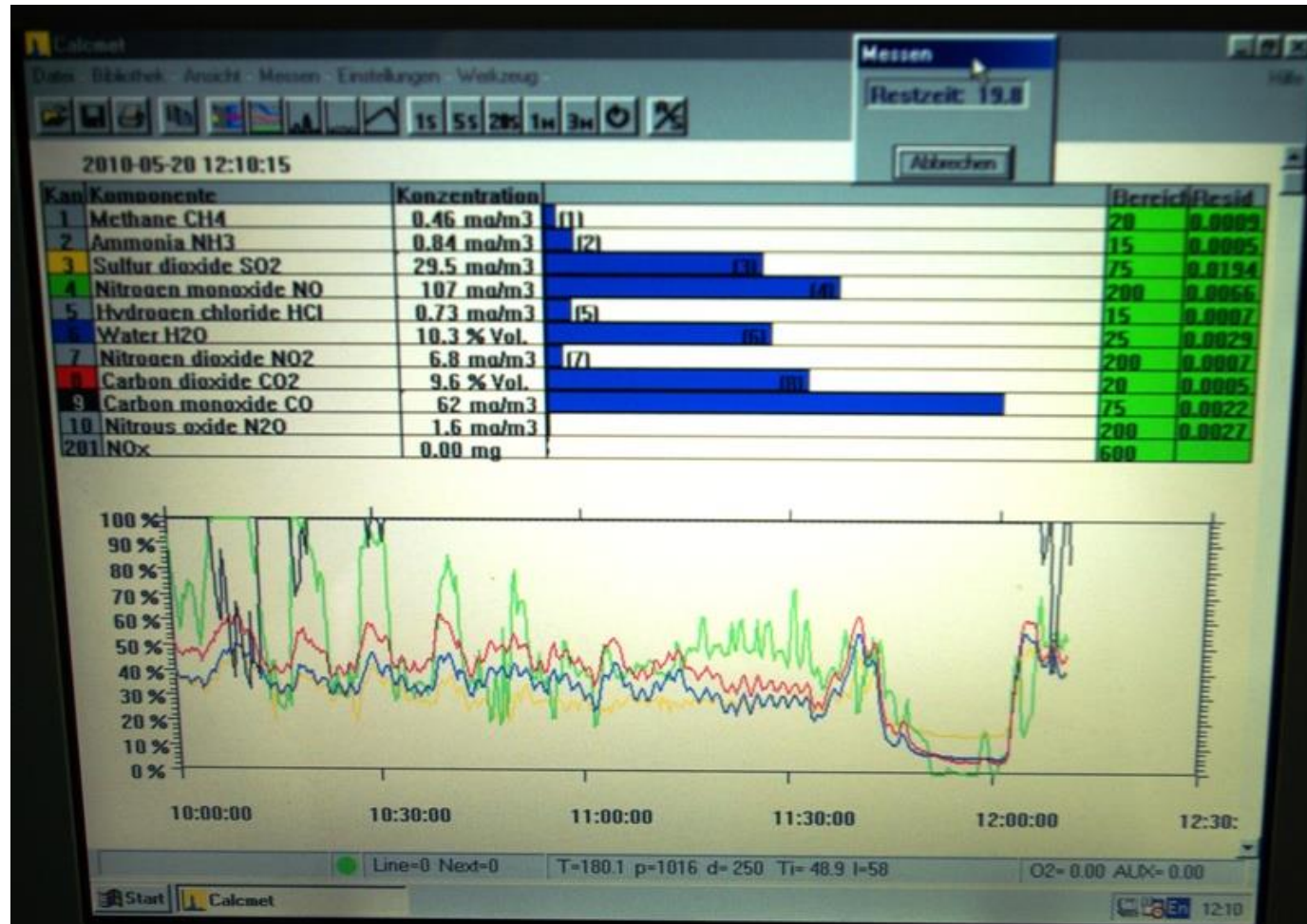
Quelle: ILK 2010

Emissionskonzentrationen

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Verlauf der Emissionskonzentrationen bei der Weide

