

## Umweltmessstelle



### Technischer Bericht

#### UMt-TB-160/2021

**Staubgehaltsmessungen** im Reingas von **Nebenanlagen** im Zementwerk Üxheim-Ahütte der Portlandzementwerk Wotan H. Schneider KG

VDZ Service GmbH

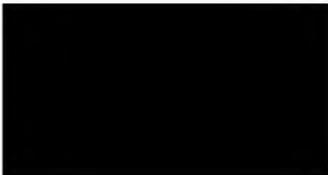
Postfach 30 10 63  
40410 Düsseldorf

Toulouser Allee 71  
40476 Düsseldorf



info@vdz-online.de  
www.vdz-online.de

Sitz: Düsseldorf  
Amtsgericht Düsseldorf  
HRB-Nr. 55438



## **Staubgehaltsmessungen im Reingas von Nebenanlagen im Zementwerk Üxheim-Ahütte der der Portlandzementwerk Wotan H. Schneider KG**

Name der nach § 29b BImSchG bekannt gegebenen Stelle:	VDZ Service GmbH Toulouser Allee 71 40476 Düsseldorf
Berichtsnummer:	UMt-TB-160/2021
Datum:	09.11.2021
Betreiber:	Portlandzementwerk Wotan H. Schneider KG
Standort:	Üxheim-Ahütte
Anlage:	Nebenanlagen
Datum der Messung:	26. – 29.07.2021
Berichtsumfang:	32 Seiten 1 Anlage      Anlage A      12 Seiten

**Zusammenfassung**

Anlage:	Nebenanlagen
Betriebszeiten:	26. – 29.07.2021
Emissionsquelle:	Reingas
Messkomponenten:	Staub
Messergebnisse:	siehe nachfolgende Tabelle
Quellen-Nr.:	gemessen: Q1a, Q4a, Q7a, Q11, Q21, Q28, Q29, Q30, Q34, Q35, Q36

**Tabelle 1** Zusammenfassung der Messergebnisse

Messkomponente	Einheit	Maximaler Messwert abzüglich erweiterter Messunsicherheit	Maximaler Messwert zuzüglich erweiterter Messunsicherheit	Emissionsbegrenzung	Betriebszustand
Quellen Bezeichnung					
Bänderentstaubung Rohbetrieb, Q 1a	mg/m <sup>3</sup>	1	4	10	Regelbetrieb
Klinkertransportsilo, Q 4a		0	2		Regelbetrieb
Bänderentstaubung Dreieck, Q 7a		0	3		Regelbetrieb
Zementmühle 2, Q 11		0	2		Regelbetrieb
Neue Packerei, Q 21		6	8		Regelbetrieb
Klinkerhalde, Q 28		0	2		Regelbetrieb
Klinkertransport Mühlensilos, Q 29		0	2		Regelbetrieb
Zementmühle 3, Q 30		1	4		Regelbetrieb
HOS Trocknung ZM4, Q 34		1	3		Regelbetrieb
Bänderentstaubung ZM4, Q 35		1	3		Regelbetrieb
Sichterfilter ZM4, Q 36		0	3		Regelbetrieb

Der Grenzwert sowie die Messwerte sind bezogen auf 273 K, 1013 hPa nach Abzug des Feuchtegehaltes

TMW Tagesmittelwert	HSM	Halbstundenmittelwert
n.n. < Bestimmungsgrenze	n.b.	nicht berechenbar

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Messaufgabe</b>	<b>6</b>
1.1	Auftraggeber	6
1.2	Betreiber	6
1.3	Standort	6
1.4	Anlage	6
1.5	Datum der Messung	6
1.6	Anlass der Messung	7
1.7	Aufgabenstellung	7
1.8	Messkomponenten und Messgrößen	7
1.9	Ortsbesichtigung vor Messdurchführung	8
1.10	Messplanabstimmung	8
1.11	An der Messung beteiligte Personen	8
1.12	Beteiligung weiterer Institute	8
1.13	Fachlich Verantwortliche	8
<b>2</b>	<b>Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe</b>	<b>9</b>
2.1	Bezeichnung der Anlage	9
2.2	Beschreibung der Anlagen	9
2.3	Beschreibung der Emissionsquellen nach Betreiberangaben	18
2.4	Angabe der laut Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe	19
2.5	Betriebszeiten nach Betreiberangaben	19
2.6	Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen	20
2.6.1	Einrichtung zur Erfassung der Emissionen	20
2.6.1.1	Art der Emissionserfassung	20
2.6.1.2	Ventilator肯ndaten	20
2.6.2	Einrichtung zur Verminderung der Emissionen	22
2.6.3	Einrichtung zur Verdünnung des Abgases	25
<b>3</b>	<b>Beschreibung der Probenahmestelle</b>	<b>26</b>
3.1	Messstrecke und Messquerschnitt	26
3.1.1	Lage und Abmessungen	26
3.1.2	Arbeitsfläche und Messbühne	26
3.1.3	Messöffnungen	26
3.1.4	Strömungsbedingungen im Messquerschnitt	26
3.1.5	Zusammenfassende Beurteilung der Messbedingungen	26
3.2	Lage der Messpunkte im Messquerschnitt	27
3.2.1	Darstellung der Lage der Messpunkte im Messquerschnitt	27
3.2.2	Homogenitätsprüfungen	27
3.2.3	Komponentenspezifische Darstellung	27
<b>4</b>	<b>Messverfahren und Messeinrichtungen</b>	<b>27</b>
4.1	Abgasrandbedingungen	27
4.1.1	Strömungsgeschwindigkeit	27
4.1.2	Statischer Druck im Abgaskamin	27
4.1.3	Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle	27
4.1.4	Abgastemperatur	28
4.1.5	Wasserdampfanteil im Abgas (Abgasfeuchte)	28
4.1.6	Abgasdichte	28
4.1.7	Abgasverdünnung	28
4.1.8	Volumenstrom	28
4.2	Automatische Messverfahren	29

4.3	Manuelle Messverfahren für gas- und dampfförmige Emissionen	29
4.4	Messverfahren für partikelförmige Emissionen	29
4.4.1	Messkomponente	29
4.4.1.1	Messverfahren	29
4.4.1.2	Probenahme und Probenaufbereitung	29
4.4.1.3	Behandlung der Filter und der Ablagerungen	30
4.4.1.4	Aufbereitung und Analyse der Filter und der Absorptionslösungen	30
4.5	Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe (PCDD/PCDF u. ä.)	30
4.6	Geruchsemissionen	30
<b>5</b>	<b>Betriebszustand der Anlage während der Messungen</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion</b>	<b>31</b>
6.1	Beurteilung der Betriebsbedingungen während der Messungen	31
6.2	Messergebnisse	31
6.3	Messunsicherheiten	32
6.4	Diskussion der Ergebnisse	32
<b>7</b>	<b>Anlagenübersicht</b>	<b>32</b>

**1 Messaufgabe****1.1 Auftraggeber**

Portlandzementwerk Wotan  
 H. Schneider KG  
 Unten im Hähnchen 1  
 54579 Üxheim-Ahütte

**1.2 Betreiber**

Portlandzementwerk Wotan  
 H. Schneider KG  
 Unten im Hähnchen 1  
 54579 Üxheim-Ahütte

Ansprechpartner:

Telefon:

**1.3 Standort**

Portlandzementwerk Wotan  
 H. Schneider KG  
 Industriestraße 6  
 54579 Üxheim-Ahütte

**1.4 Anlage**

Anlage gemäß Anhang 1, Nr. 2.3.1 der 4. BImSchV:

„Anlagen zur Herstellung von Zementklinker oder Zementen mit einer Produktionsleistung von 500 Tonnen oder mehr je Tag“

hier: Nebenanlagen

**1.5 Datum der Messung**

**Tabelle 2** Datum der Messungen

Messstellen-Nr.	Bezeichnung der Quelle	Quellen-Nr.	Datum
1	Bänderentstaubung Rohbetrieb	Q 1a	27./28.07.2021
2	Klinkertransportsilo	Q 4a	29.07.2021
3	Bänderentstaubung Dreieck	Q 7a	27.07.2021
4	Zementmühle 2	Q 11	28.07.2021
5	Neue Packerei	Q 21	26.07.2021
6	Klinkerhalde	Q 28	29.07.2021
7	Klinkertransport Mühlensilos	Q 29	28.07.2021
8	Zementmühle 3	Q 30	27.07.2021
9	HOS Trocknung ZM4	Q 34	29.07.2021
10	Bänderentstaubung ZM4	Q 35	26.07.2021
11	Sichterfilter ZM4	Q 36	27.07.2021

**Tabelle 3** Datum der letzten Messungen

Messstellen-Nr.	Bezeichnung der Quelle	Quellen-Nr.	Datum
1	Bänderentstaubung Rohbetrieb	Q 1a	07.12.2018
2	Klinkertransportsilo	Q 4a	15.08.2018
3	Bänderentstaubung Dreieck	Q 7a	15.08.2018
4	Zementmühle 2	Q 11	14.08.2018
5	Neue Packerei	Q 21	16.08.2018
6	Klinkerhalde	Q 28	15.08.2018
7	Klinkertransport Mühlensilos	Q 29	15.08.2018
8	Zementmühle 3	Q 30	15.08.2018
9	HOS Trocknung ZM4	Q 34	16.08.2018
10	Bänderentstaubung ZM4	Q 35	16.08.2018
11	Sichterfilter ZM4	Q 36	16.08.2018

**Tabelle 4** Datum der nächsten Messungen

Messstellen-Nr.	Bezeichnung der Quelle	Quellen-Nr.	Datum
1	Bänderentstaubung Rohbetrieb	Q 1a	2024
2	Klinkertransportsilo	Q 4a	
3	Bänderentstaubung Dreieck	Q 7a	
4	Zementmühle 2	Q 11	
5	Neue Packerei	Q 21	
6	Klinkerhalde	Q 28	
7	Klinkertransport Mühlensilos	Q 29	
8	Zementmühle 3	Q 30	
9	HOS Trocknung ZM4	Q 34	
10	Bänderentstaubung ZM4	Q 35	
11	Sichterfilter ZM4	Q 36	

### 1.6 Anlass der Messung

Messungen nach § 28 BImSchG (erstmalige und wiederkehrende Messungen bzw. Begutachtungen bei genehmigungsbedürftigen Anlagen).

- Genehmigung Nr. 24/03/5.1/2018/0072, Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Regionalstelle Gewerbeaufsicht Trier vom 05.06.2018

### 1.7 Aufgabenstellung

Im Auftrag der Portlandzementwerk Wotan H. Schneider KG, Werk Üxheim-Ahütte, wurden in der Abluft diverser Nebenanlagen Staubgehaltsmessungen durchgeführt. Der Untersuchungsumfang wurde durch den in Pos. 1.6 genannten Genehmigungsbescheid festgelegt. Die Grenzwerte sind in Pos. 1.8 genannt.

### 1.8 Messkomponenten und Messgrößen

**Tabelle 5** Grenzwerte

Ziffer laut Genehmigungsbescheid	Komponente	Einheit	Grenzwert	Anzahl Messungen je Messkampagne
1. a) – c)	Staubgehalt	mg/m <sup>3</sup>	10	3

Grenzwerte bezogen auf Normzustand (1 013,25 hPa, 273,15 K) nach Abzug des Gehaltes an Wasserdampf.

TMW Tagesmittelwert

HSM

Halbstundenmittelwert

### 1.9 Ortsbesichtigung vor Messdurchführung

- durchgeführt am: 14.12.2020
- nicht durchgeführt, weil: Keine Ortsbesichtigung durchgeführt, da wiederkehrende Emissionsmessung, Anlagenkenntnisse sind vorhanden

### 1.10 Messplanabstimmung

Der Messumfang sowie die Betriebsweise der Anlagen wurden zwischen den Betreiberbeauftragten [REDACTED] und der VDZ Service GmbH [REDACTED] abgestimmt.

### 1.11 An der Messung beteiligte Personen

[REDACTED] (VDZ Service GmbH)

### 1.12 Beteiligung weiterer Institute

- Keine -

### 1.13 Fachlich Verantwortliche

Name:

Telefonnummer:

E-Mail-Adresse:

Projektleiter:

[REDACTED]

[REDACTED]

## **2 Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe**

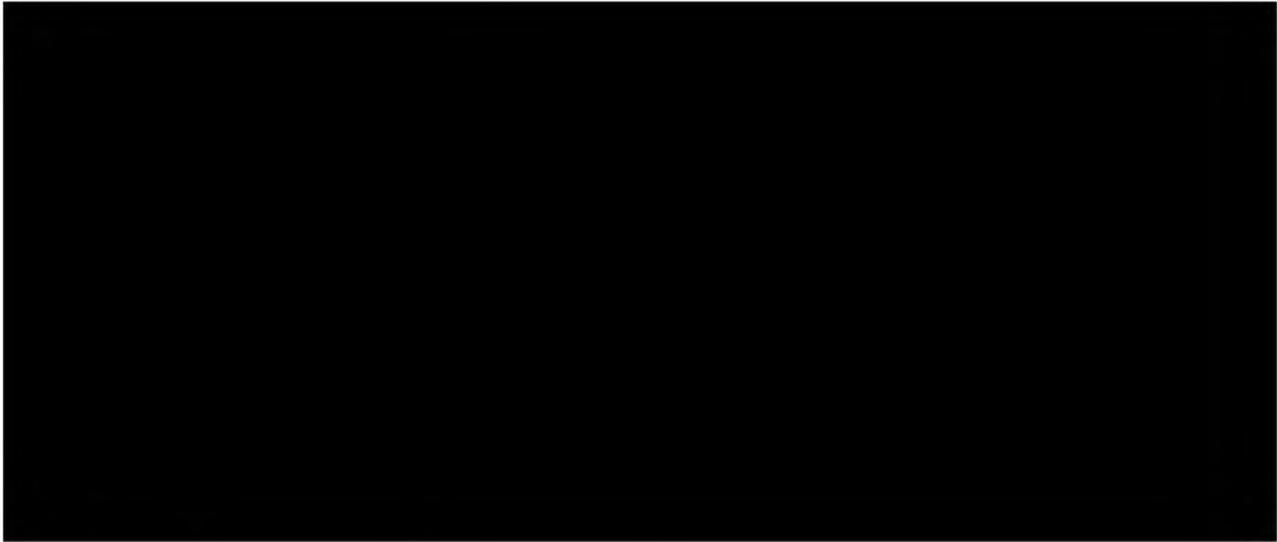
### **2.1 Bezeichnung der Anlage**

Anlage gemäß Anhang der 4. BImSchV (siehe Pos. 1.4 in diesem Bericht)

### **2.2 Beschreibung der Anlagen**

Die folgenden Darstellungen enthalten für die Übersichtlichkeit der Prozessbeschreibungen auch Quellen, die nicht zum vorliegenden Messprogramm gehören.

