

Systemverhalten von Einzelraumfeuerungen im Naturzugbetrieb

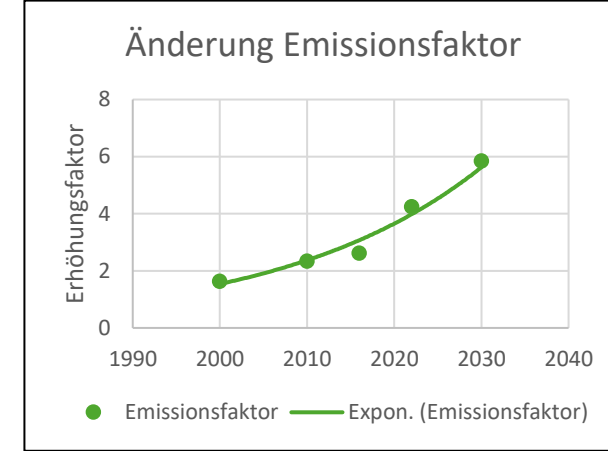
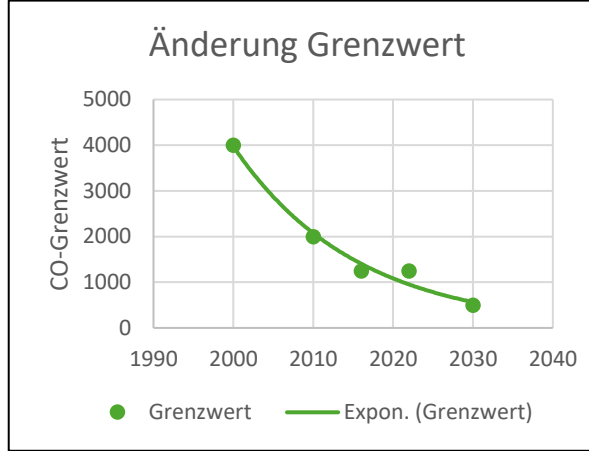
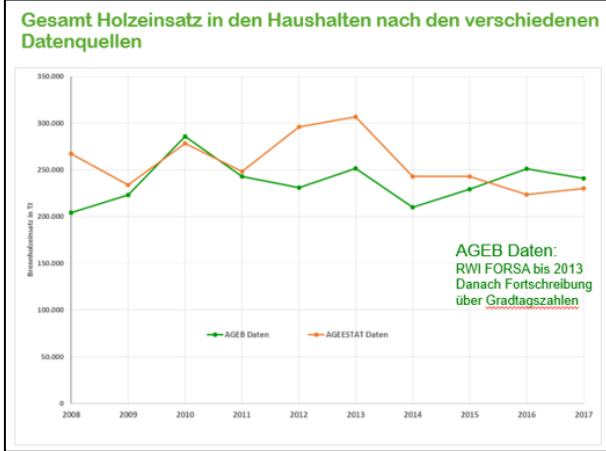
Steigende Abweichung Realbetrieb / Prüfung

