



# Beispiel für die Ermittlung diffuser Staubemissionen

## - Stranggießanlage eines Stahlwerks -

**Dr. Karl-Josef Geueke**, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen, Standort Essen

### **Kurzfassung**

In der Stranggießanlage eines Stahlwerkes wurden die diffusen Staubemissionen aus der Dachöffnung nach zwei unterschiedlichen Konzepten gemessen. Ziel der Messungen war, den mittleren Massenstrom an Staub zu ermitteln. Bei der ersten Messkampagne wurden über einen Zeitraum von sieben Messtagen die Staubkonzentration und der Abluftvolumenstrom stichprobenartig bestimmt. Aus diesen Daten wurde der Emissionsmassenstrom berechnet. Bei der zweiten Messkampagne wurde an zwei Tagen gleichzeitig an 8 Messpunkten die Staubkonzentration und der Volumenstrom gemessen. Es wurde ebenfalls der Emissionsmassenstrom berechnet. Die Unterschiede zwischen beiden Ergebnissen lagen bei einem Faktor von 2.

### **1. Einleitung**

Durch die Fortschritte der Abgasreinigungstechnik an gefassten Emissionsquellen nimmt die Bedeutung diffuser Emissionen zu. Als diffuse Emissionen werden die Emissionen bezeichnet, die nicht über definierte Quellen (Kamine, Kanäle) in die Atmosphäre übertreten. Der Abgasstrom wird nicht geführt und daher sind derartige Quellen einer Emissionsmessung auf der Basis der DIN EN 15259 [1] nicht zugänglich. Die VDI Richtlinie 4285 Bl. 2 (E 2006) [2] beschreibt Grundsätze der Bestimmung diffuser Emissionen aus Industriehallen und Tierhaltungsanlagen. Kennzeichnend für diffuse Emissionen aus Industriehallen sind in der Regel niedrige Emissionskonzentrationen und hohe Abluftvolumenströme.

Die Vorgehensweise bei der Emissionsermittlung an diffusen Quellen ist aufgrund komplexer Einflussgrößen nicht so standardisierbar wie bei definierten Quellen. Daher ist auch mit größeren, in der Regel nicht quantifizierbaren Unsicherheiten der Ergebnisse zu rechnen, da der Stichprobenumfang in der Regel begrenzt ist.

### **2. Anlage**

In der Stranggießanlage wird der Flüssigstahl aus der Gießpfanne zunächst in einen Verteiler und von dort in die Kokillen gegossen, in denen zuerst die Ränder der Stränge erstarren. Das Stranginnere bleibt noch flüssig und erstarrt im weiteren Verlauf der Strangführung. Die Stränge werden kontinuierlich herausgefördert und nach vollständiger Erstarrung auf das geforderte Maß geschnitten. Die Gießzeit beträgt je eingesetzte Pfanne mit 140 t Flüssigstahl ca. 40 bis 50 Minuten. Während des Gießvorgangs treten aus dem Bereich der Verteilerrinne sowie aus der Pfanne Staubemissionen auf, welche durch die Absaugeinrichtung nicht erfasst werden. Erhöhte Emissionen treten nach einem Verteilerrinnenwechsel auf (Angießen). Die Emissionen werden über eine Öffnung im Dach in die Atmosphäre emittiert.

Bild 1: Dachöffnung



Bild 2: Dachöffnung von unten gesehen



Die Bilder 1 und 2 zeigen die Öffnung im Dach der Halle. Sie zeigen ebenfalls, dass der Emissionsmassenstrom an Staub über den Messquerschnitt inhomogen verteilt ist. Aufgrund der Betriebsweise ist der Emissionsmassenstrom auch zeitlich inhomogen.

#### Abmessungen der Dachöffnung

Länge: 34 m  
Breite: 5,6 m  
Querschnitt: 190 m<sup>2</sup>

Höhe über Grund: 40 m

Die Öffnung im Hallendach ist komplett überbaut.

