



Emissionsmessungen nach VDI-Richtlinien und ihre Herausforderungen

Michael Fellmann
Team-/Projektleiter Luft und Emissionen

Weiterbildungskurs VIF und GFK
11. September 2024



Inhalt

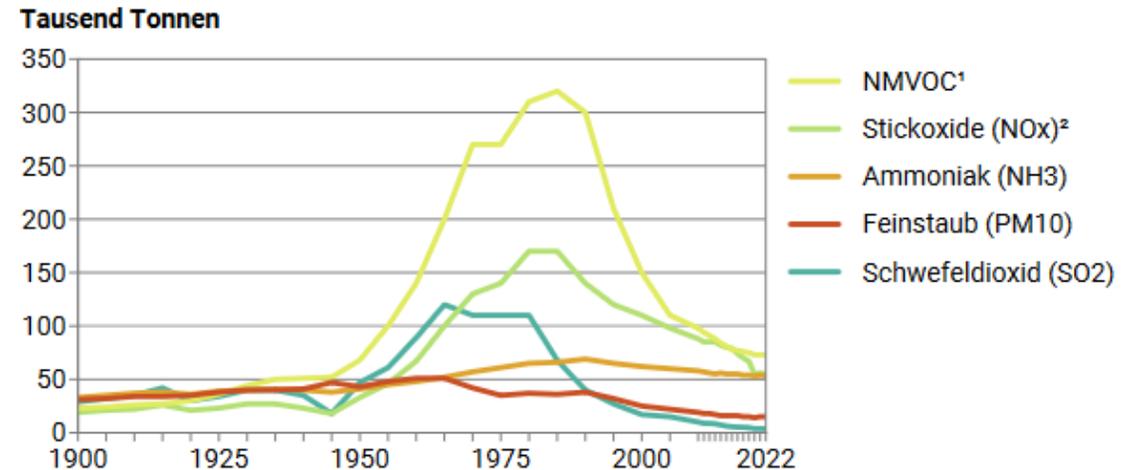
- Einführung Luftreinhalteverordnung
- Schadstoffe
- Messempfehlung und Normen
- Emissionsmessungen von Feuerungsanlagen
- Emissionsmessungen von Öl- und Gasfeuerungen
- Emissionsmessungen an Industrie- und Gewerbeanlagen
- Emissionsmessungen an weiteren Quellen

- Buck up: Qualitätssicherung von Emissionsmessungen



Einführung Luftreinhaltung

- Seit dem 20. Jahrhundert wurden zahlreiche technische Innovationen vorangetrieben, die sich negativ auf die Luftqualität auswirkten
- Besonders seit dem Zweiten Weltkrieg stiegen die Schadstoffkonzentrationen kontinuierlich an, bedingt durch Verbrennungsmotoren, Kohleverfeuerung und die industrielle Entwicklung



¹ Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan

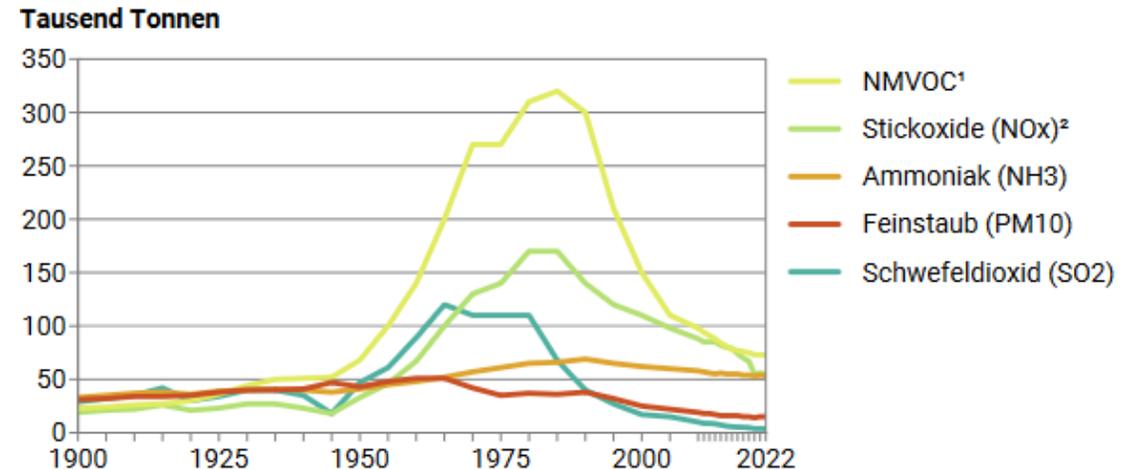
² NOx beinhaltet NO und NO2. Die Emissionswerte sind in NO2 angegeben.

Quelle: BAFU – EMIS

© BFS 2024

Einführung Luftreinhaltung

- **Gesundheitliche Auswirkungen:** Schadstoffe verursachen Atemwegsprobleme, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und können das Krebsrisiko erhöhen.
- **Umweltauswirkungen:** Klimawandel, saurer Regen, Ozonabbau und die Zerstörung von Ökosystemen sind direkte Folgen.
- **Bedeutung der Schadstoffreduktion:** Eine Reduktion der Emissionen ist unerlässlich, um eine nachhaltige und lebenswerte Umwelt zu sichern.



¹ Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan

² NOx beinhaltet NO und NO2. Die Emissionswerte sind in NO2 angegeben.

Quelle: BAFU – EMIS

© BFS 2024

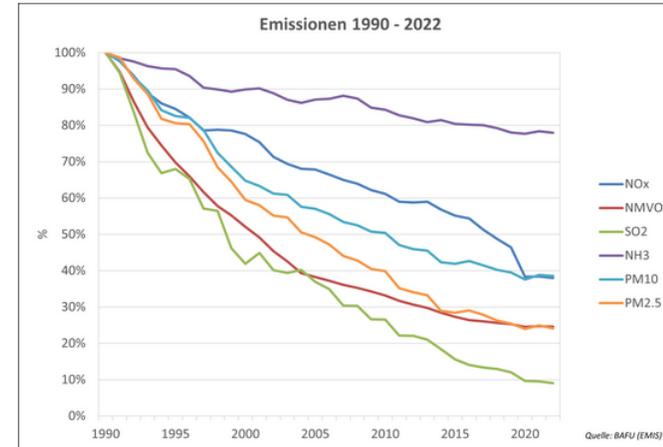
Einführung Luftreinhalteverordnung

- Auf Grundlage des Umweltschutzgesetzes wurde 1985 die Luftreinhalteverordnung (LRV) eingeführt.
- Ziel der gesetzlichen Regelungen ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen zu schützen sowie Boden und Luft vor schädlichen oder störenden Verunreinigungen zu bewahren.