Problem: Emissionsinventar / NEC-RL

Ziel: Senkung realer Emission

	NMVOC	PM
2005	30 kt	16 kt
2021	36 kt	16 kt
Ziel 2030	21 kt	9 kt

Inventar = Brennstoff x Grenzwert x Emissionsfaktor



>75% Einsparpotential durch Angleichung

0,8% p.a. bei 25% Minderung, >60 Jahre

1,6% p.a. bei 50% Minderung, >30 Jahre

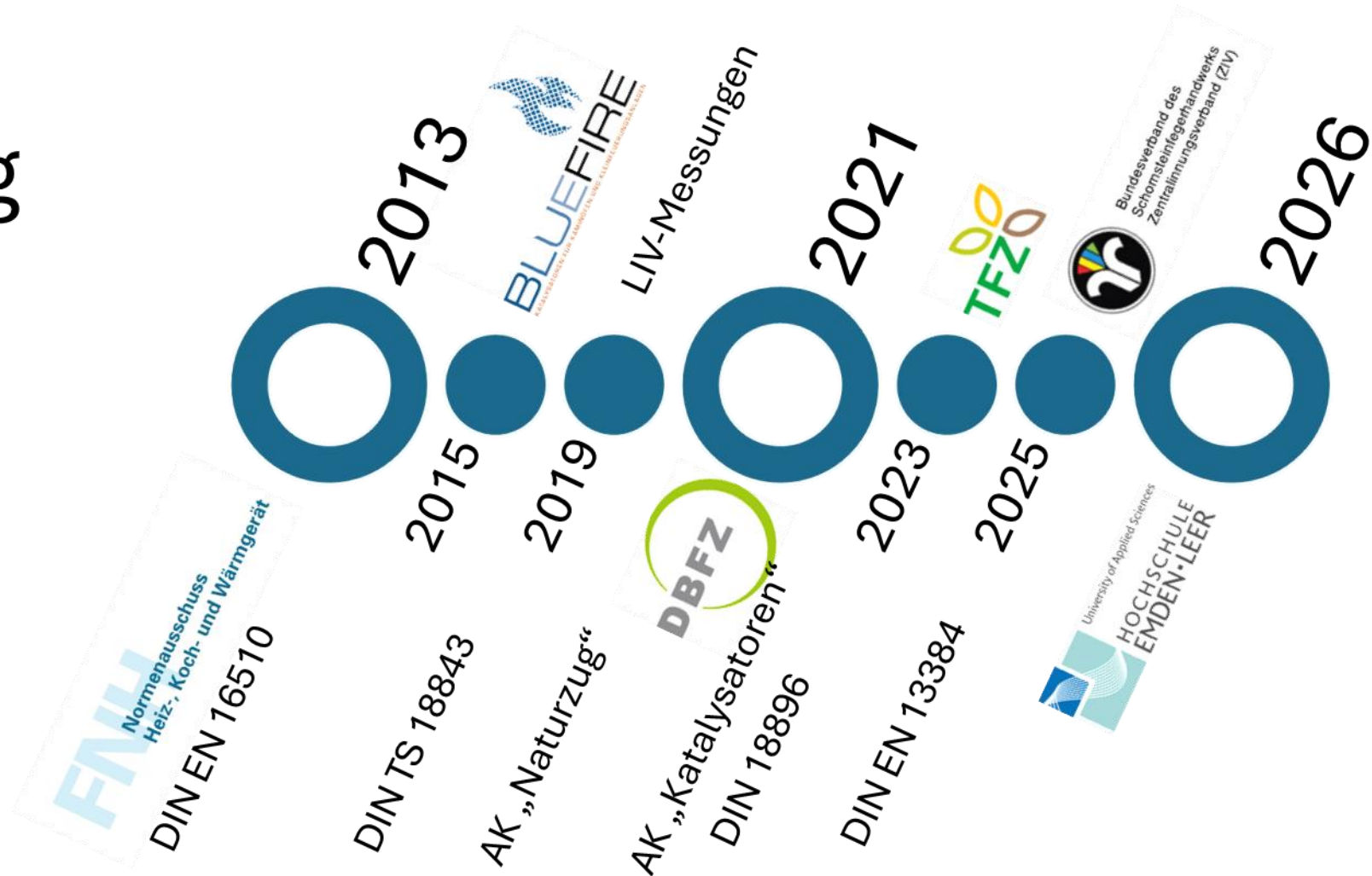
Annäherung von Realbetrieb und Zulassung

Annäherung von Realbetrieb und Zulassung

- Anwendbar im Gerätebestand
- Erhöhte Fehlertoleranz
- Verbessertes Regelverhalten
- Reale Emissionsminderung

Forschung

Normung

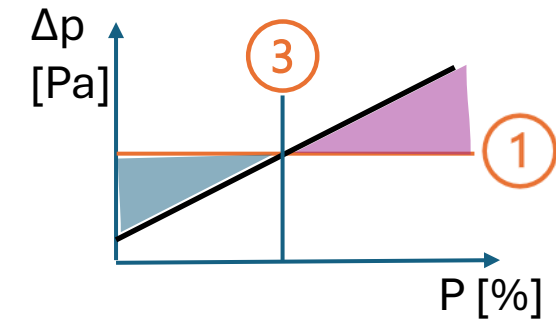
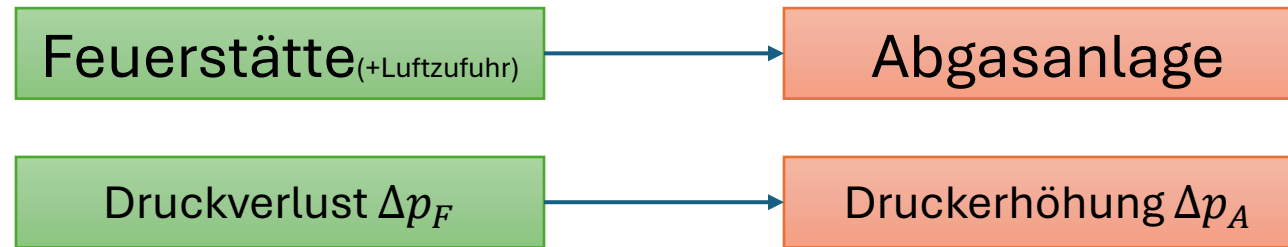


• Annäherung Realbetrieb an Zulassung

Systemverhalten Normprüfung

Konstante Abgasanlage

$$\Delta p_A \neq f(\Delta p_F(P)), \Delta p_A = \text{const}$$



Leistungseinfluss			
	<	=	>
Scheitlänge	-	0	+
Scheitdicke	+	0	-
Scheitanzahl	-	0	+
Restfeuchte	+	0	-
Luftquerschnitt	-	0	+
Förderdruck	-	0	+
Leckage	-	0	+

Konstanter Volumenstrom ①
 und definierter Brennstoff ②
 führen zu maximaler Leistung ③
 Mehremission bei Abweichung

Annäherung von Realbetrieb und Zulassung

- Anwendbar im Gerätebestand 
- Erhöhte Fehlertoleranz 
- Verbessertes Regelverhalten 
- Reale Emissionsminderung 