### 3. Messungen nach Konzept 1

Die Messungen nach Konzept 1 fanden im Februar 2003 statt. Es herrschte kaltes Winterwetter ( $T < 6 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Im Hallendach oberhalb der Stranggießanlage 2 befindet sich eine rechteckige Öffnung mit einer Fläche von ca.  $190 \text{ m}^2$ . Ca. 4 Meter unterhalb dieser Öffnung befinden sich vier zur Messung nutzbare Laufstege. In Höhe dieser Laufstege unterhalb der Dachöffnung fanden die Probenahmen statt. Abbildung 3 zeigt zwei Mitarbeiter auf einem Laufsteg während der Messung der Strömungsgeschwindigkeit der Abluft.

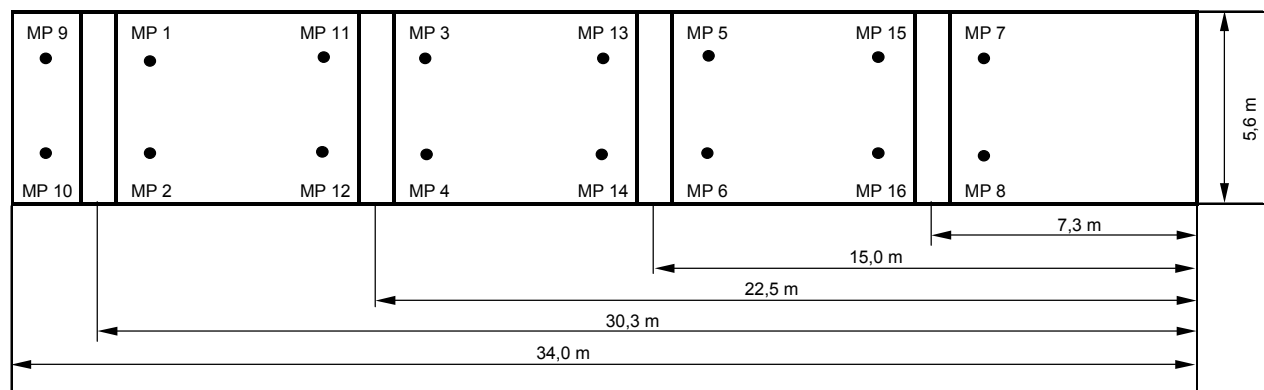
Bild 3 Laufstege



Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da man im Bereich der Laufstege eine aufwärts gerichtete Strömung vorfand, die nur wenig durch das Wettergeschehen beeinflusst wurde. Bei Messungen direkt in der Austrittsebene wären Wettereinflüsse nicht auszuschließen gewesen.

Bild 4 zeigt die Verteilung der Probenahmestellen über den Messquerschnitt.

Bild 4 Probenahmestellen



Der Abstand der Messpunkte von der Reling der Brücken betrug jeweils 1 m. Der Abstand der Messpunkte vom Rand der Austrittsöffnung betrug jeweils 1,4 m. Die Messpunkte befanden sich ca. 4 m unter der Austrittsöffnung. Die Messpunkte 1 und 9 sind der Pfanne und der Verteilerrinne am nächsten. Die Messpunkte 8 und 16 sind am weitesten entfernt.

Die Partikelkonzentrationsmessungen erfolgten an den Messpunkten 1 bis 8 mit einem Planfilterkopfgerät nach DIN EN 13284 [3] und überisokinetischer Absaugung. Die Probenahmezeit betrug 1 Stunde.

Zur Ermittlung des Abgasvolumenstroms wurde die Strömungsgeschwindigkeit mit einem Hitzdrahtanemometer in einem verdichteten Raster an den Messpunkten 1 bis 16 gemessen. Aus dem Mittelwert der gemessenen Einzelgeschwindigkeiten sowie der Temperatur der Abluft, der Feuchte und dem Barometerstand wurde der Abgasvolumenstrom, der aus der Öffnung tritt arbeitstäglich ein- oder zweimal bestimmt.

Während der Messkampagne wurden verschiedene Stahlsorten produziert. Die Ergebnisse wurden nach Stahlsorten getrennt ausgewertet.

Tabelle 1 zeigt die Volumenströme an den einzelnen Messtagen sowie die mittlere Abgastemperatur.