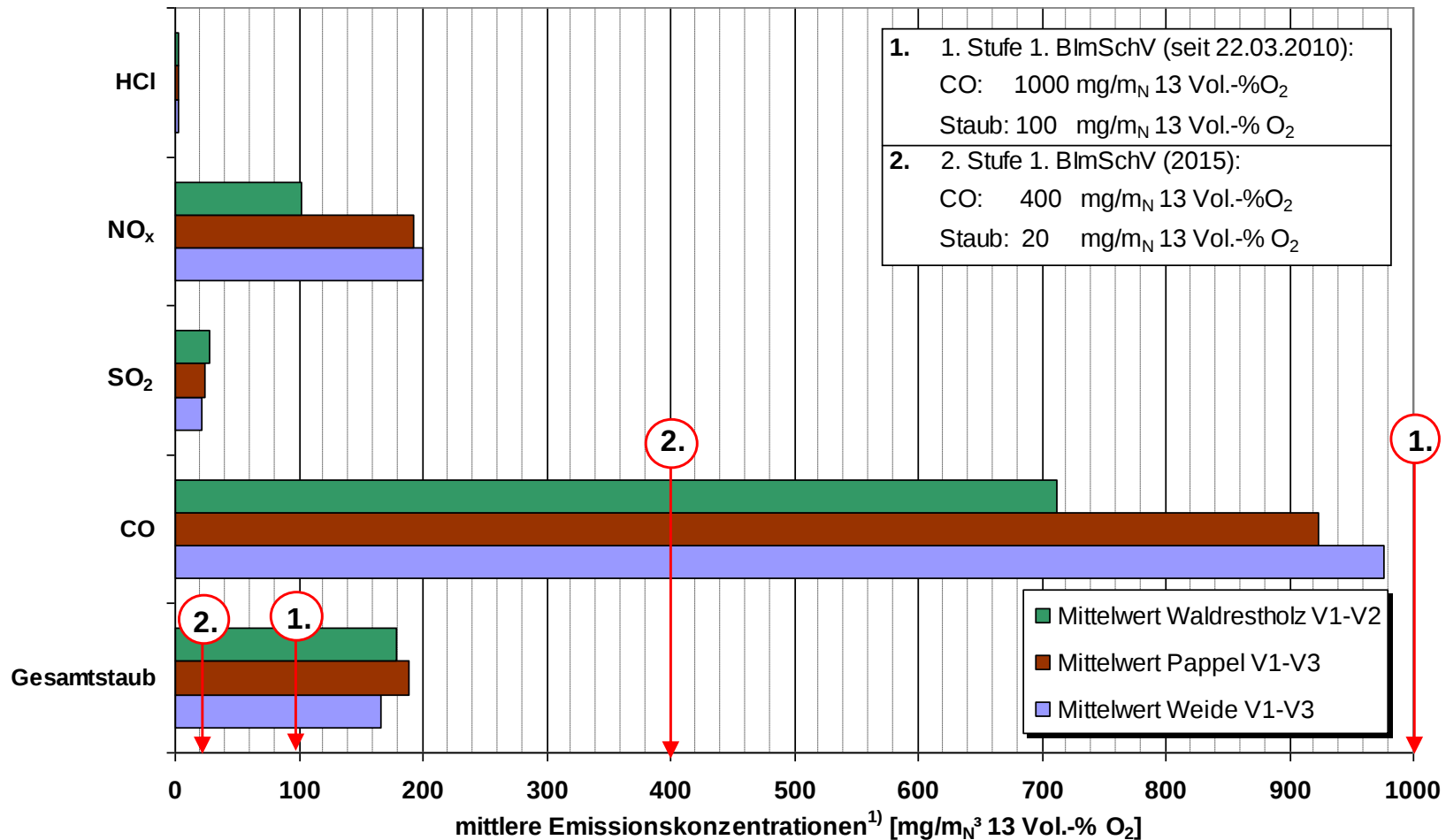
Emissionen



Nennleistung Heizkessel: 280 kW		Konzentration des jeweiligen Abgasbestandteiles, Durchschnittswerte aller ¼ - Stunden Mittel des Beurteilungszeitraums [mg/m _N ³ tr. Abg. 13 Vol.-% O ₂]					
Versuchs- brennstoff	Kesselleistung im Versuch [kW]	O ₂ [Vol.-%]	Gesamtstaub (Durchschnitt aller Messungen)	CO	SO ₂	NO _x	HCl
Mittelwert Weide	116	10,8	167	976	20,9	200	2,7
Mittelwert Pappel	110	11,7	189	923	24,3	193	2,7
Mittelwert Waldresth.	90	12	179	712	27,5	102	3,0