- Annäherung Zulassung an Realbetrieb

Arbeitskreis Naturzugbetrieb

Erstellung neuer Prüfgrundlage

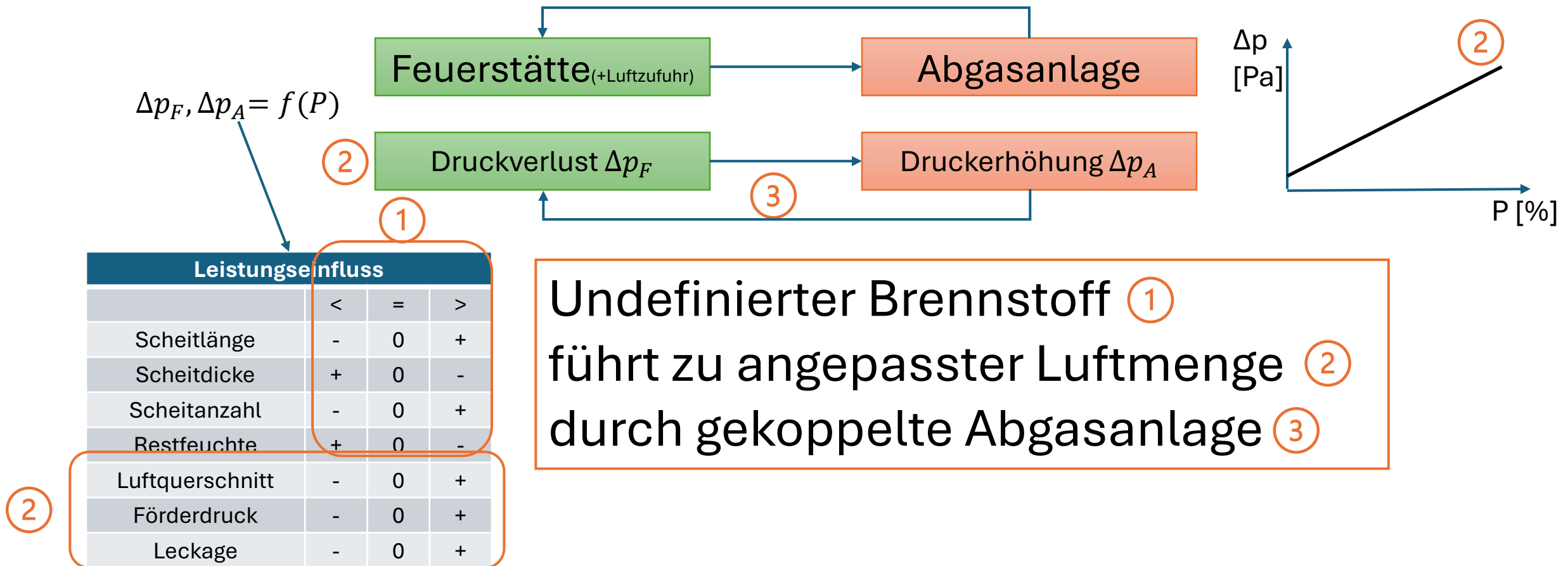
- Differenzen Prüfung / Realbetrieb
 - Beliebig abweichende Drücke
 - und ungenormter Brennstoff
 - Höhere Emission, Einbau begrenzt
- Normung nicht sinnvoll

Annäherung von Realbetrieb und Zulassung

- Anwendbar im Gerätebestand 
- Erhöhte Fehlertoleranz 
- Verbessertes Regelverhalten 
- Reale Emissionsminderung 

...ohne geänderte Installation!