Tabelle 1

Datum	Volumenstrom Norm, trocken [m³/h]	Mittlere Ablufttemperatur [°C]
10.02.03	255000	13
11.02.03	376000	15
12.02.03	410000	12
14.02.03	663000	20
17.02.03	520000	15
18.02.03	528000	16
19.02.03	422000	17
Mittlerer Volumenstrom	<b>450000</b>	

Die unterschiedlichen Volumenströme konnten Ereignissen im Betriebsablauf zugeordnet werden.

Die Ergebnisse der Messung der Partikelkonzentration an den 8 Messpunkten (Mittelwerte über mehrere Messungen) zeigen die Bilder 5 und 6.

Bild 5 Partikelkonzentration bei der Produktion von Stahlsorte A

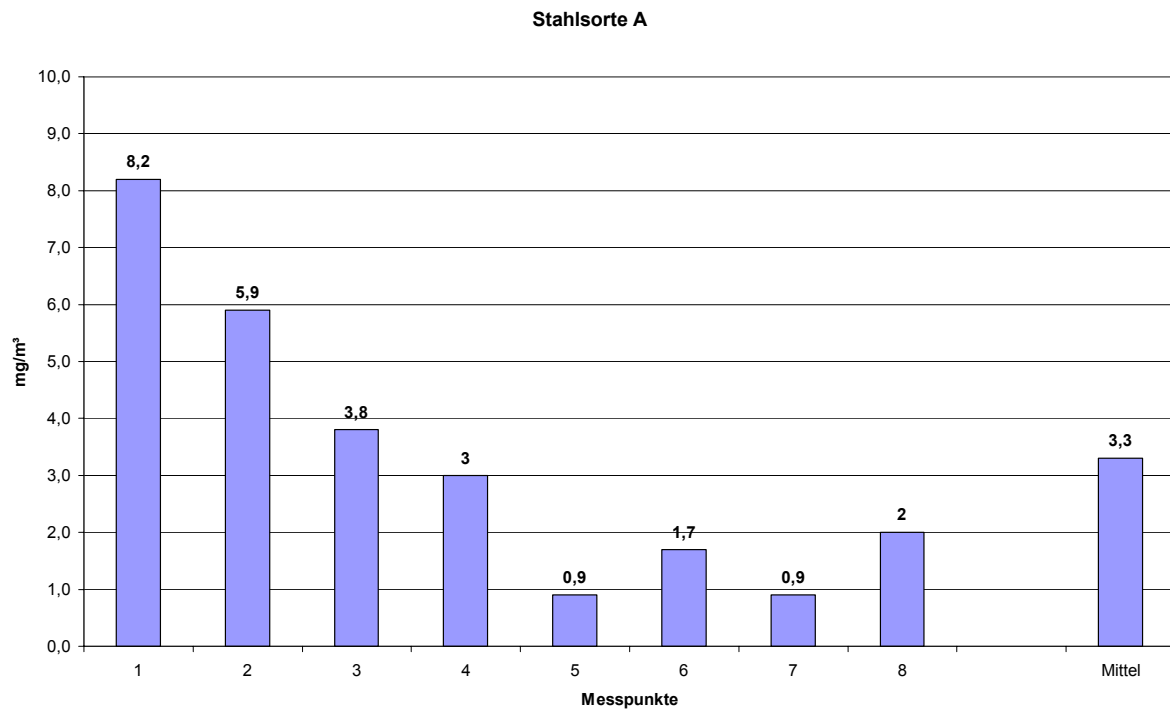
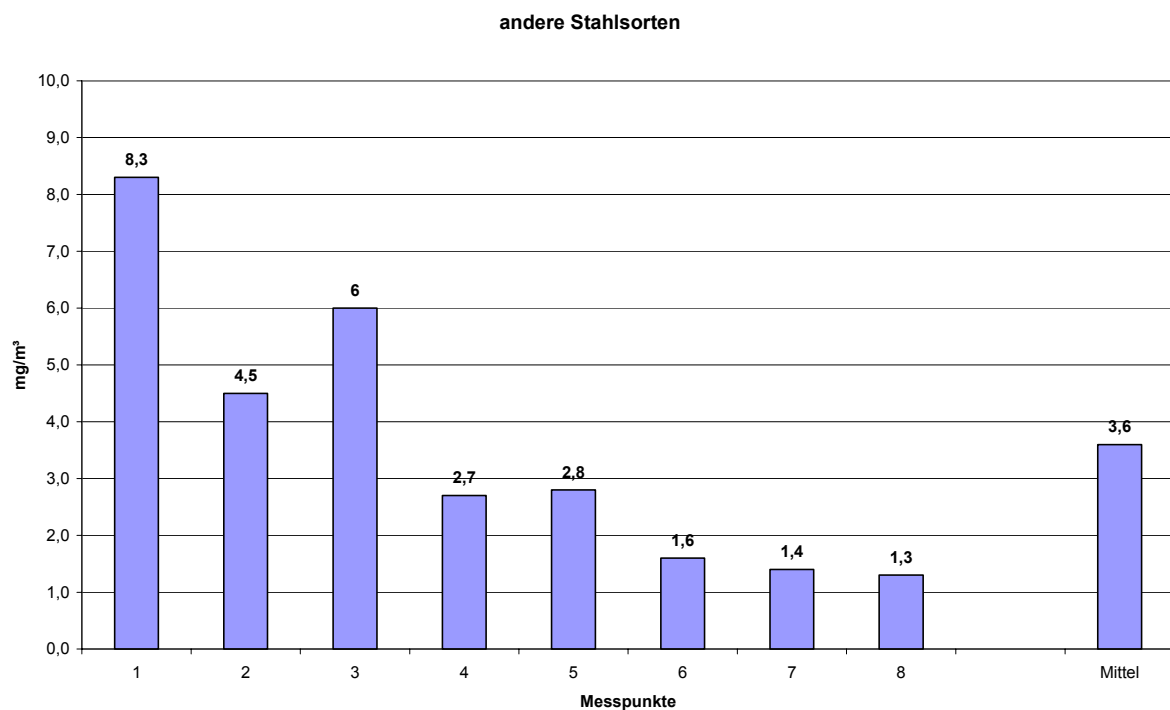


