

Umweltforschungsplan
Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation,
Building and Nuclear Safety
Themenschwerpunkt 9: Luftreinhaltung/ Lärmschutz/ Nachhaltige Mobilität
Innovative Techniken (Teilvorhaben 08)
Forschungskennzahl (FKZ) (UFOPLAN) 3712 43 314 / 08

Untersuchung der Quarzfeinstaubemissionen bei der Verarbeitung quarzhaltiger Gesteinskörnungen

von

Dipl.-Ing. (FH) Frank Stöcklein

Dipl. Ing. (FH) Martin Heirich

Dipl. Ing. (FH) Daniela Bubalo

Müller-BBM GmbH

Robert-Koch-Straße 11, 82152 Planegg

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTS

Februar 2014

Berichtskennblatt

Berichtsnummer	UBA-FB 00
Titel des Berichts	Untersuchung der Quarzfeinstaubemissionen bei der Verarbeitung quarzhaltiger Gesteinskörnungen
Autor(en) (Name, Vorname)	Dipl.-Ing. (FH) Frank Stöcklein Dipl. Ing. (FH) Martin Heirich Dipl. Ing. (FH) Daniela Bubalo
Durchführende Institution (Name, Anschrift)	Müller-BBM GmbH Robert-Koch-Straße 11 82152 Planegg
Fördernde Institution	Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau
Abschlussjahr	2014
Forschungskennzahl (FKZ)	3712 43 314 / 08
Seitenzahl des Berichts	66
Zusätzliche Angaben	Müller-BBM Bericht-Nr.: M102076/11 (Abschlussbericht) Die Ergebnisse der Einzelmessungen sind in folgenden Emissionsmessberichten dargestellt: Müller-BBM Bericht M102076/05 vom 04.06.2013 Müller-BBM Bericht M102076/06 vom 10.06.2013 Müller-BBM Bericht M102076/09 vom 12.08.2013 Müller-BBM Bericht M102076/10 vom 10.09.2013
Schlagwörter	Quarzfeinstaub, Quarz, Quarzit, Quarzporphyr, Messprogramm, PM4, Emissionsmessungen, Gesteinskörnungen

Report Cover Sheet

Report No.	UBA-FB 00
Report Title	Investigation on the respirable crystalline silica fine dust emissions in the processing of quartzous aggregates
Author(s) (Family Name, First Name)	Dipl.-Ing. (FH) Frank Stöcklein Dipl. Ing. (FH) Martin Heirich Dipl. Ing. (FH) Daniela Bubalo
Performing Organisation (Name, Address)	Müller-BBM GmbH Robert-Koch-Straße 11 82152 Planegg
Funding Agency	Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau
Report Date (Year)	2014
Project No. (FKZ)	3712 43 314 / 08
No. of Pages	66
Supplementary Notes	Müller-BBM Report-No.: M102076/11 (Final Report) The results of the individual measurements are presented in the following emission measurement reports: Müller-BBM Report M102076/05 of 2013-06-04 Müller-BBM Report M102076/06 of 2013-06-10 Müller-BBM Report M102076/09 of 2013-08-12 Müller-BBM Report M102076/10 of 2013-09-10
Keywords	Respirable crystalline silica, Quartz sand, Quartzite, Rhyolite, Measurement campaign, PM4, Emission monitoring, Aggregate

Kurzbeschreibung

Im Rahmen eines Messprogrammes, das Untersuchungen an insgesamt 16 Produktionsanlagen in Bayern, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Sachsen vorsieht, waren von Müller-BBM im Auftrag des Umweltbundesamtes Emissionsmessungen an sechs Anlagen in den Ländern Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen durchzuführen. Dabei sollten insgesamt 6 Emissionsquellen an vier Standorten beprobt werden.

Ziel des Messprogrammes war die Erarbeitung einer repräsentativen Datenbasis zur Bewertung der Quarzfeinstaubemissionen (PM 4) an Anlagen zur Aufbereitung von Quarzsanden, Quarzit und anderen quarzhaltigen Gesteinskörnungen. Der Fokus lag dabei auf besonders fortschrittlichen Anlagen, die dem derzeitigen Stand der Technik entsprechen.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse dieser Messungen abschließend zusammen. Dabei werden Messergebnisse, die im gleichen Zeitraum durch die Landesämter aus Bayern, Sachsen-Anhalt und Sachsen ermittelt wurden, in den Bericht integriert.

Abweichend von der ursprünglichen Aufgabenstellung (Durchführung der Probenahme durch jeweils drei Einzelmessungen über eine Probenahmedauer von jeweils 30 Minuten) wurde im Rahmen der Vorbesprechung am (14.08.2012 in Berlin) festgelegt, dass die Anzahl der Probenahmen und die Probenahmedauer operativ im Rahmen der jeweiligen Messdurchführung bestimmt wird. Zielsetzung war dabei eine Probenahmedauer anzustreben, die die Sammlung wägbarer Staubmengen der PM 4-Fraktion ermöglicht.

Die Entscheidung vor Ort erfolgte auf Basis des visuellen Eindrucks von den Proben bzw. durch überschlägige Vorwägung der beprobten Gesamtstaubfilter. Hierbei wurde eine Verminderung der absoluten Probenzahl zugunsten einer Verbesserung der Aussagekraft der Einzelproben in Kauf genommen, wobei eine Gesamtprobenahmedauer von 90 Minuten je Emissionsquelle nicht unterschritten wurde.

Abstract

Within the scope of a measurement campaign providing investigations at in total 16 production plants in Bavaria, Hesse, Lower Saxony, North Rhine-Westphalia, Saxony-Anhalt and Saxony Müller-BBM was to carry out emission measurements at six plants in the federal states of Hesse, Lower Saxony and North Rhine-Westphalia on behalf of the German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt).

In this context samples should be taken for in total 6 emission sources at four sites.

The measurement campaign aimed at developing a representative data base for the evaluation of crystalline silica fine dust emissions. In plants for the processing of quartz sands, quartzite and other quartzous aggregates. In doing so, the main focus was laid on particularly advanced plants, which comply with the current state-of-the-art.

In the report at hand the results of these measurements are summed up in a final compilation. At the same time, results measured by the regional authorities of Bavaria, Saxony-Anhalt and Saxony over the same period of time are integrated into the report.

Other than the original task (sampling by always three individual measurements, each with a sampling time of 30 minutes) it was agreed in the preliminary meeting on 14 August 2012 in Berlin that the duration and number of samplings should always be adapted to the operational process for a respective measurement. Here, the purpose was to achieve a sampling duration that enables the collection of weighable dust quantities of the PM 4 fraction.

The on-site decision was based on the visual impression of the samples respectively by roughly estimated preliminary weighing of the total dust filters used for sample-taking. In this connection a reduction of the absolute number of samples was accepted in favor of an optimized informative value of the individual samples; the overall sampling duration per emission source never was less than 90 minutes.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	9
Zusammenfassung	12
Summary	16
1 Einleitung und Aufgabenstellung	20
1.1 Einführung in die Thematik	20
1.2 Auftraggeber	20
1.3 Aufgabenstellung	21
2 Vorgehensweise / Methodik	22
2.1 Vorgehensweise / Strategie	22
2.2 Probenahmetechnik	22
3 Betriebszustand der Anlage während der Messungen	33
3.1 Produktionsanlage	33
3.2 Abgasreinigungsanlagen	33
4 Zusammenstellung der Ergebnisse	35
4.1 Auswertung der Messergebnisse	35
5 Zusammenfassung	52
6 Anhang: Zusammenstellung der Ergebnisse	56
6.1 Messergebnisse der Messungen der Müller-BBM GmbH an Anlagen in Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen	56
6.2 Messergebnisse der Messungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU)	65
6.3 Ergebnisse der Messungen des Landesamtes für Umwelt (LAU) Sachsen-Anhalt	75
6.4 Ergebnisse der Messungen im Auftrage des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) Sachsen	78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Häufigkeitsverteilung der Gesamtstaubkonzentration aller Messwerte. (Der Auswertung liegen 50 Messwerte zugrunde.)	39
Abbildung 2. Häufigkeitsverteilung der Feinstaubkonzentration aller Messwerte.	41
Abbildung 3. Häufigkeitsverteilung der Quarzkonzentration im Feinstaub aller Messwerte.	43
Abbildung 4. Häufigkeitsverteilung der Staubkonzentration im Abgas der Brech- und Klassieranlagen.	45
Abbildung 5. Häufigkeitsverteilung der Staubkonzentration im Abgas der Trocknungsanlagen.	45
Abbildung 6. Häufigkeitsverteilung der Feinstaubkonzentration im Abgas der Brech- und Klassieranlagen.	46
Abbildung 7. Häufigkeitsverteilung der Feinstaubkonzentration im Abgas der Trocknungsanlagen.	46
Abbildung 8. Häufigkeitsverteilung der Quarzkonzentration im Feinstaub (PM 4) der Brech- und Klassieranlagen.	47
Abbildung 9. Häufigkeitsverteilung der Quarzkonzentration im Feinstaub (PM 4) Trocknungsanlagen.	47
Abbildung 10. Quarzkonzentration im Feinstaub (PM 4) mit den entsprechenden Gesamtstaubkonzentrationen.	48
Abbildung 11. Abhängigkeit der Feinstaubkonzentration (PM 4) von der Gesamtstaubkonzentration, absolut (Massenkonzentration) und relativ (prozentual).	49
Abbildung 12. Abhängigkeit der Quarzkonzentration im Feinstaub (PM 4) von der Gesamtstaubkonzentration, absolut (Massenkonzentration) und relativ (prozentual).	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Untersuchungsumfang.	12
Tabelle 2. Messergebnisse der untersuchten Anlagen.	13
Tabelle 3. Ergebnisse Quarzkonzentration im Feinstaub PM 4 und Gesamtstaub mit Quarzgehalten > 5 Gew.%. Table 4. Scope of the investigations.	15 16
Table 5. Measurement results of the investigated plants.	17
Table 6. Results quartz concentration in particulate matter PM 4 and total dust with quartz contents > 5 wt%. Tabelle 7. Prüfgase (exemplarisch).	19 25
Tabelle 8. Zuordnung der Anlagen zu den Emissionsmessberichten.	33
Tabelle 9. Übersicht der installierten Abgasreinigungseinrichtungen.	34
Tabelle 10. Gesamtbestand der untersuchten Anlagen.	35
Tabelle 11. Verteilung der Anlagentypen.	37
Tabelle 12. Ergebnisse Gesamtstaub.	38
Tabelle 13. Ergebnisse Feinstaub PM 4.	40
Tabelle 14. Ergebnisse Quarzkonzentration im Feinstaub PM 4.	42
Tabelle 15. Ergebnisse der Messungen an 7 Brech- und Klassieranlagen.	43
Tabelle 16. Ergebnisse der Messungen an 8 Trockneranlagen.	44
Tabelle 17. Ergebnisse Quarzkonzentration im Feinstaub PM 4 und Gesamtstaub.	50
Tabelle 18. Untersuchungsumfang.	52
Tabelle 19. Messergebnisse der untersuchten Anlagen.	53
Tabelle 20. Ergebnisse Quarzkonzentration im Feinstaub PM 4 und Gesamtstaub mit Quarzgehalten > 5 Gew.%. Tabelle 21. Charakterisierung der untersuchten Anlagen.	55 56
Tabelle 22. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 1 und 2.	56
Tabelle 23. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 3 und 4.	57
Tabelle 24. Messergebnisse Anlage 2.	58
Tabelle 25. Messergebnisse Anlage 3.	59
Tabelle 26. Messergebnisse Anlage 4 (Sandtrocknung).	60
Tabelle 27. Messergebnisse Anlage 1.	61
Tabelle 28. Messergebnisse Anlage 2.	61
Tabelle 29. Messergebnisse Anlage 3 (Sandtrocknung).	61
Tabelle 30. Messergebnisse Anlage 4 (Sandtrocknung).	61
Tabelle 31. Messergebnisse Anlage 1 (Brech- und Klassieranlage).	62
Tabelle 32. Messergebnisse Anlage 2 (Sandtrocknungsanlage).	62

Tabelle 33. Messergebnisse Anlage 3 (Sandtrochnungsanlage).	63
Tabelle 34. Messergebnisse Anlage 4 (Sandtrochnungsanlage).	63
Tabelle 35. Messergebnisse Anlage 1 (Brech- und Klassieranlage).	64
Tabelle 36. Messergebnisse Anlage 2 (Sandtrochnungsanlage).	64
Tabelle 37. Messergebnisse Anlage 3 (Sandtrochnungsanlage).	64
Tabelle 38. Messergebnisse Anlage 4 (Sandtrochnungsanlage).	64
Tabelle 39. Charakterisierung der untersuchten Anlagen.	65
Tabelle 40. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 5.	65
Tabelle 41. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 6 (Farbsandofen).	66
Tabelle 42. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 7.	66
Tabelle 43. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 8.	67
Tabelle 44. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 9.	67
Tabelle 45. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 10.	68
Tabelle 46. Messergebnisse Anlage 5 (Brech- und Klassieranlage (Granit)).	69
Tabelle 47. Messergebnisse Anlage 6 (Farbsandofen).	69
Tabelle 48. Messergebnisse Anlage 7 (Brech- und Klassieranlage (Kieswerk)).	69
Tabelle 49. Messergebnisse Anlage 8 (Quarzsandtrockner 1).	69
Tabelle 50. Messergebnisse Anlage 9 (Quarzsandtrockner 2).	70
Tabelle 51. Messergebnisse Anlage 10 (Sandklassier- und -sichteranlage).	70
Tabelle 52. Messergebnisse Anlage 5 (Brech- und Klassieranlage (Granit)).	71
Tabelle 53. Messergebnisse Anlage 6 (Farbsandofen).	71
Tabelle 54. Messergebnisse Anlage 7 (Brech- und Klassieranlage (Kieswerk)).	71
Tabelle 55. Messergebnisse Anlage 8 (Quarzsandtrockner 1).	71
Tabelle 56. Messergebnisse Anlage 9 (Quarzsandtrockner 2).	72
Tabelle 57. Messergebnisse Anlage 10 (Sandklassier- und -sichteranlage).	72
Tabelle 58. Messergebnisse Anlage 5 (Granit Brech- und Klassieranlage).	73
Tabelle 59. Messergebnisse Anlage 6 (Farbsandofen).	73
Tabelle 60. Messergebnisse Anlage 7 (Kieswerk Brech- und Klassieranlage).	73
Tabelle 61. Messergebnisse Anlage 8 (Quarzsandtrockner 1).	73
Tabelle 62. Messergebnisse Anlage 9 (Quarzsandtrockner 2).	74
Tabelle 63. Messergebnisse Anlage 10 (Sandklassier- und -sichteranlage).	74
Tabelle 64. Charakterisierung der untersuchten Anlagen.	75
Tabelle 65. Messergebnisse Anlage 11 (Rohrmühle 4).	75
Tabelle 66. Messergebnisse Anlage 12 (Sandtrochnung).	75
Tabelle 67. Messergebnisse Anlage 11 (Rohrmühle 4).	76