- Annäherung Realbetrieb an Zulassung
Systemverhalten Naturzug



• Annäherung Realbetrieb an Zulassung

Systemverhalten Naturzug

Konstante Abgasanlage

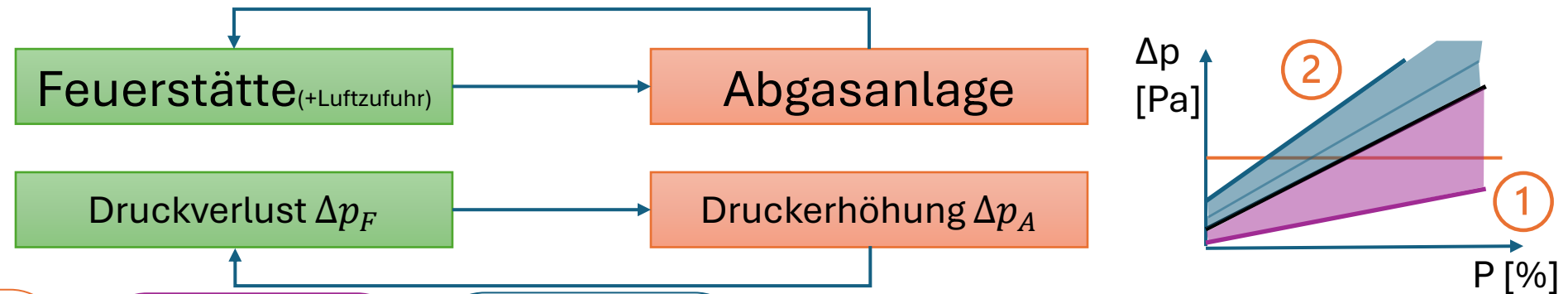
$$\Delta p_A = \text{const}$$

Unterdimensionierte Abgasanlage

$$\textcircled{1} \Delta p_F > \Delta p_A$$

Überdimensionierte Abgasanlage

$$\textcircled{2} \Delta p_F < \Delta p_A$$



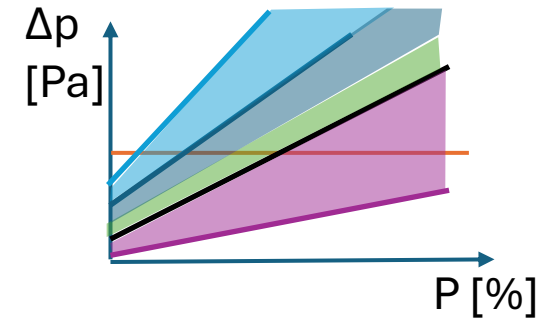
Leistung		Emissionseinfluss	
	Konstant	Unterdimensioniert	Überdimensioniert
<NWL	- (Luftüberschuss)	-- (Luftmangel)	- (Luftüberschuss)
Nennlast	0	-- (Luftmangel)	- (Luftüberschuss)
>NWL	-- (Luftmangel)	-- (Luftmangel)	- (Luftüberschuss)
	DIN EN 16510	DIN EN 13384 neg.	DIN EN 13384 pos.
Leistung		Wirkungsgradeinfluss	
	Konstant	Unterdimensioniert	Überdimensioniert
<NWL	- (Verweildauer kleiner)	- (chem. Verlust)	- (Verweildauer kleiner)
Nennlast	0	- (chem. Verlust)	- (Verweildauer kleiner)
>NWL	- (chem. Verlust)	- (chem. Verlust)	- (Verweildauer kleiner)

Luftmangel bei zu wenig Druck ①

Luftüberschuss bei Druckerhöhung ②

Leistungsproportional

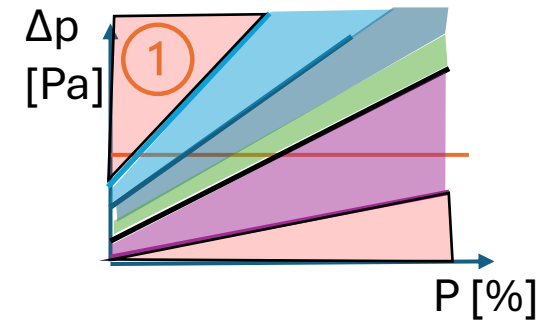
Systemverhalten Naturzug



Leistung	Emissionseinfluss				
	Konstant	Unterdimensioniert	Korrekt dimensioniert	Überdimensioniert	Stark Überd.
<NWL	- (Luftüberschuss)	-- (Luftmangel)	+ (Luftanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
Nennlast	0	-- (Luftmangel)	+ (Luftanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
>NWL	-- (Luftmangel)	-- (Luftmangel)	0 (Luftanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
	DIN EN 16510	DIN EN 13384 neg.	DIN EN 13384 neg.	DIN EN 13384 pos.	Ableitbedingungen
Leistung	Wirkungsgradeinfluss				
	Konstant	Unterdimensioniert	Korrekt dimensioniert	Überdimensioniert	Stark Überd.
<NWL	- (Verweildauer kleiner)	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer >NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
Nennlast	0	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
>NWL	- (chem. Verlust)	- (chem. Verlust)	0 (Verweildauer <NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)

- Alle Installationsarten sind heute zulässig
- Luftzufuhr dadurch immer abweichend
- Proportionalität zwingend erforderlich

Systemverhalten Naturzug



Leistung	Emissionseinfluss				
	Konstant	Unterdimensioniert	Korrekt dimensioniert	Überdimensioniert	Stark Überd.
<NWL	- (Luftüberschuss)	-- (Luftmangel)	+ (Luftanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
Nennlast	0	-- (Luftmangel)	+ (Luftanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
>NWL	-- (Luftmangel)	-- (Luftmangel)	0 (Luftanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
	DIN EN 16510	DIN EN 13384 neg.	DIN EN 13384 neg.	DIN EN 13384 pos.	Ableitbedingungen
Leistung	Wirkungsgradeinfluss				
	Konstant	Unterdimensioniert	Korrekt dimensioniert	Überdimensioniert	Stark Überd.
<NWL	- (Verweildauer kleiner)	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer >NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
Nennlast	0	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
>NWL	- (chem. Verlust)	- (chem. Verlust)	0 (Verweildauer <NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)

- Falscher Druck kaum erkennbar
- Zubehör sorgt für Verschiebung

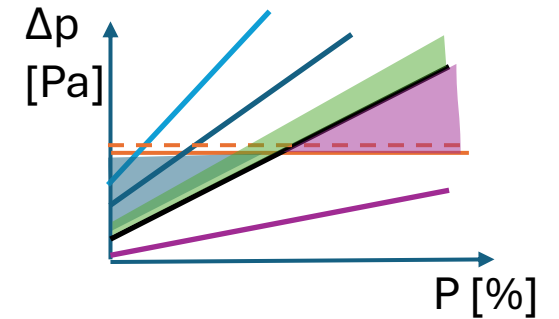
①

Systemverhalten Zubehör

Nebenluftvorrichtung

Abgasdrosselung

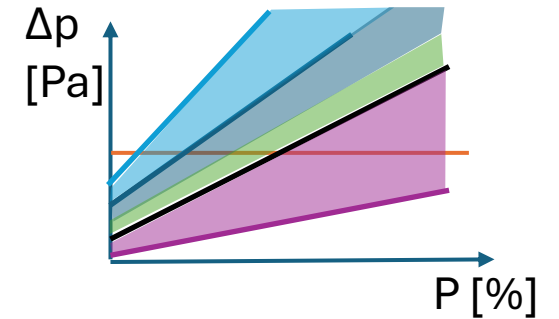
Abgasgebläse



Leistung	Emissionseinfluss				
	Konstant	Unterdimensioniert	Korrekt dimensioniert	Überdimensioniert	Stark Überd.
<NWL	- (Luftüberschuss)	-- (Luftmangel)	+ (Luftanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
Nennlast	0	-- (Luftmangel)	+ (Luftanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
>NWL	-- (Luftmangel)	-- (Luftmangel)	0 (Luftanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
	DIN EN 16510	DIN EN 13384 neg.	DIN EN 13384 neg.	DIN EN 13384 pos.	Ableitbedingungen
Leistung	Wirkungsgradeinfluss				
	Konstant	Unterdimensioniert	Korrekt dimensioniert	Überdimensioniert	Stark Überd.
<NWL	- (Verweildauer kleiner)	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer >NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
Nennlast	0	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
>NWL	- (chem. Verlust)	- (chem. Verlust)	0 (Verweildauer <NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)