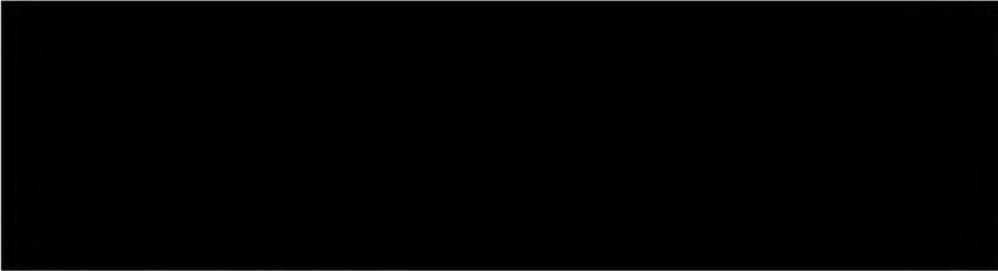
#### Vorbrecher und Rohmehlaufbereitung



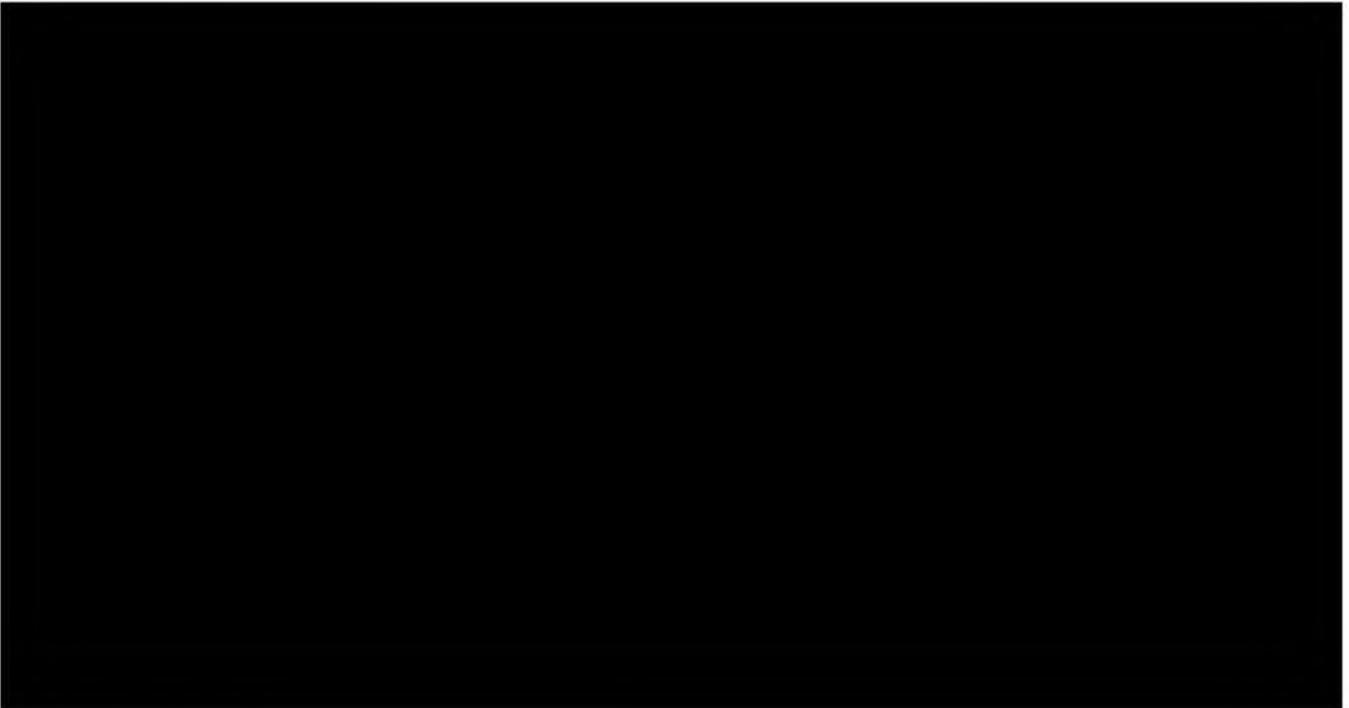
#### Drehofenanlage und Klinkertransport zur Klinkerhalde



Zementmahanlage und Zementtransport zur den Silos



Zementmahanlagen I und II



Trocknungsanlagen für Hütten-/Schlackensand



Zementmahanlage III





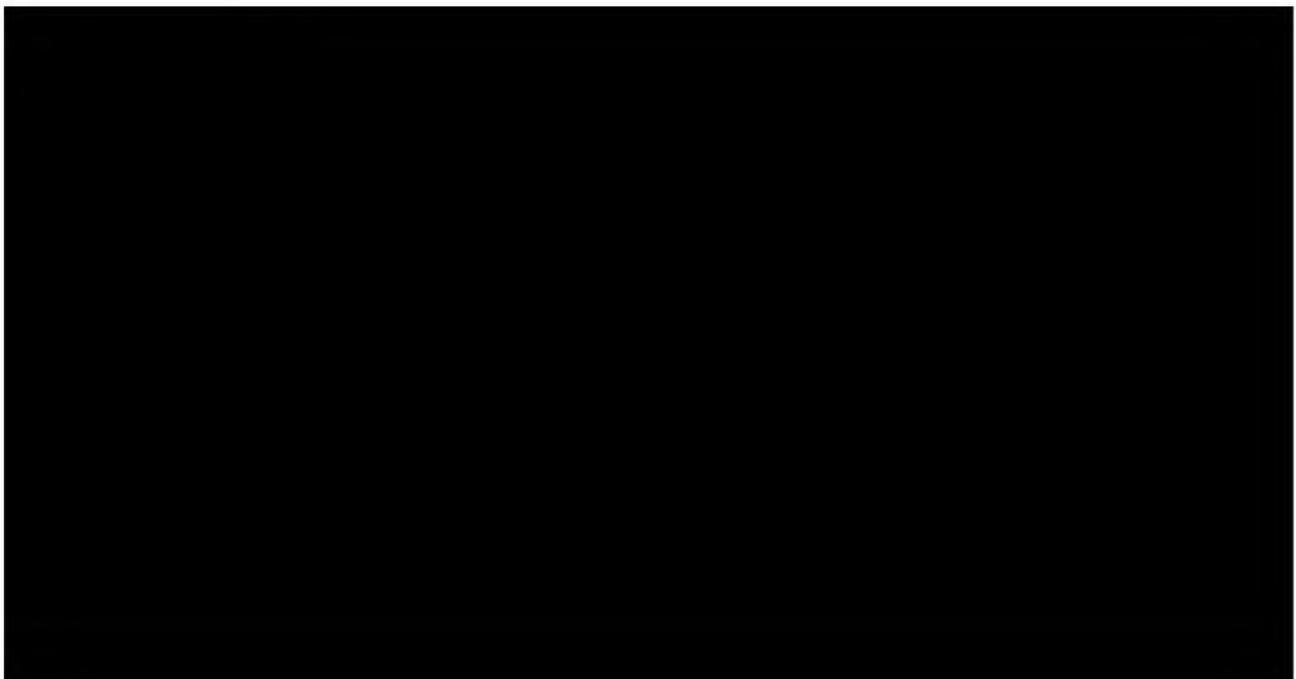
Zementförderrinne, Sack- und Loseverladung