Tabelle 68. Messergebnisse Anlage 12 (Sandtrocknung).	76
Tabelle 69. Messergebnisse Anlage 11 (Rohrmühle 4).	76
Tabelle 70. Messergebnisse Anlage 12 (Sandtrocknung).	77
Tabelle 71. Messergebnisse Anlage 11 (Rohrmühle 4).	77
Tabelle 72. Messergebnisse Anlage 12 (Sandtrocknung).	77
Tabelle 73. Charakterisierung der untersuchten Anlagen.	78
Tabelle 74. Messergebnisse Anlage 13.1 (Kegelbrecher).	78
Tabelle 75. Messergebnisse Anlage 13.2 (Edelsplittanlage).	78
Tabelle 76. Messergebnisse Anlage 13.1 (Kegelbrecher).	79
Tabelle 77. Messergebnisse Anlage 13.2 (Edelsplittanlage).	79
Tabelle 78. Messergebnisse Anlage 13.1 (Kegelbrecher).	80
Tabelle 79. Messergebnisse Anlage 13.2 (Edelsplittanlage).	80
Tabelle 80. Messergebnisse Anlage 13.1 (Kegelbrecher).	80
Tabelle 81. Messergebnisse Anlage 13.2 (Edelsplittanlage) *) .	80

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Messprogrammes, das Untersuchungen an insgesamt 16 Produktionsanlagen in Bayern, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Sachsen vorsieht, waren von Müller-BBM im Auftrag des Umweltbundesamtes Emissionsmessungen an sechs Anlagen in den Ländern Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen durchzuführen. Dabei sollten insgesamt 6 Emissionsquellen an vier Standorten beprobt werden.

Ziel des Messprogrammes war die Erarbeitung einer repräsentativen Datenbasis zur Bewertung der Quarzfeinstaubemissionen (PM 4) an Anlagen zur Aufbereitung von Quarzsanden, Quarzit und anderen quarzhaltigen Gesteinskörnungen. Der Fokus lag dabei auf besonders fortschrittlichen Anlagen, die dem derzeitigen Stand der Technik entsprechen.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse dieser Messungen abschließend zusammen. Dabei werden Messergebnisse, die im gleichen Zeitraum durch die Landesämter aus Bayern, Sachsen-Anhalt und Sachsen ermittelt wurden, in den Bericht integriert.

Tabelle 1. Untersuchungsumfang.

	Gesamtstaub	Feinstaub (PM 4)	Quarz im Feinstaub
Anzahl Messwerte	59	45	44
Mittelwert	8,2 mg/m ³	2,3 mg/m ³	0,4 mg/m ³
Median	1,1 mg/m ³	0,4 mg/m ³	0,02 mg/m ³

Sieben der untersuchten Anlagen können den Brech- und Klassieranlagen zugeordnet werden. Bei acht der untersuchten Anlagen handelt es sich um Trocknungsanlagen. Eine Anlage war eine reine Mahlanlage.

Tabelle 2. Messergebnisse der untersuchten Anlagen.

	Bezeichnung	Typ	Filter	Gesamtstaub		Feinstaub PM 4		Quarz im Feinstaub PM 4	
				Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
				[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]
Anlage 1.1	Vorbrechanlage	BuK-Anlage	X	1,2	1,8	0,31	0,39	0,003	0,003
Anlage 1.2	Edelsplittanlage	BuK-Anlage	X	0,6	0,9	0,27	0,32	0,003	0,003
Anlage 2.1	Feinsandtrocknung	Sandtrocknung	X	6,3	7,8	2,4	2,8	0,66	0,83
Anlage 2.2	Grobsandtrocknung	Sandtrocknung	X	0,5	0,7	0,05	0,1	0,029	0,033
Anlage 3	Sandtrocknung	Sandtrocknung	X	57,1	73,2	11,5	16,0	6,4	8,6
Anlage 4	Sandtrocknung	Sandtrocknung	X	1,3	2,2	0,09	0,14	0,005	0,007
Anlage 5	Granitbrechanlage	BuK-Anlage	X	1,3	4,0	0,17	0,21	0,007	0,010
Anlage 6	Farbsandofen	Sandtrocknung	X	0,2	0,3	0,04	0,07	0,002	0,002
Anlage 7	Kieswerk	BuK-Anlage	X	0,3	0,4	0,02	0,02	0,020	0,020
Anlage 8	Quarzsandtrockner 1	Sandtrocknung	X	13,1	38,5	1,7	3,7	0,021	0,036
Anlage 9	Quarzsandtrockner 2	Sandtrocknung	X	1,1	1,4	0,49	0,65	0,030	0,038
Anlage 10	Sandklassier- und -sichteranlage	Klassieranlage	X	0,2	0,2	0,01	0,01	0,008	0,008
Anlage 11	Rohrmühle	Mahlanlage	X	2,0	2,1	0,97	1,03	0,54	0,58
Anlage 12	Trocknungsanlage	Sandtrocknung	X	0,1	0,1	0,05	0,05	0,003	0,004
Anlage 13.1	Kegelbrecher	BuK-Anlage	X	11,1	13,1	3,8	5,6	0,12	0,20
Anlage 13.2	Edelsplittanlage	BuK-Anlage	X	26,7	29,0	15,7	19,4	0,70	0,79

Aus der Auswertung der Untersuchungsergebnisse (4.5 des vorliegenden Berichtes) können die nachstehenden Aussagen abgeleitet werden.

- Die untersuchten Anlagen unterschreiten überwiegend eine Konzentration von kristallinem Quarz im Feinstaub des Abgases von 1 mg/m^3 . Zwei der 44 untersuchten Proben (entsprechend 5 %) liegen über einem Quarzgehalt von 1 mg/m^3 .
- Alle Anlagen die eine Konzentration an kristallinem Quarz im Feinstaub im Abgas der Anlagen von $> 1 \text{ mg/m}^3$ überschreiten, überschreiten gleichsam eine Gesamtstaubkonzentration von 20 mg/m^3 . Die Überschreitung der Gesamtstaubkonzentration an den betreffenden Anlagen ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine eingeschränkte Funktion der jeweiligen Entstaubungseinrichtung zurückzuführen. Ursache hierfür ist vermutlich eine nicht ausreichende Wartung, oder eine akute Störung der Filterentstaubung.
- Eine Unterscheidung der gemessenen Konzentrationen der Parameter Gesamtstaub, Feinstaub (PM 4) Quarz im Feinstaub nach den untersuchten Anlagentypen (Brech- und Klassieranlagen, Trocknungsanlagen) zeigt keine signifikanten Merkmale.
- Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verwendung vergleichbarer Abgasreinigungstechniken (alle Anlagen verfügen über Gewebefilterentstaubungen) eventuelle Unterschiede aufgrund der Genese der Emissionen überlagern.
- Die Untersuchung der gasförmigen Abgasbestandteile Sauerstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, angegeben als Stickstoffdioxid sowie Schwefeldioxid liefert keinen Anhaltspunkt für eine Korrelation mit der Emission partikulärer Stoffe. Auf eine Darstellung entsprechender Korrelationen wurde verzichtet.
- Der mittlere Anteil von Feinstaub (PM 4) am Gesamtstaub aller plausiblen Proben, deren Feinstaub- sowie Gesamtstaubgehalt über der jeweiligen Nachweisgrenze lag, beträgt 31 % (Standardabweichung 17%).
Die Streuung der Messwerte wird bei dieser Betrachtung besonders stark durch Werte knapp an der Nachweisgrenze des jeweiligen Messverfahrens geprägt. Diese weisen naturgemäß eine vergleichsweise hohe relative Messunsicherheit auf, so dass das Verhältnis zweier unsicherer Messgrößen überproportional durch die zufällige Lage der jeweiligen Toleranzfelder bestimmt wird.
- Obwohl im Rahmen der Untersuchungen in keiner Probe, in der der Gesamtstaubgehalt unter 20 mg/m^3 lag, eine Konzentration von kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) $> 1 \text{ mg/m}^3$ nachgewiesen wurde, zeigen die Messergebnisse, dass an Standorten mit entsprechend hohem Anteil an kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) auch bei der Unterschreitung einer Gesamtstaubkonzentration von 20 mg/m^3 mit der Überschreitung von 1 mg/m^3 kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) gerechnet werden muss. Zehn von 33 Einzelmesswerten (entsprechend 30 % der ausgewerteten Proben) weisen spezifische Gehalte an kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) $> 5 \text{ Gew.-%}$ auf.

Tabelle 3. Ergebnisse Quarzkonzentration im Feinstaub PM 4 und Gesamtstaub mit Quarzgehalten > 5 Gew. %.

		Gesamtstaub [mg/m ³]	Quarz in PM 4 [mg/m ³]	Rel. Quarzgehalt [%]
Anlage 2.1	Messung 1	5,3	0,49	9,3
	Messung 2	5,9	0,83	14,1
Anlage 2.2	Messung 1	0,15	0,025	16,7
Anlage 3	Messung 1	41,5	4,2	10,1
	Messung 3	73,2	8,6	11,7
Anlage 6	Messung 1	0,3	0,02	6,7
Anlage 11	Messung 1	2,1	0,53	25,2
	Messung 2	1,8	0,52	28,9
	Messung 3	2,0	0,58	29,0
Anlage 12	Messung 3	0,04	0,004	10,0

Bei diesen Anteilen an Quarzfeinstaub an der Gesamtstaubkonzentration kann (möglicherweise aufgrund standortspezifischer Charakteristika) auch bei der Unterschreitung einer Gesamtstaubkonzentration von 20 mg/m³ nicht mehr auf eine Unterschreitung der Quarzfeinstaub (PM 4)-Konzentration von 1 mg/m³ geschlossen werden

Summary

Within the scope of a measurement campaign providing investigations at in total 16 production plants in Bavaria, Hesse, Lower Saxony, North Rhine-Westphalia, Saxony-Anhalt and Saxony Müller-BBM was to carry out emission measurements at six plants in the federal states of Hesse, Lower Saxony and North Rhine-Westphalia on behalf of the German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt).

In this context samples should be taken for in total 6 emission sources at four sites.

The measurement campaign aimed at developing a representative data base for the evaluation of crystalline silica fine dust emissions in plants for the processing of quartz sands, quartzite and other quartzous aggregates. In doing so, the main focus was laid on particularly advanced plants, which comply with the current state-of-the-art.

In the report at hand the results of these measurements are summed up in a final compilation. At the same time, results measured by the regional authorities of Bavaria, Saxony-Anhalt and Saxony over the same period of time are integrated into the report.

Table 4. Scope of the investigations.

	Total dust	Particulate matter (PM 4)	Quartz in particulate matter
Number of measured values	59	45	44
Average value	8.2 mg/m ³	2.3 mg/m ³	0.4 mg/m ³
Median	1.1 mg/m ³	0.4 mg/m ³	0.02 mg/m ³

Seven of the investigated plants can be classified as crushers or sorting plants, eight are drying plants, one plant was a pure grinding mill.

Table 5. Measurement results of the investigated plants.

	description	type	Filter	total dust		particulate matter PM 4		quartz in particulate matter PM 4	
				average value	maximum	average value	maximum	average value	maximum
				[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]
Plant 1.1	pre-crushing plant	crusher and sorting plant	X	1,2	1,8	0,31	0,39	0,003	0,003
Plant 1.2	high-quality chippings plant	crusher and sorting plant	X	0,6	0,9	0,27	0,32	0,003	0,003
Plant 2.1	fine sand drying plant	sand drying plant	X	6,3	7,8	2,4	2,8	0,66	0,83
Plant 2.2	coarse sand drying plant	sand drying plant	X	0,5	0,7	0,05	0,1	0,029	0,033
Plant 3	sand drying plant	sand drying plant	X	57,1	73,2	11,5	16,0	6,4	8,6
Plant 4	sand drying plant	sand drying plant	X	1,3	2,2	0,09	0,14	0,005	0,007
Plant 5	granite crushing plant	crusher and sorting plant	X	1,3	4,0	0,17	0,21	0,007	0,010
Plant 6	coloured sands furnace	sand drying plant	X	0,2	0,3	0,04	0,07	0,002	0,002
Plant 7	gravel plant	crusher and sorting plant	X	0,3	0,4	0,02	0,02	0,020	0,020
Plant 8	quartz sand drying plant 1	sand drying plant	X	13,1	38,5	1,7	3,7	0,021	0,036
Plant 9	quartz sand drying plant 2	sand drying plant	X	1,1	1,4	0,49	0,65	0,030	0,038
Plant 10	grit separating and classifying plant	sorting plant	X	0,2	0,2	0,01	0,01	0,008	0,008
Plant 11	tube mill	grinding plant	X	2,0	2,1	0,97	1,03	0,54	0,58
Plant 12	drying plant	sand drying plant	X	0,1	0,1	0,05	0,05	0,003	0,004
Plant 13.1	cone crusher	crusher and sorting plant	X	11,1	13,1	3,8	5,6	0,12	0,20
Plant 13.2	high-quality chippings plant	crusher and sorting plant	X	26,7	29,0	15,7	19,4	0,70	0,79

From the evaluation of the measurement results (4.5 of the report at hand) the following statements can be derived.