Messergebnisse gasförmige Komponenten, Gesamtstaub; Bezug: 1. BImSchV

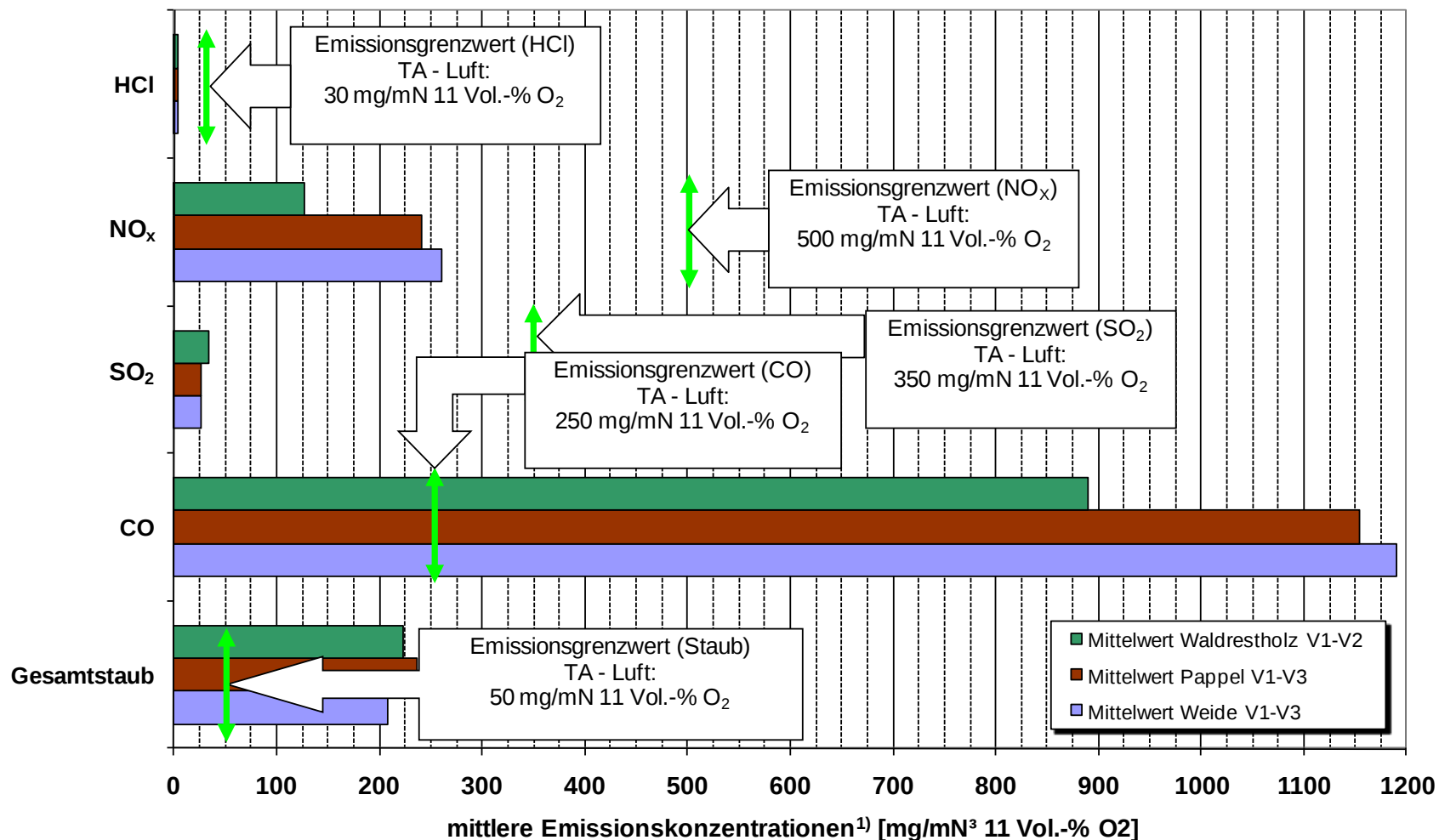
LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



¹⁾Dargestellt sind die Durchschnittswerte aller 1/4 h Mittelwerte eines Brennstoffes über alle Messkampagnen

Messergebnisse gasförmige Komponenten, Gesamtstaub; Bezug: TA-Luft

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



¹⁾Dargestellt sind die Durchschnittswerte aller 1/4 h Mittelwerte eines Brennstoffes über alle Messkampagnen

Ergebnisse

→ Überschreitung der Mittelwerte aller Messungen der Emissionsbegrenzungen für Gesamtstaub um ca. 10 – 20 %

Anlagengröße: 280 kW, befeuert mit naturbelassenen Hölzern in Form von Hackschnitzeln		
Versuchs- brennstoff	Gesamtstaub (Grenzwert 1. BImSchV 1997): 150 [mg/m _N ³ i.N.tr. 13.-Vol.-% O ₂]	CO (Kesselleistung >150-500kW)) (Grenzwert 1. BImSchV 1997): 1000 [mg/m _N ³ i.N.tr. 13.-Vol.-% O ₂]
Weide	167	976
Pappel	189	923
Waldrestholz	179	712
	Grenzwert 1. BImSchV 2010, 1. Stufe: 100 [mg/m _N ³ i.N.tr. 13.-Vol.-% O ₂]	Grenzwert 1. BImSchV 2010, 1. Stufe: 1000 [mg/m _N ³ i.N.tr. 13.-Vol.-% O ₂]
	Grenzwert 1. BImSchV 2010, 2. Stufe: 20 [mg/m _N ³ i.N.tr. 13.-Vol.-% O ₂]	Grenzwert 1. BImSchV 2010, 2. Stufe: 400 [mg/m _N ³ i.N.tr. 13.-Vol.-% O ₂]

Ergebnisse

- Die Emissionsgrenzwerte für **CO** wurden von allen Brennstoffen **unterschritten**.
- Bei den Mittelwerten aller Messungen wurden die Emissionsbegrenzungen für **Gesamtstaub** um 10-20% **überschritten**.
- Waldrestholz hatte leichte Vorteile bei der Verbrennungsqualität.
- Über die **Optimierung** der Kesselparametrierung unter Einbeziehung des Systems Kessel-Brennstoff können die Emissionen weiter deutlich gesenkt werden.
- Zur Begrenzung des Gesamtstaubgehaltes werden zusätzlich **filternde oder elektrostatische Abscheider** empfohlen.
- Alle Brennstoffe erzielten Kesselwirkungsgrade im Bereich von 75-85%.
- Weitere Emissionsbegrenzungen der TA-Luft (NO_x, HCl, SO₂) wurden unterschritten.
- schwermetallbelastete Hölzer (bes. Cd) – Empfehlung: **Staubabscheidetechnik**

Eintrag (Input) und Austrag (Output) jedes untersuchten Einzelstoffs im Brennstoff werden verglichen.