- Abgasgebläse führt zu Druckerhöhung
- Abgasdrosselklappe ist antiproportional
- Nebenluftvorrichtung linearisiert

Systemverhalten Zubehör



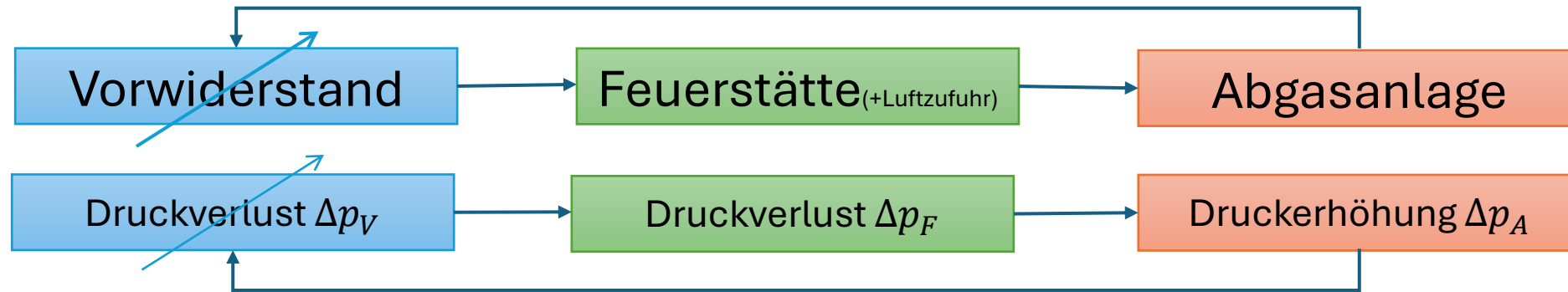
Tripelwert Nennwärmeleistung

Leistung	Emissionseinfluss				
	Konstant	Unterdimensioniert	Def. Vorwiderstand	Überdimensioniert	Stark Überd.
<NWL	- (Luftüberschuss)	-- (Luftmangel)	+ (Druckanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
Nennlast	0	-- (Luftmangel)	+ (Druckanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
>NWL	-- (Luftmangel)	-- (Luftmangel)	0 (Druckanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
	DIN EN 16510	DIN EN 13384 neg.	DIN 18896	DIN EN 13384 pos.	Ableitbedingungen
Leistung	Wirkungsgradeinfluss				
	Konstant	Unterdimensioniert	Def. Vorwiderstand	Überdimensioniert	Stark Überd.
<NWL	- (Verweildauer kleiner)	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer > NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
Nennlast	0	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
>NWL	- (chem. Verlust)	- (chem. Verlust)	0 (Verweildauer < NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)

Variable Luftdrosselung führt zu gezieltem Druckabbau
DIN 18896:2025-09 beschreibt Berechnung von Zuluftdrosselung

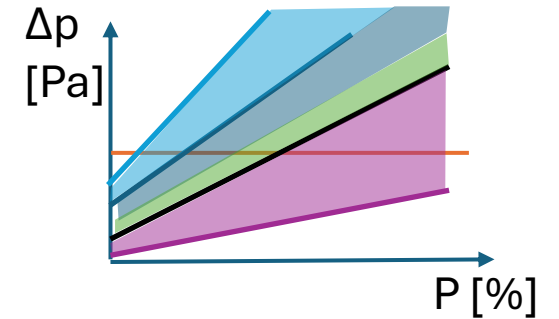
Zuluftdrosselung nach DIN 18896:2025-09

- Additiver Widerstand



- Einfache Berechnung (3 Variablen)
- Widerstand leistungsproportional
- Einfache Bedienung (Auf / Zu)

Systemverhalten Zubehör

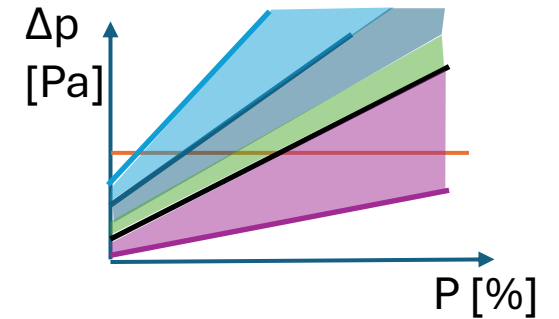


Tripelwert Nennwärmeleistung

Leistung	Emissionseinfluss				
	12 Pa	Unterdimensioniert	Def. Vorwiderstand	Überdimensioniert	Stark Überd.
<NWL	- (Luftüberschuss)	-- (Luftmangel)	+ (Druckanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
Nennlast	761 mg/m ³	-- (Luftmangel)	+ (Druckanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
>NWL	-- (Luftmangel)	-- (Luftmangel)	0 (Druckanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
	DIN EN 16510	DIN EN 13384 neg.	DIN 18896	DIN EN 13384 pos.	Ableitbedingungen
Leistung	Wirkungsgradeinfluss				
	12 Pa	Unterdimensioniert	Def. Vorwiderstand	Überdimensioniert	Stark Überd.
<NWL	- (Verweildauer kleiner)	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer > NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
Nennlast	82,3%	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
>NWL	- (chem. Verlust)	- (chem. Verlust)	0 (Verweildauer < NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)