Hüttensandtrocknung und Zementmühle IV

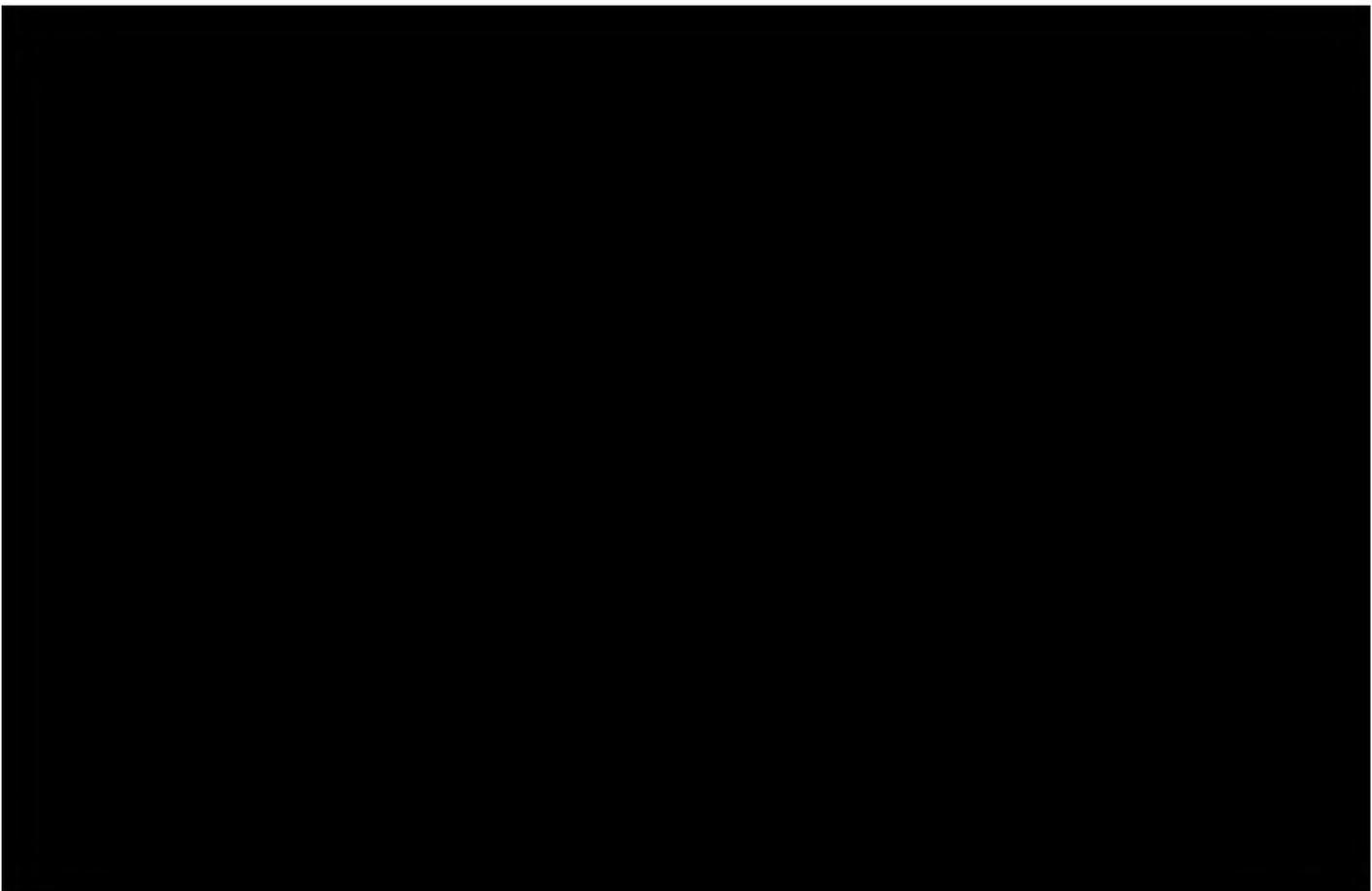


Zementmahanlage IV

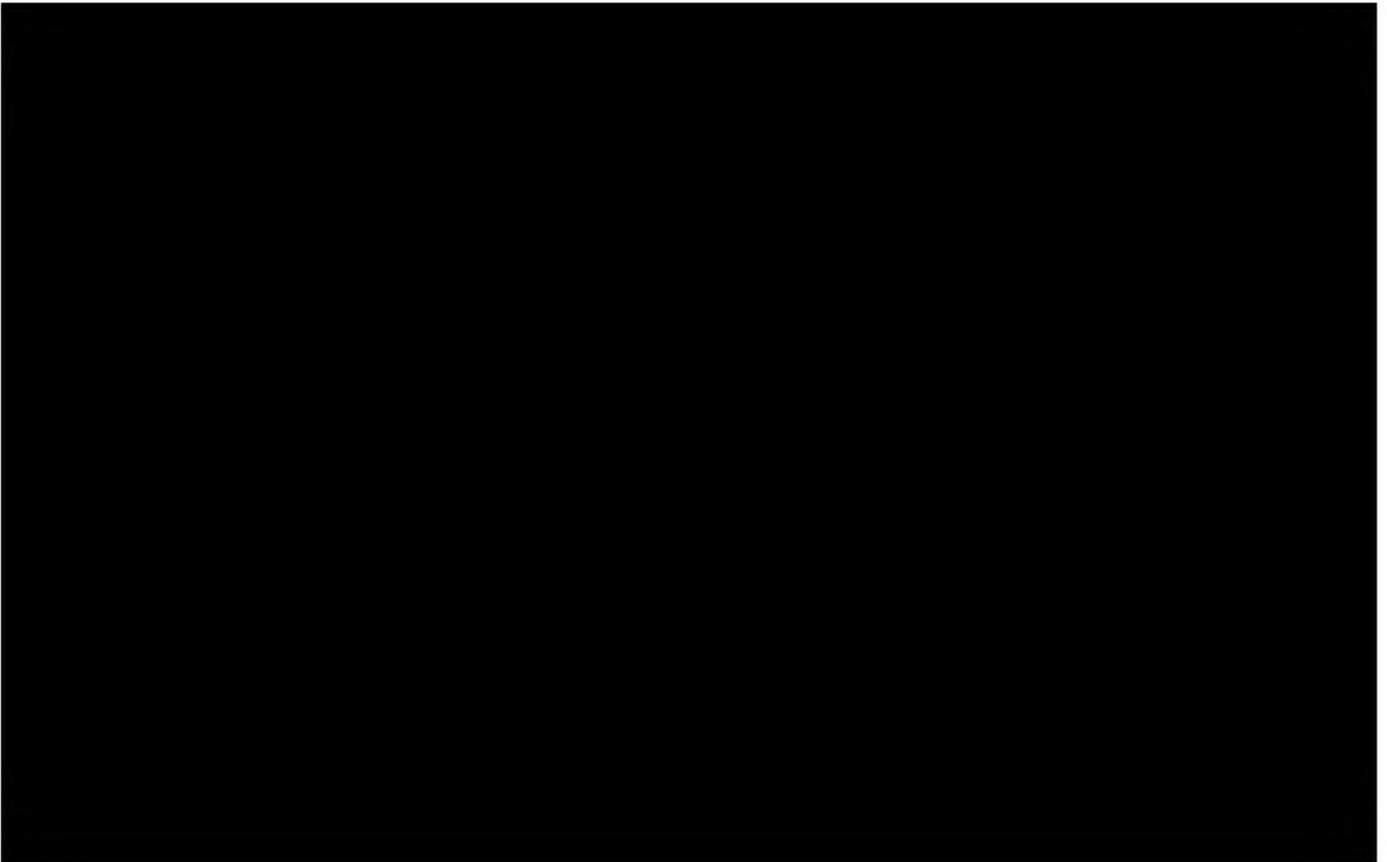




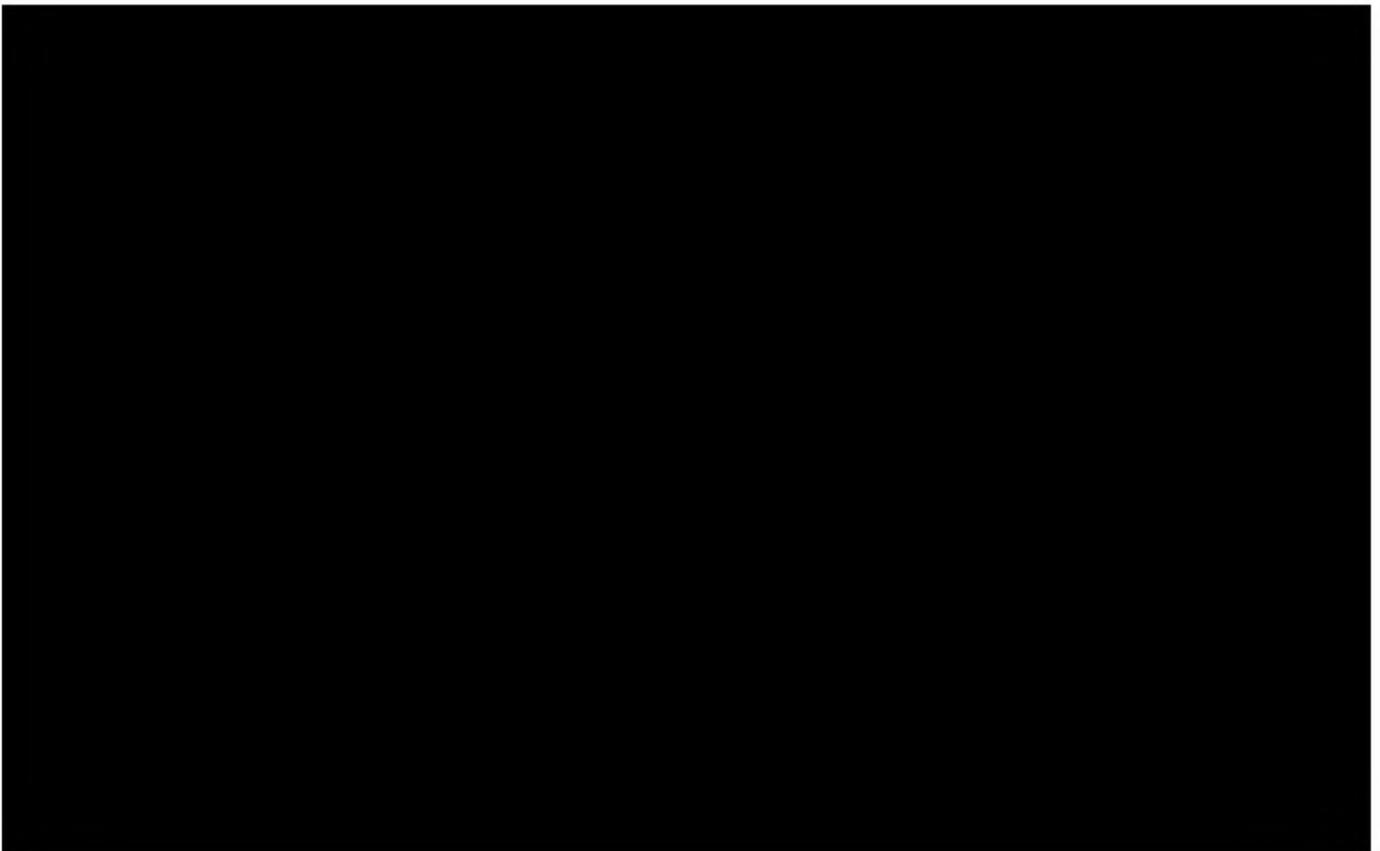
**Bild 1** Brecherbetrieb



**Bild 2** Rohmehlmühlen



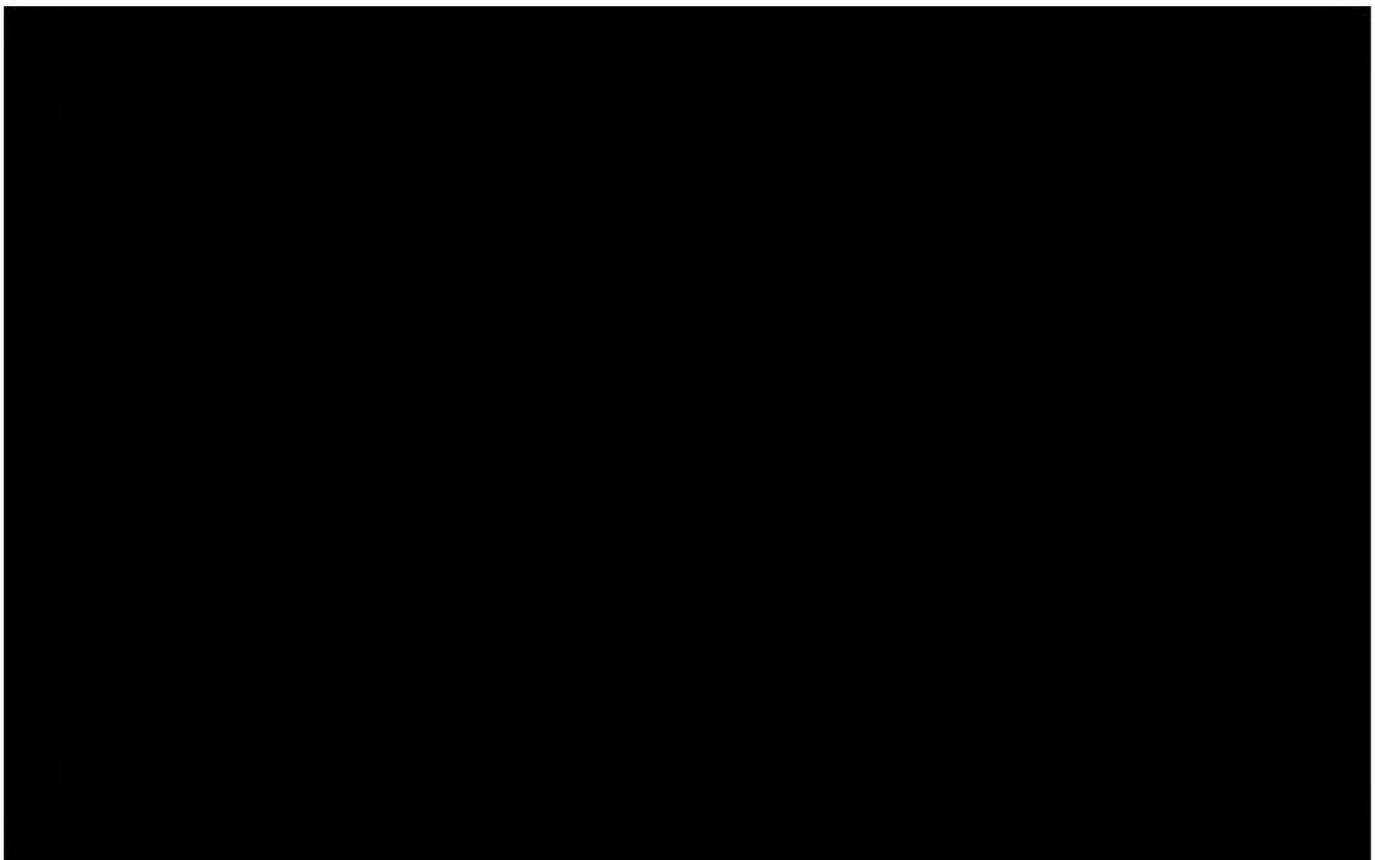
**Bild 3** Homogenisierungs-, Vorratssilos, Wärmetauscher und Entstaubungsanlagen



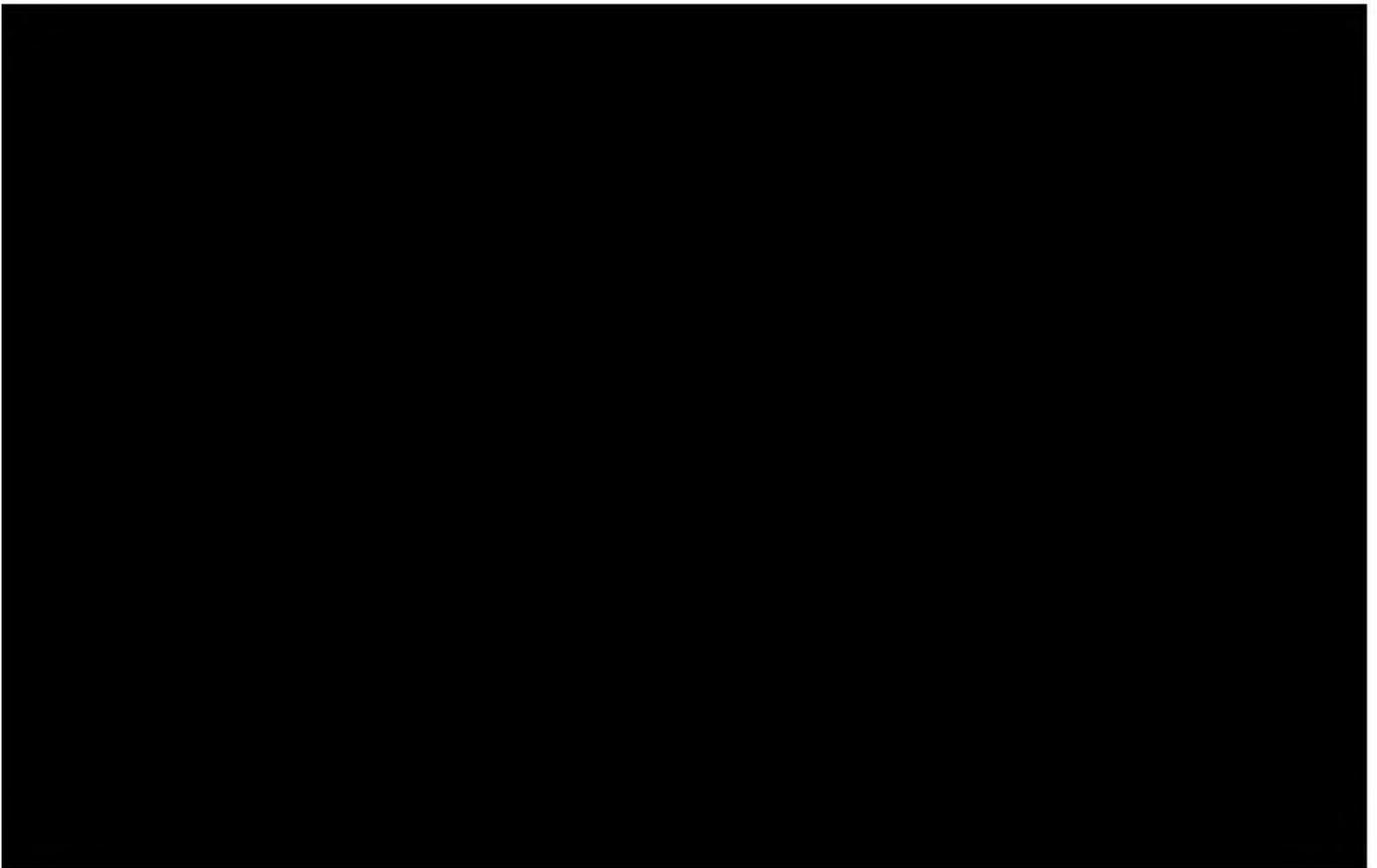
**Bild 4** Ofenfeuerung, Klinkertransport, Klinkerkühlerabluft



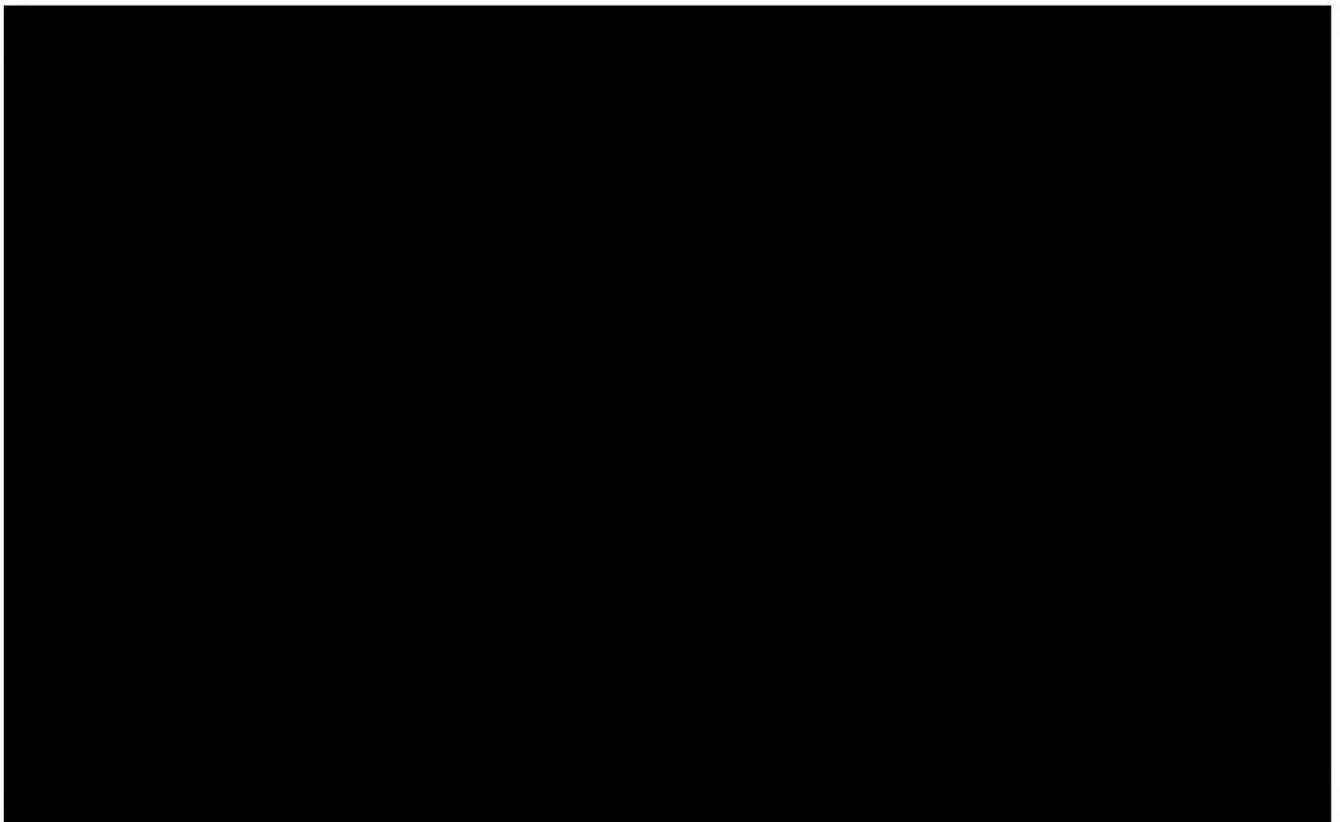
**Bild 5** Klinkertransport



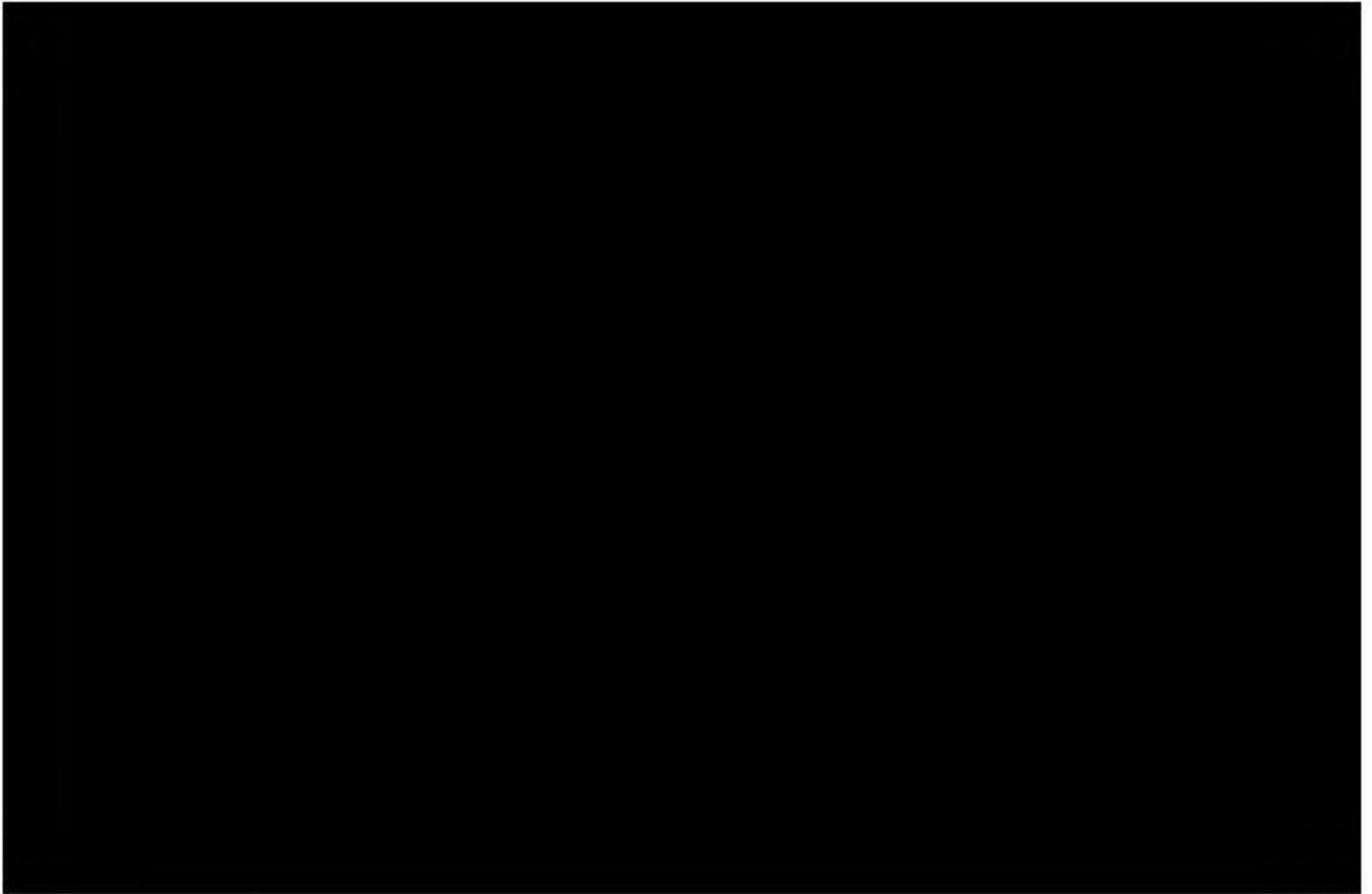
**Bild 6** Zementmühle I (außer Betrieb)