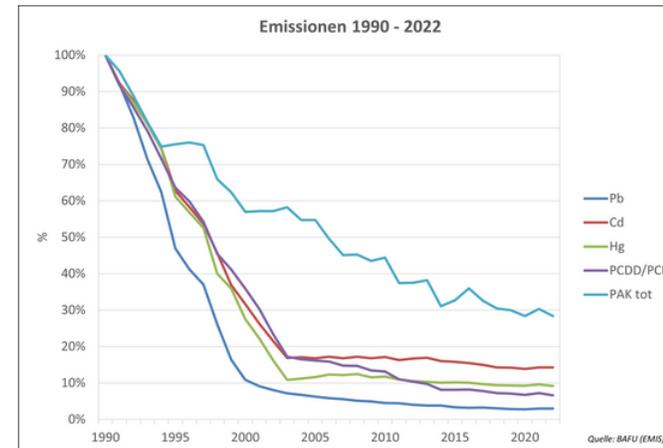


Einführung Luftreinhaltung

- Auf Grundlage des Umweltschutzgesetzes wurde 1985 die Luftreinhalteverordnung (LRV) eingeführt.
- Ziel der gesetzlichen Regelungen ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen zu schützen sowie Boden und Luft vor schädlichen oder störenden Verunreinigungen zu bewahren.
- **Positive Auswirkungen:** Seit den 1990er Jahren konnte eine signifikante Reduktion von Schadstoffen in der Luft beobachtet werden.



Emissionen 1990-2022 von Stickstoffdioxid (NO₂), flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC), Schwefeldioxid (SO₂), Ammoniak (NH₃) und Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2.5})



Emissionen 1990-2022 von Blei (Pb), Cadmium (Cd), Quecksilber (Hg), Dioxinen und Furanen (PCDD/PCDF), polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)

Schadstoffe

- Um welche Luftschadstoffe geht es überhaupt im Wesentlichen?
 - Stickoxiden (NO_x)
 - Schwefeldioxid (SO_2)
 - Kohlenmonoxid (CO)
 - Ozon (O_3)
 - Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Schadstoffe

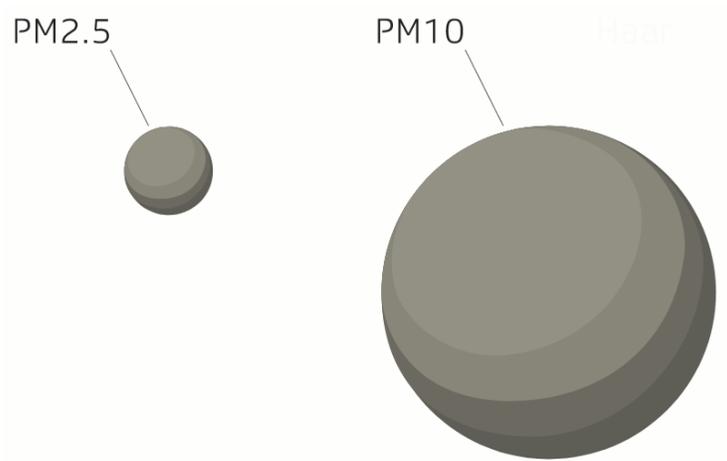
- Um welche Luftschadstoffe geht es überhaupt im wesentlichen?
 - Ammoniak (NH_3)
 - Saure Gase (HCl/HF)...
 - Schwermetalle (z.B. Blei, Cadmium, Quecksilber)
 - Dioxine und Furane
 - (Geruchsstoffe)
 - Feinstaub (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$)



Schadstoffe

Beispiel Gefährlichkeit von Feinstaub

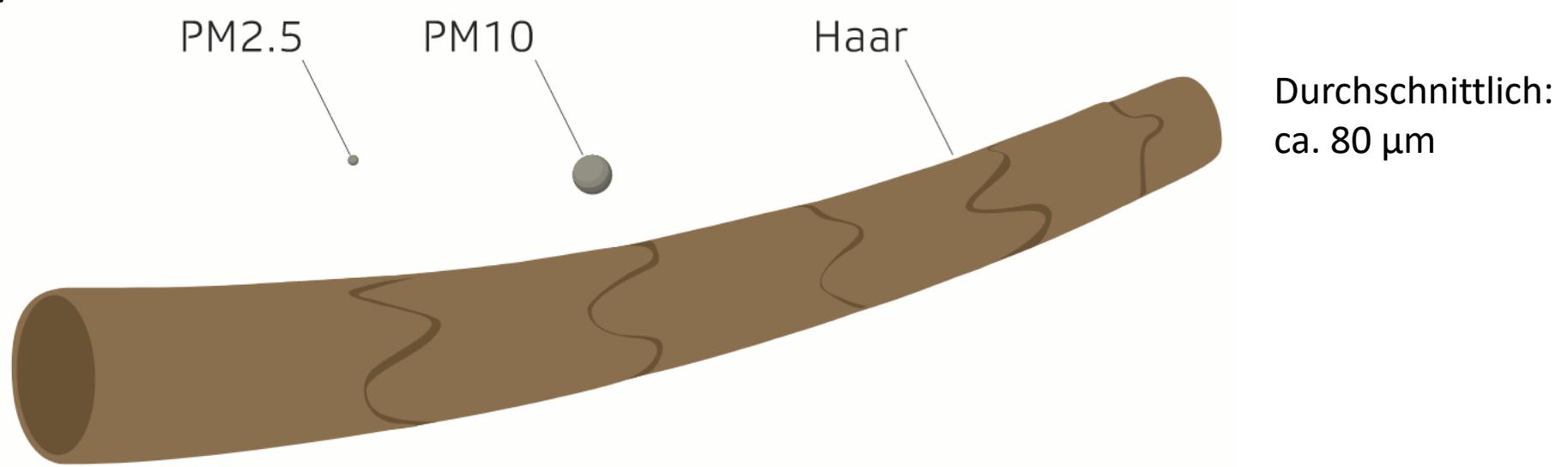
- **PM10** (Partikel mit einem Durchmesser von 10 Mikrometern oder weniger) und **PM2,5** (2,5 Mikrometer oder kleiner)