Input:

Eintrag des Stoffes über den Brennstoff (Bezug: chemische Analyse der Brennstoffe durch das LfULG für Weide, Pappel und Waldrestholz)

Output:

Austrag als staubförmige Emissionen
Austrag als gasförmige Emissionen
(nur bilanzierungsfähig für die Stoffe Schwefel als SO_2 und Chlor als HCl)
Austrag als Asche (Rostasche)



Der Verbrennungskessel wurde vor dem ersten Versuchsbeginn, sowie nachfolgend jeweils nach Versuchsende komplett gereinigt und die gesammelten Staubmengen bilanziert.

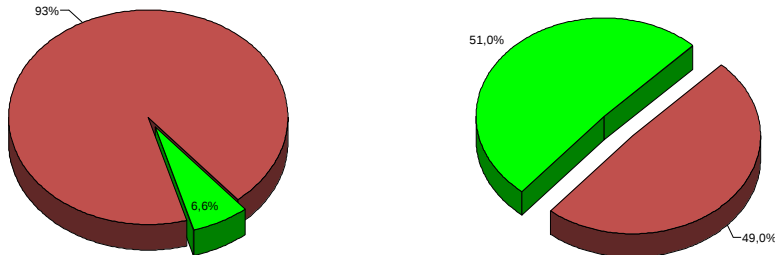
Stoffbilanzen - Weide

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



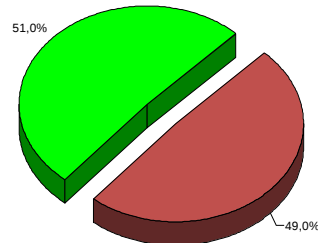
Freistaat
SACHSEN

Stoffbilanz Chrom



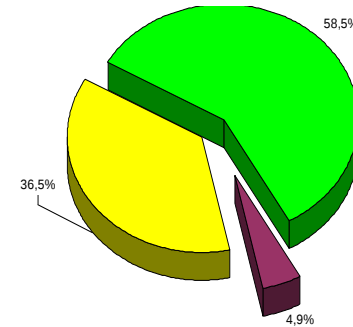
6,6 %
93,0 %

Stoffbilanz Kalium



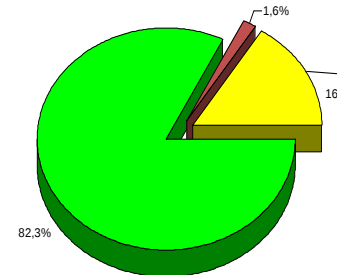
51,0 %
49,0 %

Stoffbilanz Schwefel



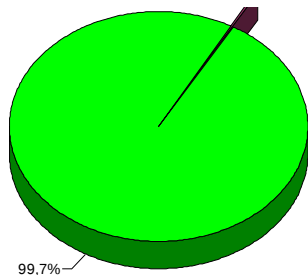
58,5 %
4,9 %
36,5 %

Stoffbilanz Chlor



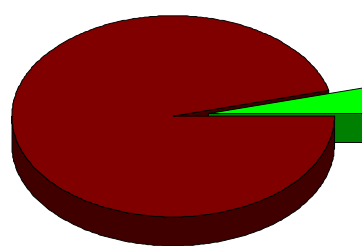
82,3 %
1,6 %
16,1 %

Stoffbilanz Cadmium



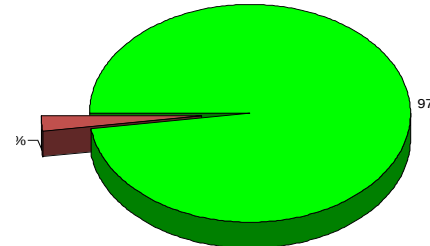
99,7 %
0,3 %

Stoffbilanz Nickel



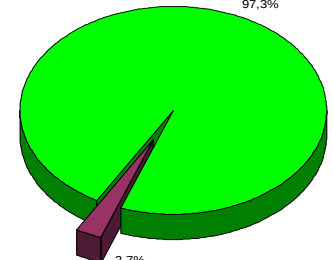
4,3 %
95,7 %

Stoffbilanz Blei



97,6 %
2,4 %

Stoffbilanz Zink



97,3 %
2,7 %

Quelle: ILK 2010



staubf. Emissionen



Kesselasche



gasf. Emissionen

1. Alternative Brennstoffe und deren rechtliche Rahmenbedingungen

2. Anwendungsbeispiele

- 2.1. Untersuchungen der Emissionscharakteristik und Stoffbilanzen bei der thermischen Verwertung von Kurzumtriebshölzern im LVG Köllitsch
- 2.2. Untersuchungen zur thermischen Nutzung von Biomassen aus der Landschaftspflege (Grünland)