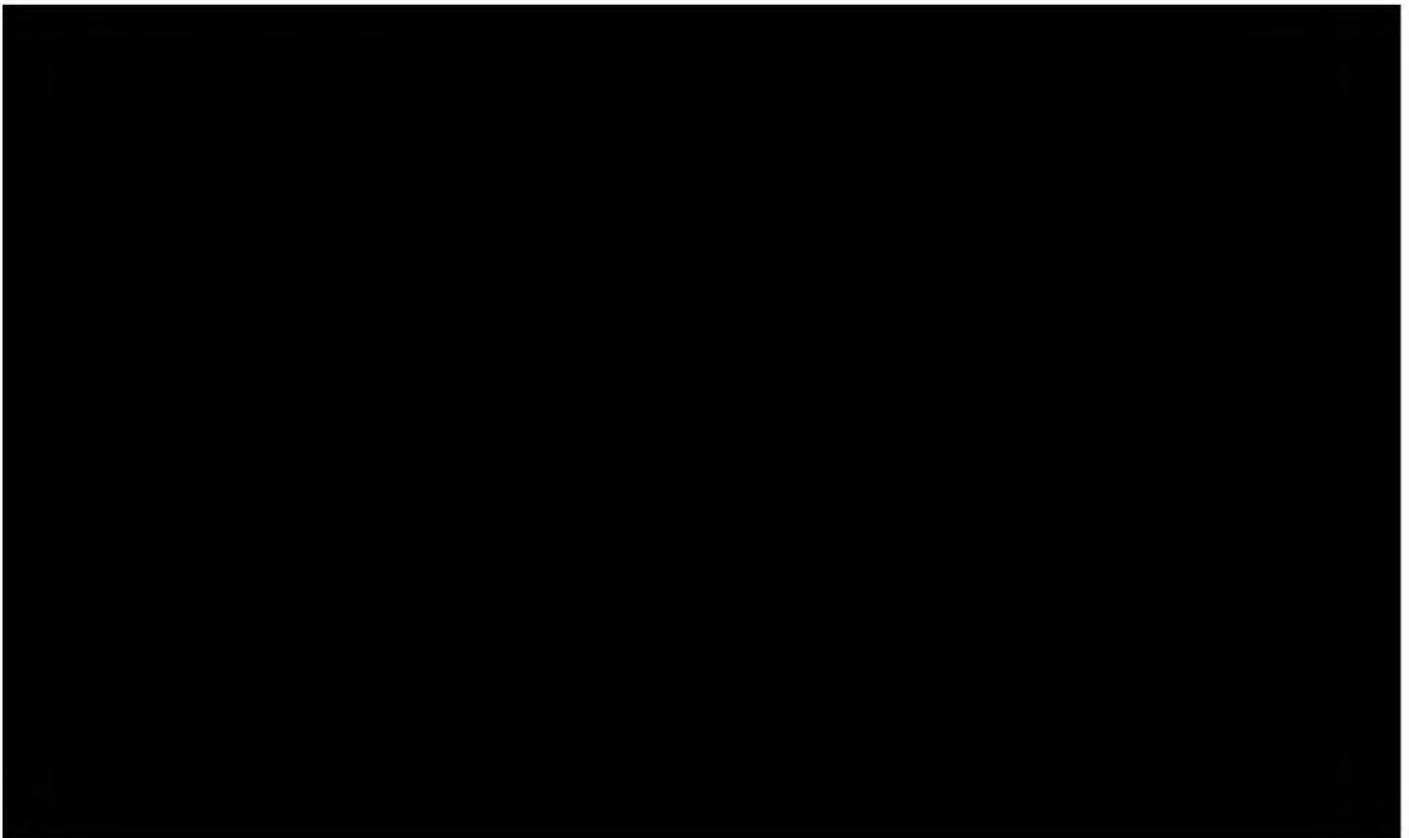
**Bild 7** Zementmühlen II und III



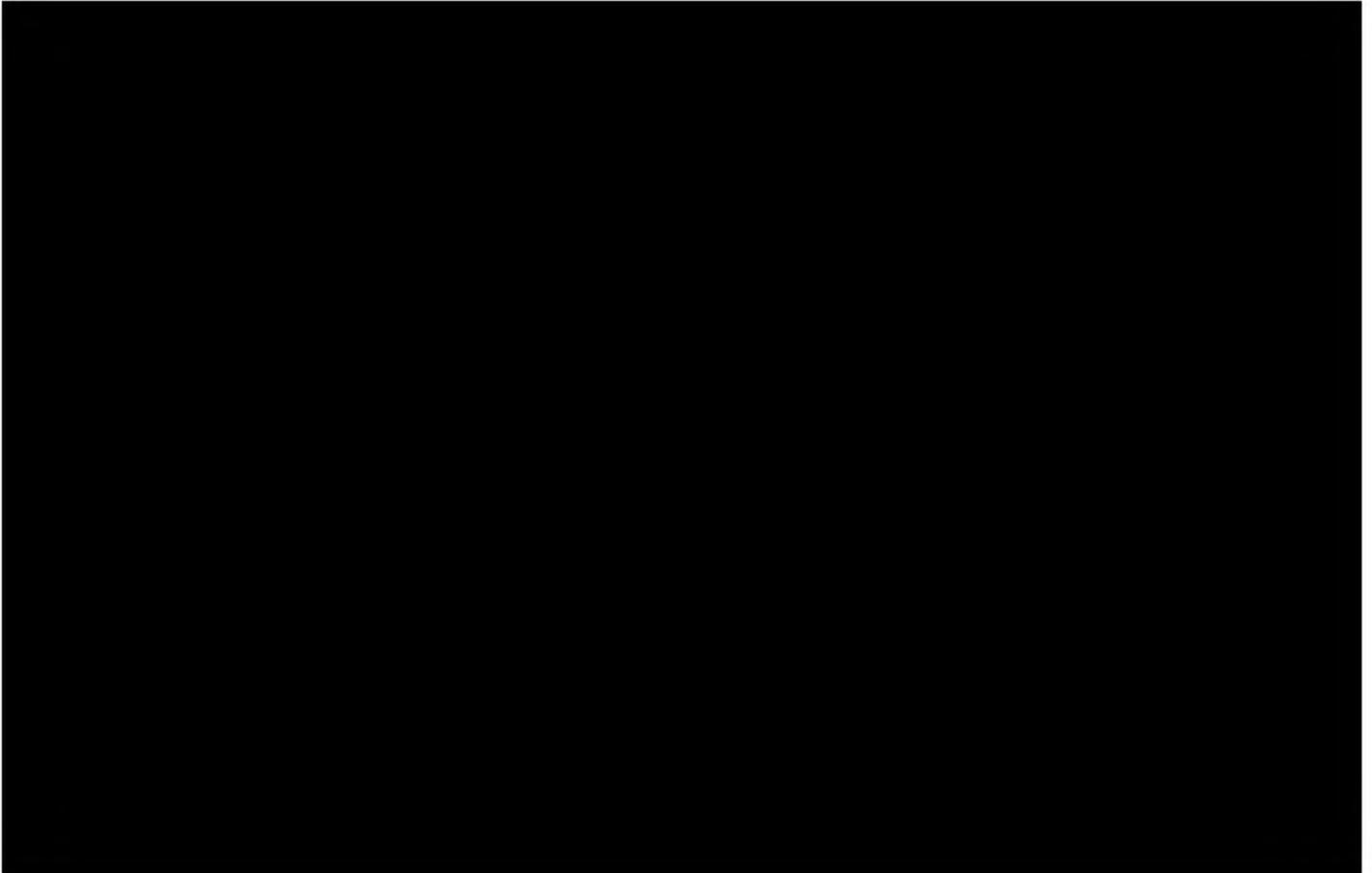
**Bild 8** Trockneranlage TA IV



**Bild 9** Zementmühle IV



**Bild 10** Zementtransport



**Bild 11** Packerei

## 2.3 Beschreibung der Emissionsquellen nach Betreiberangaben

**Tabelle 6** Emissionsquellen

Messstellen-Nr.	Bezeichnung der Quelle	Quellen-Nr.	Bemerkung
1	Bänderentstaubung Rohbetrieb	Q 1a	gemessen
2	Klinkertransportsilo	Q 4a	gemessen
3	Bänderentstaubung Dreieck	Q 7a	gemessen
4	Zementmühle 2	Q 11	gemessen
5	Neue Packerei	Q 21	gemessen
6	Klinkerhalde	Q 28	gemessen
7	Klinkertransport Mühlensilos	Q 29	gemessen
8	Zementmühle 3	Q 30	gemessen
9	HOS Trocknung ZM4	Q 34	gemessen
10	Bänderentstaubung ZM4	Q 35	gemessen
11	Sichterfilter ZM4	Q 36	gemessen

**Tabelle 7** Höhe über Grund

Messstellen-Nr.	Bezeichnung der Quelle	Quellen-Nr.	Höhe über Grund [m]
1	Bänderentstaubung Rohbetrieb	Q 1a	31
2	Klinkertransportsilo	Q 4a	15
3	Bänderentstaubung Dreieck	Q 7a	12
4	Zementmühle 2	Q 11	10
5	Neue Packerei	Q 21	18
6	Klinkerhalde	Q 28	8
7	Klinkertransport Mühlensilos	Q 29	7
8	Zementmühle 3	Q 30	15
9	HOS Trocknung ZM4	Q 34	18
10	Bänderentstaubung ZM4	Q 35	30
11	Sichterfilter ZM4	Q 36	30

**Tabelle 8** Austrittsfläche

Messstellen-Nr.	Bezeichnung der Quelle	Quellen-Nr.	Austrittsfläche [m <sup>2</sup> ]
1	Bänderentstaubung Rohbetrieb	Q 1a	0,38
2	Klinkertransportsilo	Q 4a	1,77
3	Bänderentstaubung Dreieck	Q 7a	0,13
4	Zementmühle 2	Q 11	0,83
5	Neue Packerei	Q 21	0,37
6	Klinkerhalde	Q 28	1,23
7	Klinkertransport Mühlensilos	Q 29	1,04
8	Zementmühle 3	Q 30	1,12
9	HOS Trocknung ZM4	Q 34	0,79
10	Bänderentstaubung ZM4	Q 35	0,87
11	Sichterfilter ZM4	Q 36	2,01

**Tabelle 9** UTM-Koordinaten

Messstellen-Nr.	Bezeichnung der Quelle	Quellen-Nr.	UTM-Koordinaten		
			Zone	Ostwert	Nordwert
1	Bänderentstaubung Rohbetrieb	Q 1a	32U	341.056	5.578.129
2	Klinkertransportsilo	Q 4a	32U	340.981	5.578.146
3	Bänderentstaubung Dreieck	Q 7a	32U	341.070	5.578.186
4	Zementmühle 2	Q 11	32U	341.078	5.578.153
5	Neue Packerei	Q 21	32U	341.128	5.578.142
6	Klinkerhalde	Q 28	32U	341.009	5.578.236
7	Klinkertransport Mühlensilos	Q 29	32U	341.083	5.578.162
8	Zementmühle 3	Q 30	32U	341.070	5.578.173
9	HOS Trocknung ZM4	Q 34	32U	341.131	5.577.983
10	Bänderentstaubung ZM4	Q 35	32U	341.074	5.578.219
11	Sichterfilter ZM4	Q 36	32U	341.060	5.578.238

**Bauausführung**

Jeweils Stahlblech

**2.4 Angabe der laut Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe****Tabelle 10** Einsatzstoffe lt. Genehmigungsbescheid

Lfd.-Nr.	Stoffart	Begrenzung laut Genehmigungsbescheid
1	Kalkstein	---
2	Kohlenstaub	---
3	Gips	---
4	Hüttensand	---
5	Heizöl EL	---
6	Sand	---
7	Zuschlag-/Zusatzstoffe (Trass, Filterstaub etc.)	---
8	Eisen-II-Sulfat	---
9	Triethanolamin	---
10	Erdgas	---

**2.5 Betriebszeiten nach Betreiberangaben****Tabelle 11** Gesamtbetriebszeiten der gemessenen Quellen

Bezeichnung der Quelle	Quellen-Nr.	Zeitraum
Bänderentstaubung Rohbetrieb	Q 1a	2020
Klinkertransportsilo	Q 4a	
Bänderentstaubung Dreieck	Q 7a	
Zementmühle 2	Q 11	
Neue Packerei	Q 21	
Klinkerhalde	Q 28	
Klinkertransport Mühlensilos	Q 29	
Zementmühle 3	Q 30	
HOS Trocknung ZM4	Q 34	
Bänderentstaubung ZM4	Q 35	
Sichterfilter ZM4	Q 36	

## **2.6 Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen**

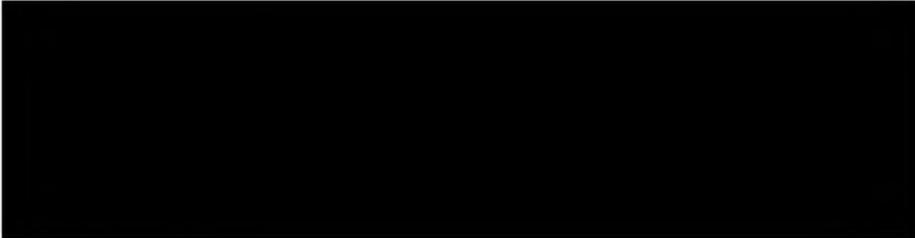
### **2.6.1 Einrichtung zur Erfassung der Emissionen**

#### **2.6.1.1 Art der Emissionserfassung**

Das beim Bearbeiten, Befüllen und Transportieren staubförmiger Güter entstehende Luft/Staubgemisch wird den entsprechenden Filtern zugeführt. Der Staub wird abgeschieden und die gereinigte Abluft über Rohrleitungen und Ausblasstutzen ins Freie geleitet.