- The plants under examination predominantly show concentrations of crystalline silica in the particulate matter of the exhaust gas, which lie below 1 mg/m³. Two of the 44 investigated samples (equal to 5 %) have a quartz content of more than 1 mg/m³.
- All those plants exceeding a concentration of crystalline silica in the particulate matter of the exhaust gas of > 1 mg/m also exceed a total dust concentration of 20 mg/m³. The exceedance of the total dust concentration in the respective plants is most likely due to a reduced function of the respective dust separation system. This is probably caused by insufficient maintenance or by a prevailing breakdown of the filtration system.
- A differentiation between the concentrations measured for the parameters total dust, particulate matter (PM 4) and quartz in particulate matter with regard to the different plant types under investigation (crushing plants, sorting plants, drying plants) does not show any significant characteristics.
- It can be assumed that the use of comparable exhaust gas purification techniques (all plants are equipped with fabric filter dust separation systems) has a blending effect on potential differences owing to the genesis of emissions.
- The examination of the gaseous exhaust gas components oxygen, carbon dioxide, carbon monoxide, nitrogen monoxide and nitrogen dioxide, indicated as nitrogen dioxide as well as sulphur dioxide gives no evidence for a correlation with the emission of particulate substances. The presentation of respective correlations was dispensed with.
- The average content of particulate matter (PM 4) in total dust of all plausible samples with contents of both particulate matter and total dust over the respective detection threshold is 31 % (standard deviation 17 %).
In this consideration, the scattering of measurement values is in particular strongly marked by values shortly close to the detection threshold of the applicable measurement method. Naturally, these show a relatively high measurement uncertainty, so that the relation between two doubtful measurement parameters is disproportionally determined by the random position of the relevant tolerance zones.
- Although concentrations of crystalline silica in particulate matter (PM 4) > 1 mg/m³ were not detected in any of the samples, in which the total dust content was below 20 mg/m³, the measurement results show that at sites with accordingly high concentrations of crystalline silica in particulate matter (PM 4) it must be expected that the value of 1 mg/m³ crystalline silica in particulate matter (PM 4) will be exceeded even if the total dust concentration remains below 20 mg/m³. Ten out of 33 individual measurement values (equivalent to 30 % of the analysed samples) show specific contents of crystalline silica in particulate matter (PM 4) > 5 wt%.

Table 6. Results quartz concentration in particulate matter PM 4 and total dust with quartz contents > 5 wt%.

		total dust [mg/m ³]	quartz in PM 4 [mg/m ³]	rel. quartz content [%]
Plant 2.1	measurement 1	5.3	0.49	9.3
	measurement 2	5.9	0.83	14.1
Plant 2.2	measurement 1	0.15	0.025	16.7
Plant 3	measurement 1	41.5	4.2	10.1
	measurement 3	73.2	8.6	11.7
Plant 6	measurement 1	0.3	0.02	6.7
Plant 11	measurement 1	2,1	0,53	25,2
	measurement 2	1,8	0,52	28,9
	measurement 3	2,0	0,58	29,0
Plant 12	measurement 3	0.04	0.004	10.0

With these contributions of quartz particulate matter to the total dust concentration it is not anymore possible to conclude that the concentrations of quartz particulate matter (PM 4) will be below 1 mg/m³ even when the total dust concentration will not reach 20 mg/m³ (possibly due to site-specific characteristics).

Einleitung und Aufgabenstellung

Einführung in die Thematik

Im Rahmen der Gewinnung und Aufbereitung von Bau- und Rohstoffen erfolgt an vielen Standorten in Deutschland die Ausbeutung natürlicher Mineralvorkommen. Die Gewinnung und Aufbereitung dieser Mineralstoffe (brechen, klassieren, trocknen, etc.) geht mit der Entwicklung staubförmiger Emissionen einher, deren Konzentration durch das technische Regelwerk typischerweise mit einem Gesamtstaub-Emissionswert von 20 mg/m^3 begrenzt wird.

Die Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002 regelt die Gesamtstaub-Emissionen wie folgt:

„5.2.1 Gesamtstaub einschließlich Feinstaub

Die im Abgas enthaltenen staubförmigen Emissionen dürfen

den Massenstrom *0,20 kg/h*

oder

die Massenkonzentration *20 mg/m³*

nicht überschreiten.“

Unabhängig von diesem allgemeinen Emissionsgrenzwert sind je nach Produkt und Geologie des Vorkommens die in diesem Zusammenhang verarbeiteten Minerale heterogen zusammengesetzt und insbesondere im Hinblick auf ihre physiologische Relevanz unterschiedlich. Neben anderen Stoffen kann Siliziumdioxid (SiO_2) in verschiedenen Modifikationen und in praktisch jedem Massenanteil enthalten sein.

Laut Beschluss des Arbeitskreises Gefahrstoffe (AGS) vom Mai 2002 besteht die Einschätzung, dass alveolengängiger, quarzhaltiger Feinstaub (gemeint ist hier kristalliner Quarz, eine Modifikation von SiO_2 in der PM 4-Fraktion) ein krebserregendes Potential aufweist. Auf der Basis dieser Einschätzung und in Verbindung mit Ziffer 5.2.7.1.1 Absatz 3 TA Luft

„Soweit Zubereitungen nach §4 GefStoffV einzustufen sind, sollen die Inhaltstoffe der Zubereitungen und deren Anteile ermittelt und bei der Festlegung von Emissionsgrenzwerten berücksichtigt werden.“

wird die Konzentration der entsprechenden Emissionen begrenzt.

Ein Emissionsgrenzwert von 1 Milligramm kristallinem Quarz und Cristobalit im Feinstaub (PM 4-Fraktion) je Kubikmeter Abgas (im Normzustand, trocken), entsprechend einer Einstufung in Klasse 3 nach 5.2.7.1.1 TA Luft von kristallinem Quarz inkl. Cristobalit und Tridymit kann aus diesem Zusammenhang abgeleitet werden.

Auftraggeber

Umweltbundesamt Dessau
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau

Aufgabenstellung

Im Rahmen eines Messprogrammes, das Untersuchungen an insgesamt 16 Produktionsanlagen in Bayern, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Sachsen vorsieht, waren von Müller-BBM im Auftrag des Umweltbundesamtes Emissionsmessungen an sechs Anlagen in den Ländern Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen durchzuführen. Dabei sollten insgesamt 6 Emissionsquellen an vier Standorten beprobt werden.

Ziel des Messprogrammes war die Erarbeitung einer repräsentativen Datenbasis zur Bewertung der Quarzfeinstaubemissionen (PM 4) an Anlagen zur Aufbereitung von Quarzsanden, Quarzit und anderen quarzhaltigen Gesteinskörnungen. Der Fokus lag dabei auf besonders fortschrittlichen Anlagen, die dem derzeitigen Stand der Technik entsprechen.

Die Durchführung der Messungen sollte jeweils durch zeitgleiche Messung der Konzentration von Gesamtstaub und der Feinstaubfraktion PM 4 im geführten Abgas der Anlagen erfolgen. An vier der sechs Quellen erfolgte zusätzlich die Bestimmung der Konzentration von Sauerstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, angegeben als Stickstoffdioxid sowie Schwefeldioxid.

Zusätzlich erfolgte die analytische Bestimmung der Konzentration des Anteils kristallinen Quarzes im abgeschiedenen Filterstaub der Feinstaubfraktion PM 4.

Diese Analysen erfolgten durch:

IGF Institut für Gefahrstoff-Forschung
der Berufsgenossenschaft
Rohstoffe und chemische Industrie

Die Ergebnisse der Einzelmessungen sind in den Emissionsmessberichten:

- Müller-BBM Bericht M102076/05 vom 04.06.2013
- Müller-BBM Bericht M102076/06 vom 10.06.2013
- Müller-BBM Bericht M102076/09 vom 12.08.2013
- Müller-BBM Bericht M102076/10 vom 10.09.2013

dokumentiert. Die Emissionsmessberichte sind nicht Bestandteil des Abschlussberichtes und nicht öffentlich zugänglich.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse dieser Messungen abschließend zusammen. Dabei werden Messergebnisse, die im gleichen Zeitraum durch die Landesämter aus Bayern, Sachsen-Anhalt und Sachsen ermittelt wurden, in den Bericht integriert.

Abweichend von der ursprünglichen Aufgabenstellung (Probenahme von jeweils drei Einzelmessungen über eine Probenahmedauer von jeweils 30 Minuten) wurde im Rahmen der Vorbesprechung am (14.08.2012 in Berlin) festgelegt, dass die Anzahl der Probenahmen und die Probenahmedauer operativ im Rahmen der jeweiligen Messdurchführung bestimmt wird. Zielsetzung war dabei eine Probenahmedauer anzustreben, die die Sammlung wägbarer Staubmengen der PM 4-Fraktion ermöglicht.

Die Entscheidung vor Ort erfolgte auf Basis des visuellen Eindrucks der Proben bzw. durch überschlägige Vorwägung der beprobten Filter.

Hierbei wurde eine Verminderung der absoluten Probenzahl zugunsten einer Verbesserung der Aussagekraft der Einzelproben in Kauf genommen, wobei eine Gesamtprobenahmedauer von 90 Minuten je Emissionsquelle nicht unterschritten wurde.

Vorgehensweise / Methodik

Vorgehensweise / Strategie

Die Messungen der Gesamtstaub-Konzentration und der Feinstaubfraktion PM 4 im geführten Abgas der Anlagen erfolgten zeitgleich. Es wurden jeweils zwei bis drei Einzelmessungen über eine Probenahmedauer von 30 bis 120 Minuten durchgeführt.

Abweichend von der ursprünglichen Aufgabenstellung (Probenahme von jeweils drei Einzelmessungen über eine Probenahmedauer von jeweils 30 Minuten) wurde im Rahmen der Vorbesprechung am (14.08.2012 in Berlin) festgelegt, dass die Anzahl der Probenahmen und die Probenahmedauer operativ im Rahmen der jeweiligen Messdurchführung bestimmt wird. Zielsetzung war dabei eine Probenahmedauer anzustreben, die die Sammlung wägbarer Staubmengen der PM 4-Fraktion ermöglicht. Die Entscheidung vor Ort erfolgte auf Basis des visuellen Eindrucks der Probe bzw. durch überschlägige Vorwägung der beprobten Filter.

An vier der sechs Quellen wurde zusätzlich die Abgaskonzentration von Sauerstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, angegeben als Stickstoffdioxid sowie Schwefeldioxid ermittelt.

Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich alle Konzentrationsangaben im vorliegenden Bericht auf trockenes Abgas im Normzustand (273,15 K und 1013 hPa).

Probenahmetechnik

Abgasrandbedingungen

Strömungsgeschwindigkeit

Prandtl'sches Staurohr in Verbindung mit elektronischem Mikromanometer

Hersteller/Typ: Airflow Lufttechnik GmbH/PVM620
(exemplarisch)

Hersteller-Nr.: 743018 (exemplarisch)

letzte Überprüfung / Kalibrierung: 29.01.2013 durch den Hersteller (exemplarisch)

Die Daten wurden zu Beginn der Messungen erhoben (kontinuierlicher Betrieb) und während der Messung kontrolliert.

Statischer Druck im Abgaskamin

s. 4.1.1

Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle

Digitalbarometer

Hersteller/Typ: Airflow Lufttechnik GmbH/DB1 (exemplarisch)

Hersteller-Nr.: ohne

letzte Überprüfung / Kalibrierung: am Tag der Messung

Referenzgerät: Hg-Barometer Lambrecht

Abgastemperatur

Thermometer

Hersteller/Typ: Hanna/HI93532K
mit Ni/CrNi-Fühler (exemplarisch)

Hersteller-Nr.: 314380 (exemplarisch)

letzte Überprüfung / Kalibrierung: 29.01.2013 im Rahmen des
Qualitätsmanagements
Müller-BBM (exemplarisch)

Die Daten wurden zu Beginn der Messungen erhoben (kontinuierlicher Betrieb).

Wasserdampfanteil im Abgas (Abgasfeuchte)

psychrometrische Differenzmethode

Abgasdichte

berechnet unter Berücksichtigung der Abgasanteile aus

- Sauerstoff (O₂)
- Kohlendioxid (CO₂)
- Luftstickstoff (N₂)
- Abgasfeuchte (Wasserdampfanteil im Abgas)
- sowie der Abgastemperatur und der Druckverhältnisse im Kanal

Abgasverdünnung

nicht erforderlich

Kontinuierliche Messverfahren

Messobjekte

- Sauerstoff (O₂)
- Kohlendioxid (CO₂)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Stickstoffoxide (NO_x), angegeben als NO₂
- Schwefeldioxid (SO₂)

Messverfahren

O ₂ :	magnetische Suszeptibilität, DIN EN 14789 Prüfanweisung 16-1A04pa, Müller-BBM
CO ₂ :	NDIR-Spektrometrie Prüfanweisung 16-1A04pa, Müller-BBM
CO:	NDIR-Spektrometrie, DIN EN 15058 Prüfanweisung 16-1A04pa, Müller-BBM
NO/NO ₂ :	Chemilumineszenz DIN EN 14792 Prüfanweisung 16-1A06pa, Müller-BBM
SO ₂ :	NDUV-Spektrometrie Prüfanweisung 16-1A04pa, Müller-BBM

Analysatoren

O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂:

Hersteller:	Horiba Europe GmbH
Typ:	PG-250AN
Baujahr:	2008
Hersteller-Nr.:	XCELJOV4
PMV Nr.:	7542
letzte Überprüfung / Kalibrierung:	02.2013 im Rahmen des Qualitätsmanagements Müller-BBM

Eingestellter Messbereich

O ₂ :	0... 25	Vol.-%
CO ₂ :	0... 20	Vol.-%
CO:	0... 200	ppm
NO:	0... 250	ppm
SO ₂ :	0 ... 200	ppm

Gerätetyp eignungsgeprüft

Horiba:

Eignungsprüfung; Bericht Nr. 936/809014; GMBL Nr. 19, 2001, Seite 387

(Kanal SO₂ ohne Eignungsprüfung).

Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	Edelstahl, Länge 1,0 m
Partikelfilter:	Quarzwatte in der Ansaugöffnung der Entnahmesonde
Probegasleitung	
- vor Gasaufbereitung:	3 m, beheizt auf 180 °C
- nach Gasaufbereitung:	max. 15 m
Messgasaufbereitung:	Messgaskühler
Hersteller/Typ:	Rosemount/RAE-S
Temperatur geregelt auf:	5 °C
Trockenmittel:	nicht vorhanden

Überprüfung der Gerätekenlinie mit folgenden Prüfgasen

Tabelle 7. Prüfgase (exemplarisch).

Prüfgase	Sauerstoff O ₂	Gasgemisch CO ₂ , CO und NO	Schwefeldioxid SO ₂
Hersteller	Außenluft	Air Liquide	Air Liquide
Konzentration	20,95 %	CO ₂ : 14,1 Vol.-% CO: 175 mg/m ³ NO: 272 mg/m ³	SO ₂ 250,1 mg/m ³
Rest	-	N ₂	N ₂
Analysentoleranz	± 0,1 %	± 2 %	± 2 %
Zertifikat	--	Hersteller	Hersteller
Datum	--	28.08.2012	06.12.2012
Stabilitätsgarantie	--	12 Monate	12 Monate
Garantiezeit eingehalten	--	ja	ja
Flaschen-Nr.:	--	27600501572588	2016B

Nullgas: Stickstoff 5.0

Aufgabe durch das gesamte
Probenahmesystem:

ja

90 % Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Die Einstellzeit des gesamten Messaufbaus wird vor der Messung mittels Stoppuhr überprüft.

Erfassung / Registrierung der Messwerte

Registrierung:	kontinuierlich mit Datenerfassungs- und Auswertesystem
Hersteller / Typ:	Kirsten Controlsystems GmbH, PC-gekoppelt mit 32-bit AD-Wandler
Software:	TRENDOWS-XP

Maßnahmen zur Qualitätssicherung

- Kalibrierung der Messgeräte mit den o. g. Prüfgasen
- Dichtheitsprüfung der Probenahmeeinrichtung
- regelmäßige Überprüfung der Messgeräte im Rahmen des Qualitätsmanagements Müller-BBM
- QM-System nach DIN EN ISO 9001;
Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025

Diskontinuierliche Messverfahren

Gas- und dampfförmige Emissionen

entfällt

Partikelförmige Emissionen

Messobjekt

Gesamtstaub, Feinstaubfraktion (PM 4)

Messverfahren

- VDI-Richtlinie 2066 Blatt 1
- VDI-Richtlinie 2066 Blatt 10
- Prüfanweisung 16-1D01, Müller-BBM

Messplatzaufbau

Gesamtstaub

4 m³/h-Filterkopfgerät nach VDI 2066 Blatt 1

Hersteller:	Gothe, Bochum
Filtermaterial:	Quarzfaser-Rundfilter
Typ:	Munktell MK 360, Durchmesser 45 mm

Gasuhr mit Trockenturm und Volumenstrommesser

Hersteller:	Ströhlein, Kaarst
Messbereich:	0,1 m ³ /h - 10 m ³ /h

Absaugpumpe

Hersteller:	Ströhlein, Kaarst
Nennleistung:	4 m ³ /h

Feinstaubfraktion (PM 4)

4 m³/h-Filterkopfgerät nach VDI 2066 Blatt 10 i.V.m. JOHNAS®-Impaktor

Hersteller:	Gothe, Bochum
Filtermaterial:	Quarzfaserfilter / Celluloseacetat (Endfilter)
Durchmesser:	50 mm
Hersteller:	Sartorius

Gasuhr mit Trockenturm und Volumenstrommesser

Hersteller:	Ströhlein, Kaarst
Messbereich:	0,1 m ³ /h - 10 m ³ /h

Absaugpumpe

Hersteller:	Ströhlein, Kaarst
Nennleistung:	4 m ³ /h

Behandlung des Abscheidemediums und der Ablagerungen

Gesamtstaub (Vergleichsmessung)

Trocknung vor der Beaufschlagung

Trocknungstemperatur: $\geq 180\text{ }^{\circ}\text{C}$

Trocknungsdauer: $\geq 1\text{ h}$

Äquilibrieren: $\geq 8\text{ h}$

Trocknung nach der Beaufschlagung

Trocknungstemperatur: $160\text{ }^{\circ}\text{C}$

Trocknungsdauer: $\geq 1\text{ h}$

Äquilibrieren: $\geq 8\text{ h}$

Wägung Gesamtstaub

Klimatisierter Wägeraum: nein

Waage: Sartorius A 120 S

Bestimmungsgrenze: 0,3 mg

Wägung Feinstaub

Klimatisierter Wägeraum: ja

Waage: Sartorius MSA225-100-DA bzw.
MSA225-100-DI

Bestimmungsgrenze: 0,05 mg

Feinstaubfraktion (PM 4)

Äquilibrieren vor der Beaufschlagung: $\geq 24\text{ h}$ (bis zur Gewichtskonstanz)

Äquilibrieren nach der Beaufschlagung: $\geq 24\text{ h}$ (bis zur Gewichtskonstanz)

Wägung

Klimatisierter Wägeraum: ja

Typ/ Hersteller / PMV-Nr.: Analysenwaage MSA225-100-DA/ Sartorius/
8033 bzw. Analysenwaage MSA225-100-DI/
Sartorius/ 8034

Aufarbeitung und Auswertung der Messfilter

Nach der Trocknung und Abkühlung werden die Filter mittels einer Analysenwaage verwogen.

Gemäß VDI 2066-1, Nr. 13.5, Abs. 3 wurde auf die Spülung der nicht zu wägenden Teile vor dem Filter verzichtet, da zur Probenahme eine In-Stack-Apparatur ohne Krümmer zwischen Entnahmesonde und Filtergehäuse verwendet wurde.

Verfahrenskenngrößen

Gesamtstaub (Vergleichsmessung)

absolute Bestimmungsgrenze:	0,3 mg
relative Bestimmungsgrenze:	0,3 mg/m ³ (1 m ³ Probevolumen)

Feinstaubfraktion (PM 4)

absolute Bestimmungsgrenze:	0,05 mg
relative Bestimmungsgrenze:	0,05 mg/m ³ (1 m ³ Probevolumen)

Maßnahmen zur Qualitätssicherung

- Dichtigkeitsprüfung der Probenahmeeinrichtung
- Einhaltung der isokinetischen Bedingungen
- Messunsicherheit des Gasvolumens (< 2 %)
- Messunsicherheit Druck und Temperatur (< 1 %)
- QM-System nach DIN EN ISO 9001,
Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025

Analyse kristalliner Kieselsäure (Quarz) aus der Feinstaubfraktion

Grundlage des Verfahrens

IFA-Arbeitsmappe, Verfahren Nr. 8522 (Quarz)

Müller-BBM 19-1pa

Kurzbeschreibung des Verfahrens

Mittels Probenahmegerät wurde über einen Impaktor ein definiertes Luftvolumen angesaugt. Die Partikel wurden dabei fraktioniert und die PM 4 Fraktion auf einem Membranfilter abgeschieden. Die Masse der PM 4 Fraktion wurde durch Differenzwägung ermittelt (siehe 2.2.4.4 Feinstaubfraktion (PM 4)).

Die nachfolgende Analyse erfolgte mit einem IR-Spektrometer. Die Prüfung wurde durch das hierfür akkreditierte Prüflabor IGF, Bochum vorgenommen.

Geräte für die Probenahme

siehe 2.2.4.3 Feinstaubfraktion (PM 4)

Analytische Bestimmung (FTIR)

Aufarbeitung des Probenmaterials:

Die mit Staub beaufschlagten Filter werden 2,5 bis 3 h bei 550 °C geglüht und der Glührückstand in einer Kaliumbromidtablette FTIR-spektroskopisch im Bereich 4000-400 cm⁻¹ vermessen.

Die Extinktion (Höhe und Fläche) des Doppelpeaks 800/778 cm⁻¹ wird routinemäßig zur Bestimmung der Quarzmasse herangezogen und unter Verwendung einer empirischen Formel zur Korrektur der Querempfindlichkeit durch Partikelgrößeneffekte berechnet.

KBr-Zugabe zur Veraschung:

400 - 450 mg (Staubmasse unter 5 mg absolut)

Veraschungstemperatur:

550 °C

Analysengeräte (Hersteller/Typ):

FTIR-Spektrometer
Bruker Vector 22,
Ser. Nr. N634/0629

FTIR Parameter

Auflösung:

4 cm⁻¹

Messzeit Probe:

120 scans

Messzeit Hintergrund:

120 scans

Daten speichern von:

4000 cm⁻¹ bis 350 cm⁻¹

Detektor:

DTGS

Einfluss von Begleitstoffen
(Querempfindlichkeit):

Störung bei Quarz durch die Anwesenheit von amorphen Kieselsäuren möglich

Störung bei amorphen Kieselsäuren durch die Anwesenheit von Quarz oder Cristobalit möglich

absolute Bestimmungsgrenze:

0,0090 mg/Filter

Analytische Bestimmung (XRD)

Aufarbeitung des Probenmaterials:

Die mit Staub beaufschlagten Filter werden 2 bis 3 h bei 550 °C gegläht. Ein Aliquot des Glührückstandes wird mit Salzsäure behandelt (bei Analyse eines KBr-Presslings aus der FTIR-Analytik wird dieser in einem 100 ml-Becherglas mit ca. 40 ml konz. Salzsäure 35 Minuten auf einer Heizplatte zum Sieden erhitzt und die Suspension 15 Minuten im Ultraschallbad homogenisiert; die Suspension wird durch ein Silber-Membranfilter gesaugt, das röntgendiffraktometrisch bei den charakteristischen Reflexen der kristallinen Kieselsäuren gegen externe Kalibrierstandards gemessen wird).

Analysengeräte (Hersteller/Typ):

Röntgendiffraktometersystem:
Bragg-Brentano Diffraktometersystem
Stoe Stadi P
Röntgengenerator: z. B. Siemens Kristalloflex
Typ K 710 H
Röntgenröhre: Langfeinfokus-Cobalt-Röntgenröhre, z. B.
PANalytical, Typ C-Tech Co A LFF

XRD Parameter

Szintillationszähler:

Orientierungswerte:
HV: 600 V; Int.: Diff; Window: 4,50;
LL: 1,84; Gain: 16

Spalte / Blenden:

Spalt röhrenseitig: 2,1 mm
Soller mit 2 mm Spalt vor Zählrohr
Zählrohrspalt: 1,0 mm
K - Filter: Stahl 0,025 mm

Einfluss von Begleitstoffen
(Querempfindlichkeit):

Elemente mit hohen
Massenschwächungskoeffizienten, die durch
das Behandeln der geglähten Probe mit
Salzsäure nicht oder unvollständig herausgelöst
werden, können Minderbefunde verursachen
(z. B. PbSO₄, BaSO₄). Dichromtrioxid kann
Quarz durch einen Reflex bei 0,182 nm

vortäuschen. Der Quarz-Reflex 0,334 nm ist häufig durch Silikate gestört (überbewertet). Alternativ ist der Reflex 0,426 nm heranzuziehen.

absolute Bestimmungsgrenze:

0,030 mg/Filter

Betriebszustand der Anlage während der Messungen

Datenbasis: Betreiberangaben und Erhebungen durch Müller-BBM

Produktionsanlage

Betriebsweise:

Durchgehender Dauerbetrieb im Messzeitraum

Eine detaillierte Beschreibung der Betriebsweise der Anlagen und deren Produktionsleistung ist den jeweiligen Emissionsmessberichten zu entnehmen. Die Emissionsmessberichte sind nicht Bestandteil des vorliegenden Abschlussberichtes und sind nicht öffentlich zugänglich.

Die Zuordnung der Anlagen zu den betreffenden Messberichten ist in Tabelle 3.1.1. zusammengestellt.

Tabelle 8. Zuordnung der Anlagen zu den Emissionsmessberichten.

	Bericht Nr.	Messdatum	Messinstitut
Anlage 1.1	M102076/05	19.12.12	Müller-BBM GmbH
Anlage 1.2	M102076/05	19.12.12	Müller-BBM GmbH
Anlage 2.1	M102076/06	28.03.13	Müller-BBM GmbH
Anlage 2.2	M102076/06	28.03.13	Müller-BBM GmbH
Anlage 3	M102076/09	09.07.13	Müller-BBM GmbH
Anlage 4	M102076/10	09.08.13	Müller-BBM GmbH
Anlage 5		14.05. - 16.05.13	LfU Bayern
Anlage 6	-	17.10. - 19.10.12	LfU Bayern
Anlage 7	-	04.09. - 06.09.12	LfU Bayern
Anlage 8	-	06.03. - 08.03.13	LfU Bayern
Anlage 9	-	23.04. - 25.04.13	LfU Bayern
Anlage 10	-	11.12. - 12.12.12	LfU Bayern
Anlage 11	44064/9 MB 02-2012	24.09. - 29.09.12	LAU Sachsen-Anhalt
Anlage 12	44064/9 MB 01-2012	26.06. - 28.06.12	LAU Sachsen-Anhalt
Anlage 13.1	42/02/01/03	12.06.2012	LfULG Sachsen
Anlage 13.2	42/02/01/03	18.06.2013	LfULG Sachsen

Abgasreinigungsanlagen

Alle untersuchten Produktionsanlagen verfügen über Abgasreinigungseinrichtungen in Form von Gewebefiltern.