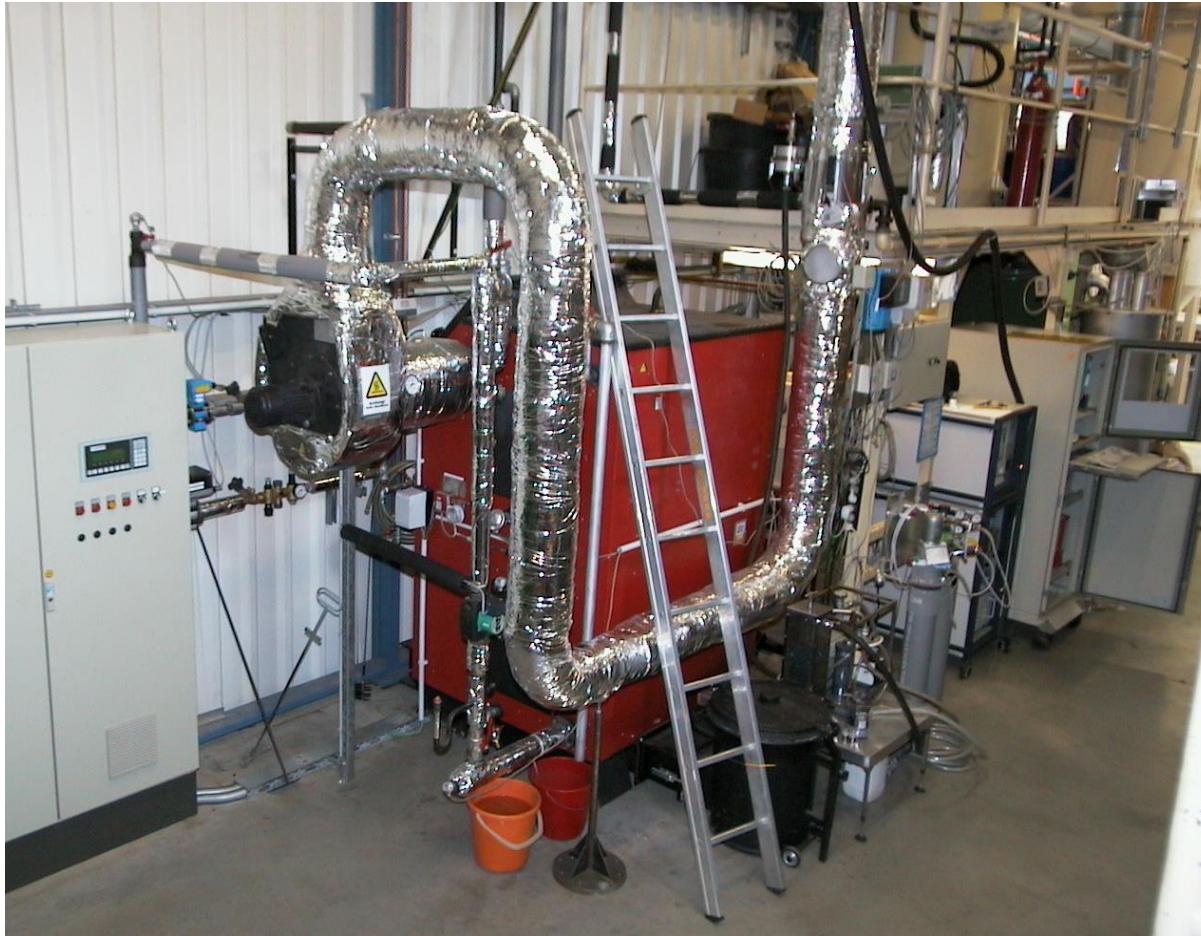
3. Fazit



Grüngutpellets

- feste, formstabile Struktur
- keine Neigung zu Staubentwicklung oder Brückenbildung
- in 20 kg Plastikgewebesäcken – keine Feuchtenester oder Schimmelbildung
- gegenüber Hölzern höhere Gehalte an Asche, Cl, K, und N → dadurch mehr Luftschadstoffe, Korrosion und Verschlackung
- niedrigere Erweichungstemperatur gegenüber Holz (Schlackebildung)
- gute Dosier- und Pelletiereigenschaften





Biomasse-/Kesselprüfstand ILK Dresden

Folgende gasförmige und staubförmige **Rauchgasinhaltsstoffe** wurden gemessen:

- kontinuierliche Messung der gasförmigen Emissionen an O_2 , CO , SO_2 , NO_x , HCl , CO_2 , H_2O , Gesamt-Kohlenstoff (Ges.-C)
- diskontinuierliche Messungen des Gesamtstaubgehaltes im Abgas (VDI 2066)