Anwendung 13384 führt zu Drucküberschreitung

Systemverhalten Zubehör



Tripelwert Nennwärmeleistung

$$\Delta p_A \geq \Delta p_F$$

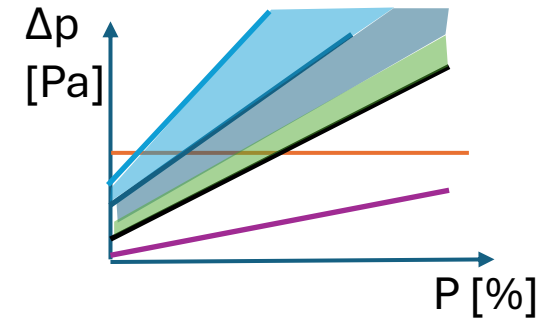
$$\Delta p_A \gg \Delta p_F$$

Leistung			Emissionseinfluss		
	12 Pa	Unterdimensioniert	Def. Vorwiderstand	Überdimensioniert	27 Pa
<NWL	- (Luftüberschuss)	-- (Luftmangel)	+ (Druckanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
Nennlast	761 mg/m ³	-- (Luftmangel)	+ (Druckanpassung)	- (Luftüberschuss)	865 mg/m ³ x 143%
>NWL	-- (Luftmangel)	-- (Luftmangel)	0 (Druckanpassung)	- (Luftüberschuss)	579 mg/m ³ x 126%
	DIN EN 16510	DIN EN 13384 neg.	DIN 18896	DIN EN 13384 pos.	Ableitbedingungen
Leistung			Wirkungsgradeinfluss		
	12 Pa	Unterdimensioniert	Def. Vorwiderstand	Überdimensioniert	27 Pa
<NWL	- (Verweildauer kleiner)	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer > NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
Nennlast	82,3%	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer NWL)	- (Verweildauer kleiner)	75,4%
>NWL	- (chem. Verlust)	- (chem. Verlust)	0 (Verweildauer < NWL)	- (Verweildauer kleiner)	78,1%