Die Beschreibung der Abgasreinigungseinrichtungen ist den jeweiligen Emissionsmessberichten zu entnehmen.

Die Emissionsmessberichte sind nicht Bestandteil des vorliegenden Abschlussberichtes und sind nicht öffentlich zugänglich.

Tabelle 9. Übersicht der installierten Abgasreinigungseinrichtungen.

	Anlage	Bauart	Filtermaterial	Filterfläche (brutto / netto)
Anlage 1.1	Nachbrechanlage	Schlauchfilter	Nadelfilz	216 m ²
Anlage 1.2	Edelsplittanlage	Schlauchfilter	Nadelfilz	960 m ²
Anlage 2.1	Feinsandtrocknung	Gewebefilter	-	-
Anlage 2.2	Grobsandtrocknung	Gewebefilter	-	-
Anlage 3	Sandtrocknung	Flachschlauch- Gewebefilter	-	766 m ²
Anlage 4	Sandtrocknung	Gewebefilter	Polyesternadelfilz 350 g/m ²	315 m ² / 284 m ²
Anlage 5	Granitbrech- und Klassieranlage	Taschenfilter (Modulbauweise)	Polyesternadelfilz 550 g/m ²	150 m ²
Anlage 6	Farbsandofen	Flachschlauch- Gewebefilter	Acrylamid Nadelfilz	723 m ²
Anlage 7	Kiesbrech- und Klassieranlage	Schlauchfilter	Polyesternadelfilz 560 g/m ²	432 m ²
Anlage 8	Quarzsandtrockner 1	Taschenfilter	Polyesternadelfilz	320 m ² / 296 m ²
Anlage 9	Quarzsandtrockner 2	Taschenfilter	Polyesternadelfilz	420 m ² / 389 m ²
Anlage 10	Sandklassier- und - sichteranlage	Schlauchfilter	Polyester Nadelfilz	105 m ²
Anlage 11	Rohrmühle 4	Gewebefilter	Polyester Nadelfilz 550 g/m ²	190 m ²
Anlage 12	Trocknungsanlage	Gewebefilter	PTFE-Pi-Feinstfaser- nadelfilz	1100 m ²
Anlage 13.1	Brech- und Klassier- anlage	Gewebefilter	-	-
Anlage 13.2	Edelsplittanlage	Gewebefilter	-	-

„-“ = keine Angabe im Messbericht

Die verwendete Entstaubungstechnik ist bei allen untersuchten Anlagen als gleichwertig zu betrachten. Es werden hier typischerweise Abscheidegrade > 99 % (abhängig vom Kornspektrum und Filterflächengewicht) erreicht. Die Abreinigungstechnik (Druckstoß, Spülwagen) und Auslegung (Filtermaterial und Flächenbelastung) variiert, wird aber im Hinblick auf den untersuchten Zusammenhang nicht weiter betrachtet.

Zusammenstellung der Ergebnisse

Die Einzelergebnisse aller Messungen sind diesem Bericht als Anhang I beigelegt.

Auswertung der Messergebnisse

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Messungen an 16 Anlagen in sechs Bundesländern vorgenommen.

Tabelle 10. Gesamtbestand der untersuchten Anlagen.

	Bezeichnung	Typ	Gewebefilter	Bundesland	Messdatum	Probenzahl Gesamtstaub	Probenzahl Feinstaub PM 4	Probenzahl Quarz im Feinstaub
Anlage 1.1	Nachbrechanlage	Brech- und Klassieranlage	X	HE	19.12.12	3	2	2
Anlage 1.2	Edelsplittanlage	Brech- und Klassieranlage	X	HE	19.12.12	2	2	2
Anlage 2.1	Feinsandtrocknung	Sandtrocknung	X	NI	28.03.13	3	2	2
Anlage 2.2	Grobsandtrocknung	Sandtrocknung	X	NI	28.03.13	3	2	2
Anlage 3	Sandtrocknung	Sandtrocknung	X	NW	09.07.13	4	2	2
Anlage 4	Sandtrocknung	Sandtrocknung	X	NW	09.08.13	3	2	2
Anlage 5	Granitbrechanlage	Brech- und Klassieranlage	X	BY	14.05. – 16.05.13	6	4	4
Anlage 6	Farbsandofen	Sandtrocknung	X	BY	17.10. – 19.10.12	4	2	2
Anlage 7	Kieswerk	Brech- und Klassieranlage	X	BY	04.09. – 06.09.12	4	4	4
Anlage 8	Quarzsandtrockner 1	Sandtrocknung	X	BY	06.03. – 08.03.13	7	5	5
Anlage 9	Quarzsandtrockner 2	Sandtrocknung	X	BY	23.04. – 25.04.13	5	4	4
Anlage 10	Sandklassier- und -sichteranlage	Klassieranlage	X	BY	11.12. – 12.12.12	3	2	2
Anlage 11	Rohrmühle 4	Mahlanlage	X	NI	24.09. – 29.09.12	3	3	3
Anlage 12	Sandtrocknung	Sandtrocknung	X	ST	26.06. – 28.06.12	3	3	3
Anlage 13.1	Kegelbrecher	Brech- und Klassieranlage	X	S	12.06.2012	3	3	3
Anlage 13.2	Edelsplittanlage	Brech- und Klassieranlage	X	S	18.06.2013	3	3	2
Anzahl						59	45	44
davon > BG						52	38	32
Mittelwert						8,2 mg/m ³	2,3 mg/m ³	0,4 mg/m ³

BG = Bestimmungsgrenze

Median

1,1 mg/m³

0,4 mg/m³

0,02 mg/m³

Tabelle 11. Verteilung der Anlagentypen.

Anlagentypen		
Brech- und Klassieranlage	6	37,5 %
Sandtrocknung	8	50,0 %
Klassieranlage	1	6,3 %
Mahlanlage	1	6,3 %
Gesamt	16	100 %

Methodik

Die nachstehenden Auswertungen stellen die Ergebnisse aller Messungen gleichwertig nebeneinander. Hierbei bleibt unberücksichtigt welche Mittelungsdauer den einzelnen Messungen zugrunde liegt und wie viele Proben dem Abgas jeder Anlage entnommen wurden. Dieses Vorgehen überbewertet streng genommen die Anlagen an denen mehr (und tendenziell kürzere) Proben entnommen wurden. An Anlage 13.2 (Edelsplittanlage) wurden 2 Messreihen im Abstand eines Jahres durchgeführt. Hier wurden die Ergebnisse der aktuelleren Messreihe (Messtermin 18.06.2013) in die Auswertung aufgenommen.

Zudem bilden sich in jeder Messkampagne (also an jeder Anlage) rohstoffspezifische Eigenschaften ab, die systematisch und nicht statistisch verteilt sind.

Das gewählte Vorgehen wird trotz dieser systematischen Einflüsse als praktikabel und angemessen betrachtet.

Die Ergebnisse der Gesamtstaubmessungen die entweder begleitend zu den Quarzfeinstaubmessungen (PM 4) durchgeführt wurden, oder deren Konzentrationswerte aus den Quarzfeinstaubmessungen (PM 4) abgeleitet wurden bilden ein breites Spektrum an typischen Emissionsmesswerten ab, deren Streubreite mutmaßlich auf unterschiedliche Abscheideleistungen der jeweiligen Filterentstaubungen zurückzuführen sind. Die betreffenden Werte reichen von der jeweiligen Nachweisgrenze (typischerweise 0,1 mg/m³) bis maximal 73,2 mg/m³. Der Einfluss der Abscheideleistung der Filterentstaubung ist dabei vermutlich nicht auf bauartbedingte Unterschiede, sondern auf Einschränkungen der Funktion (z. B. in Folge nicht ausreichender Wartung, oder akuter Störungen) zurückzuführen.

Obwohl insbesondere die Messwerte oberhalb des Gesamtstaubgrenzwertes (typischerweise 20 mg/m³) nicht den Regelbetriebszustand der Anlagen widerspiegeln, so zeigen sie doch einen in der täglichen Praxis realen Anlagenzustand. Alle Ergebnisse wurden deshalb in den nachfolgenden Auswertungen berücksichtigt. Von den Auswertungen ausgeschlossen wurden lediglich die Messwerte die in den betreffenden Einzelmessberichten als unplausibel eingeschätzt wurden. Es handelt sich dabei speziell um einen Messwert von Anlage 13.2.

Messergebnisse Gesamtstaub

Die nachstehende Tabelle enthält die Zusammenstellung sämtlicher Einzelmessergebnisse der Gesamtstaubkonzentration.

Tabelle 12. Ergebnisse Gesamtstaub.

Mittelwert									
Anlage 1.1	Konzentration	[mg/m ³]	1,8	0,9	0,9				1,2
	Massenstrom	[g/h]	63	33	31				
Anlage 1.2	Konzentration	[mg/m ³]	0,2	0,9					0,6
	Massenstrom	[g/h]	30	90					
Anlage 2.1	Konzentration	[mg/m ³]	5,3	5,9	7,8				6,3
	Massenstrom	[g/h]	0,16	0,18	0,23				
Anlage 2.2	Konzentration	[mg/m ³]	0,15	0,7	0,7				0,5
	Massenstrom	[g/h]	0,001	0,006	0,006				
Anlage 3	Konzentration	[mg/m ³]	41,5	40,9	73,2	72,8			57,1
	Massenstrom	[g/h]	2,7	2,7	4,7	4,7			
Anlage 4	Konzentration	[mg/m ³]	1,1	2,2	0,5				1,3
	Massenstrom	[g/h]	0,014	0,027	0,006				
Anlage 5	Konzentration	[mg/m ³]	1,1	0,5	1,02	0,7	4,0	0,7	1,3
	Massenstrom	[g/h]	16,8	7,8	16	10,2	60,6	10,5	
Anlage 6	Konzentration	[mg/m ³]	0,3	0,1	0,1	0,1			0,2
	Massenstrom	[g/h]	7,6	3,0	3,0	3,0			
Anlage 7	Konzentration	[mg/m ³]	0,43	0,1	0,3	0,3			0,3
	Massenstrom	[g/h]	8,2	2,75	6,6	6,7			
Anlage 8	Konzentration	[mg/m ³]	38,5	9,7	16,5	14,2	7,5	2,9	13,1
	Massenstrom	[g/h]	647	163	277	239	124	48,5	39,8
Anlage 9	Konzentration	[mg/m ³]	1,4	0,9	1,3	1,3	0,7		1,1
	Massenstrom	[g/h]	25,8	15,8	25,3	24,7	14		
Anlage 10	Konzentration	[mg/m ³]	0,2	0,2	0,2				0,2
	Massenstrom	[g/h]	0,7	0,75	0,8				
Anlage 11	Konzentration	[mg/m ³]	2,1	1,8	2				2,0
	Massenstrom	[g/h]	14,9	12,9	14,3				
Anlage 12	Konzentration	[mg/m ³]	0,025	0,13	0,04				0,1
	Massenstrom	[g/h]	1,35	6,7	2				
Anlage 13.1	Konzentration	[mg/m ³]	8,9	13,1	11,2				11,1
	Massenstrom	[g/h]	394	580	496				
Anlage 13.2	Konzentration	[mg/m ³]	23,2	29	27,9				26,7
	Massenstrom	[g/h]	1134	1417	1363				

=unter BG, Werte unter der BG gehen mit BG/2 in die Auswertung ein und sind so in der Tabelle dargestellt.

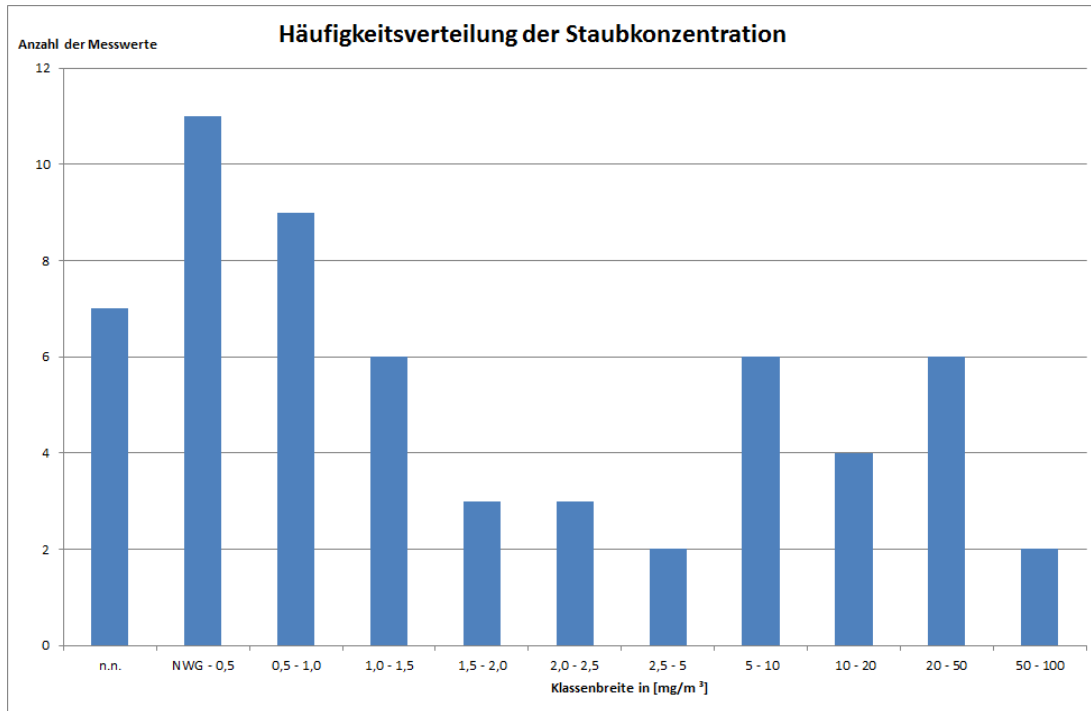
Anzahl der Messwerte: 59

Mittelwert 8,2 mg/m³, Median 1,1 mg/m³, Maximum 73,8 mg/m³

Anzahl Werte unter NWG: 7

Die Ergebnisse der Staubmessungen streuen in einem Konzentrationsbereich, der bei der angewendeten Entstaubungstechnik nicht zu erwarten war. Es kann unterstellt werden, dass dies auf Schäden (z. B. durch Verschleiß) an den betreffenden Entstaubungsanlagen zurückzuführen ist. Abbildung 1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Gesamtstaubmesswerte.