#### **2.6.1.2 Ventilator肯ndaten**

Bänderentstaubung Rohbetrieb, Q 1a



Klinkertransportsilo, Q 4a



Bänderentstaubung Dreieck, Q 7a



Zementmühle 2, Q 11



Neue Packerei, Q 21



Klinkerhalde, Q 28



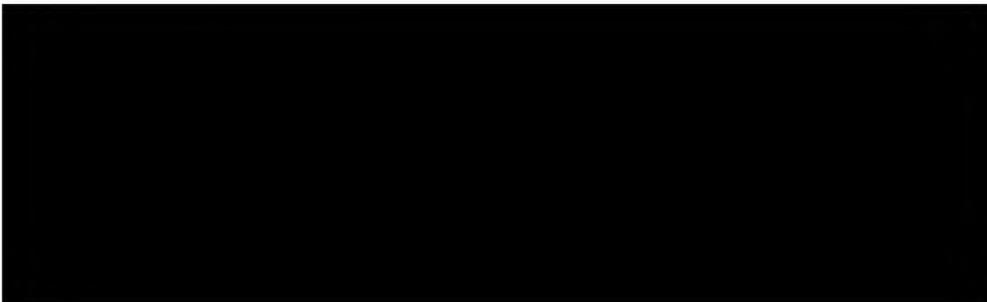
Klinkertransport Mühlensilos, Q 29



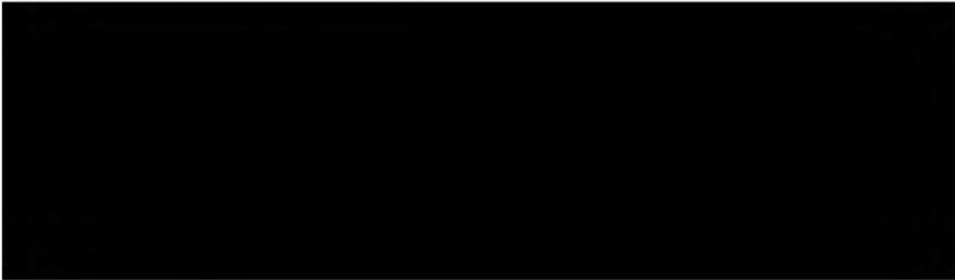
Zemenmühle 3, Q 30



HOS Trocknung ZM4, Q 34



Bänderentstaubung ZM4, Q 35

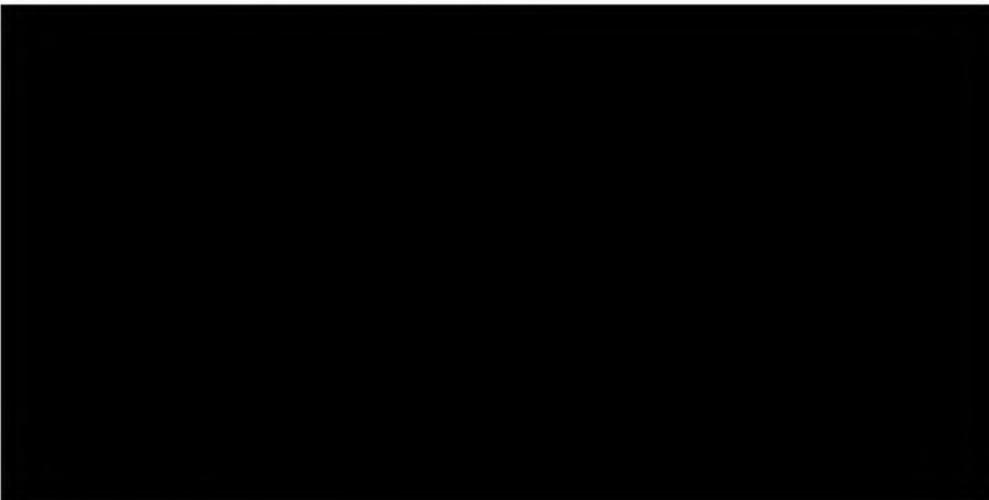


Sichterfilter ZM4, Q 36

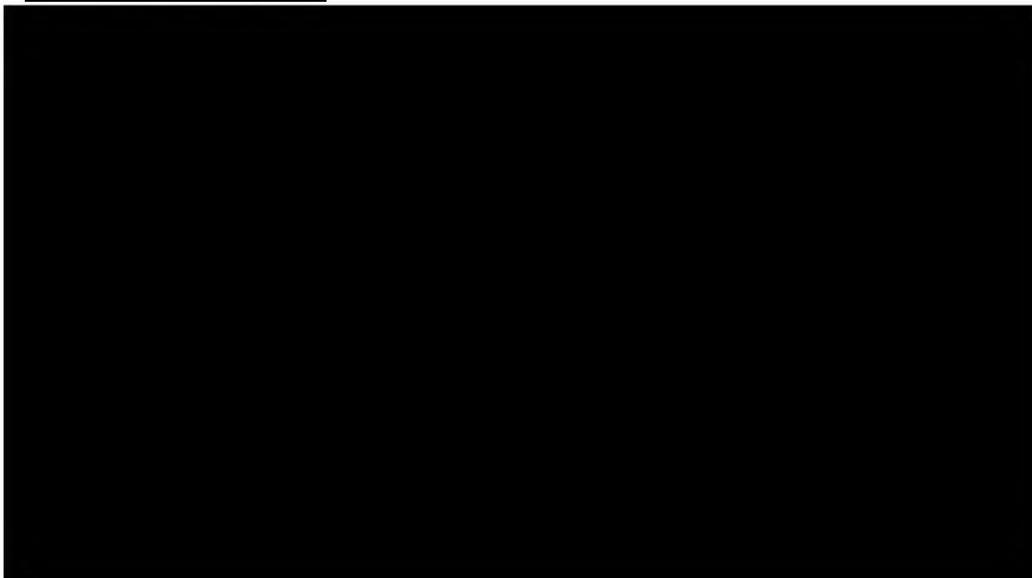


**2.6.2 Einrichtung zur Verminderung der Emissionen**

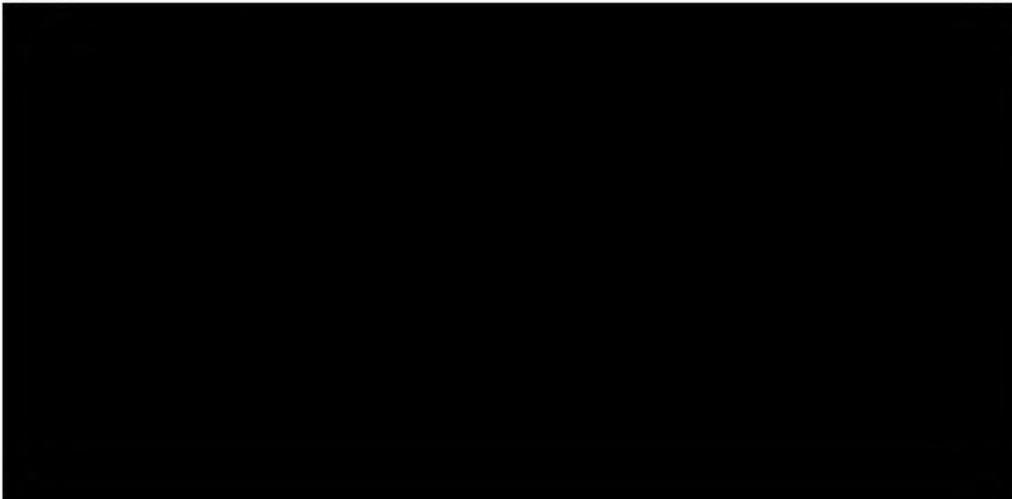
Bänderentstaubung Rohbetrieb, Q 1a



Klinkertransportsilo, Q 4a



Bänderentstaubung Dreieck, Q 7a



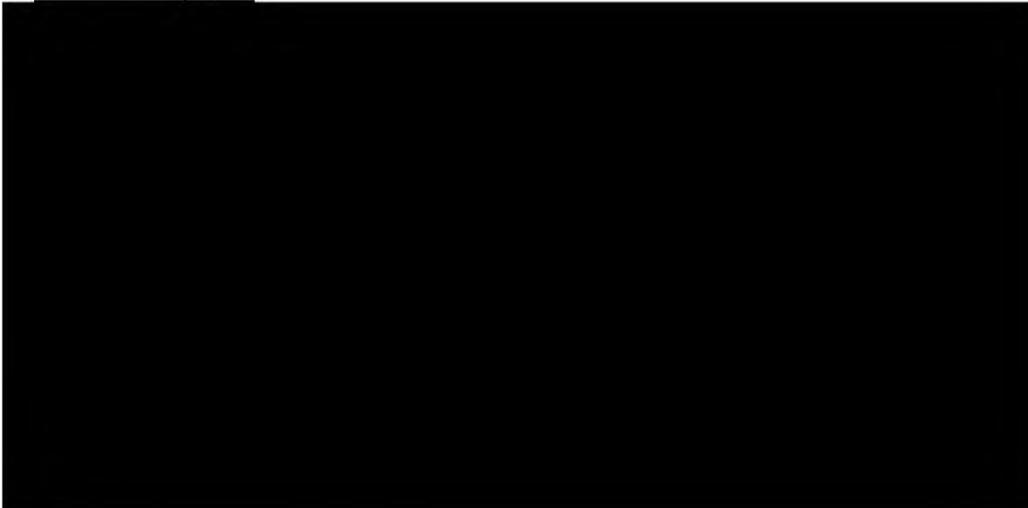
Zementmühle 2, Q 11



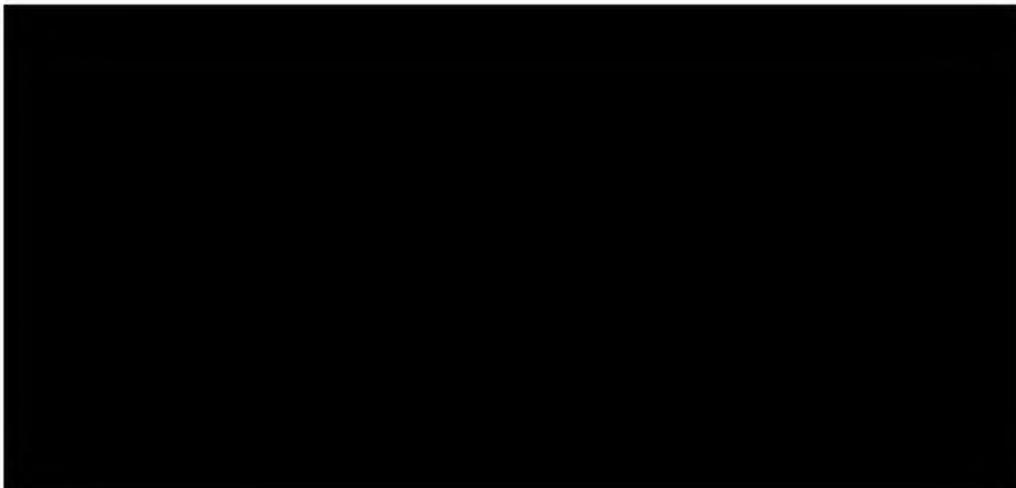
Neue Packerei, Q 21



Klinkerhalde, Q 28



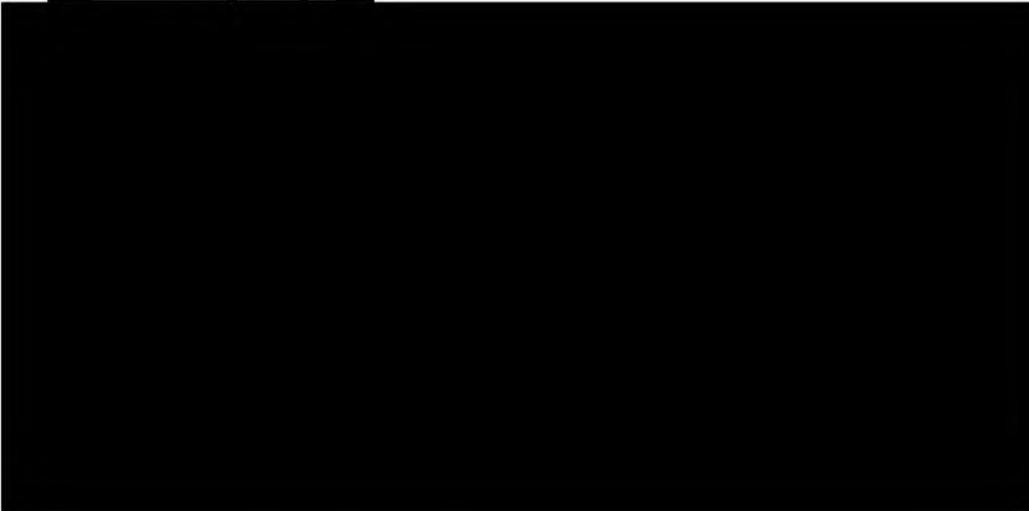
Klinkertransport Mühlensilos, Q 29



Zemenmühle 3, Q 30



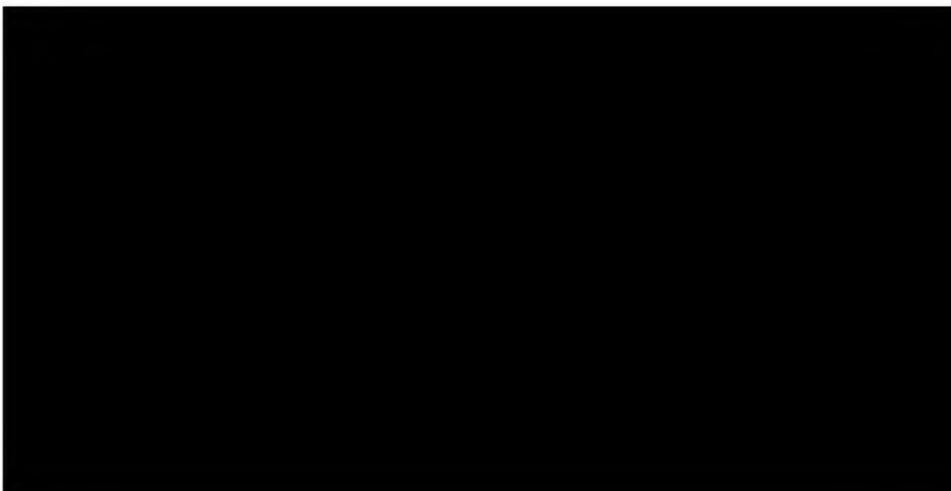
HOS Trocknung ZM4, Q 34



Bänderentstaubung ZM4, Q 35



Sichterfilter ZM4 + Mühlenfilter ZM4, Q 36 (2 Filter, 1 Quelle)



### **2.6.3 Einrichtung zur Verdünnung des Abgases**

Entfällt

### 3 Beschreibung der Probenahmestelle

**Tabelle 12** Probenahmestellen der gemessenen Quellen

Quellen Nummer	Lage	Abmessungen		Messachse/ Messpunkte je Messachse	Länge der	
		Durchmesser Abmessungen m	Fläche m <sup>2</sup>		Einlauf- strecke m	Auslauf- strecke m
Q 1a	vertikal	0,65	0,33	2 / 2	3,0	7,0
Q 4a	vertikal	1,50	1,77	2 / 4	5,0	2,0
Q 7a	vertikal	0,80	0,50	2 / 2	0,3	1,0
Q 11	vertikal	1,00 x 0,70	0,70	2 / 2	3,5	1,0
Q 21	vertikal	0,75	0,44	2 / 2	2,0	2,5
Q 28	vertikal	1,24	1,21	2 / 4	8,0	3,0
Q 29	vertikal	1,10	0,95	2 / 2	15,0	6,0
Q 30	horizontal	1,24 x 0,89	1,10	2 / 3	2,0	1,0
Q 34	vertikal	1,00	0,79	2 / 2	4,0	4,0
Q 35	vertikal	1,05	0,87	2 / 2	5,5	5,0
Q 36	vertikal	1,60	2,01	2 / 4	6,0	5,0

**Tabelle 13** Beurteilung nach DIN EN 15259

Anforderung nach DIN EN 15259	erfüllt	nicht erfüllt
keine negative Strömung:	alle Quellen	---
Geschwindigkeitsverhältnis < 3 : 1:	alle Quellen	---
Differenzdruck > 0,05 mbar:	alle Quellen	---
Gasstrom zur Mittelachse < 15°:	alle Quellen	---
Einlaufstrecke mind. 5 x d <sub>h</sub> :	Q28, Q29, Q35	Q1a, Q4a, Q7a, Q11, Q21, Q30, Q34, Q36
Auslaufstrecke mind. 2 x d <sub>h</sub> :	Q1a, Q28, Q29, Q21, Q34, Q35, Q36	Q4a, Q7a, Q11, Q30
5 x d <sub>h</sub> bis zum Ende des Abgaskanals:	Q1a, Q29, Q21, Q34	Q4a, Q7a, Q11, Q28, Q35, Q30, Q36

#### 3.1 Messstrecke und Messquerschnitt

##### 3.1.1 Lage und Abmessungen

Siehe Pos. 3

##### 3.1.2 Arbeitsfläche und Messbühne

Die Quellen Q4a und Q28 sind jeweils nur mit Hilfe einer Hebebühne erreichbar. Die anderen Quellen sind entweder ebenerdig, über Gerüst oder Leiter zu erreichen. Die Traversierräume sind jeweils ausreichend.

