

Die Entwicklung von Kohlenmonoxid und Schwefelwasserstoff in Pelletlagern – ein ausreichend bekannter Effekt?

R. Pyrek(1), B. Freier (2), T. Kutschker (3)

(1) Inspektionsrauchfangkehrer, Berufsfeuerwehr Wien (richard.pyrek@co-vergiftung.at); (2) Ärztlicher Leiter Rettungsdienst, Stadt Offenbach am Main; (3) Gefahrenabwehrplanung, Berufsfeuerwehr Offenbach/Main

1. Einleitung

Die Entstehung von toxischen Gasen in Pelletlagern ist ein bereits bekannter und erforschter Effekt, der sowohl im industriellen-, aber gerade auch im Haushaltsbereich relevant sein kann. Die Entstehung von Ausgasungen verschiedener Art wurde in bisherigen Studien hauptsächlich in Abhängigkeit der Parameter Lagermasse und Temperatur, Luftfeuchte und Bewegung des Lagergutes erkannt. Allerdings sind bisher noch nicht alle Zusammenhänge restlos erforscht worden.

2. Forschungsziel

Die durchgeführten Untersuchungen dienen zu einem der Verifizierung bereits bekannter Effekte und Zusammenhänge, aber auch der Skalierung des Lagergutes auf eine kleinere Menge bei gleichzeitig verlängertem Probenahmezeitraum. Ebenso soll die Abhängigkeit des Messergebnisses von verschiedenen Typen von Selektivfiltern innerhalb der verwendeten Messgeräte erforscht werden. Ein spezieller Schwerpunkt liegt dabei auf der Entstehung von Schwefelwasserstoffgas (H₂S), was in bisherigen Forschungen wenig Beachtung fand.

3. Versuchsaufbau

Die durchgeführte Untersuchung wurde in zwei Versuchsreihen unterteilt. Die Versuchsreihe 1 beinhaltete dabei eine niedrige Lagertemperatur die Messung der Emissionsgase über einen langen Zeitraum. Die Versuchsreihe 2 basierte auf einer hohen Lagertemperatur in Verbindung mit einem etwas kürzeren Messzeitraum.

Versuchsreihe 1:

4 Polypropylenbehälter (50 cm hoch, 27 cm Durchmesser) mit luftdichtem Schraubdeckel wurden jeweils mit 12 kg handelsüblicher Pellets aus einem Baumarkt gefüllt. Der Luftraum über dem Füllgut betrug dabei 19cm, das entspricht 11 Litern. Jeweils zwei dieser Behälter wurden in einem Tiefkeller mit einer konstanten Lagertemperatur von 10°C sowie in einem normalen Wohngebäudekeller bei einer konstanten Temperatur von 20°C gelagert. Der Messzeitraum betrug 62 Tage bei jeweils täglichen Messungen.



Abb. 1: 25 Liter Polypropylenbehälter gefüllt mit 12 kg handelsüblicher Pellets für Versuchsreihe 1.

Versuchsreihe 1, Behälter 1 und 2: Tiefkeller, 10°C, 62 Tage
Versuchsreihe 1, Behälter 3 und 4: Gebäudekeller, 20°C, 62 Tage

Versuchsreihe 2:

Zwei Glasbehälter mit luftdichtem Schraubdeckel (46 cm hoch, 26 cm Durchmesser) wurden jeweils mit 10 kg der gleichen Holzpellets wie in Versuchsreihe 1 gefüllt. Der Luftraum über dem Füllgut betrug 16 cm, das entspricht 3 Litern. Die Glasbehälter wurden im Heizungskeller bei einer Temperatur von 30°C für eine Versuchsdauer von 72 Stunden gelagert.



Abb. 2: 15 Liter Glasbehälter gefüllt mit den gleichen Pellets wie in Versuchsreihe 1. Das rechte Bild zeigt die offensichtliche Zersetzung der Pellets im Versuchszeitraum.

Versuchsreihe 2, Behälter 1 und 2: Heizungskeller, 30°C, 72 Stunden

4. Methoden

Die Behälter aus beiden Versuchsreihen wurden mit handelsüblichen Holzpellets aus einem Baumarkt (15 kg Säcke) gefüllt. Vor der Befüllung wurden die Behälter mit Neutraleife gereinigt und gründlich luftgetrocknet. Alle Behälter wurden mit Schraubverschlüssen verschlossen, die über eine Gummidichtung verfügen und blieben während der gesamten Versuchsdauer in ihrer jeweiligen Versuchsumgebung.

i) Pellet Spezifikation

Die Versuchspellets aus beiden Versuchsreihen erfüllten die Qualitätsstufe A1 nach DIN EN 14961-2. Der Feuchtegehalt der Pellets betrug 1,35%. Alle weiteren Daten nach Herstellerangabe, siehe Abb. 3.