Abbildung 1. Häufigkeitsverteilung der Gesamtstaubkonzentration aller Messwerte.
(Der Auswertung liegen 50 Messwerte zugrunde.)



Die Häufigkeitsverteilung der Gesamtstaubmesswerte zeigt ein Maximum im Konzentrationsintervall oberhalb der Nachweisgrenze bis zu einer Konzentration von 0,5 mg/m³ und darüber hinaus eine abnehmende Häufigkeit bis zu einer Konzentration von 5 mg/m³. Der Visualisierung des Zusammenhanges geschuldet wurde die Klassenbreite des Histogramms variiert. Die ansteigende Häufigkeit von Konzentrationen > 2,5 mg/m³ ist einerseits der dort größeren Klassenbreite geschuldet und ist aber zum anderen mutmaßlich auch auf Schäden an den betreffenden Entstaubungsanlagen zurückzuführen.

Messergebnisse Feinstaub PM 4

Die nachstehende Tabelle enthält die Zusammenstellung sämtlicher Einzelmessergebnisse der Feinstaubkonzentration PM 4.

Tabelle 13. Ergebnisse Feinstaub PM 4.

								Mittelwert
Anlage 1.1	Konzentration	[mg/m ³]	0,23	0,39				0,3
	Massenstrom	[g/h]	8,2	13,8				
Anlage 1.2	Konzentration	[mg/m ³]	0,32	0,22				0,3
	Massenstrom	[g/h]	35,3	24,4				
Anlage 2.1	Konzentration	[mg/m ³]	1,9	1,8				2,4
	Massenstrom	[g/h]	56,7	85,1				
Anlage 2.2	Konzentration	[mg/m ³]	0,03	0,06				0,05
	Massenstrom	[g/h]	0,3	0,5				
Anlage 3	Konzentration	[mg/m ³]	6,9	16				11,5
	Massenstrom	[g/h]	445	1037				
Anlage 4	Konzentration	[mg/m ³]	0,14	0,04				0,1
	Massenstrom	[g/h]	1,6	0,4				
Anlage 5	Konzentration	[mg/m ³]	0,17	0,21	0,13	0,2		0,2
	Massenstrom	[g/h]	2,7	3,3	2,0	2,5		
Anlage 6	Konzentration	[mg/m ³]	0,07	0,01				0,04
	Massenstrom	[g/h]	1,8	0,3				
Anlage 7	Konzentration	[mg/m ³]	0,02	0,02	0,02	0,02		0,02
	Massenstrom	[g/h]	0,45	0,45	0,50	0,50		
Anlage 8	Konzentration	[mg/m ³]	3,27	3,69	0,47	0,55	0,55	1,7
	Massenstrom	[g/h]	54,9	62,0	7,8	9,1	7,3	
Anlage 9	Konzentration	[mg/m ³]	0,45	0,65	0,41	0,46		0,5
	Massenstrom	[g/h]	8,1	12,8	8,1	8,7		
Anlage 10	Konzentration	[mg/m ³]	0,01	0,01				0,01
	Massenstrom	[g/h]	0,05	0,05				
Anlage 11	Konzentration	[mg/m ³]	0,92	1,03	0,95			1,0
	Massenstrom	[g/h]	6,5	7,2	6,7			
Anlage 12	Konzentration	[mg/m ³]	0,05	0,04	0,05			0,05
	Massenstrom	[g/h]	2,8	2,1	2,6			
Anlage 13.1	Konzentration	[mg/m ³]	2,5	5,6	3,3			3,8
	Massenstrom	[g/h]	102	155	164			
Anlage 13.2	Konzentration	[mg/m ³]	14,5	19,4	13,1			15,7
	Massenstrom	[g/h]	709	948	640			

¹=unter BG, Werte unter der BG gehen mit BG/2 in die Auswertung ein und sind so in der Tabelle dargestellt.

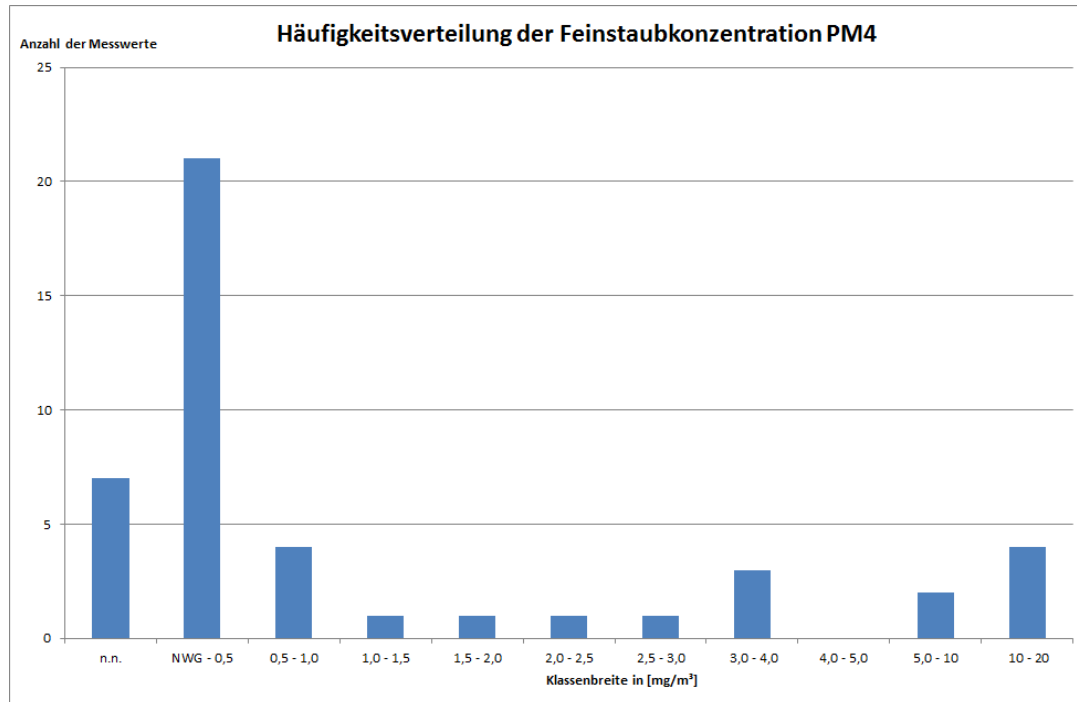
Anzahl der Messwerte: 45

Mittelwert 2,3 mg/m³, Median 0,4 mg/m³, Maximum 19,4 mg/m³

Anzahl Werte unter NWG: 7

Erwartungsgemäß streuen die Ergebnisse der Feinstaubmessungen in einem schmaleren Konzentrationsbereich als die Gesamtstaubkonzentrationen. Trotzdem kann auch hier unterstellt werden, dass Konzentrationen oberhalb eines Wertes von etwa $2,5 \text{ mg/m}^3$ auf eine eingeschränkte Funktion der betreffenden Filterentstaubung zurückzuführen sind.

Abbildung 2. Häufigkeitsverteilung der Feinstaubkonzentration aller Messwerte.



Die Häufigkeitsverteilung der gemessenen Feinstaubkonzentrationen zeigt ein Maximum im Konzentrationsintervall oberhalb der Nachweisgrenze bis zu einer Konzentration von $0,5 \text{ mg/m}^3$ und darüber hinaus eine abnehmende Häufigkeit bis zu einer Konzentration von 3 mg/m^3 . Der Visualisierung des Zusammenhanges geschuldet wurde die Klassenbreite des Histogramms variiert. Die ansteigende Häufigkeit von Konzentrationen $> 3 \text{ mg/m}^3$ ist einerseits der größeren Klassenbreite geschuldet und ist zum anderen mutmaßlich auf Schäden an den betreffenden Entstaubungsanlagen zurückzuführen.

28 (entsprechend 62,2 % der ausgewerteten Messungen) der 45 gemessenen Feinstaubkonzentrationen unterschreiten eine Konzentration von $0,5 \text{ mg/m}^3$.

Messergebnisse Quarzgehalt im Feinstaub PM 4

Die nachstehende Tabelle enthält die Zusammenstellung sämtlicher Einzelmessergebnisse der Quarzkonzentration im Feinstaub PM 4.

Tabelle 14. Ergebnisse Quarzkonzentration im Feinstaub PM 4.

							Σ Mittelwert
Anlage 1.1	Konzentration	[mg/m ³]	0,002	0,003			0,003
	Massenstrom	[g/h]	0,07	0,1			
Anlage 1.2	Konzentration	[mg/m ³]	0,003	0,003			0,003
	Massenstrom	[g/h]	0,345	0,355			
Anlage 2.1	Konzentration	[mg/m ³]	0,49	0,83			0,66
	Massenstrom	[g/h]	14,7	24,9			
Anlage 2.2	Konzentration	[mg/m ³]	0,025	0,033			0,029
	Massenstrom	[g/h]	0,22	0,29			
Anlage 3	Konzentration	[mg/m ³]	4,2	8,6			6,4
	Massenstrom	[g/h]	272	560			
Anlage 4	Konzentration	[mg/m ³]	0,007	0,002			0,05
	Massenstrom	[g/h]	0,087	0,021			
Anlage 5	Konzentration	[mg/m ³]	0,006	0,01	0,005	0,007	0,007
	Massenstrom	[g/h]	0,1	0,2	0,1	0,1	
Anlage 6	Konzentration	[mg/m ³]	0,002	0,001			0,002
	Massenstrom	[g/h]	0,05	0,05			
Anlage 7	Konzentration	[mg/m ³]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,020
	Massenstrom	[g/h]	0,45	0,45	0,5	0,5	
Anlage 8	Konzentration	[mg/m ³]	0,036	0,012	0,017	0,020	0,021
	Massenstrom	[g/h]	0,6	0,2	0,3	0,3	
Anlage 9	Konzentration	[mg/m ³]	0,024	0,038	0,024	0,032	0,030
	Massenstrom	[g/h]	0,4	0,7	0,5	0,6	
Anlage 10	Konzentration	[mg/m ³]	0,008	0,008			0,008
	Massenstrom	[g/h]	0,1	0,1			
Anlage 11	Konzentration	[mg/m ³]	0,53	0,52	0,58		0,54
	Massenstrom	[g/h]	3,78	3,70	4,09		
Anlage 12	Konzentration	[mg/m ³]	0,004	0,002	0,004		0,003
	Massenstrom	[g/h]	0,20	0,10	0,19		
Anlage 13.1	Konzentration	[mg/m ³]	0,1	0,2	0,07		0,12
	Massenstrom	[g/h]	4,4	8,9	3,1		
Anlage 13.2	Konzentration	[mg/m ³]	0,79	0,6			0,070
	Massenstrom	[g/h]		29			

¹=unter BG, Werte unter der BG gehen mit BG/2 in die Auswertung ein und sind so in der Tabelle dargestellt.

Anzahl der Messwerte: 44

Mittelwert 0,4 mg/m³, Median 0,02 mg/m³, Maximum 8,6 mg/m³

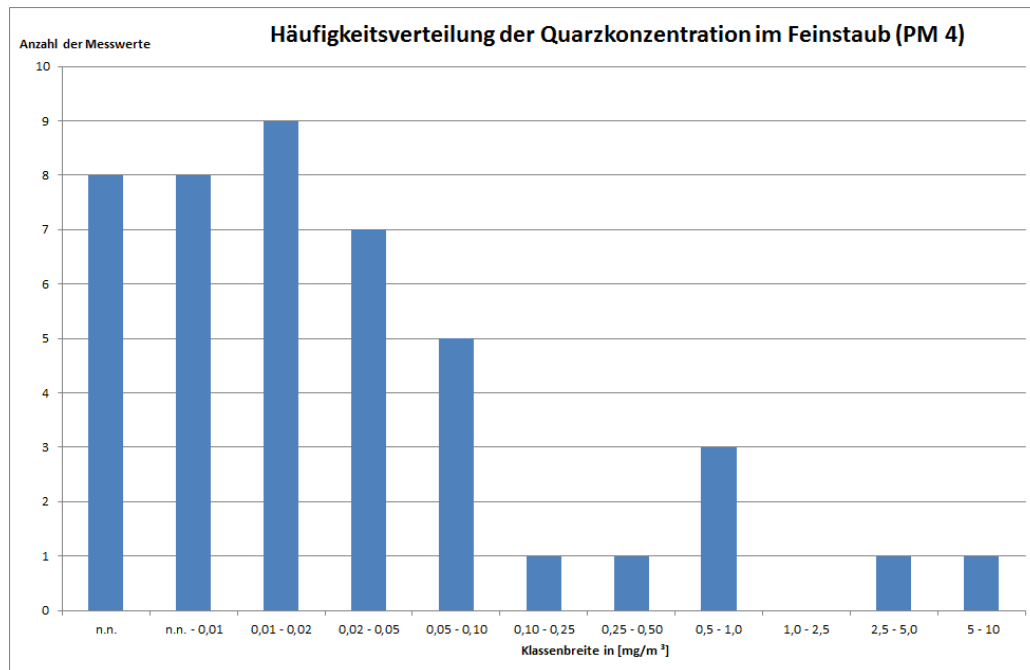
Anzahl Werte unter NWG: 8

Die Ergebnisse der Quarzfeinstaubmessungen liegen überwiegend im Konzentrationsbereich unter $0,1 \text{ mg/m}^3$.