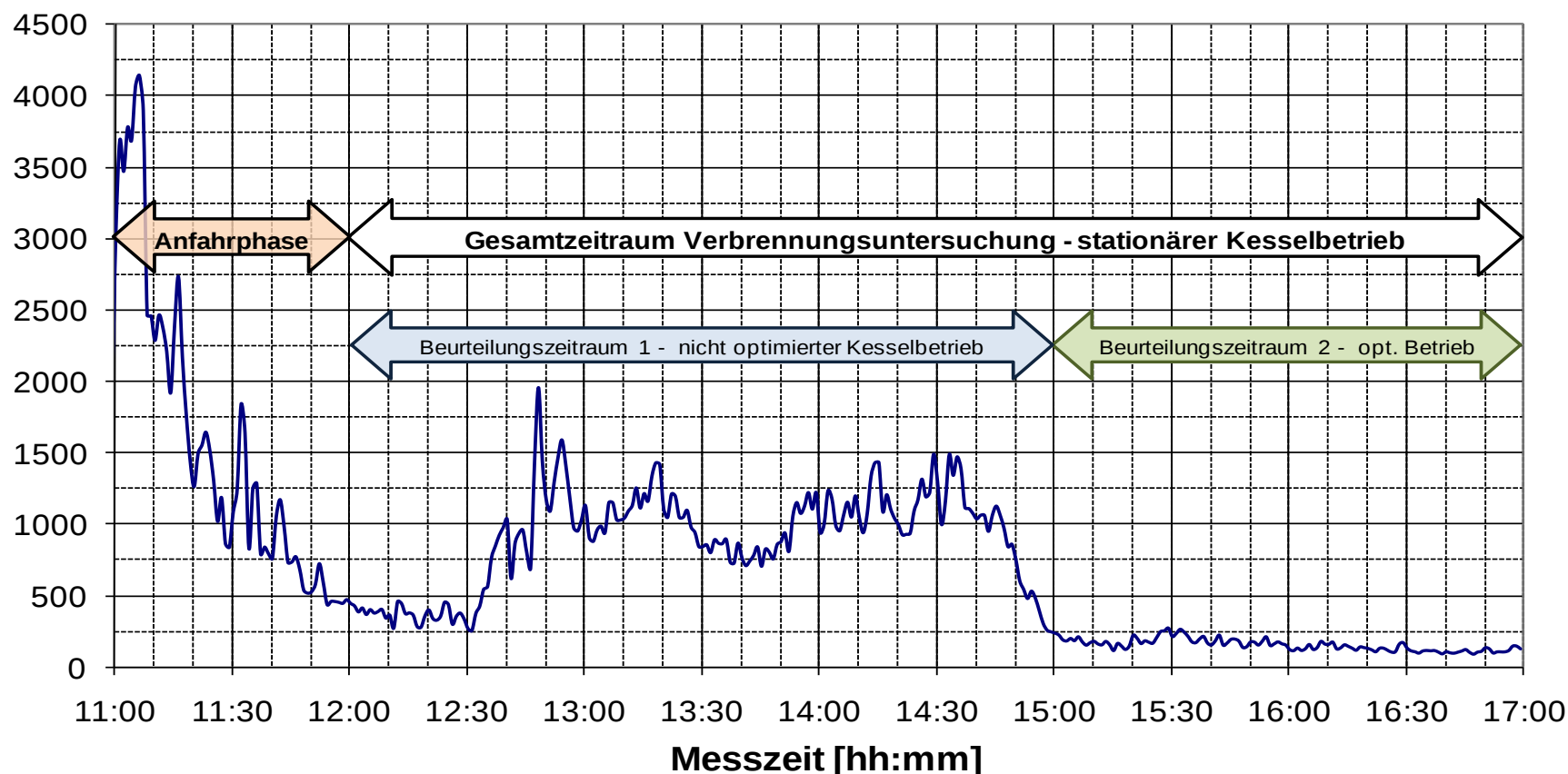
Kesselwirkungsgrad



Quelle: ILK 2010

Verlauf der Emissionskonzentration CO im Versuchszeitraum

CO - Konzentration [$\text{mg}/\text{m}_\text{N}^3$ i.tr.Abg.]