Lagertyp	Qualität A1	Qualität A2
Durchmesser (mm)	6 oder 8	
Länge (mm)	3,15 bis 4,0	
Wasseranteil (Ma-%)	≤10	
Aschegehalt (Ma-%)	≤0,7	≤1,5 (≤1,3)
Mechanische Festigkeit (Ma-%)	≥97,5	
Feinanteil (Ma-%)	≤1	
Überlängen (4,0 – 4,5 mm)	≤1	
Heizwert (kWh/kg)	4,6 bis 5,3	
Schüttdichte (kg/m³)	≥600 (500–750)	
Stickstoffgehalt (Ma-%)	≤0,3	≤0,5
Schwefelgehalt (Ma-%)	≤0,03 (≤0,04)	≤0,04 (≤0,05)
Chlorgehalt (Ma-%)	≤0,02	
Ascheerweichungstemperatur (°C)	≥1.200	≥1.100

Abb. 3: Technische Daten der verwendeten Pellets gemäß DIN EN 14961-2, Qualitätsstufe A1. Quelle: Deutscher Energieholz- und Pelletverband e.V. (DEPV), 2013

ii) Messgerätespezifikation

Alle Gasproben wurden mit dem gleichen Messgerät ausge-wertet. Die Gerätekonfiguration bestand aus

- Dräger X-AM 7000 Mehrgasmessgerät mit kontinuierlicher Messung
- Messbereich für CO (0-2000 ppm) und für H₂S (0-1000 ppm)
- Pumpenadapter mit flexibler Messsonde, Sondenlänge 50 cm
- Alle Sensoren wurden vor jedem Versuch mit Frischluft und Prüfgas kalibriert.



Abb. 4: Gasprobenahmeausstattung, Dräger X-AM 7000 mit Zusatzausstattung

iii) Gasprobenahme

Die Gasprobenahmen wurden immer mit gleichem Ablauf durchgeführt. Ein 12mm großes Loch wurde dazu jeweils in die Schraubdeckel der Behälter gebohrt, damit mittels der Messsonde die Probe direkt aus dem Luftraum über dem Füllgut entnommen werden konnte. Durch die kontinuierliche Messung wurde innerhalb von einer Minute jeweils ein Liter Probegas aus den Behältern entnommen. Nach der Probenahme wurde die Entnahmestelle wieder luftdicht verschlossen. Die Wiederholung der Probenahme erfolgte für

Versuchsreihe 1 – 1x pro 48 Stunden
Versuchsreihe 2 – 1x pro 24 Stunden (Startprobe nach 4 Stunden)

5. Ergebnis und Diskussion

- Nahezu alle Ergebnisse dieses Versuchs decken sich mit denen bereits publizierter Versuchsergebnisse, die größtenteils auf kürzeren Versuchszeiträumen basieren. Das Forschungsziel dieses Versuches war es, die Ergebnisse mit längeren Versuchszeiträumen und höheren Temperaturen zu verifizieren.
- Die Entstehung von Kohlenmonoxid (CO) aus dem Probematerial wird im Wesentlichen von der Temperatur beeinflusst. Eine außergewöhnlich hohe Lagertemperatur von 30°C wie in Versuchsreihe 2 ruft eine lebensbedrohliche CO-Konzentration nach nur 24 Stunden hervor.
- Die CO-Konzentration steigt bis zum Erreichen des Maximums schnell stark an und bleibt dann konstant.
- Die Schwefelwasserstoffkonzentration (H₂S) steigt während der gesamten Versuchsdauer an, wobei im Maximum ein gesundheitsschädlicher, jedoch nicht lebensbedrohlicher Wert erreicht wird. Die H₂S-Entwicklung könnte durch Bakterien und Pilze im verarbeiteten Holz der Pellets hervorgerufen sein. Diese These bedarf jedoch einer weiteren Untersuchung.
- Die Messung mit Gassensoren verschiedener Hersteller ergab unterschiedliche Messergebnisse. Der Grund hierfür könnte die Verwendung unterschiedlicher Selektivfilter in den Sensoren sein. Dieser Vermutung muss mit Hilfe von Herstellerdaten nachgegangen werden.