34 der 44 ermittelten Werte (77,3 %) sind kleiner $0,1 \text{ mg/m}^3$.

Zwei Messwerte sind größer $1,0 \text{ mg/m}^3$. Beide Werte wurden an Anlage 3 ermittelt.

Abbildung 3. Häufigkeitsverteilung der Quarzkonzentration im Feinstaub aller Messwerte.



Zur Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Konzentration von kristallinem Quarz im Feinstaub wurde die Klassenbreite des Histogramms variiert. Die ansteigende Häufigkeit im Konzentrationsbereich von $0,5 - 1,0 \text{ mg/m}^3$ ist einerseits der größeren Klassenbreite geschuldet und ist zum anderen mutmaßlich auf Schäden an den betreffenden Entstaubungsanlagen zurückzuführen.

Messergebnisse der untersuchten Anlagentypen (Brech- und Klassieranlagen; Trocknungsanlagen)

Im Rahmen der Untersuchungen wurden die Emissionen aus dem Betrieb von insgesamt 16 verschiedenen Anlagen gemessen. Gemäß Tabelle 4.4.3 handelt es hierbei überwiegend um Brech- und Klassieranlagen (6 Anlagen) und Trocknungsanlagen (8 Anlagen). Um darzustellen inwieweit die unterschiedlichen Anlagentechnologien sich im Emissionsverhalten der Anlagen abbilden, wurden die Messdaten getrennt nach Anlagentypen ausgewertet.

Hierbei wurde die Klassieranlage (Anlage 10) den Brech- und Klassieranlagen zugeordnet und die Mahlanlage (Anlage 11) nicht berücksichtigt.

Tabelle 15. Ergebnisse der Messungen an 7 Brech- und Klassieranlagen.

		Gesamtstaub	Feinstaub	Quarz im Feinstaub PM 4
Anzahl Messwerte		24	20	19
Werte unter NWG		3	6	8
Mittelwert	$[\text{mg/m}^3]$	5,3	3,0	0,1
Median	$[\text{mg/m}^3]$	0,9	0,2	0,01

Maximum	[mg/m ³]	29,2	19,4	0,8
---------	----------------------	------	------	-----

Tabelle 16. Ergebnisse der Messungen an 8 Trockneranlagen.

		Gesamtstaub	Feinstaub	Quarz im Feinstaub PM 4
Anzahl Messwerte		32	21	22
Werte unter NWG		4	1	-
Mittelwert	[mg/m ³]	11,0	1,7	0,7
Median	[mg/m ³]	1,4	0,5	0,02
Maximum	[mg/m ³]	73,2	16,0	8,6

Der Vergleich der Ergebnisse der Messungen an den Anlagen zeigt ein ähnliches Emissionsverhalten beider Anlagentypen, mit tendenziell geringeren Emissionskonzentrationen an den Brech- und Klassieranlagen.

Dies entspricht insoweit der Erwartung, als an allen Anlagen vergleichbare Abgasreinigungseinrichtungen (Gewebefilter) installiert sind. Inwieweit die tendenziell geringeren Emissionen der Brech- und Klassieranlagen auf eine zufälligen Streuung der Messwerte oder einen systematischen Unterschied zurückzuführen sind, kann auf Basis der vergleichsweise geringen Anzahl der untersuchten Anlagen nicht fundiert beantwortet werden. Systematische Unterschiede könnten zum Beispiel auf unterschiedliche Abgasmatrices (Feuchte, Temperatur) zurückzuführen sein.

Abbildung 4. Häufigkeitsverteilung der Staubkonzentration im Abgas der Brech- und Klassieranlagen.

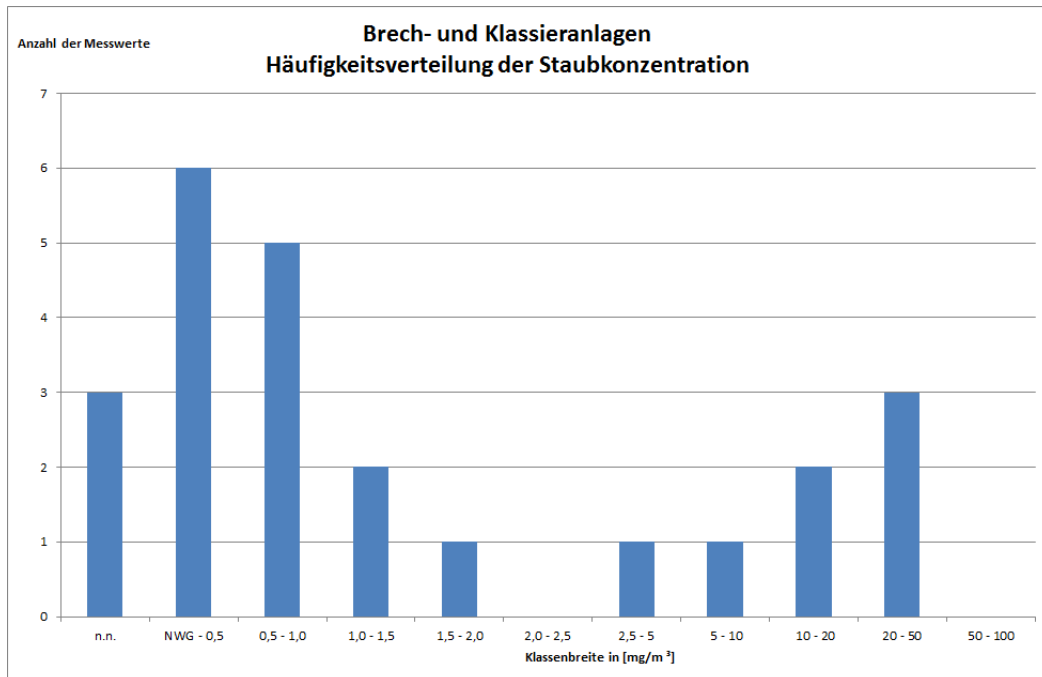


Abbildung 5. Häufigkeitsverteilung der Staubkonzentration im Abgas der Trocknungsanlagen.

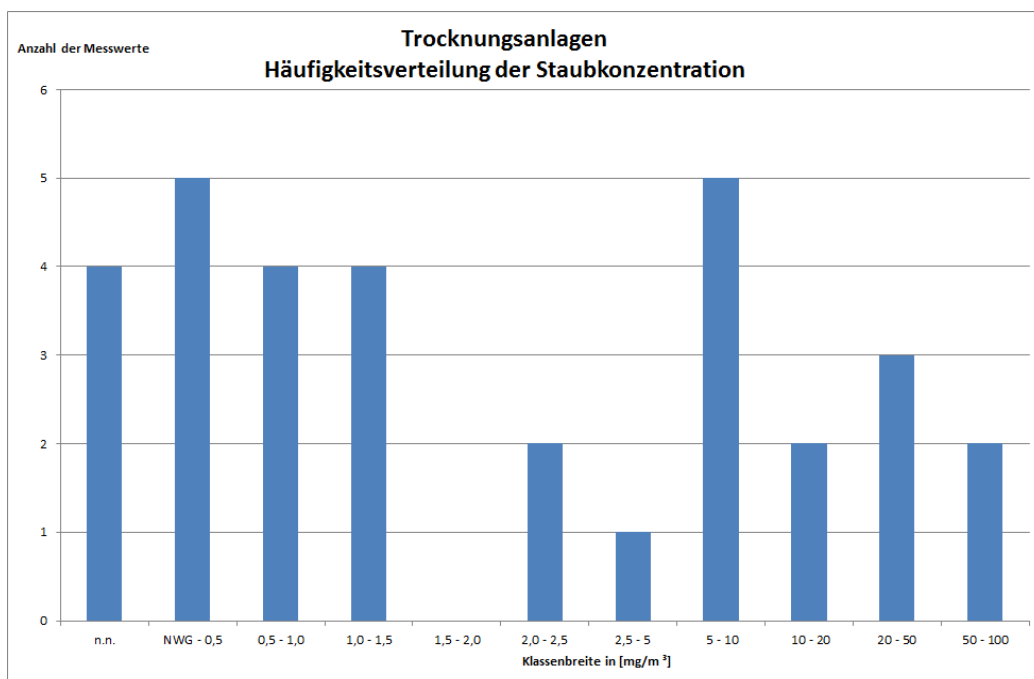


Abbildung 6. Häufigkeitsverteilung der Feinstaubkonzentration im Abgas der Brech- und Klassieranlagen.

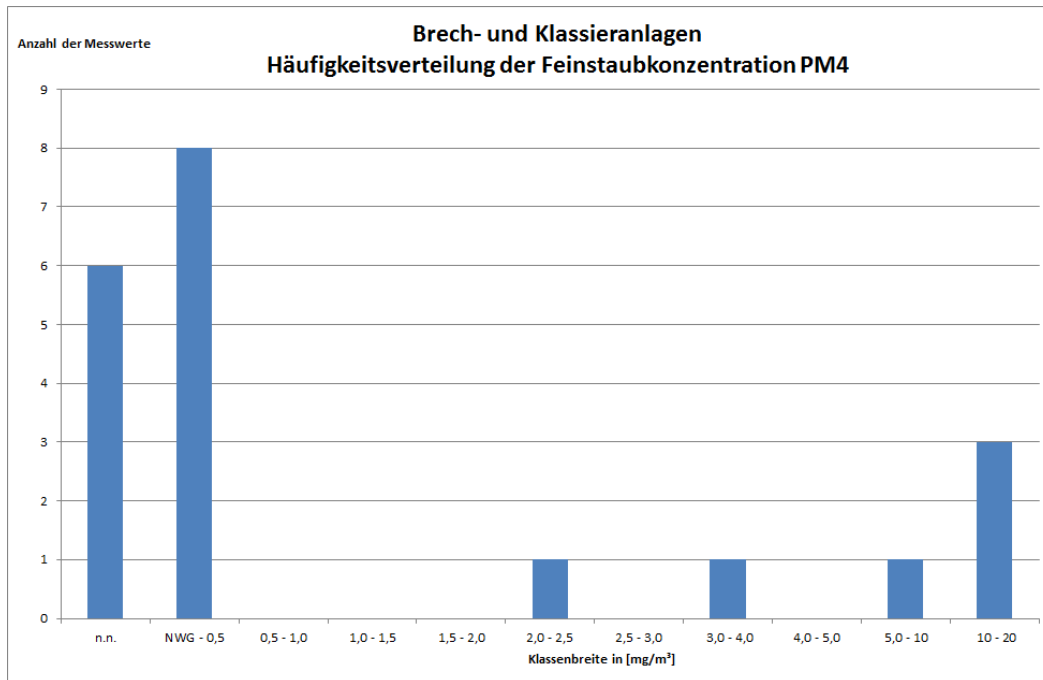


Abbildung 7. Häufigkeitsverteilung der Feinstaubkonzentration im Abgas der Trocknungsanlagen.

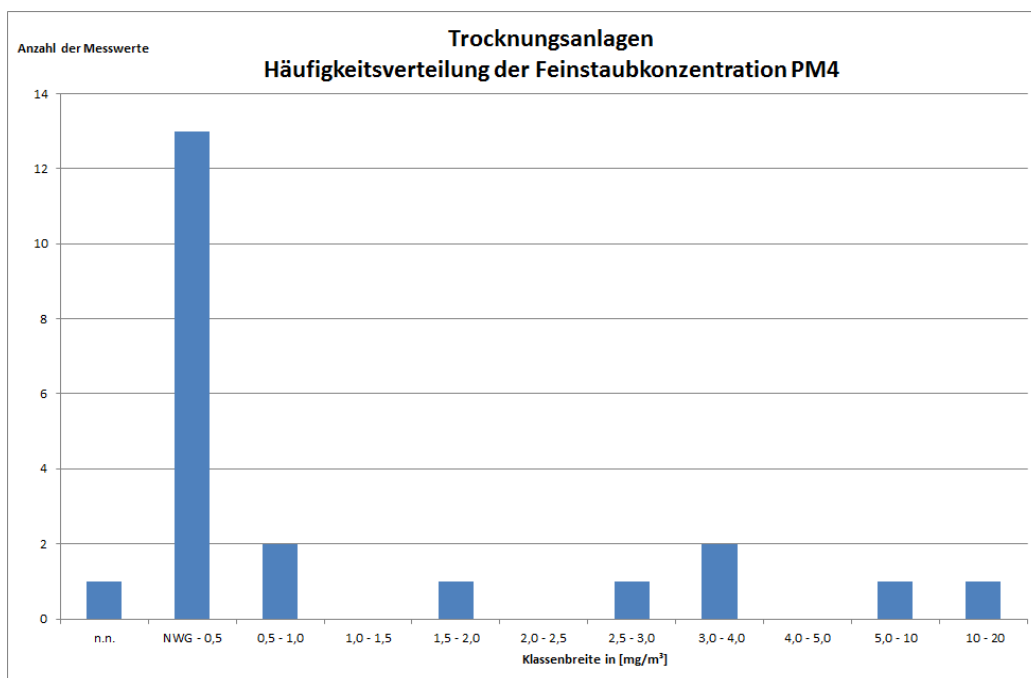


Abbildung 8. Häufigkeitsverteilung der Quarzkonzentration im Feinstaub (PM 4) der Brech- und Klassieranlagen.