Schadstoffe

Beispiel Gefährlichkeit von Feinstaub

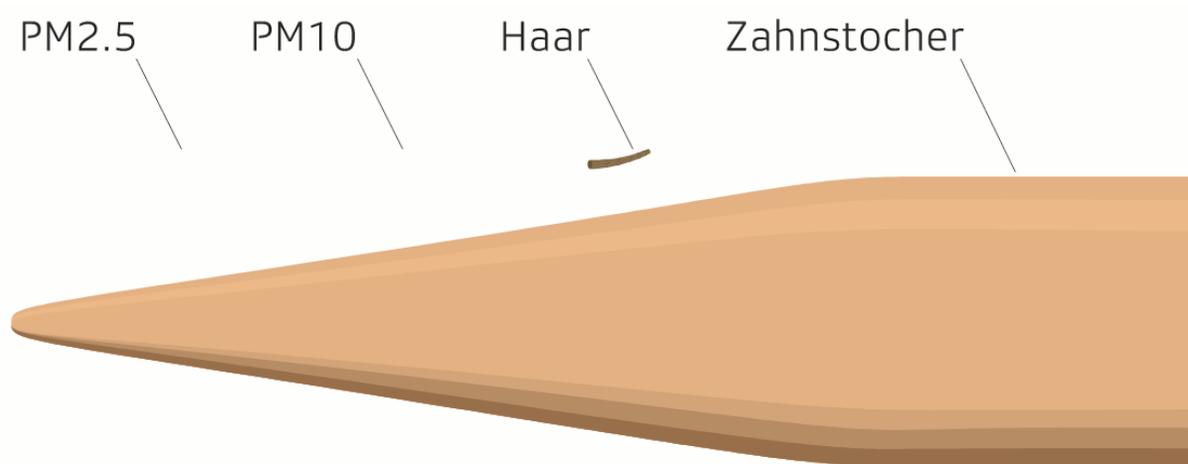
- **PM10** (Partikel mit einem Durchmesser von 10 Mikrometern oder weniger) und **PM2,5** (2,5 Mikrometer oder kleiner)



Schadstoffe

Beispiel Gefährlichkeit von Feinstaub

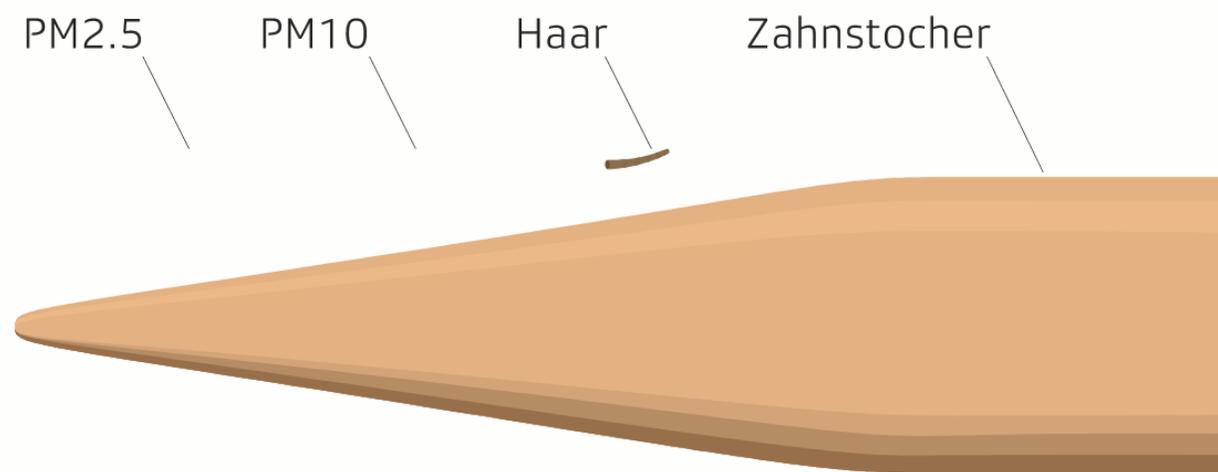
- **PM10** (Partikel mit einem Durchmesser von 10 Mikrometern oder weniger) und **PM2,5** (2,5 Mikrometer oder kleiner)



Schadstoffe

Beispiel Gefährlichkeit von Feinstaub

- **PM10** (Partikel mit einem Durchmesser von 10 Mikrometern oder weniger) und **PM2,5** (2,5 Mikrometer oder kleiner)



Vergleich Grösse Lungenbläschen:
Je nach Einatmung oder
Ausatmung 50 – 250 μm

Messempfehlung und Normen

- **Emissionsmessungen bei stationären Quellen** unterliegen verschiedenen Normen, die unterschiedliche Aspekte der Messverfahren regeln
- Messfirmen sind verpflichtet, die geltenden Normen und Vorschriften einzuhalten, um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messungen sicherzustellen. Diese Normen sind entscheidend für die Qualität der Dienstleistungen und die Einhaltung gesetzlicher Anforderungen.
- Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass im Einzelfall von der zuständigen Vollzugsbehörde abweichende Anweisungen erteilt werden können. Solche Anweisungen haben Vorrang und können die allgemeinen Normen modifizieren oder außer Kraft setzen. Messfirmen müssen daher stets auf aktuelle behördliche Anweisungen achten und diese umsetzen, um den rechtlichen Anforderungen gerecht zu werden.
- Regelmäßige Audits, die alle drei Jahre durchgeführt werden, überprüfen die Einhaltung dieser Vorschriften bei den Messfirmen.



Messempfehlung und Normen

- Folgende Normen sind bekannt:
 - LRV
 - BAFU-Messempfehlung bei stationären Anlagen
 - Cercl'Air Empfehlungen
 - Nicht abschliessend



Messempfehlung und Normen

- Folgende Normen sind bekannt:

2.12. Anlagen zum Verbrennen von Siedlungs- und Sonderabfällen

Hinweise zu den Messungen

- Vor der Messung ist in jedem Fall das Messkonzept von den kantonalen Behörden genehmigen zu lassen.
- Die in Abfallverbrennungsanlagen üblicherweise vorhandene kontinuierliche Emissionsmessung muss bei der Messung ebenfalls überprüft werden.
- Die LRV verlangt eine Mittelwertbildung über eine Betriebsperiode von mehreren Stunden. Dabei soll zusätzlich das Kapitel 11.5.4 in den Messempfehlungen berücksichtigt werden. Konkret bedeutet dies für die Beurteilung eine Mittelwertbildung aus 5 Stundenmittelwerten.
- Bei Abfallverbrennungsanlagen sind ALURAs nachgeschaltet. Das Messprogramm im Kapitel 0.5 ist somit ebenfalls zu berücksichtigen.