6. Ausblick

Die Entwicklung von Kohlenmonoxid aus Pelletlagern ist ein häufig noch unbekannter Effekt. Der Grad der Kohlenmonoxidfreisetzung variiert dabei sehr stark mit den Lagerbedingungen. Aber auch die Entstehung weiterer gesundheitsschädlicher Reaktionsprodukte, wie z.B. Schwefelwasserstoff (H₂S) oder Aldehyde muss in weiteren Studien weiter erforscht werden. Speziell der chem. Reaktionsmechanismus, der zurzeit nicht zweifelsfrei identifiziert ist, muss dabei noch näher erforscht werden.

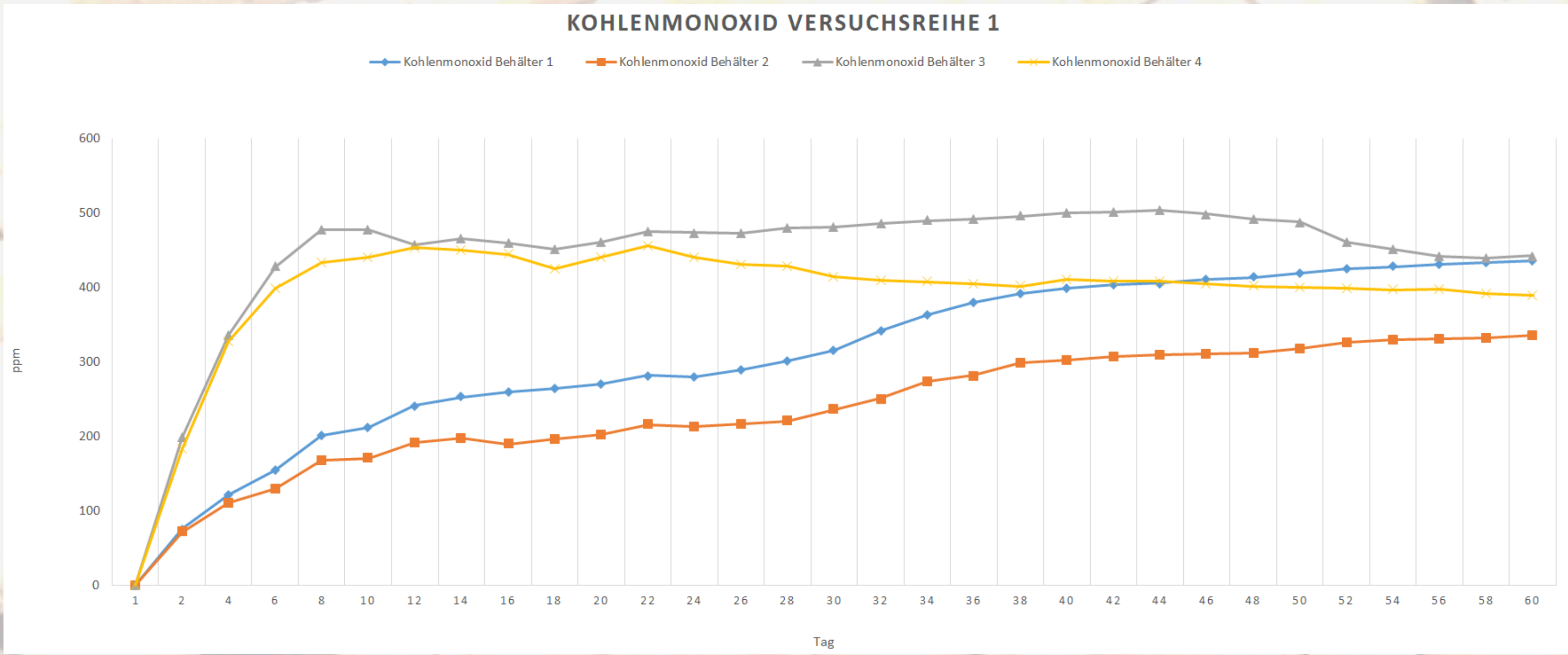


Abb. 5: Kohlenmonoxidentwicklung in den Behältern der Versuchsreihe 1 (vgl. Abb. 1)