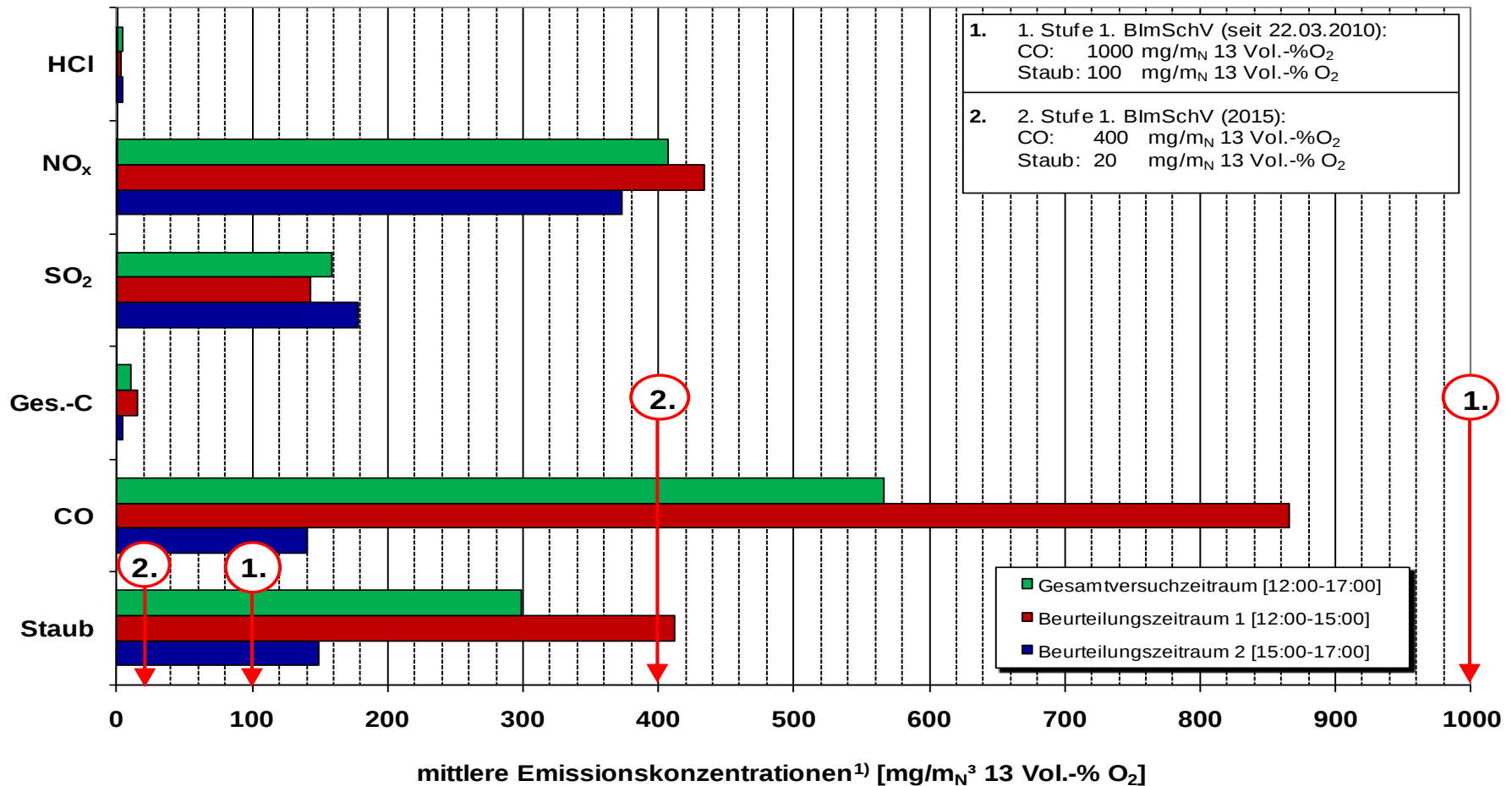
Durchschnitt der Viertel- bzw. Halbstundenmittelwerte des jeweiligen Beurteilungszeitraums



Emissionsparameter	Beurteilung 1 nicht optimierter Betrieb		Beurteilung 2 optimierter Betrieb	
	13 Vol.-% O ₂ (1. BImSchV)	11 Vol.-% O ₂ (TA-Luft)	13 Vol.-% O ₂ (1. BImSchV)	11 Vol.-% O ₂ (TA-Luft)
CO [mg/m _N ³]	866	1097	140	175
NO _X [mg/m _N ³]	434	543	373	466
SO ₂ [mg/m _N ³]	143	177	178	223
HCl [mg/m _N ³]	3,3	4,0	4,7	5,8
Ges.-C [mg/m _N ³]	14,8	17,5	4,1	5,1
Gesamtstaub [mg/m _N ³] (nur ¼-h Mittel)	412	515	149	187