2.12.1. Siedlungsabfälle

Parameter

- | | |
|------------------------|--|
| ▪ Abgasfeuchte | als Stichproben oder berechnet aus der Wäscher-Austrittstemperatur. |
| ▪ Abgastemperatur | kontinuierlich. |
| ▪ Sauerstoff | kontinuierlich. |
| ▪ Kohlendioxid | kontinuierlich. |
| ▪ Abgasgeschwindigkeit | als Stichproben, für Vergleichsmessungen mit Betriebsmessgerät kontinuierlich. |
| ▪ Volumenstrom | aus Netzmessung bzw. kontinuierlicher Abgasgeschwindigkeitsmessung berechnen. |
| ▪ Massenstrom | für alle Schadstoffe berechnen. |
| ▪ Jahresbetriebszeit | ablesen oder plausible Annahmen. |

nären Anlagen

Zu überprüfende Grenzwerte und Messdauer

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| ▪ Kohlenmonoxid | kontinuierlich. |
| ▪ Stickoxide | kontinuierlich. |
| ▪ Gesamt-C | kontinuierlich. |
| ▪ Gesamtstaub | 5 • 1 h. |
| ▪ Schwefeldioxid (SO ₂) | 5 • 1 h. |
| ▪ Gasförmige anorg. Fluorverb. | 5 • 1 h. |
| ▪ Gasförmige anorg. Chlorverb. | 5 • 1 h. |

Mögliche weitere Anionen können von der Behörde festgelegt werden.

- | | |
|----------------------------|----------|
| ▪ Ammoniak & Ammoniumverb. | 5 • 1 h. |
| ▪ Dioxine & Furane | 1 • 6 h. |

Schwermetalle staubgebunden und filtergängig

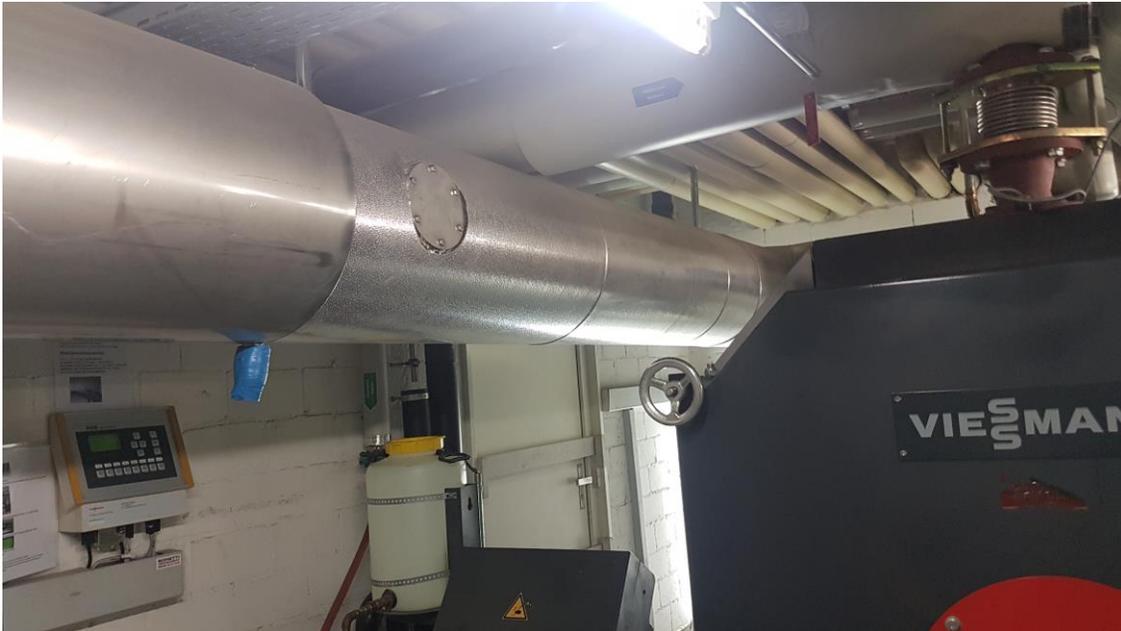
- | | |
|-------------------------|----------|
| ▪ Quecksilber (Hg) | 5 • 1 h. |
| ▪ Cadmium (Cd) | 5 • 1 h. |
| ▪ Blei (Pb) & Zink (Zn) | 5 • 1 h. |

Mögliche weitere Schwermetalle können von der Behörde festgelegt werden.

Charakterisierung der relevanten Anlageelemente

- Qualität, Art, Menge und Zeitfenster der verbrannten Abfälle (ev. Protokoll ab der Waage des Kehrichtgreifers).
- Betriebsdaten (Kokszugabe, Ammoniakzugabe).
- Wäscher-pH-Sollwert.
- NO_x-Sollwert.
- Differenzdruck über Ventur.

Messempfehlung und Normen



DIN EN 15259:

- Anforderungen an Messaufgaben, Messorte und Messabschnitte sowie an das Ziel, den Plan und Bericht der Messung
- Diese Norm legt die Anforderungen für die Planung und Durchführung von Emissionsmessungen sowie die Gestaltung der Probenahmestellen fest

DIN EN 13284-1:

- Bestimmung von Staubemissionen aus stationären Quellen; manuelle gravimetrische Bestimmung von Staub
- Diese Norm beschreibt ein manuelles Verfahren zur Bestimmung der Staubkonzentration in Abgasen mittels gravimetrischer Methoden

Messempfehlung und Normen



DIN EN 15259:

- Anforderungen an Messaufgaben, Messorte und Messabschnitte sowie an das Ziel, den Plan und Bericht der Messung
- Diese Norm legt die Anforderungen für die Planung und Durchführung von Emissionsmessungen sowie die Gestaltung der Probenahmestellen fest

DIN EN 13284-1:

- Bestimmung von Staubemissionen aus stationären Quellen; manuelle gravimetrische Bestimmung von Staub
- Diese Norm beschreibt ein manuelles Verfahren zur Bestimmung der Staubkonzentration in Abgasen mittels gravimetrischer Methoden

Messempfehlung und Normen



IN EN 15259:

Anforderungen an Messaufgaben, Messorte und Messabschnitte sowie an das Ziel, den Plan und Bericht der Messung

Diese Norm legt die Anforderungen für die Planung und Durchführung von Emissionsmessungen sowie die Gestaltung der Probenahmestellen fest

IN EN 13284-1:

Bestimmung von Staubemissionen aus stationären Quellen; manuelle gravimetrische Bestimmung von Staub

Diese Norm beschreibt ein manuelles Verfahren zur Bestimmung der Staubkonzentration in Abgasen mittels gravimetrischer Methoden

Messempfehlung und Normen



DIN EN 16911-1:

- Messung von Abgasgeschwindigkeiten und Volumenströme in stationären Quellen
- Diese Norm beschreibt die Verfahren zur Bestimmung von Abgasgeschwindigkeiten und Volumenstrom bei Emissionsmessungen, einschliesslich der Messinstrumente und Techniken

DIN EN 12619:

- Bestimmung von Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Sauerstoff im Abgas – Infrarot-Messverfahren
- Diese Norm behandelt Verfahren zur Bestimmung der Konzentration von CO, CO₂ und O₂ in Abgasen unter Verwendung von Infrarot- und paramagnetischen Messgeräten

Messempfehlung und Normen

- Eine Vielzahl von weiteren Normen und Empfehlungen sind bekannt:
- **Laboranalysen:** Auch die Durchführung von Laboranalysen ist klar geregelt. Die Normen legen fest, wie Proben behandelt, Analysen durchgeführt und Ergebnisse dokumentiert werden müssen.
- **VDI-Richtlinien:** Viele relevante Normen sind in den VDI-Richtlinien (Verein Deutscher Ingenieure) enthalten. Diese Richtlinien bieten zusätzliche Standards und Empfehlungen, die für verschiedene Mess- und Prüfprozesse massgeblich sind

Emissionsmessungen von Feuerungsanlagen (> 70 kW FWL)

- Eine regelmäßige Wartung und Pflege von Feuerungsanlagen ist entscheidend für die Qualität kontinuierlicher Emissionsmessungen.
- **Stabile Betriebsbedingungen:** Durch kontinuierliche Wartung werden stabile Betriebsbedingungen sichergestellt, was die Konsistenz und Zuverlässigkeit der Emissionsmessungen fördert.
- **Effiziente Leistung:** Eine gut gewartete Anlage arbeitet effizienter, was das Risiko von Störungen und Ungenauigkeiten bei den Messungen reduziert.
- **Einhaltung von Vorschriften:** Regelmäßige Wartung hilft dabei, die gesetzlichen Anforderungen zur Emissionskontrolle einzuhalten und Umweltauswirkungen zu minimieren.



Emissionsmessungen von Feuerungsanlagen (> 70 kW FWL)



Emissionsmessungen von Feuerungsanlagen (> 70 kW FWL)

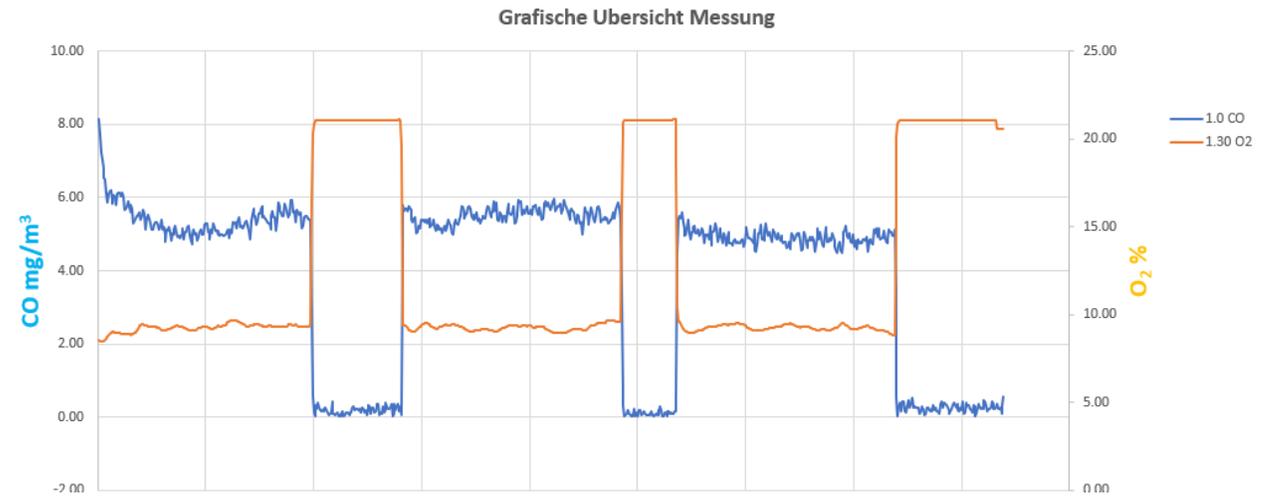
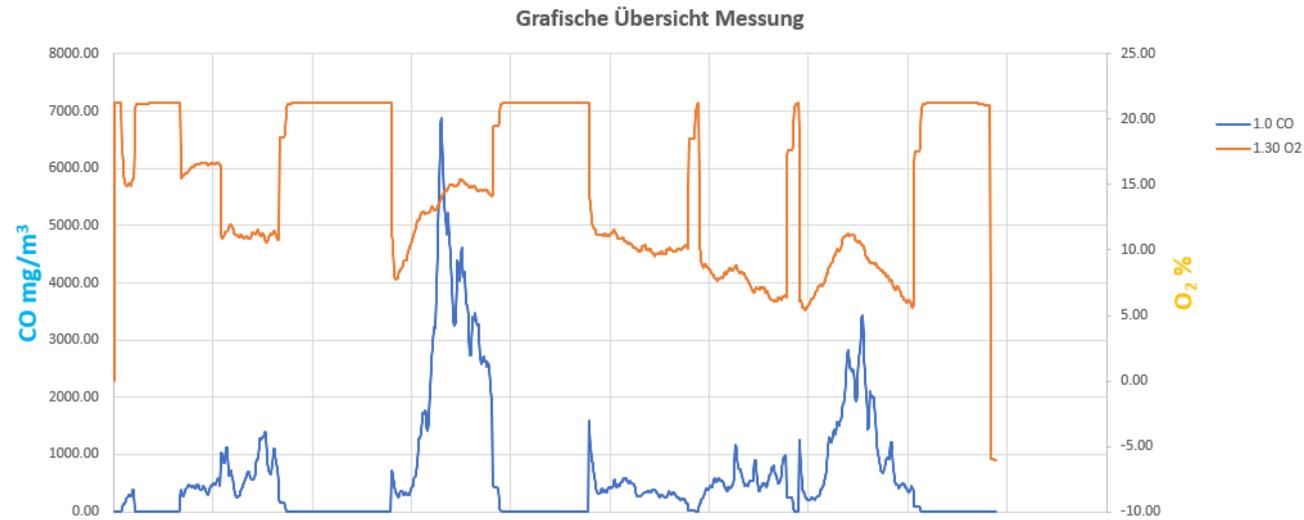
- Der Einsatz von Wärmespeichern ist eine wichtige Massnahme zur Effizienzsteigerung. Sie speichern überschüssige Wärme und geben diese bei Bedarf ab, wodurch die Gesamtenergieeffizienz der Anlage erhöht wird.
- Die Verfügbarkeit und ordnungsgemässe Funktion von Staubfiltern sind essenziell, um die Emission von Feinstaub zu minimieren. Massnahmen bei Überschreitung der Grenzwerte:
- Sollten die festgelegten Grenzwerte überschritten werden, sind folgende Sanierungsmaßnahmen erforderlich:

2.4 EMISSIONSGRENZWERTE

Emissionsgrenzwerte gemäss Anh. 3 Ziff. 522 LRV (nur Heizkessel) und Emissions-Messempfehlungen (Kapitel 13 Tabelle 48):

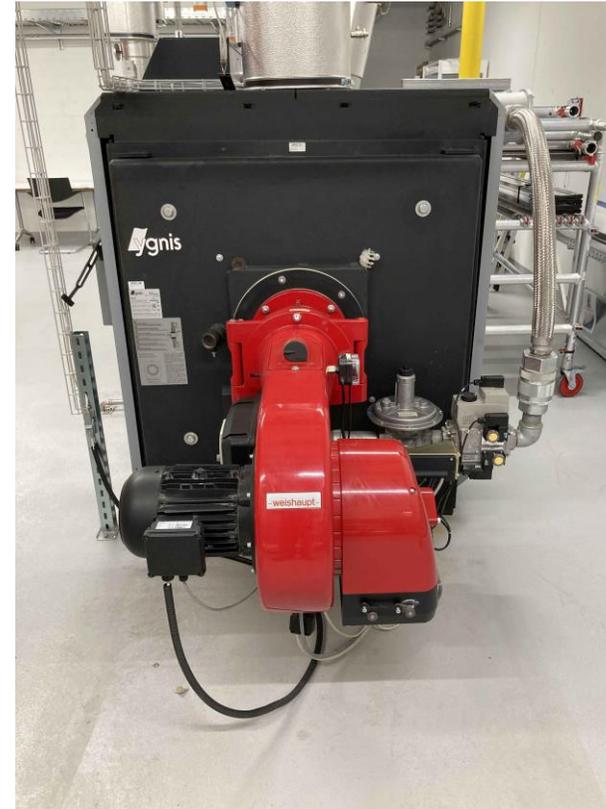
Holzfeuerungen über 70 kW _{FWL}	O ₂ -Bezug % vol	Feststoffe mg/m ³	CO mg/m ³	NO _x als NO ₂ mg/m ³	Ges.-C mg/m ³	NH ₃ mg/m ³
bis 500 kW _{FWL}	13	50	500	- *	-	-
501 kW _{FWL} bis 1 MW _{FWL}	13	20	500	- *	-	-
> 1 MW _{FWL}	11	20	250	- *	-	30 #
> 3 MW _{FWL}	11	20	250	250 *	-	30 #
> 10 MW _{FWL}	11	10	150	150	50	30 #

Emissionsmessungen von Feuerungsanlagen (> 70 kW FWL)



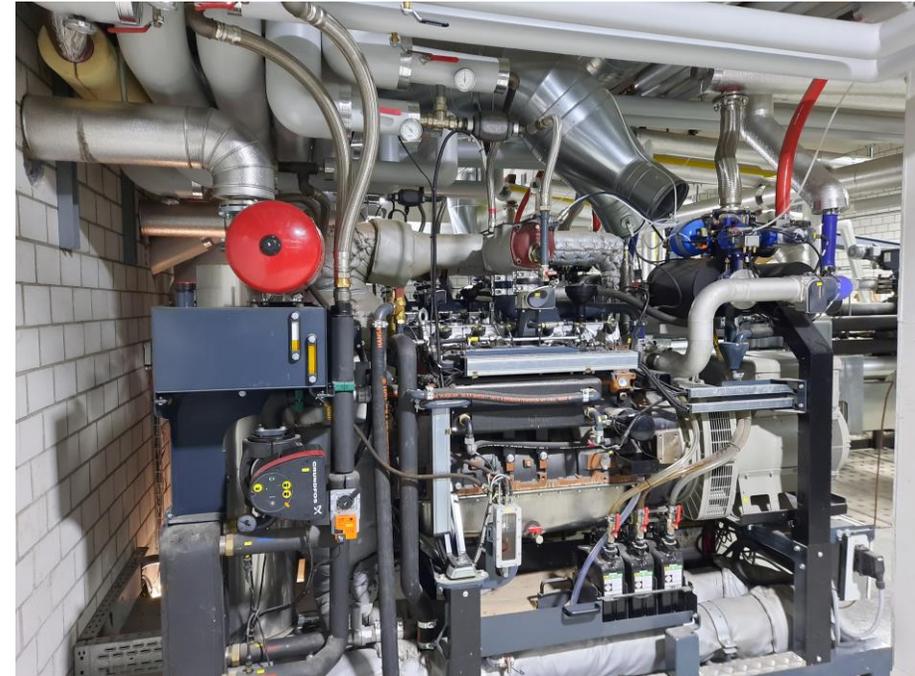
Emissionsmessungen von Öl- und Gasfeuerungen (> 1'000 kW)

- Gasbetriebene Blockheizkraftwerke (BHKW) und/oder Dampfkessel nutzen verschiedene Brennstoffe
 - Erdgas, Klärgas, Biogas, Deponiegase, Diesel
 - Jeder Brennstoff hat verschiedene Verbrennungsprodukte und somit müssen verschiedene Schadstoffe erfasst werden
 - CO, NO_x, Saure Gase (HCl/HF), Ammoniak NH₃



Emissionsmessungen von Öl- und Gasfeuerungen (> 1'000 kW)

- Gasbetriebene Blockheizkraftwerke (BHKW) und/oder Dampfkessel nutzen verschiedene Brennstoffe
 - Erdgas, Klärgas, Biogas, Deponiegase, Diesel
 - Jeder Brennstoff hat verschiedene Verbrennungsprodukte und somit müssen verschiedene Schadstoffe erfasst werden
 - CO, NO_x, Saure Gase (HCl/HF), Ammoniak NH₃



Emissionsmessungen von Öl- und Gasfeuerungen (> 1'000 kW)

- Gasbetriebene Blockheizkraftwerke (BHKW) und/oder Dampfkessel nutzen verschiedene Brennstoffe
 - Erdgas, Klärgas, Biogas, Deponiegase, Diesel
 - Jeder Brennstoff hat verschiedene Verbrennungsprodukte und somit müssen verschiedene Schadstoffe erfasst werden
 - CO, NO_x, Saure Gase (HCl/HF), Ammoniak NH₃