##### 3.1.3 Messöffnungen

Die Quellen Q1a, Q4a und Q28 sind mit 2 Messstutzen à 2 Zoll ausgestattet, alle anderen Quellen verfügen über jeweils 2 Messstutzen à 3 Zoll.

##### 3.1.4 Strömungsbedingungen im Messquerschnitt

Siehe Pos. 3

##### 3.1.5 Zusammenfassende Beurteilung der Messbedingungen

Siehe Pos. 3

### 3.2 Lage der Messpunkte im Messquerschnitt

#### 3.2.1 Darstellung der Lage der Messpunkte im Messquerschnitt

Siehe Pos. 3

#### 3.2.2 Homogenitätsprüfungen

durchgeführt

nicht durchgeführt, weil:

Fläche Messquerschnitt  $< 0,1 \text{ m}^2$

Netzmessungen

liegt vor

Datum der Homogenitätsprüfung:

Berichts-Nr.:

Prüfinstitut:

#### 3.2.3 Komponentenspezifische Darstellung

Es handelt sich ausschließlich um Staubgehaltsmessungen.

## 4 Messverfahren und Messeinrichtungen

### 4.1 Abgasrandbedingungen

#### 4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit

Ermittlungsmethode:	Bestimmung des dynamischen Staudruckes über den Messquerschnitt
Messeinrichtung:	kalibrierter Feindifferenzdruckmesser
Hersteller:	TSI GmbH
Typ:	TSI 5825
Ident.-Nr.	M/AGE/020/4
Messbereich:	-3735 - 3735 Pa
Bestimmungsgrenze:	5 Pa
Berechnungsverfahren:	gemäß DIN EN 16911-1

kontinuierliche Ermittlung:

ja  nein

#### 4.1.2 Statischer Druck im Abgaskamin

Differenzdruckmessung zwischen statischem Druck im Abgaskanal und Umgebungsdruck

Messeinrichtung: siehe Pos. 4.1.1

Messbereich: siehe Pos. 4.1.1

#### 4.1.3 Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle

Messeinrichtung:	elektronisches Barometer
Hersteller:	GHM Messtechnik GmbH
Typ:	GPB 3300
Ident.-Nr.	M/AGC/026/4
Messbereich:	300 - 1100 hPa

**4.1.4 Abgastemperatur**

Messeinrichtung:	thermoelektrisch
Messfühler:	Ni-Cr-Ni-Thermoelement
Typ:	Temperaturfühler
Ident.-Nr.	M/AHH/052/5
Messbereich:	0-300 °C
Messgerät:	Anzeigegerät
Hersteller:	Ahlborn GmbH
Typ:	ALMEMO 2490-2
Ident.-Nr.	M/BBE/042/5
Messbereich:	0-300 °C

kontinuierliche Ermittlung:  ja  nein

**4.1.5 Wasserdampfanteil im Abgas (Abgasfeuchte)**

Die Messung der Abgasfeuchte erfolgte nach dem psychrometrischen Verfahren (2-Thermometer-Methode auf Grundlage der Norm DIN EN 14790).

Psychrometerverfahren

(Abgastemperatur < 130 °C)

Messverfahren:	Psychrometerverfahren mit zwei baugleichen Thermoelementen
Messprinzip:	thermoelektrisch
Messfühler:	Ni-Cr-Ni-Thermoelement
Typ:	T126, ZA 9030-FS 3
Messbereich:	- 200 – 1 000 °C
Messgerät:	Präzisionsmessgerät für Temperaturdifferenzmessungen
Hersteller:	Ahlborn Mess- und Regeltechnik, Holzkirchen
Typ:	ALMEMO 2490-2
Messbereich:	- 200 – 1 370 °C
Messunsicherheit:	< 0,2 °C

**4.1.6 Abgasdichte**

Ermittlungsmethode: Berechnet unter Berücksichtigung der Abgaszusammensetzung, der Abgastemperatur und des Luftdrucks sowie der Druckverhältnisse im Kanal.

**4.1.7 Abgasverdünnung**

Nicht zutreffend

**4.1.8 Volumenstrom**

Ermittlungsmethode: DIN EN 16911-1

mittlere Abgasgeschwindigkeit:

Messverfahren:	siehe Pos. 4.1.1
Messeinrichtung:	siehe Pos. 4.1.1

Querschnittsfläche:

Ermittlungsverfahren:	Lasermessgerät
Messeinrichtung:	Bosch DLE 40

Fläche der Volumenstrommesseinrichtung zur Querschnittsfläche: < 5 %

#### 4.2 Automatische Messverfahren

Entfällt, Staubmessung

#### 4.3 Manuelle Messverfahren für gas- und dampfförmige Emissionen

Nicht zutreffend

#### 4.4 Messverfahren für partikelförmige Emissionen

##### 4.4.1 Messkomponente

Gesamtstaub

##### 4.4.1.1 Messverfahren

Für die Erfassung der partikelförmigen Stoffe wurde das Verfahren der isokinetischen Probenahme nach der Norm DIN EN 13284, angewendet. Die Partikel werden dabei an Messfiltern abgeschieden, die vor und nach der Beaufschlagung mit Staub im äquilibrierten Zustand gewogen werden. Aus der Massendifferenz ergibt sich die Staubmenge, die dem ermittelten Probegasvolumen der Messung zur Bestimmung des Staubgehaltes zugeordnet wird.

##### 4.4.1.2 Probenahme und Probenaufbereitung

###### Rückhaltesystem für partikelförmige Stoffe

Typ:	Planfilterkopfgerät
Hersteller:	Paul Gothe GmbH
Anordnung:	<input checked="" type="checkbox"/> innenliegend im Kanal <input type="checkbox"/> außenliegend am Kanal
Filtrationstemperatur:	beheizt auf Abgastemperatur
Krümmen zwischen Entnahmesonde und Filtergehäuse:	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein
Ausführung/Material:	Titan

###### Entnahmesonde / Absaugrohr

Hersteller:	Paul Gothe GmbH
Wirkdurchmesser:	isokinetische Düsen: abhängig von der Anwendung, 7 – 16 mm Sondeninnenrohr: 8 mm
beheizt auf / unbeheizt:	180 °C
Material:	Titan

###### Filter

Material:	Quarzfaser (MK 360)
Filter-Hersteller/Typ:	Ahlstrom Germany GmbH, MK 360
Filterdurchmesser:	45 mm
Porendurchmesser:	0,3 µm (MK 360)
Abscheidegrad:	99,998 %

### Absorptionseinrichtungen

Absorption filtergängiger Anteile: 3 Frittenwaschflaschen in Reihe im Teilstrom

#### Teilstromentnahme (modulares System)

Modulares System bestehend aus: Absaugschläuchen, Kondensatabscheider, Trockenturm mit Trocknungsmittel zur Restfeuchteabscheidung, einem Rotameter (0 - 6,4 m<sup>3</sup>/h) einer Absaugpumpe und einem Thermoelement (0 - 150°C) zur Bestimmung der Temperatur am Gasmengenzähler (0 - 6,5 m<sup>3</sup>/h). Die Berechnung der Isokinetik und der Teilstromentnahmemenge erfolgt mittels elektronischer Datenverarbeitung (Laptop).

#### **4.4.1.3 Behandlung der Filter und der Ablagerungen**

##### Trocknungstemperatur des Abscheidemediums

Vor und nach der Beaufschlagung: vor: 180 °C; nach: 105 °C  
bzw. unterhalb der Abgastemperatur

##### Trocknungszeit des Abscheidemediums

Vor und nach der Beaufschlagung: vor: 1 h; nach: 4 h

##### Äquilibrierort und -dauer

Vor der Endwägung: Wägeraum, mind. 8 h bei 20 °C im Exsikkator

##### Rückgewinnung von Ablagerungen vor dem Filter:

ja

nein, weil:

Behandlung der Spüllösungen: Eindampfen, trocknen, wiegen

##### Wägung

Klimatisierter Wägeraum: ja  
Waage: Halbmikrowaage  
Hersteller: Sartorius GmbH  
Typ: CPA 225 D  
Genauigkeit: 0,01 mg  
Bestimmungsgrenze / Messunsicherheit: 0,14 mg (DIN EN 20988)

#### **4.4.1.4 Aufbereitung und Analyse der Filter und der Absorptionslösungen**

Nicht zutreffend

#### **4.5 Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe (PCDD/PCDF u. ä.)**

Nicht zutreffend

#### **4.6 Geruchsemissionen**

Entfällt

## 5 Betriebszustand der Anlage während der Messungen

Die Nebenanlagen befanden sich während der Staubgehaltsmessungen im bestimmungsgemäßen Betrieb.

**Tabelle 14** Angaben zu den Produktionsdaten im Messzeitraum

Quelle	Datum	Messzeit
Q 1a	27.07.2021 28.07.2021	14:03 – 14:33/ 09:51 – 10:55
Q 4a	29.07.2021	12:55 – 14:28
Q 7a	27.07.2021	10:09 – 11:53
Q 11	28.07.2021	14:03 – 15:43
Q 21	26.07.2021	14:29 – 16:12
Q 28	29.07.2021	10:36 – 12:13
Q 29	28.07.2021	13:10 – 14:55
Q 30	27.07.2021	14:09 – 15:48
Q 34	29.07.2021	10:12 – 11:48
Q 35	26.07.2021	14:00 – 15:40
Q 36	27.07.2021	09:55 – 11:35

## 6 Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion

### 6.1 Beurteilung der Betriebsbedingungen während der Messungen

Die Messungen fanden vom 26. – 29.07.2021 statt.

Während der Messungen verlief der Betrieb störungsfrei. Die Messungen fanden im betriebsüblichen Anlagenzustand statt.

### 6.2 Messergebnisse

Ergänzende Angaben zu den Beprobungen sowie Analysen und Rechenwerte, die nicht in den folgenden Tabellen aufgeführt sind, finden Sie in **Anlage 1** zum Bericht.

#### Gesamtstaub

**Tabelle 15** Zusammenfassung der Staubemissionskonzentrationen und der Massenströme

Quellen-Nr.	Staubgehalt mg/m <sup>3</sup>			Massenstrom kg/h		
	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel
Q 1a	2,5	1,2	1,8	0,038	0,019	0,027
Q 4a	0,5	0,4	0,5	0,037	0,028	0,033
Q 7a	1,6	0,9	1,1	0,019	0,010	0,013
Q 11	0,8	0,6	0,7	0,014	0,011	0,012
Q 21	7,0	5,8	6,5	0,114	0,094	0,106
Q 28	0,6	0,5	0,6	0,030	0,025	0,027
Q 29	0,7	0,6	0,7	0,025	0,023	0,024
Q 30	2,5	1,2	1,9	0,080	0,038	0,061
Q 34	1,9	1,4	1,6	0,071	0,054	0,060
Q 35	2,1	0,4	0,9	0,061	0,010	0,027
Q 36	1,5	0,6	0,9	0,029	0,010	0,017

Alle Angaben bezogen auf Normzustand (1 013 hPa, 273 K) nach Abzug des Feuchtegehaltes an Wasserdampf.

### 6.3 Messunsicherheiten

Messunsicherheiten nach VDI 4219, statistische Sicherheit  $p = 95\%$ :

**Tabelle 16** Messunsicherheiten

Gesamtstaub	Einheit	Maximaler Messwert $y_{max}$	Erweiterte Messunsicherheit $U_p$ (mit $p = 0,95$ )	$y_{max} - U_p$	$y_{max} + U_p$	Bestimmungsmethode der Messunsicherheiten
Quellenbezeichnung						
Q 1a	mg/m <sup>3</sup>	2,5	1,3	1	4	1)
Q 4a		0,5		0	2	
Q 7a		1,6		0	3	
Q 11		0,8		0	2	
Q 21		7,0		6	8	
Q 28		0,6		0	2	
Q 29		0,7		0	2	
Q 30		2,5		1	4	
Q 34		1,9		1	3	
Q 35		2,1		1	3	
Q 36		1,5		0	3	

1) Doppelbestimmung VDI 4219, direkter Ansatz

### 6.4 Diskussion der Ergebnisse

Der Emissionsgrenzwert für Gesamtstaub war bei allen dargestellten Messungen unterschritten.

Die Messwerte sind hinsichtlich der Betriebsbedingungen der Anlagen sowie der Leistungsfähigkeit der Filteranlagen als plausibel einzustufen.

An der ebenfalls im diesjährigen Messprogramm enthaltenen Quelle 5 (Klinkerplattenbandentstaubung) wurden erhöhte Messwerte festgestellt. An dieser Quelle werden voraussichtlich am 10.11.2021 nach Ertüchtigung der Filteranlage Nachmessungen erfolgen. Auch Quelle 72 (Klinkeranlieferung) ist im diesjährigen Messprogramm enthalten. Die entsprechende Anlage war im Zeitraum der Messkampagne außer Betrieb, da die Aufgabe- und Fördereinrichtungen generalsaniert wurden. Die Staubgehaltmessungen an dieser Quelle sind zeitgleich mit den Nachmessungen der Quelle 5 geplant.

VDZ Service GmbH  
Umweltmessstelle



i. A.

Unterschrift

fachlich Verantwortlich

Unterschrift

Projektleit

## 7 Anlagenübersicht

Anlage 1: Mess- und Rechenwerte

Weitere Informationen z. B. zu Messgeräten, Messverfahren, Messunsicherheiten und sonstigen Verfahrenskenndaten können auf Anfrage mitgeteilt werden. Wir werden, wenn vom Auftraggeber nicht anders gewünscht, die Proben sechs Monate nach Berichterstellung entsorgen.