Bild 6 Partikelkonzentration bei der Produktion anderer Stahlsorten



Zur Berechnung der Emissionsmassenströme wurde der Abluftvolumenstrom über alle Messtage gemittelt und mit den Mittelwerten der Partikelkonzentration der jeweiligen Stahl-sorte multipliziert.

Es ergaben sich folgende Massenströme

Stahlsorte A: 1,5 kg/h  
Andere Stahlsorten: 1,6 kg/h

#### 4. Messungen nach Konzept 2

Die Messungen nach Konzept 2 fanden an derselben Anlage im Oktober 2007 statt. Sie wurden von einem anderen Institut vorgenommen. Ziel war ebenfalls die Ermittlung eines mittleren Emissionsmassenstroms an Staub bei der Produktion der Stahlsorte A. Die Messungen fanden nach der Veröffentlichung des Entwurfs der VDI Richtlinie 4285 Bl. 2 statt.

Die Messungen wurden direkt in der Ebene des Austritts der Emissionen gemessen. Dazu wurde der Querschnitt in 8 flächengleiche Unterflächen aufgeteilt, in deren Mittelpunkten die Probenahme vorgenommen wurde.

Bild 7 zeigt eine Skizze der Messebene mit den Messpunkten (MP).

Bild 7 Skizze der Messebene

<b>MP8</b>	<b>MP7</b>	<b>MP6</b>	<b>MP5</b>
<b>MP4</b>	<b>MP3</b>	<b>MP2</b>	<b>MP1</b>

Die Probenahme zur Bestimmung der Staubkonzentration erfolgte zeitgleich an den 8 Mess-punkten. Die Probenahmezeit betrug 30 min. Es wurden an zwei Tagen zwei verschiedene Betriebszustände bei der Produktion der Stahlsorte A beprobt. Pro Tag wurden an jedem Meßpunkt 8 Proben genommen. Zur Probenahme kamen Standardmessköpfe der Fa. Derenda zum Einsatz (Außenluftprobenahme).