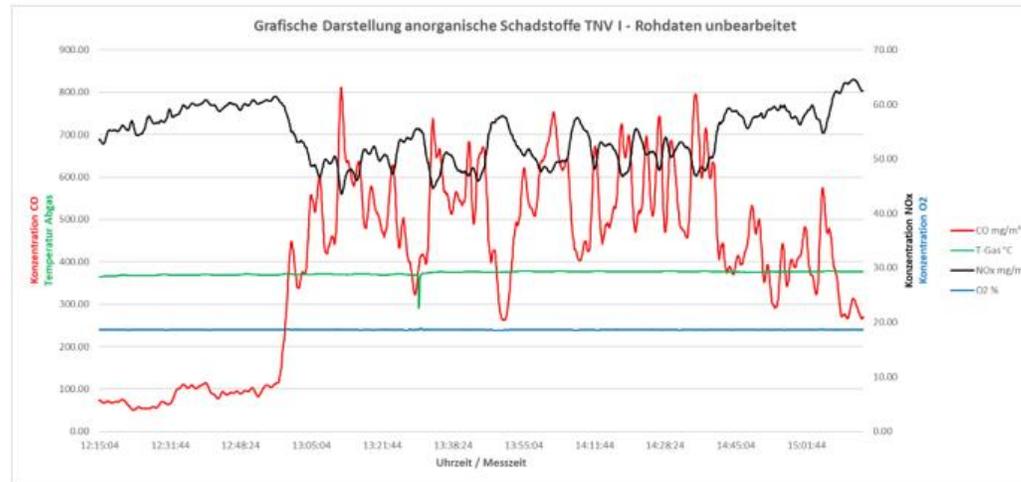


Emissionsmessungen an Industrie- und Gewerbeanlagen

- Je nach Prozess und Technologie emittieren unterschiedliche Anlagen verschiedene Schadstoffe
 - Thermische Nachverbrennungsanlagen



Emissionsmessungen an Industrie- und Gewerbeanlagen



Emissionsmessungen an Industrie- und Gewerbeanlagen

- Je nach Prozess und Technologie emittieren unterschiedliche Anlagen verschiedene Schadstoffe
 - Sandstrahlanlagen
 - Metallbeschichtungsanlagen
 - Abfallverbrennungsanlagen
 - Röstereien



Emissionsmessungen an Industrie- und Gewerbeanlagen

■ Röstereien

Hinweise zu den Messungen

- Das Rösten von Kaffee oder Zichorien erfolgt meist indirekt durch Serien von Gasflammen in Retortenöfen. Daher entsteht im Prozess zwei Arten von Abgas: Die eigentlichen geruchsintensiven Prozessabgase (Emissionen nach der LRV durch einen Grenzwert für Gesamtkohlenstoff beschränkt) und das Abgas aus dem Erhitzen des Retortenofens.
- Die beiden völlig verschiedenen Abgasströme werden in der Regel vereinigt und passieren dann eine Abgasbehandlungsanlage. In selteneren Fällen werden die Emissionen der beiden Quellen auch erst nach der Abgasbehandlung im Kamin vereinigt. Bei der üblichen thermischen Abgasbehandlung ergibt sich somit eine dritte Art von Schadstoffen: Abgase aus der thermischen Behandlung (z.B. Brenner).
- Bei der Planung der Messung muss beachtet werden, wie viele Röster parallel betrieben werden (können). Für die Messung müssen alle Anlagen in Betrieb genommen werden. In der Regel ist bei messpflichtigen Röstereien eine thermische Nachverbrennung nachgeschaltet, deshalb ist das Messprogramm gemäss Kapitel 0.5 ebenfalls zu berücksichtigen.
- Neben der Röstabluft existiert ein Abluftkamin des Kühlsiebs.
- Diese Kühlsiebabluft sollte vor allem bei Erstmessungen überprüft werden. (Kapitel 1.8)
- Die Messungen sind bei der jeweils dunkelsten Sorte durchzuführen.
- Bei der Auswertung von Röstanlagen muss das Beispiel in der Messempfehlungen Kapitel 11.5.6 berücksichtigt werden.

Parameter

- | | |
|-------------------------|---|
| ▪ Abgastemperatur | kontinuierlich. |
| ▪ Sauerstoff | kontinuierlich. |
| ▪ Abluftgeschwindigkeit | als Stichprobe sofern prozessbedingt notwendig kontinuierlich. |
| ▪ Abgasfeuchte | Stichprobe über mind. 1 Röstung. |
| ▪ Volumenstrom | aus Netzmessung bzw. kontinuierlicher Abgasgeschwindigkeitsmessung berechnen. |
| ▪ Massenstrom | für alle Schadstoffe berechnen. |
| ▪ Jahresbetriebszeit | abgelesen oder Betreiberangabe. |