**Anlage A**  
**zum Technischen Bericht**

**UMt-TB-160/2021**

Mess- und Rechenwerte an den Nebenanlagen

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
<b>Tabelle 1</b>	Mess- und Rechenwerte, Bänderentstaubung Rohbetrieb, Quelle 1a	2
<b>Tabelle 2</b>	Mess- und Rechenwerte, Klinkertransportmühlensilo, Quelle 4a	3
<b>Tabelle 3</b>	Mess- und Rechenwerte, Bänderentstaubung Dreieck, Quelle 7a	4
<b>Tabelle 4</b>	Mess- und Rechenwerte, Zementmühle 2, Quelle 11	5
<b>Tabelle 5</b>	Mess- und Rechenwerte, neue Packerei, Quelle 21	6
<b>Tabelle 6</b>	Mess- und Rechenwerte, Klinkerhalde, Quelle 28	7
<b>Tabelle 7</b>	Mess- und Rechenwerte, Klinkertransport Mühlensilos, Quelle 29	8
<b>Tabelle 8</b>	Mess- und Rechenwerte, Zementmühle 3, Quelle 30	9
<b>Tabelle 9</b>	Mess- und Rechenwerte, HOS Trocknung ZM4, Quelle 34	10
<b>Tabelle 10</b>	Mess- und Rechenwerte, Bänderentstaubung ZM4, Quelle 35	11
<b>Tabelle 11</b>	Mess- und Rechenwerte, Sichterfilter ZM4, Quelle 36	12

**Tabelle 1** Mess- und Rechenwerte, Bänderentstaubung Rohbetrieb, Quelle 1a

Messung Nr.		1	2	3	
Datum:	Tag/Monat	27.07.	28.07.	28.07.	Mittelwerte
Messbeginn:	Uhrzeit	14:03	9:51	10:25	
Fläche:	m <sup>2</sup>	0,332			
Absaugezeit:	min	30	30	30	
Betriebszustand:		RB	RB	RB	
Barometerstand:	hPa	967	967	967	
<b>Abgaszusammensetzung</b>					
Sauerstoff:	Vol.-%	21,0	21,0	21,0	
Kohlenmonoxid:	Vol.-%	0,000	0,000	0,000	
Kohlendioxid:	Vol.-%	0,0	0,0	0,0	
Gasfeuchte (Norm feucht):	Vol.-%	1,0	1,0	1,0	
Taupunkt der Abgase:	°C	7,4	7,4	7,4	
<b>Dichte der Abgase</b>					
Normzustand trocken:	kg/m <sup>3</sup>	1,293	1,293	1,293	
Normzustand feucht:	kg/m <sup>3</sup>	1,288	1,288	1,288	
<b>Temperatur</b>					
Geschwindigkeitsmessung:	°C	31	31	31	
Staubmessung:	°C	31	31	31	
Gasuhr:	°C	30	30	30	
<b>Druck</b>					
Statischer Druck:	hPa	0,4	0,4	0,4	
Gasuhr:	hPa	0	0	0	
Wirkdruck (Wurzelwert):	(hPa) <sup>1/2</sup>	1,141	1,141	1,141	
Gasgeschwindigkeit:	m/s	15,3	15,3	15,3	
<b>Gasstrom</b>					
Betriebszustand:	m <sup>3</sup> /h	18.300	18.300	18.300	
Normzustand feucht:	m <sup>3</sup> /h	15.700	15.700	15.700	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	15.500	15.500	15.500	
<b>Gasuhr</b>					
Betriebszustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	3,032	2,994	3,068	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	2,607	2,575	2,638	
Sonde:	m <sup>3</sup> /h	3,067	3,029	3,104	
Isokinetik vs / vg:	%	10,6	9,2	11,9	
Sondendurchmesser:	mm	8	8	8	
<b>Reingasstaubgehalt</b>					
Betriebszustand:	mg/m <sup>3</sup>	1,4	2,1	1,0	
Normzustand feucht:	mg/m <sup>3</sup>	1,6	2,4	1,2	
Normzustand trocken:	mg/m <sup>3</sup>	1,6	2,5	1,2	1,8
Feldblindwert*:	mg/m <sup>3</sup>	0,8	0,8	0,8	
<b>Staubmasse</b>					
Filter / Spüllösung:	mg/Probe	2,1	3,2	1,6	
<b>Massenströme</b>					
Staubmassenstrom:	kg/h	0,025	0,038	0,019	0,027

**Tabelle 2** Mess- und Rechenwerte, Klinkertransportmühlensilo, Quelle 4a

Messung Nr.		1	2	3	
Datum:	Tag/Monat	29.07.	29.07.	29.07.	Mittelwerte
Messbeginn:	Uhrzeit	12:55	13:26	13:58	
Fläche:	m <sup>2</sup>	1,767			
Absaugezeit:	min	30	30	30	
Betriebszustand:		RB	RB	RB	
Barometerstand:	hPa	969	969	969	
<b>Abgaszusammensetzung</b>					
Sauerstoff:	Vol.-%	21,0	21,0	21,0	
Kohlenmonoxid:	Vol.-%	0,000	0,000	0,000	
Kohlendioxid:	Vol.-%	0,0	0,0	0,0	
Gasfeuchte (Norm feucht):	Vol.-%	1,4	1,4	1,4	
Taupunkt der Abgase:	°C	11,6	11,6	11,6	
<b>Dichte der Abgase</b>					
Normzustand trocken:	kg/m <sup>3</sup>	1,293	1,293	1,293	
Normzustand feucht:	kg/m <sup>3</sup>	1,287	1,287	1,287	
<b>Temperatur</b>					
Geschwindigkeitsmessung:	°C	69	69	69	
Staubmessung:	°C	69	69	69	
Gasuhr:	°C	25	25	25	
<b>Druck</b>					
Statischer Druck:	hPa	0,4	0,4	0,4	
Gasuhr:	hPa	0	0	0	
Wirkdruck (Wurzelwert):	(hPa) <sup>1/2</sup>	1,113	1,113	1,113	
Gasgeschwindigkeit:	m/s	15,9	15,9	15,9	
<b>Gasstrom</b>					
Betriebszustand:	m <sup>3</sup> /h	101.000	101.000	101.000	
Normzustand feucht:	m <sup>3</sup> /h	77.100	77.100	77.100	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	76.100	76.100	76.100	
<b>Gasuhr</b>					
Betriebszustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	2,746	2,694	2,702	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	2,406	2,360	2,367	
Sonde:	m <sup>3</sup> /h	3,193	3,132	3,142	
Isokinetik vs / vg:	%	11,2	9,1	9,4	
Sondendurchmesser:	mm	8	8	8	
<b>Reingasstaubgehalt</b>					
Betriebszustand:	mg/m <sup>3</sup>	0,3	5,1*	0,4	
Normzustand feucht:	mg/m <sup>3</sup>	0,4	6,7*	0,5	
Normzustand trocken:	mg/m <sup>3</sup>	0,4	6,8*	0,5	2,5
Feldblindwert*:	mg/m <sup>3</sup>	0,4	0,4	0,4	
<b>Staubmasse</b>					
Filter / Spüllösung:	mg/Probe	0,4	8,0	0,6	
<b>Massenströme</b>					
Staubmassenstrom:	kg/h	0,028	0,516	0,037	0,194

\*) Messwert ist nicht plausibel und wurde nicht berücksichtigt. Es wurden teilweise Verunreinigungen der Kaminwand angesaugt.

**Tabelle 3** Mess- und Rechenwerte, Bänderentstaubung Dreieck, Quelle 7a

Messung Nr.		1	2	3	
Datum:	Tag/Monat	27.07.	27.07.	27.07.	Mittelwerte
Messbeginn:	Uhrzeit	10:09	10:46	11:23	
Fläche:	m <sup>2</sup>	0,503			
Absaugezeit:	min	30	30	30	
Betriebszustand:		RB	RB	RB	
Barometerstand:	hPa	969	969	969	
<b>Abgaszusammensetzung</b>					
Sauerstoff:	Vol.-%	21,0	21,0	21,0	
Kohlenmonoxid:	Vol.-%	0,000	0,000	0,000	
Kohlendioxid:	Vol.-%	0,0	0,0	0,0	
Gasfeuchte (Norm feucht):	Vol.-%	1,2	1,2	1,2	
Taupunkt der Abgase:	°C	10,3	10,3	10,3	
<b>Dichte der Abgase</b>					
Normzustand trocken:	kg/m <sup>3</sup>	1,293	1,293	1,293	
Normzustand feucht:	kg/m <sup>3</sup>	1,287	1,287	1,287	
<b>Temperatur</b>					
Geschwindigkeitsmessung:	°C	33	33	33	
Staubmessung:	°C	33	33	33	
Gasuhr:	°C	24	24	24	
<b>Druck</b>					
Statischer Druck:	hPa	0,1	0,1	0,1	
Gasuhr:	hPa	0	0	0	
Wirkdruck (Wurzelwert):	(hPa) <sup>1/2</sup>	0,582	0,582	0,582	
Gasgeschwindigkeit:	m/s	7,8	7,8	7,8	
<b>Gasstrom</b>					
Betriebszustand:	m <sup>3</sup> /h	14.200	14.200	14.200	
Normzustand feucht:	m <sup>3</sup> /h	12.100	12.100	12.100	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	12.000	12.000	12.000	
<b>Gasuhr</b>					
Betriebszustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	2,170	2,212	2,228	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	1,908	1,945	1,959	
Sonde:	m <sup>3</sup> /h	2,263	2,307	2,323	
Isokinetik vs / vg:	%	2,0	4,0	4,7	
Sondendurchmesser:	mm	10	10	10	
<b>Reingasstaubgehalt</b>					
Betriebszustand:	mg/m <sup>3</sup>	1,3	0,8	0,7	
Normzustand feucht:	mg/m <sup>3</sup>	1,6	0,9	0,9	
Normzustand trocken:	mg/m <sup>3</sup>	1,6	0,9	0,9	1,1
Feldblindwert*:	mg/m <sup>3</sup>	<0,19	<0,19	<0,19	
<b>Staubmasse</b>					
Filter / Spüllösung:	mg/Probe	1,5	0,9	0,9	
<b>Massenströme</b>					
Staubmassenstrom:	kg/h	0,019	0,011	0,010	0,013

**Tabelle 4** Mess- und Rechenwerte, Zementmühle 2, Quelle 11

Messung Nr.		1	2	3	
Datum:	Tag/Monat	28.07.	28.07.	28.07.	Mittelwerte
Messbeginn:	Uhrzeit	14:03	14:38	15:13	
Fläche:	m <sup>2</sup>	0,528			
Absaugezeit:	min	30	30	30	
Betriebszustand:		RB	RB	RB	
Barometerstand:	hPa	966	966	966	
<b>Abgaszusammensetzung</b>					
Sauerstoff:	Vol.-%	21,0	21,0	21,0	
Kohlenmonoxid:	Vol.-%	0,000	0,000	0,000	
Kohlendioxid:	Vol.-%	0,0	0,0	0,0	
Gasfeuchte (Norm feucht):	Vol.-%	3,6	3,6	3,6	
Taupunkt der Abgase:	°C	26,6	26,6	26,6	
<b>Dichte der Abgase</b>					
Normzustand trocken:	kg/m <sup>3</sup>	1,293	1,293	1,293	
Normzustand feucht:	kg/m <sup>3</sup>	1,276	1,276	1,276	
<b>Temperatur</b>					
Geschwindigkeitsmessung:	°C	78	78	78	
Staubmessung:	°C	78	78	78	
Gasuhr:	°C	28	31	31	
<b>Druck</b>					
Statischer Druck:	hPa	0,3	0,3	0,3	
Gasuhr:	hPa	0	0	0	
Wirkdruck (Wurzelwert):	(hPa) <sup>1/2</sup>	0,912	0,912	0,912	
Gasgeschwindigkeit:	m/s	13,3	13,3	13,3	
<b>Gasstrom</b>					
Betriebszustand:	m <sup>3</sup> /h	25.200	25.200	25.200	
Normzustand feucht:	m <sup>3</sup> /h	18.700	18.700	18.700	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	18.000	18.000	18.000	
<b>Gasuhr</b>					
Betriebszustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	2,224	2,168	2,176	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	1,923	1,856	1,863	
Sonde:	m <sup>3</sup> /h	2,687	2,593	2,603	
Isokinetik vs / vg:	%	12,0	8,1	8,5	
Sondendurchmesser:	mm	8	8	8	
<b>Reingasstaubgehalt</b>					
Betriebszustand:	mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,4	0,5	
Normzustand feucht:	mg/m <sup>3</sup>	0,8	0,6	0,6	
Normzustand trocken:	mg/m <sup>3</sup>	0,8	0,6	0,7	0,7
Feldblindwert*:	mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,6	0,6	
<b>Staubmasse</b>					
Filter / Spüllösung:	mg/Probe	0,8	0,6	0,6	
<b>Massenströme</b>					
Staubmassenstrom:	kg/h	0,014	0,011	0,012	0,012

**Tabelle 5** Mess- und Rechenwerte, neue Packerei, Quelle 21

Messung Nr.		1	2	3	
Datum:	Tag/Monat	26.07.	26.07.	26.07.	Mittelwerte
Messbeginn:	Uhrzeit	14:29	15:06	15:42	
Fläche:	m <sup>2</sup>	0,442			
Absaugezeit:	min	30	30	30	
Betriebszustand:		RB	RB	RB	
Barometerstand:	hPa	969	969	969	
<b>Abgaszusammensetzung</b>					
Sauerstoff:	Vol.-%	21,0	21,0	21,0	
Kohlenmonoxid:	Vol.-%	0,000	0,000	0,000	
Kohlendioxid:	Vol.-%	0,0	0,0	0,0	
Gasfeuchte (Norm feucht):	Vol.-%	1,6	1,6	1,6	
Taupunkt der Abgase:	°C	13,9	13,9	13,9	
<b>Dichte der Abgase</b>					
Normzustand trocken:	kg/m <sup>3</sup>	1,293	1,293	1,293	
Normzustand feucht:	kg/m <sup>3</sup>	1,285	1,285	1,285	
<b>Temperatur</b>					
Geschwindigkeitsmessung:	°C	25	25	25	
Staubmessung:	°C	25	25	25	
Gasuhr:	°C	20	20	20	
<b>Druck</b>					
Statischer Druck:	hPa	0,5	0,5	0,5	
Gasuhr:	hPa	0	0	0	
Wirkdruck (Wurzelwert):	(hPa) <sup>1/2</sup>	0,887	0,887	0,887	
Gasgeschwindigkeit:	m/s	11,8	11,8	11,8	
<b>Gasstrom</b>					
Betriebszustand:	m <sup>3</sup> /h	18.800	18.800	18.800	
Normzustand feucht:	m <sup>3</sup> /h	16.500	16.500	16.500	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	16.200	16.200	16.200	
<b>Gasuhr</b>					
Betriebszustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	1,932	1,902	1,856	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	1,722	1,695	1,654	
Sonde:	m <sup>3</sup> /h	1,995	1,964	1,917	
Isokinetik vs / vg:	%	-6,6	-8,1	-10,3	
Sondendurchmesser:	mm	8	8	8	
<b>Reingasstaubgehalt</b>					
Betriebszustand:	mg/m <sup>3</sup>	5,8	6,0	5,0	
Normzustand feucht:	mg/m <sup>3</sup>	6,7	6,9	5,7	
Normzustand trocken:	mg/m <sup>3</sup>	6,8	7,0	5,8	6,5
<b>Feldblindwert*</b>					
Feldblindwert*:	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,5	0,5	
<b>Staubmasse</b>					
Filter / Spüllösung:	mg/Probe	5,8	5,9	4,8	
<b>Massenströme</b>					
Staubmassenstrom:	kg/h	0,110	0,114	0,094	0,106