Zeitgleich wurde am Ort der Staubprobenahme an den 8 Messpunkten die Abluftgeschwin-digkeit mit Flügelradanemometern sowie die Ablufttemperatur kontinuierlich registriert und mit Hilfe eines Rechenprogramms aufgezeichnet.

Die Bilder 8 und 9 zeigen die Verteilung der Partikelkonzentration über den Austrittsquerschnitt. Es sind Mittelwerte über 8 Messungen zu je 30 min.

Bild 8 Partikelkonzentration beim Betriebszustand A

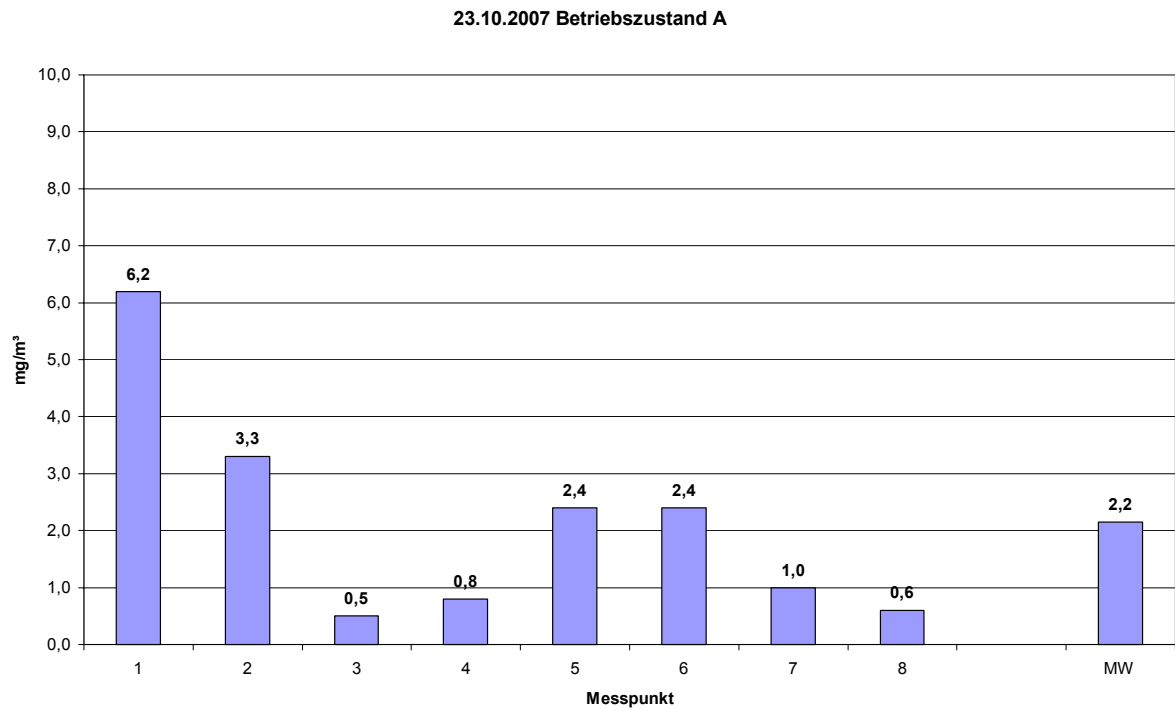
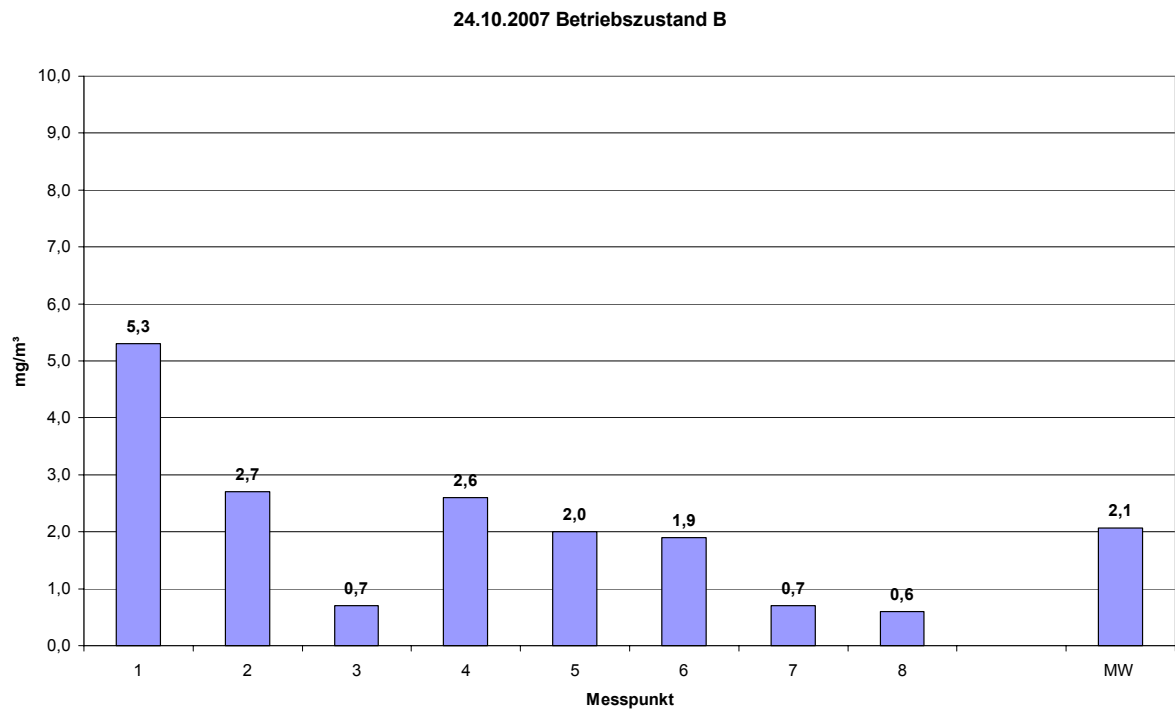