Zu überprüfende Grenzwerte und Messdauer

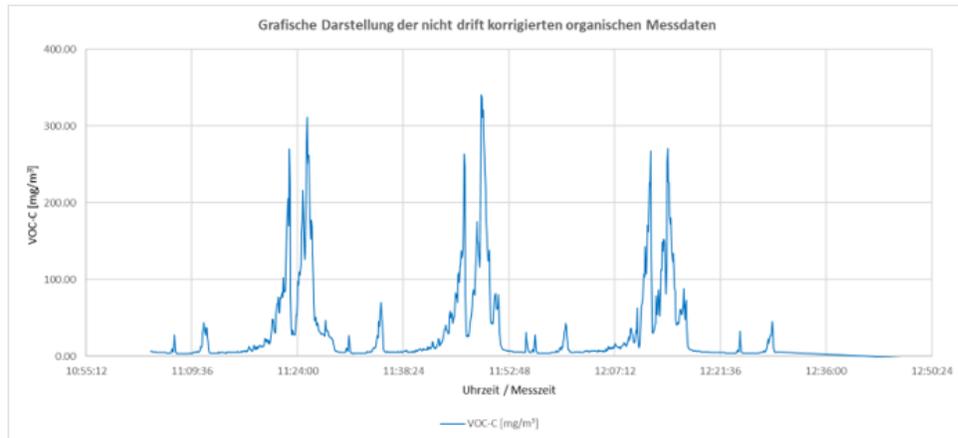
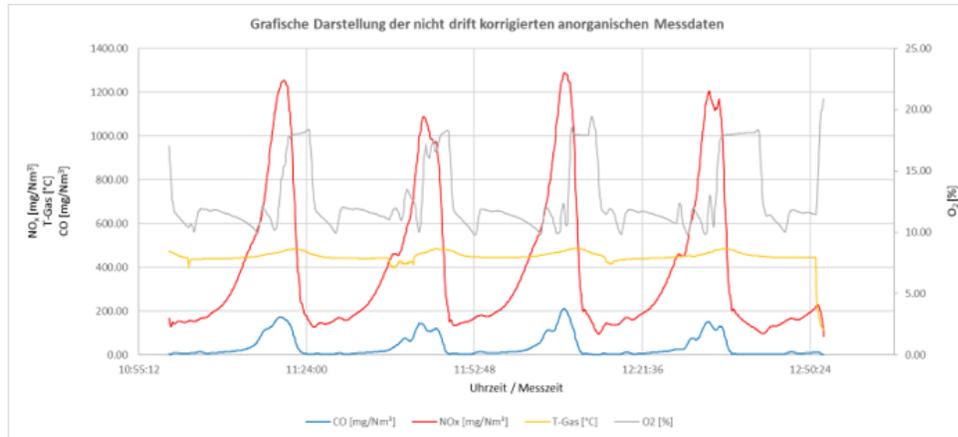
- | | |
|-----------------|---|
| ▪ Gesamtstaub | 3 • 30 Minuten; nur Erstmessung. |
| ▪ Gesamt-C | kontinuierlich, in der Regel genügen 60 Minuten (4-6 Röstchargen). |
| ▪ Stickoxide | kontinuierlich (Anhang 1 ohne O ₂ -Bezug). |
| ▪ Kohlenmonoxid | kontinuierlich. (RW für Röstereien = 100 mg/m ³ ohne O ₂ -Bezug). |

Charakterisierung der relevanten Anlagenelemente

- Durchsatz Rohkaffee.
- Röst-Intensität, Röst-Temperatur.
- Anzahl Röstungen pro Stunde.



Emissionsmessungen an Industrie- und Gewerbeanlagen



Messergebnisse

Volumenstrom und Messresultate

H ₂ O (tr)	Vol%	9.2 ± 0.9
VOC (n,tr)	mg/m ³	47 ± 9
Hauptvolumenstrom V (f)	m ³ /h	1039 ± 112
Normvolumenstrom V (n,f)	m ³ /h	403 ± 44
Normvolumenstrom V (n,tr)	m ³ /h	369 ± 40

Mittelwerte / Endergebnisse (N,tr) - ohne Bezugssauerstoff

Es handelt sich hierbei um Stundenmittelwerte

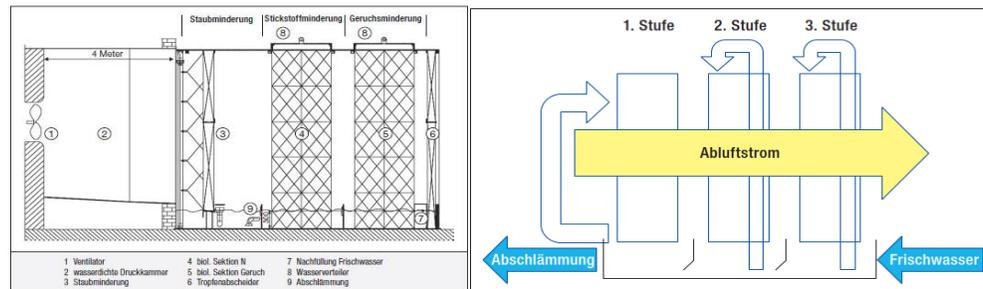
Konzentration	CO	mg/m ³	51 ± 5
Grenzwert Konzentration LRV	CO	mg/m ³	100
Massenstrom	CO	g/h	17 ± 2
prov. Beurteilung			eingehalten
Konzentration	NO _x als NO ₂	mg/m ³	488 ± 49
Grenzwert Konzentration LRV	NO _x als NO ₂	mg/m ³	250
Massenstrom	NO _x als NO ₂	g/h	167 ± 25
Grenzwert Massenstrom LRV	NO _x als NO ₂	g/h	2500
prov. Beurteilung			eingehalten
Konzentration	VOC-C	mg/m ³	47 ± 9
Grenzwert Konzentration LRV	VOC-C	mg/m ³	150
Massenstrom	VOC-C	g/h	17 ± 4
prov. Beurteilung			eingehalten

Messwert	Staub	mg/m ³	3 ± 1
Grenzwert Konzentration LRV	Staub	mg/m ³	20
Massenstrom	Staub	g/h	1 ± 0
Grenzwert Massenstrom LRV	Staub	g/h	200
prov. Beurteilung			eingehalten

Emissionsmessungen an weiteren Quellen

- Landwirtschaftliche Anlagen wie z.B. Biorieselbettreaktor

Parameter	Einheit	Probenahme	Bemerkung
Ammoniak	mg/m ³	3 x 30 Minuten	zeitgleiche Probenahme von Roh- und Reingas ²
Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	3 x 10 Minuten	zeitgleiche Probenahme von Roh- und Reingas ²
Wassertemperatur	°C	Stichprobe	
Druck	Pa	Stichprobe	Roh- und Reingas
Feuchte	%-rel.	Stichprobe	Roh- und Reingas
Geschwindigkeit	m/s	kontinuierlich	Reingas, Netzmessung
pH	Wert	Stichprobe	Sumpf- bzw. Abschlammwasser



Buck up: Qualitätssicherung von Emissionsmessungen

Messkategorie (Cercl'Air, Luftunion)		vereinfachtes Audit			Standard-Audit				
Nr.	Bezeichnung	Zulassungstypen							
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
1	Physikalische Parameter und Feuchte	x	x	x	x	x	x	x	x
2	Kontinuierliche Messung anorgan. Gase CO, CO ₂ , NO _x , O ₂		x	x *)	x	x	x	x	x
3	Gesamtstaubmessung			x	x			x	x
4	Messung anorganischer Gase und Dämpfe (z.B. HCl, HF, NH ₃ , SO ₂)				x				x
5	Kontinuierliche Messung organischer Substanzen (z.B. VOC) mit FID					x			x
6	Messung organischer Gase und Dämpfe (z.B. Lösungsmittel)						x		x
7	Messung von Schwermetallen							x	x
8	Spezialmessungen (z.B. PAH, PCB, Dio- xine/Furane)								x

Besten Dank für die Aufmerksamkeit.

Fragen?

Kontaktdaten:

Michael Fellmann

michael.fellmann@kost-partner.ch

<https://kost-partner.ch/luft-und-emissionen/>