**Tabelle 6** Mess- und Rechenwerte, Klinkerhalde, Quelle 28

Messung Nr.		1	2	3	
Datum:	Tag/Monat	29.07.	29.07.	29.07.	Mittelwerte
Messbeginn:	Uhrzeit	10:36	11:10	11:43	
Fläche:	m <sup>2</sup>	1,208			
Absaugezeit:	min	30	30	30	
Betriebszustand:		RB	RB	RB	
Barometerstand:	hPa	969	969	969	
<b>Abgaszusammensetzung</b>					
Sauerstoff:	Vol.-%	21,0	21,0	21,0	
Kohlenmonoxid:	Vol.-%	0,000	0,000	0,000	
Kohlendioxid:	Vol.-%	0,0	0,0	0,0	
Gasfeuchte (Norm feucht):	Vol.-%	1,1	1,1	1,1	
Taupunkt der Abgase:	°C	8,6	8,6	8,6	
<b>Dichte der Abgase</b>					
Normzustand trocken:	kg/m <sup>3</sup>	1,293	1,293	1,293	
Normzustand feucht:	kg/m <sup>3</sup>	1,288	1,288	1,288	
<b>Temperatur</b>					
Geschwindigkeitsmessung:	°C	20	20	20	
Staubmessung:	°C	20	20	20	
Gasuhr:	°C	20	20	20	
<b>Druck</b>					
Statischer Druck:	hPa	0,1	0,1	0,1	
Gasuhr:	hPa	0	0	0	
Wirkdruck (Wurzelwert):	(hPa) <sup>1/2</sup>	0,927	0,927	0,927	
Gasgeschwindigkeit:	m/s	12,2	12,2	12,2	
<b>Gasstrom</b>					
Betriebszustand:	m <sup>3</sup> /h	53.200	53.200	53.200	
Normzustand feucht:	m <sup>3</sup> /h	47.400	47.400	47.400	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	46.900	46.900	46.900	
<b>Gasuhr</b>					
Betriebszustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	2,210	2,258	2,262	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	1,969	2,012	2,016	
Sonde:	m <sup>3</sup> /h	2,234	2,283	2,287	
Isokinetik vs / vg:	%	0,9	3,1	3,3	
Sondendurchmesser:	mm	8	8	8	
<b>Reingasstaubgehalt</b>					
Betriebszustand:	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,5	0,6	
Normzustand feucht:	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,6	0,6	
Normzustand trocken:	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,6	0,6	0,6
Feldblindwert*:	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,5	0,5	
<b>Staubmasse</b>					
Filter / Spüllösung:	mg/Probe	0,5	0,6	0,6	
<b>Massenströme</b>					
Staubmassenstrom:	kg/h	0,025	0,026	0,030	0,027

**Tabelle 7** Mess- und Rechenwerte, Klinkertransport Mühlensilos, Quelle 29

Messung Nr.		1	2	3	
Datum:	Tag/Monat	28.07.	28.07.	28.07.	Mittelwerte
Messbeginn:	Uhrzeit	13:10	13:47	14:25	
Fläche:	m <sup>2</sup>	0,950			
Absaugezeit:	min	30	30	30	
Betriebszustand:		RB	RB	RB	
Barometerstand:	hPa	965	965	965	
<b>Abgaszusammensetzung</b>					
Sauerstoff:	Vol.-%	21,0	21,0	21,0	
Kohlenmonoxid:	Vol.-%	0,000	0,000	0,000	
Kohlendioxid:	Vol.-%	0,0	0,0	0,0	
Gasfeuchte (Norm feucht):	Vol.-%	1,2	1,2	1,2	
Taupunkt der Abgase:	°C	9,4	9,4	9,4	
<b>Dichte der Abgase</b>					
Normzustand trocken:	kg/m <sup>3</sup>	1,293	1,293	1,293	
Normzustand feucht:	kg/m <sup>3</sup>	1,288	1,288	1,288	
<b>Temperatur</b>					
Geschwindigkeitsmessung:	°C	25	25	25	
Staubmessung:	°C	28	28	28	
Gasuhr:	°C	25	25	25	
<b>Druck</b>					
Statischer Druck:	hPa	0,1	0,1	0,1	
Gasuhr:	hPa	0	0	0	
Wirkdruck (Wurzelwert):	(hPa) <sup>1/2</sup>	0,896	0,896	0,896	
Gasgeschwindigkeit:	m/s	12,0	12,0	12,0	
<b>Gasstrom</b>					
Betriebszustand:	m <sup>3</sup> /h	41.100	41.100	41.100	
Normzustand feucht:	m <sup>3</sup> /h	35.500	35.500	35.500	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	35.100	35.100	35.100	
<b>Gasuhr</b>					
Betriebszustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	2,382	2,394	2,362	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	2,082	2,092	2,064	
Sonde:	m <sup>3</sup> /h	2,438	2,450	2,417	
Isokinetik vs / vg:	%	12,2	12,8	11,3	
Sondendurchmesser:	mm	8	8	8	
<b>Reingasstaubgehalt</b>					
Betriebszustand:	mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,6	0,6	
Normzustand feucht:	mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,7	0,7	
Normzustand trocken:	mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,7	0,7	0,7
Feldblindwert*:	mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,3	0,3	
<b>Staubmasse</b>					
Filter / Spüllösung:	mg/Probe	0,7	0,7	0,7	
<b>Massenströme</b>					
Staubmassenstrom:	kg/h	0,023	0,023	0,025	0,024

**Tabelle 8** Mess- und Rechenwerte, Zementmühle 3, Quelle 30

Messung Nr.		1	2	3	
Datum:	Tag/Monat	27.07.	27.07.	27.07.	Mittelwerte
Messbeginn:	Uhrzeit	14:09	14:44	15:18	
Fläche:	m <sup>2</sup>	0,849			
Absaugezeit:	min	30	30	30	
Betriebszustand:		RB	RB	RB	
Barometerstand:	hPa	969	969	969	
<b>Abgaszusammensetzung</b>					
Sauerstoff:	Vol.-%	21,0	21,0	21,0	
Kohlenmonoxid:	Vol.-%	0,000	0,000	0,000	
Kohlendioxid:	Vol.-%	0,0	0,0	0,0	
Gasfeuchte (Norm feucht):	Vol.-%	1,7	1,7	1,7	
Taupunkt der Abgase:	°C	15,1	15,1	15,1	
<b>Dichte der Abgase</b>					
Normzustand trocken:	kg/m <sup>3</sup>	1,293	1,293	1,293	
Normzustand feucht:	kg/m <sup>3</sup>	1,285	1,285	1,285	
<b>Temperatur</b>					
Geschwindigkeitsmessung:	°C	48	48	48	
Staubmessung:	°C	48	48	48	
Gasuhr:	°C	23	23	23	
<b>Druck</b>					
Statischer Druck:	hPa	-25,0	-25,0	-25,0	
Gasuhr:	hPa	0	0	0	
Wirkdruck (Wurzelwert):	(hPa) <sup>1/2</sup>	0,978	0,978	0,978	
Gasgeschwindigkeit:	m/s	13,7	13,7	13,7	
<b>Gasstrom</b>					
Betriebszustand:	m <sup>3</sup> /h	41.900	41.900	41.900	
Normzustand feucht:	m <sup>3</sup> /h	33.200	33.200	33.200	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	32.600	32.600	32.600	
<b>Gasuhr</b>					
Betriebszustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	2,116	2,070	2,148	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	1,864	1,823	1,892	
Sonde:	m <sup>3</sup> /h	2,393	2,341	2,429	
Isokinetik vs / vg:	%	-3,5	-5,6	-2,0	
Sondendurchmesser:	mm	8	8	8	
<b>Reingasstaubgehalt</b>					
Betriebszustand:	mg/m <sup>3</sup>	0,9	1,9	1,5	
Normzustand feucht:	mg/m <sup>3</sup>	1,2	2,4	1,9	
Normzustand trocken:	mg/m <sup>3</sup>	1,2	2,5	2,0	1,9
Feldblindwert*:	mg/m <sup>3</sup>	1,0	1,0	1,0	
<b>Staubmasse</b>					
Filter / Spüllösung:	mg/Probe	1,1	2,2	1,9	
<b>Massenströme</b>					
Staubmassenstrom:	kg/h	0,038	0,080	0,064	0,061

**Tabelle 9** Mess- und Rechenwerte, HOS Trocknung ZM4, Quelle 34

Messung Nr.		1	2	3	
Datum:	Tag/Monat	29.07.	29.07.	29.07.	Mittelwerte
Messbeginn:	Uhrzeit	10:12	10:45	11:18	
Fläche:	m <sup>2</sup>	0,785			
Absaugezeit:	min	30	30	30	
Betriebszustand:		RB	RB	RB	
Barometerstand:	hPa	966	966	966	
<b>Abgaszusammensetzung</b>					
Sauerstoff:	Vol.-%	21,0	21,0	21,0	
Kohlenmonoxid:	Vol.-%	0,000	0,000	0,000	
Kohlendioxid:	Vol.-%	0,0	0,0	0,0	
Gasfeuchte (Norm feucht):	Vol.-%	24,0	24,0	24,0	
Taupunkt der Abgase:	°C	59,9	59,9	59,9	
<b>Dichte der Abgase</b>					
Normzustand trocken:	kg/m <sup>3</sup>	1,293	1,293	1,293	
Normzustand feucht:	kg/m <sup>3</sup>	1,198	1,198	1,198	
<b>Temperatur</b>					
Geschwindigkeitsmessung:	°C	62	62	62	
Staubmessung:	°C	62	62	62	
Gasuhr:	°C	25	25	25	
<b>Druck</b>					
Statischer Druck:	hPa	0,1	0,1	0,1	
Gasuhr:	hPa	0	0	0	
Wirkdruck (Wurzelwert):	(hPa) <sup>1/2</sup>	1,429	1,429	1,429	
Gasgeschwindigkeit:	m/s	20,9	20,9	20,9	
<b>Gasstrom</b>					
Betriebszustand:	m <sup>3</sup> /h	59.200	59.200	59.200	
Normzustand feucht:	m <sup>3</sup> /h	46.000	46.000	46.000	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	37.100	37.100	37.100	
<b>Gasuhr</b>					
Betriebszustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	1,902	1,924	1,934	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	1,661	1,680	1,689	
Sonde:	m <sup>3</sup> /h	2,652	2,683	2,697	
Isokinetik vs / vg:	%	1,0	1,5	2,7	
Sondendurchmesser:	mm	6	6	6	
<b>Reingasstaubgehalt</b>					
Betriebszustand:	mg/m <sup>3</sup>	0,9	1,2	0,9	
Normzustand feucht:	mg/m <sup>3</sup>	1,2	1,5	1,2	
Normzustand trocken:	mg/m <sup>3</sup>	1,4	1,9	1,5	1,6
Feldblindwert*:	mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,3	0,3	
<b>Staubmasse</b>					
Filter / Spüllösung:	mg/Probe	1,2	1,6	1,3	
<b>Massenströme</b>					
Staubmassenstrom:	kg/h	0,054	0,071	0,055	0,060

**Tabelle 10** Mess- und Rechenwerte, Bänderentstaubung ZM4, Quelle 35

Messung Nr.		1	2	3		
Datum:	Tag/Monat	26.07.	26.07.	26.07.		Mittelwerte
Messbeginn:	Uhrzeit	14:00	14:35	15:10		
Fläche:	m <sup>2</sup>	0,866				
Absaugezeit:	min	30	30	30		
Betriebszustand:		RB	RB	RB		
Barometerstand:	hPa	965	965	965		
<b>Abgaszusammensetzung</b>						
Sauerstoff:	Vol.-%	21,0	21,0	21,0		
Kohlenmonoxid:	Vol.-%	0,000	0,000	0,000		
Kohlendioxid:	Vol.-%	0,0	0,0	0,0		
Gasfeuchte (Norm feucht):	Vol.-%	1,4	1,4	1,4		
Taupunkt der Abgase:	°C	11,7	11,7	11,7		
<b>Dichte der Abgase</b>						
Normzustand trocken:	kg/m <sup>3</sup>	1,293	1,293	1,293		
Normzustand feucht:	kg/m <sup>3</sup>	1,286	1,286	1,286		
<b>Temperatur</b>						
Geschwindigkeitsmessung:	°C	36	36	36		
Staubmessung:	°C	36	36	36		
Gasuhr:	°C	28	28	28		
<b>Druck</b>						
Statischer Druck:	hPa	0,2	0,2	0,2		
Gasuhr:	hPa	0	0	0		
Wirkdruck (Wurzelwert):	(hPa) <sup>1/2</sup>	0,819	0,819	0,819		
Gasgeschwindigkeit:	m/s	11,1	11,1	11,1		
<b>Gasstrom</b>						
Betriebszustand:	m <sup>3</sup> /h	34.700	34.700	34.700		
Normzustand feucht:	m <sup>3</sup> /h	29.200	29.200	29.200		
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	28.800	28.800	28.800		
<b>Gasuhr</b>						
Betriebszustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	2,162	2,182	2,132		
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	1,868	1,885	1,842		
Sonde:	m <sup>3</sup> /h	2,252	2,273	2,221		
Isokinetik vs / vg:	%	11,8	12,8	10,2		
Sondendurchmesser:	mm	8	8	8		
<b>Reingasstaubgehalt</b>						
Betriebszustand:	mg/m <sup>3</sup>	1,8	0,3	0,3		
Normzustand feucht:	mg/m <sup>3</sup>	2,1	0,3	0,4		
Normzustand trocken:	mg/m <sup>3</sup>	2,1	0,4	0,4		0,9
Feldblindwert*:	mg/m <sup>3</sup>	0,4	0,4	0,4		
<b>Staubmasse</b>						
Filter / Spüllösung:	mg/Probe	2,0	0,3	0,3		
<b>Massenströme</b>						
Staubmassenstrom:	kg/h	0,061	0,010	0,010		0,027

**Tabelle 11** Mess- und Rechenwerte, Sichterfilter ZM4, Quelle 36

Messung Nr.		1	2	3	
Datum:	Tag/Monat	27.07.	27.07.	27.07.	Mittelwerte
Messbeginn:	Uhrzeit	9:55	10:30	11:05	
Fläche:	m <sup>2</sup>	2,011			
Absaugezeit:	min	30	30	30	
Betriebszustand:		RB	RB	RB	
Barometerstand:	hPa	966	966	966	
<b>Abgaszusammensetzung</b>					
Sauerstoff:	Vol.-%	21,0	21,0	21,0	
Kohlenmonoxid:	Vol.-%	0,000	0,000	0,000	
Kohlendioxid:	Vol.-%	0,0	0,0	0,0	
Gasfeuchte (Norm feucht):	Vol.-%	21,3	21,3	21,3	
Taupunkt der Abgase:	°C	57,8	57,8	57,8	
<b>Dichte der Abgase</b>					
Normzustand trocken:	kg/m <sup>3</sup>	1,293	1,293	1,293	
Normzustand feucht:	kg/m <sup>3</sup>	1,207	1,207	1,207	
<b>Temperatur</b>					
Geschwindigkeitsmessung:	°C	87	87	87	
Staubmessung:	°C	87	87	87	
Gasuhr:	°C	25	25	25	
<b>Druck</b>					
Statischer Druck:	hPa	-0,2	-0,2	-0,2	
Gasuhr:	hPa	0	0	0	
Wirkdruck (Wurzelwert):	(hPa) <sup>1/2</sup>	0,283	0,283	0,283	
Gasgeschwindigkeit:	m/s	4,3	4,3	4,3	
<b>Gasstrom</b>					
Betriebszustand:	m <sup>3</sup> /h	31.000	31.000	31.000	
Normzustand feucht:	m <sup>3</sup> /h	22.400	22.400	22.400	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	18.500	18.500	18.500	
<b>Gasuhr</b>					
Betriebszustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	1,886	1,824	1,856	
Normzustand trocken:	m <sup>3</sup> /h	1,647	1,593	1,621	
Sonde:	m <sup>3</sup> /h	2,763	2,673	2,719	
Isokinetik vs / vg:	%	16,5	12,7	14,6	
Sondendurchmesser:	mm	14	14	14	
<b>Reingasstaubgehalt</b>					
Betriebszustand:	mg/m <sup>3</sup>	0,9	0,4	0,3	
Normzustand feucht:	mg/m <sup>3</sup>	1,3	0,5	0,5	
Normzustand trocken:	mg/m <sup>3</sup>	1,5	0,6	0,6	0,9
Feldblindwert*:	mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,3	0,3	
<b>Staubmasse</b>					
Filter / Spüllösung:	mg/Probe	1,3	0,5	0,4	
<b>Massenströme</b>					
Staubmassenstrom:	kg/h	0,029	0,012	0,010	0,017