Gezielte Luftdrosselung

Luftmangel wird verhindert

Systemverhalten Zubehör

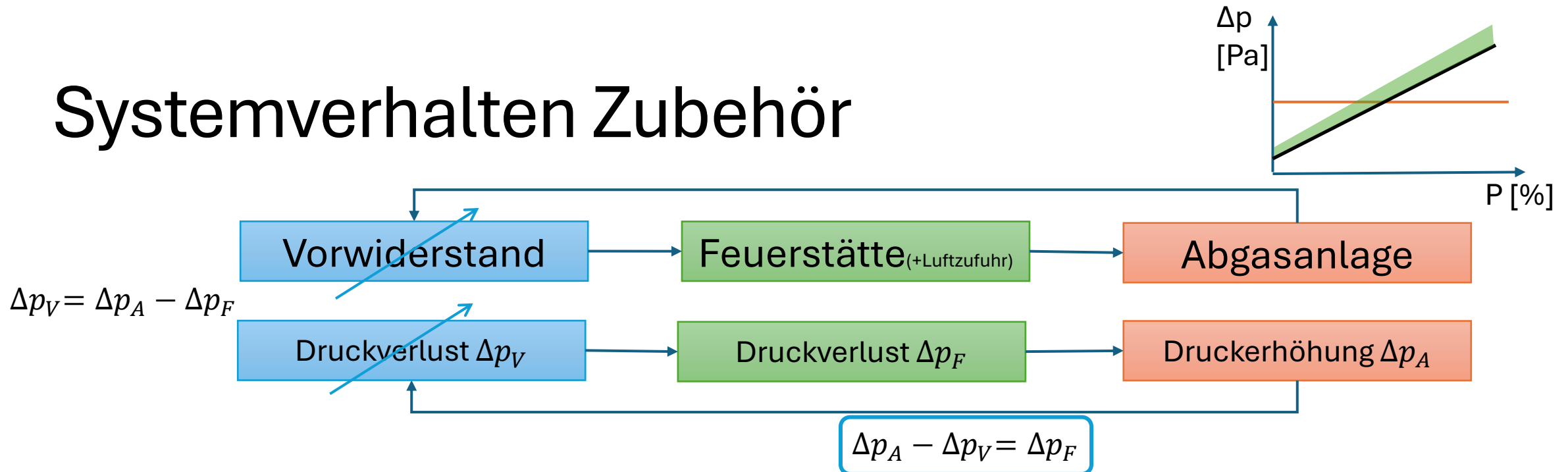


$\Delta p_A - \Delta p_V = \Delta p_F$					
Leistung	Emissionseinfluss		Wirkungsgradeinfluss		
	12 Pa	Unterdimensioniert	12 Pa+12Pa	Überdimensioniert	27 Pa
<NWL	- (Luftüberschuss)	-- (Luftmangel)	+ (Druckanpassung)	- (Luftüberschuss)	-- (Luftüberschuss)
Nennlast	761 mg/m ³	-- (Luftmangel)	543 mg/m ³ x 100%	- (Luftüberschuss)	865 mg/m ³ x 143%
>NWL	-- (Luftmangel)	-- (Luftmangel)	284 mg/m ³ x 113%	- (Luftüberschuss)	579 mg/m ³ x 126%
	DIN EN 16510	DIN EN 13384 neg.	DIN 18896	DIN EN 13384 pos.	Ableitbedingungen
Leistung	Emissionseinfluss		Wirkungsgradeinfluss		
	12 Pa	Unterdimensioniert	12 Pa+12 Pa	Überdimensioniert	27 Pa
<NWL	- (Verweildauer kleiner)	- (chem. Verlust)	+ (Verweildauer > NWL)	- (Verweildauer kleiner)	-- (Verweildauer kleiner)
Nennlast	82,3%	- (chem. Verlust)	83,0%	- (Verweildauer kleiner)	75,4%
>NWL	- (chem. Verlust)	- (chem. Verlust)	84,6%	- (Verweildauer kleiner)	78,1%

Gezielte Luftdrosselung

Luftüberschuss wird abgebaut

Systemverhalten Zubehör



- Anwendung DIN 18896 verbindlich
- Herstellerangabe Maximalförderdruck
- DIN EN 13384 wird Funktionsnachweis

Leistung	Emissionseinfluss	
	12 Pa	12 Pa+12 Pa
<NWL	- (Luftüberschuss)	+ (Druckanpassung)
Nennlast	761 mg/m ³	543 mg/m ³
>NWL	-- (Luftmangel)	284 mg/m ³
	DIN EN 16510	DIN 18896
Leistung	Wirkungsgradeinfluss	
	12 Pa	12 Pa+12 Pa
<NWL	- (Verweildauer kleiner)	+ (Verweildauer > NWL)
Nennlast	82,3%	83,0%
>NWL	- (chem. Verlust)	84,6%

- Leistungsspreizung wird verringert
- Emission sinkt
- Proportionalität wird erhalten
- Leistungsbereich wird erhöht

Annäherung von Realbetrieb und Zulassung

- Anwendbar im Gerätebestand ✓
- Erhöhte Fehlertoleranz ✓
- Verbessertes Regelverhalten ✓
- Reale Emissionsminderung ✓

...bei geregelter Installation!

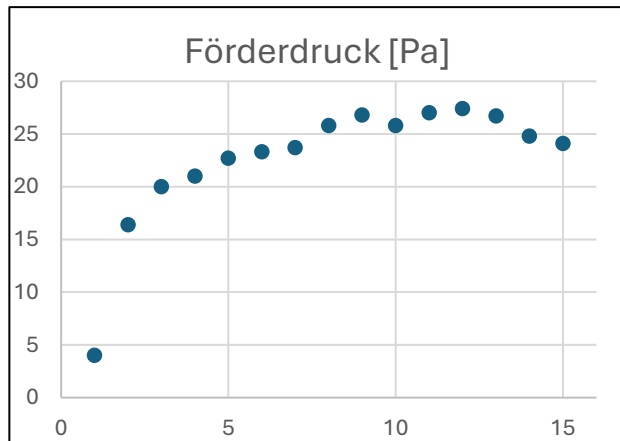
Systemverhalten Zubehör



Messung einer Feuerstätte bei natürlichem Förderdruck

Beharrung der Abgasanlage und Auswirkung einer Zuluftdrosselklappe nach DIN 18896:2025-09 auf das reale Betriebsverhalten

- Vergleich DIN EN 13384-2 mit tatsächlicher Beharrung
- Feststellung der Abweichung zur Zulassung
- Emissionseinfluss Naturzug
- Überprüfung Leistungsproportionalität



	P_N	η	CO	AGM	ΣCO
Ohne DK	130%	75%	114%	143%	162%
Zulassung	100%	82%	100%	100%	100%
Mit DK	100%	84%	75%	100%	75%



Systemverhalten Zubehör

- Alle Versuche haben Realemission gesenkt (ca. 50%)
- Ecodesign wurde eingehalten
- Luftmenge hat sich der Leistung angepasst
- Der verringerte Massenstrom verringert alle Schadgase (ca. 40 %)

(1):2021	P_N	η	CO	AGM	ΣCO
Ohne DK	110%	78%	90%	120%	14 g/h
Zulassung	100%	81%	100%	100%	13 g/h
Mit VSR	100%	83%	75%	80%	8 g/h

(2):2025	P_N	η	CO	AGM	ΣCO
Ohne DK	130%	75%	114%	143%	19 g/h
Zulassung	100%	82%	100%	100%	14 g/h
Mit DK	100%	84%	75%	100%	8,2 g/h

(3):2026	P_N	η	CO	AGM	ΣCO
Ohne DK	123%	-	177%	162%	45 g/h
Zulassung	100%	79%	100%	100%	16 g/h
Mit DK	115%	78%	118%	149%	28 g/h