Bild 9 Partikelkonzentration beim Betriebszustand B

MW: Mittelwert



MW: Mittelwert

Die zugehörigen gemittelten (Tagesmittelwert) Volumenströme zeigt Tabelle 2

Tabelle 2 Abluftvolumenströme bei den Betriebszuständen A und B

Volumenstrom	
Betriebszustand A	Betriebszustand B
m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
1.334.000	1.292.000

Die Emissionsmassenströme an Staub wurden wie folgt errechnet.

Für jede Teilfläche wurde pro Probe ein Emissionsmassenstrom aus der Partikelkonzentration und dem zugehörigen Abluftvolumenstrom berechnet. Dieser wurde über die 8 Proben gemittelt. Die Massenströme durch die 8 Teilflächen wurden am Ende aufsummiert.

Die so ermittelten Massenströme für die beiden Betriebszustände zeigt Tabelle 3

Tabelle 3 Massenströme

Massenstrom	
Betriebszustand A	Betriebszustand B
kg/h	kg/h
3,1	2,8

## 5. Vergleich der Ergebnisse der Messungen nach den beiden Konzepten

An einer Dachöffnung der Stranggießanlage eines Stahlwerks wurden Messungen der diffusen Staubemissionen nach zwei verschiedenen Konzepten vorgenommen.

Messung 1 wurde im Winter bei Außentemperaturen < 6°C vorgenommen. Die Ablufttemperaturen betragen zwischen 12 °C und 20 °C. Die Messebene lag ca. 4 m unter der Ebene der Dachöffnung, da in diesem Bereich keine Beeinflussung der aufwärts gerichteten Strömung durch das Wetter (Wind) zu beobachten war. Die Messungen wurden über 7 Messtage stichprobenhaft vorgenommen.