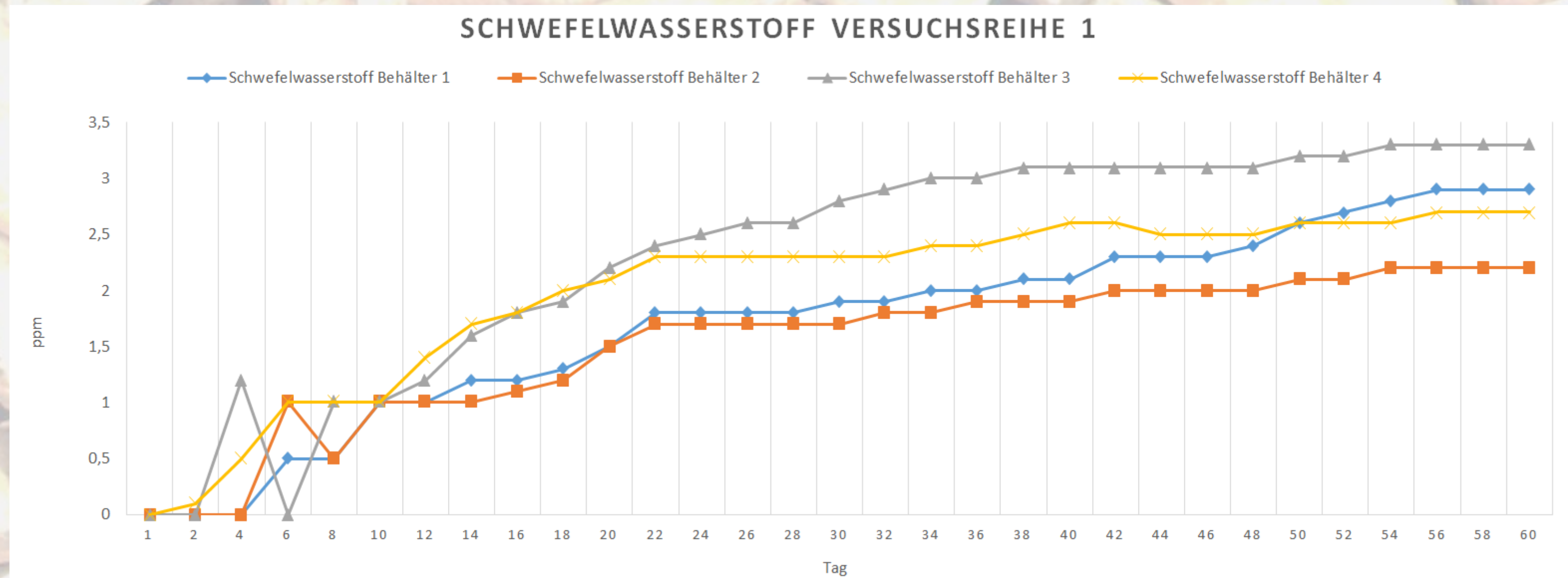


Abb. 6: Schwefelwasserstofffreisetzung in Versuchsreihe 1 (vgl. Abb. 1)

Versuchsreihe 2, Behälter 1				
	4 Std.	24 Std.	48 Std.	72 Std.
EX	0 %UEG	5 %UEG	8 %UEG	8 %UEG
CO ₂	0,18 Vol%	1,03 Vol%	1,8 Vol%	2,65 Vol%
H ₂ S	1 ppm	2,3 ppm	5,2 ppm	4 ppm
CO	270ppm	1760ppm	>2000ppm	>2000ppm
O ₂	20,6 Vol%	18,4 Vol%	16,7 Vol%	15,9 Vol%

Abb. 7: Messdaten aus Mehrgasmessung in Behälter 1, Versuchsreihe 2 (vgl. Abb. 2)

Versuchsreihe 2, Behälter 2				
	4 Std.	24 Std.	48 Std.	72 Std.
EX	0 %UEG	9 %UEG	11 %UEG	11 %UEG
CO ₂	0,37 Vol%	2,02 Vol%	2,55 Vol%	3,8 Vol%
H ₂ S	1,9 ppm	5 ppm	5,6 ppm	4,1 ppm
CO	570 ppm	>2000ppm	>2000ppm	>2000ppm
O ₂	20,2 Vol%	17 Vol%	16,1 Vol%	14,9 Vol%

Fig. 8: Messdaten aus Mehrgasmessung in Behälter 2, Versuchsreihe 2 (vgl. Abb. 2)