Zuluftdrosselung nach DIN 18896:2025-09

- Anwendbar im Gerätebestand
- Erhöhte Fehlertoleranz
- Verbessertes Regelverhalten
- Reale Emissionsminderung



$$A = \dot{V}_{B,SI} \times \sqrt{\frac{\rho \dot{V}_B}{\Delta p_{\dot{V}_B}}}$$

$$A = \dot{V}_{B,SI} \times \sqrt{\frac{\rho \dot{V}_B}{2 \times \alpha^2 \times \Delta p_{\dot{V}_B}}}$$

$$\alpha = 0,707$$
$$2 \times \alpha^2 = 1$$

Zuluftdrosselung nach DIN 18896:2025-09

$$A = \dot{V}_{B,SI} \times \sqrt{\frac{\rho \dot{V}_B}{2 \times \alpha^2 \times \Delta p \dot{V}_B}}$$

$$\alpha = 0,707$$

$$2 \times \alpha^2 = 1$$



University of Applied Sciences

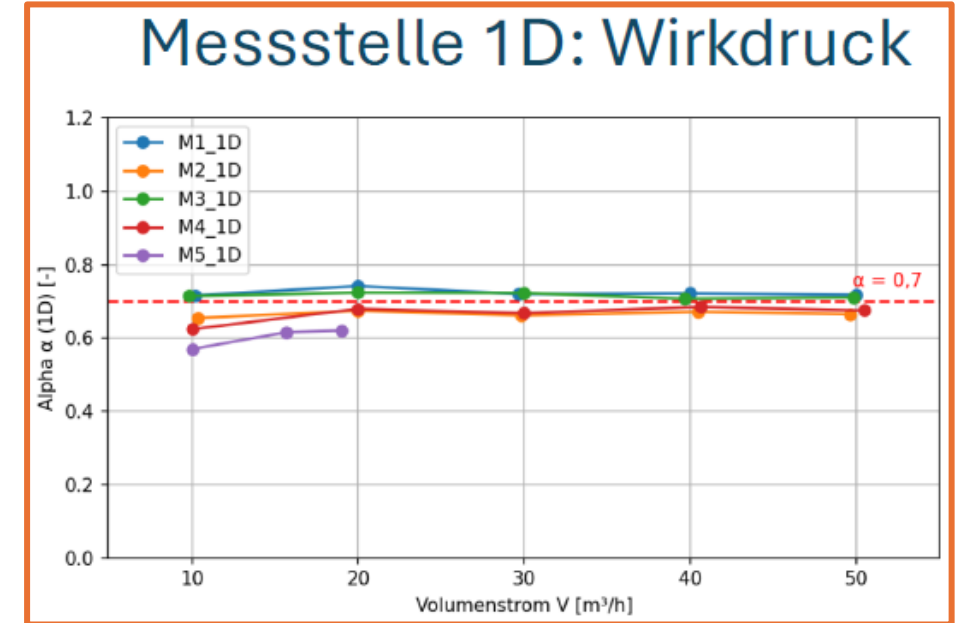
HOCHSCHULE
EMDEN-LEER

Bachelorarbeit

Messtechnische Ausstattung und Inbetriebnahme eines
Prüfstandes zur Bestimmung von strömungstechnischen
Kennzahlen einer Zuluftdrosselklappe von
Einzelfeuerungsanlagen

Malte Wöbber
7023190

Maschinenbau und Design
05.05.2026



Qualität	Var.	N	Δ
Verlustbeiwert ζ	11	6	99%
Normblende	18	22	14%
18896:2025-09	3	1	1%

Gültigkeit	Min	Max
Δp [Pa]	3	30
$\dot{V}$ [m³/h]	10	50
$\dot{m}$ [g/s]	3	15

Zuluftdrosselung nach DIN 18896:2025-09

- Anwendbar im Gerätebestand ✓
- Erhöhte Fehlertoleranz ✓
- Verbessertes Regelverhalten ✓
- Reale Emissionsminderung ✓

$$A = \dot{V}_{B,SI} \times \sqrt{\frac{\rho \dot{V}_B}{\Delta p \dot{V}_B}}$$

	NMVOC	PM
2005	30 kt	16 kt
2021	36 kt	16 kt
2035	6 kt + 30 kt	3,2 kt + 12,8 kt
Ziel 2030	21kt	9 kt

Zuluftdrosselung nach DIN 18896:2025-09

- Reale Emissionsminderung



$$A = \dot{V}_{B,SI} \times \sqrt{\frac{\rho \dot{V}_B}{\Delta p \dot{V}_B}}$$



	NMVOC	PM
2005	30 kt	16 kt
2021	36 kt	16 kt
2035	6 kt	3,2 kt
Ziel 2030	21kt	9 kt

	Änderung Zulassung	Änderung Grenzwert	Änderung Installation
Potential	-50%	-20%	-75%
Möglich bis	2065	2055	2035
Kosten	100%	100%	5%

Zuluftdrosselung nach DIN 18896:2025-09

Annäherung von Realbetrieb und Zulassung

- Anwendbar im Gerätebestand ✓
- Erhöhte Fehlertoleranz ✓
- Verbessertes Regelverhalten ✓
- Reale Emissionsminderung ✓
 - Optimierte Funktion von
 - ACC ✓
 - ESP ✓
 - Katalysatoren ✓

Zusammenfassung Arbeitskreis „Naturzug“

Empfehlung: Änderung der Installation

- Verbindliche Angabe: Maximalförderdruck
- Verbindliche Anwendung 18896:2025-09
 - Sicherheits- wird Funktionsnachweis
 - Differenzdruck (NWL) Real $\approx$ Prüfung
 - Zum Erreichen geringer Realemission
 - Als Basis künftiger Sekundärmaßnahmen