Messung 2 wurde im Oktober bei Außentemperaturen von ca. 8°C vorgenommen. Die Ablufttemperaturen betragen 20 °C bis 25 °C. Die Messebene lag in der Dachebene. Die Messungen wurden an 8 Messpunkten zeitgleich durchgeführt.

Die mittlere Staubkonzentration betrug bei Messung 1 3,5 mg/m<sup>3</sup> und bei Messung 2 2,2 mg/m<sup>3</sup>.

Große Unterschiede ergaben sich bei der Bestimmung des Abluftvolumenstroms. Das Ergebnis zeigt Tabelle 4.



Tabelle 4 Abluftvolumenstrom

Volumenstrom		
Messung 1	Messung 2 A	Messung 2 B
m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
450.000	1.334.000	1.292.000

Messung 1: Messung nach Konzept 1, Gesamtmittelwert  
 Messung 2 A: erster Messtag, Messung nach Konzept 2  
 Messung 2 B: zweiter Messtag, Messung nach Konzept 2

Dementsprechend unterscheiden sich auch die ermittelten Staubmassenströme.

Das Ergebnis zeigt Tabelle 5.

Tabelle 5 Massenströme an Staub

Massenstrom			
Messung 1 A	Messung 1 B	Messung 2 A	Messung 2 B
kg/h	kg/h	kg/h	kg/h
1,5	1,6	3,1	2,8

Messung 1 A: Produktion der Stahlsorte A  
 Messung 1 B: Produktion anderer Stahlsorten  
 Messung 2 A: erster Messtag, Messung nach Konzept 2, Produktion Stahlsorte A  
 Messung 2 B: zweiter Messtag, Messung nach Konzept 2, Produktion Stahlsorte A

Bei beiden Messkampagnen liegen die ermittelten mittleren Staubkonzentrationen eng beieinander. Tendenziell ist die Konzentration bei höheren Volumenströmen niedriger (Konzept 2). Große Unterschiede ergaben sich bei den Volumenströmen.

Die ermittelten Massenströme liegen innerhalb der einzelnen Messkampagnen eng beieinander. Die Unterschiede zwischen den beiden Messkampagnen liegen im Rahmen der Erwartungen. Bei beiden Kampagnen wurde ein Massenstrom in derselben Größenordnung festgestellt.

Eine Messunsicherheit für eine einzelne Messkampagne an einer diffusen Emissionsquelle anzugeben, ist schwierig. Durch Inhomogenitäten über den Messquerschnitt und zeitliche Inhomogenitäten wird ein erheblicher Beitrag zur Messunsicherheit beigesteuert, da der Stichprobenumfang begrenzt ist.

Der Unterschied zwischen der höchsten und der niedrigsten gemessenen Staubkonzentration liegt bei beiden Messkampagnen bei einem Faktor von ca. 10. Die Mittelwerte der Konzentration sind aber sowohl innerhalb der Messkampagnen als auch im Vergleich der beiden vergleichbar.

Den stärksten Einfluss auf die Unterschiede der Endergebnisse hat die Bestimmung der Volumenströme. Um zu einer höheren Aussagesicherheit für eine Messkampagne zu kommen, müsste der Stichprobenumfang der Volumenstrommessungen erheblich erhöht und unterschiedliche Betriebszustände, Tageszeiten und Wetterlagen dabei berücksichtigt werden.

Bei der üblicherweise praktizierten Vorgehensweise, die Messungen über maximal eine Woche vorzunehmen, ist daher zu erwarten, dass man bei konservativer Schätzung maximal die Größenordnung des Emissionsmassenstroms sicher feststellen kann.

#### Literatur

- [1] DIN EN 15259 Luftbeschaffenheit – Messung von Emissionen aus stationären Quellen – Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht; Deutsche Fassung EN 15259 (2008)
- [2] VDI 4285 Bl. 2 (E) Messtechnische Bestimmung der Emissionen diffuser Quellen Industriehallen und Tierhaltungsanlagen (2006)
- [3] DIN EN 13284-1 Emissionen aus stationären Quellen Ermittlung der Staubmassenkonzentration bei geringen Staubkonzentrationen  
Teil 1: Manuelles gravimetrisches Verfahren (2002)