Messergebnisse

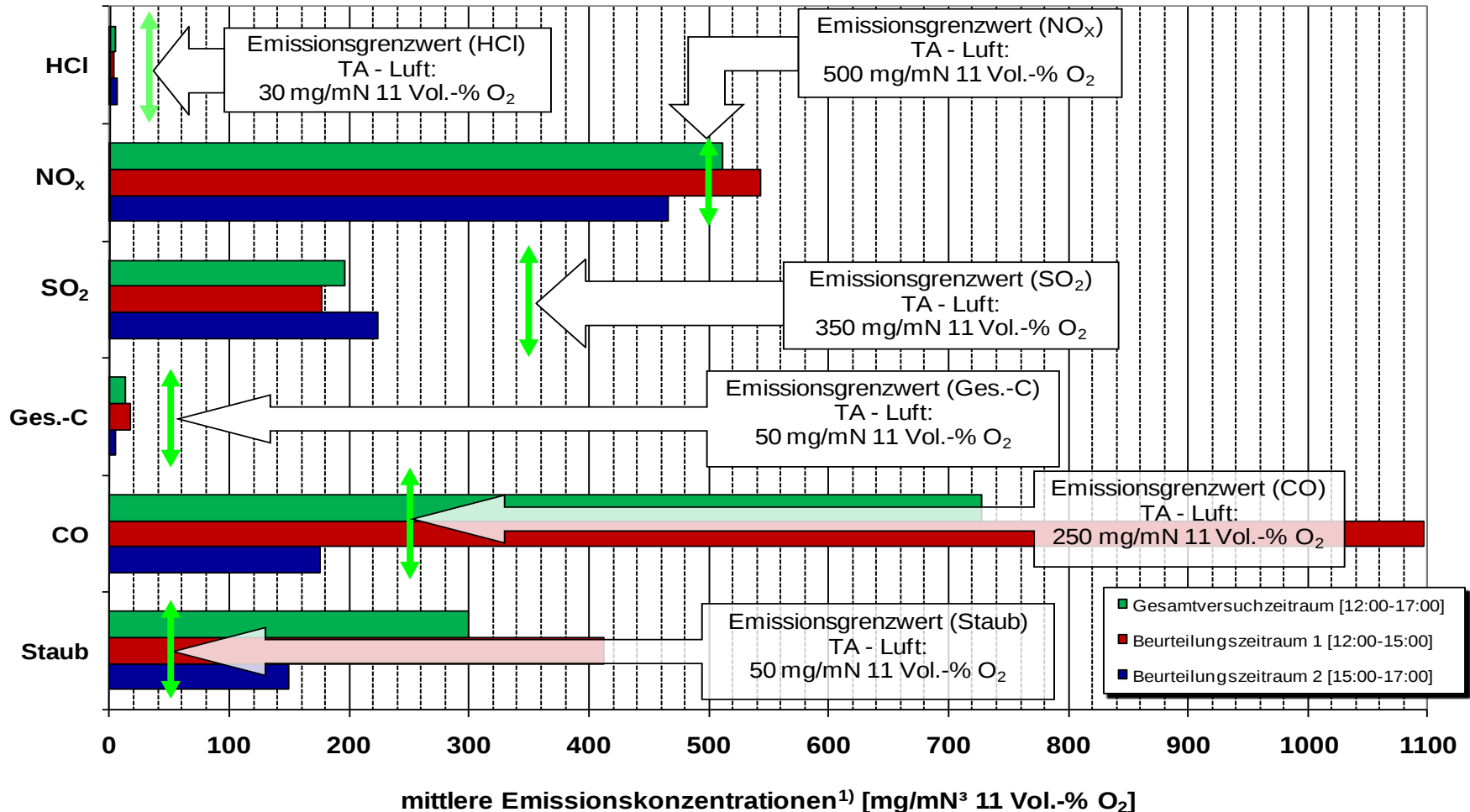
gasförmige Komponenten, Gesamtstaub; Bezug: 1. BImSchV



¹⁾Dargestellt ist der Durchschnitt aller 1/4 h Mittelwerte im jeweiligen Beurteilungszeitraum

Messergebnisse gasförmige Komponenten, Gesamtstaub; Bezug: 1. TA-Luft

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



¹⁾Dargestellt ist der Durchschnitt aller 1/2 h Mittelwerte im jeweiligen Beurteilungszeitraum

- die Staub- und CO-Gehalte sowie der Parameter Ges.-C liegen im **optimierten Betrieb** deutlich niedriger
- hinsichtlich der Grenzwerte lt. 1. BImSchV wurde der Parameter Gesamtstaub überschritten (hoher Aschegehalt)
- spezifische **Anpassungen des Verbrennungsprozesses** an den Brennstoff bringen weitere Vorteile, Grenzwert von 20 mg/m_N^3 ist nur einzuhalten bei sekundären Maßnahmen in Form eines wirksamen Staubabscheiders im Abgasstrom
- die Anforderungen der TA-Luft sowie der 1. BImSchV (1. + 2. Stufe) konnten hinsichtlich des Parameters CO erfüllt werden
- die TA-Luft wurde auch erfüllt für Ges.-C, SO_2 , HCl, NO_x
- **gute Verbrennungsqualität** bei sehr gleichmäßigem Abbrand
- erreichte **Kesselwirkungsgrade** von 73 – 86,4 % - mittleres **bis gutes Niveau**
- Bildung größerer, kompakter Schlacke- bzw. Sinterklumpen (hohen Asche- und Chlorgehalte), während des Versuchszeitraumes aber keine Beeinträchtigungen der Kesseltechnik

- 1. Alternative Brennstoffe und deren rechtliche Rahmenbedingungen**
- 2. Anwendungsbeispiele**
 - 2.1. Untersuchungen der Emissionscharakteristik und Stoffbilanzen bei der thermischen Verwertung von Kurzumtriebshölzern im LVG Köllitsch
 - 2.2. Untersuchungen zur thermischen Nutzung von Biomassen aus der Landschaftspflege (Grünland)
- 3. Fazit**



- Es stehen eine Reihe von verbrennungswürdigen Materialien zur Verfügung.
- Neue Zulassungen von Kesseln, die unter die 1. BImSchV fallen, sind so gut wie ausgeschlossen.
- Alle getesteten Brennstoffe führten zu einer guten Verbrennungsqualität.
- Die Kesselwirkungsgrade wurden durch die getesteten Brennstoffe nicht reduziert.
- Es bestanden emissionstechnische Vorteile des holzartigen gegenüber dem halmgutartigen Brennstoff.
- Der Einsatz von Staubabscheidern ist empfehlenswert oder erforderlich.
- Die Optimierung des Kessel-Brennstoff-Systems führt zu deutlich reduzierten Emissionen.