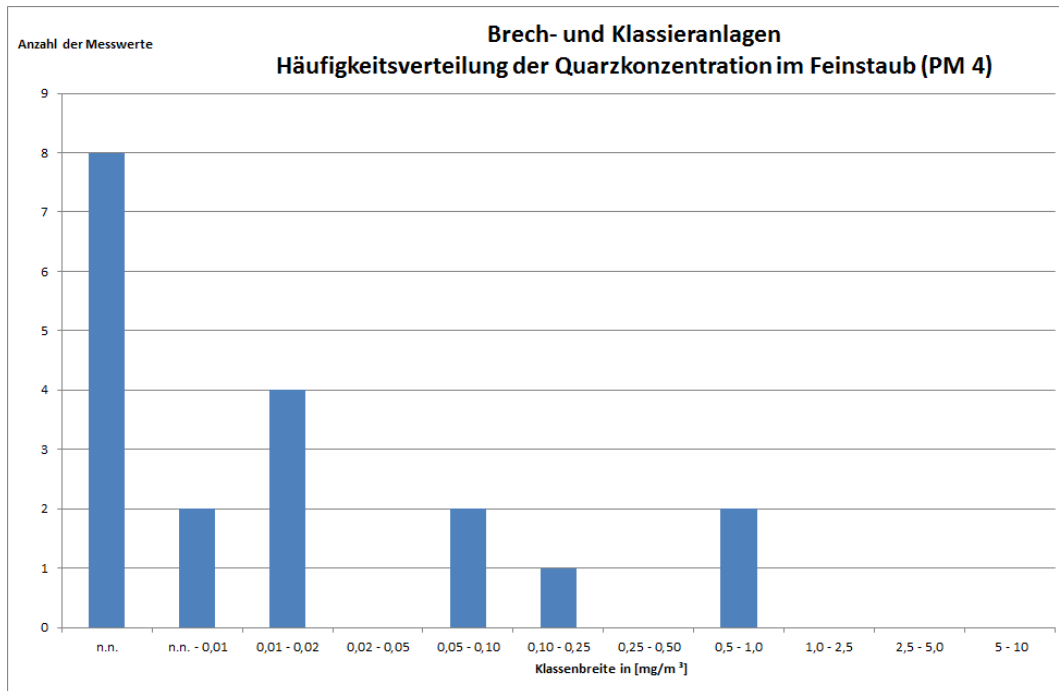
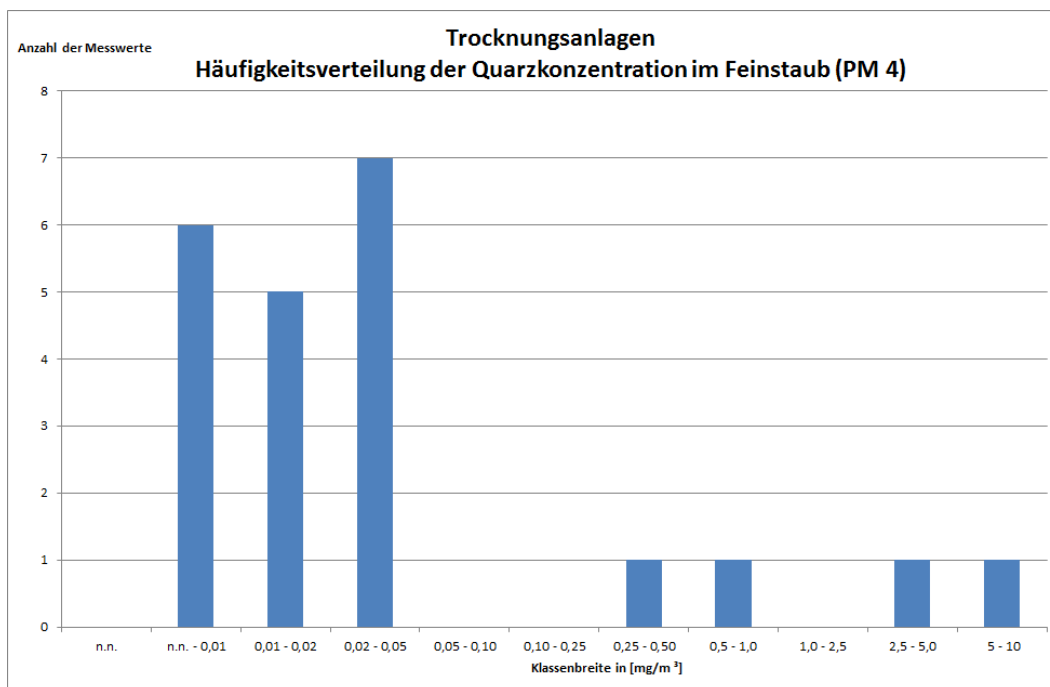


Abbildung 9. Häufigkeitsverteilung der Quarzkonzentration im Feinstaub (PM 4) Trocknungsanlagen.



Auswertung Quarzgehalt über Gesamtstaub

Bei der Untersuchung des Emissionsverhaltens der Anlagen zur Verarbeitung quarzhaltiger Gesteinskörnungen stellt sich die Frage welche Relevanz die Emission von kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) der betreffenden Anlagen im Vergleich zu den dortigen Gesamtstaubemissionen aufweist.

Die Auswertung der Messdaten zeigt, dass acht Einzelmesswerte eine Gesamtstaubkonzentration $> 20 \text{ mg/m}^3$ erreichen. Es handelt sich dabei um alle Messwerte der Anlagen 3 und 13.2 sowie den ersten Messwert der Anlage 8.

In der Feinstaubfraktion dieser Proben wurden die höchsten Quarzgehalte ermittelt, wobei zwei dieser Messwerte einen Gehalt an kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) von $> 1 \text{ mg/m}^3$ erreichen.

Abbildung 10. Quarzkonzentration im Feinstaub (PM 4) mit den entsprechenden Gesamtstaubkonzentrationen.

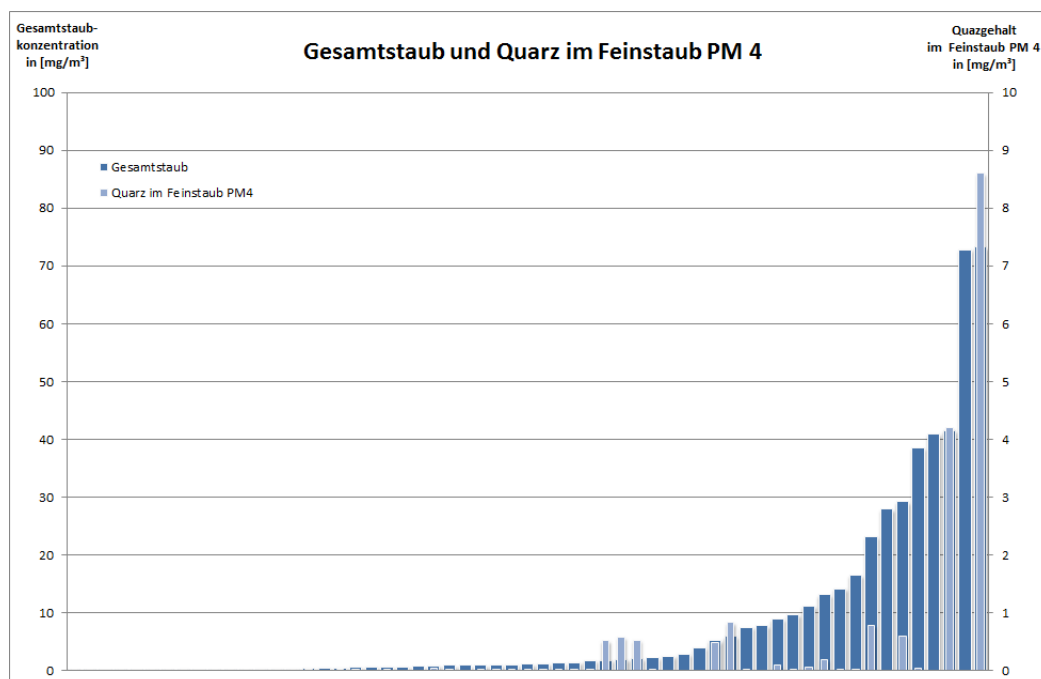


Abbildung 10 zeigt die Ergebnisse aller gemessenen Gesamtstaubkonzentrationen, angeordnet nach der Höhe des jeweiligen Messwertes (dunkelblau). Zugeordnet jeweils die entsprechende Konzentration von kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) (hellblau).

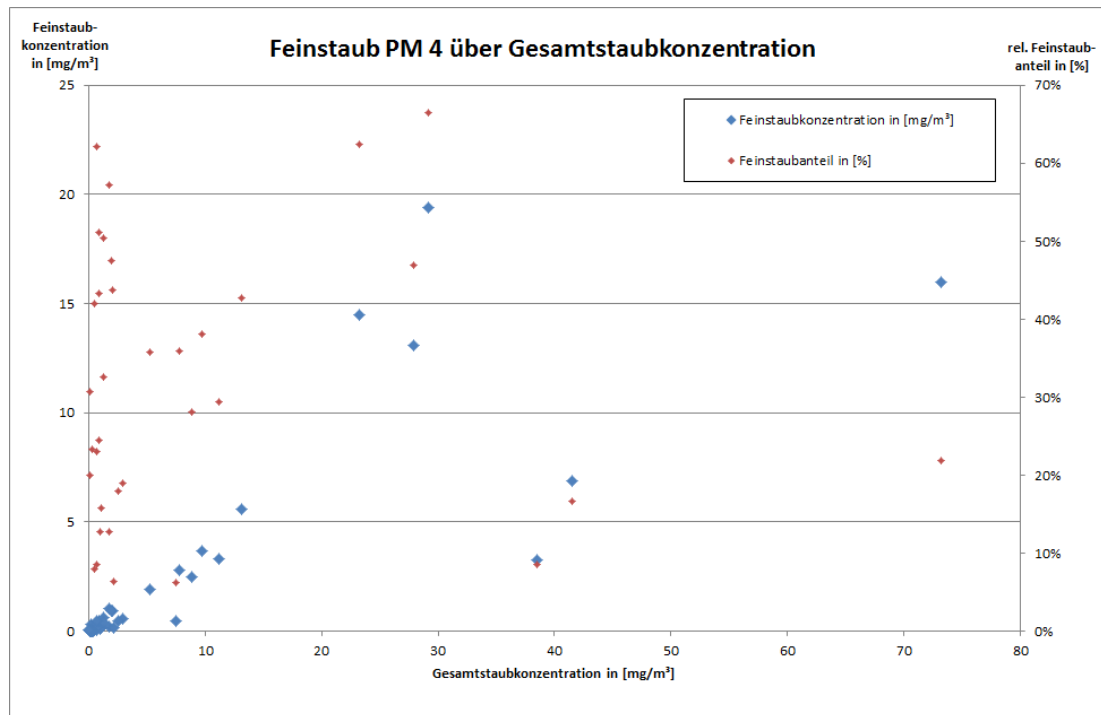
Da Quarz im Feinstaub (PM 4) und Gesamtstaub überwiegend unabhängig voneinander beprobt wurden, liegen nicht zu allen Gesamtstaubmesswerten entsprechende Quarzgehalte vor.

In keiner Probe, in der der Gesamtstaubgehalt unter 20 mg/m^3 lag, konnte eine Konzentration von kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) $> 1 \text{ mg/m}^3$ nachgewiesen werden. Aufgrund der begrenzten Anzahl an Stichproben kann dieser Sachverhalt nicht als Indiz interpretiert werden, dass aus dem Betrieb der untersuchten Anlagen, deren spezifischer Gehalt an kristallinem Quarz im Feinstaub standortbedingt hoch ist, nicht auch Konzentrationen $> 1 \text{ mg/m}^3$ emittiert werden können.

Auswertung Feinstaub PM 4 über Gesamtstaub

Die vorliegenden Untersuchungen bilden neben dem Verhalten der untersuchten Anlagen im Hinblick auf deren Emissionspotential von kristallinem Quarz im Feinstaub auch das Emissionsverhalten der Anlagen bezüglich der Feinstaubfraktion (PM 4) ab. Durch die Verwendung vergleichbarer Abgasreinigungstechniken (Gewebefilter) zeigen die Messwerte das Verhältnis von Gesamt- zu Feinstaub (PM 4) im untersuchten Konzentrationsbereich.

Abbildung 11. Abhängigkeit der Feinstaubkonzentration (PM 4) von der Gesamtstaubkonzentration, absolut (Massenkonzentration) und relativ (prozentual).



Um systematische Einflüsse auf die Auswertung auszuschließen wurden alle Messwerte unter der Nachweisgrenze von der Auswertung ausgeschlossen. Ebenso wurden unplausible Werte (hier Feinstaubgehalt > Gesamtstaubgehalt) eliminiert.

Der Auswertung liegen 35 valide Wertepaare zugrunde.

Abbildung 11 zeigt dass die absolute Emissionskonzentration von Feinstaub (PM 4) im Abgas der Anlage mit zunehmender Gesamtstaubkonzentration steigt, wohingegen dessen relativer Anteil ab einer Gesamtstaubkonzentration > 50 mg/m³ sinkt. Dies entspricht insoweit der Erwartung, als mit nachlassender Abscheideleistung der Filterentstaubung vermehrt gröbere Partikel emittiert werden (das Spektrum der emittierten Kornfraktion also gröber wird) und die größeren Partikel überproportional zur Gesamtstaubmasse beitragen.

Der mittlere Anteil von Feinstaub (PM 4) am Gesamtstaub beträgt 31 %.

Auswertung Quarzgehalt im Feinstaub PM 4 über Gesamtstaub

Um systematische Effekte auf die Auswertung auszuschließen wurden alle Messwerte unter der Nachweisgrenze (Gesamtstaub und Quarz im Feinstaub PM 4) ausgeschlossen.

Der Auswertung liegen 33 valide Wertepaare zugrunde.

Tabelle 17. Ergebnisse Quarzkonzentration im Feinstaub PM 4 und Gesamtstaub.

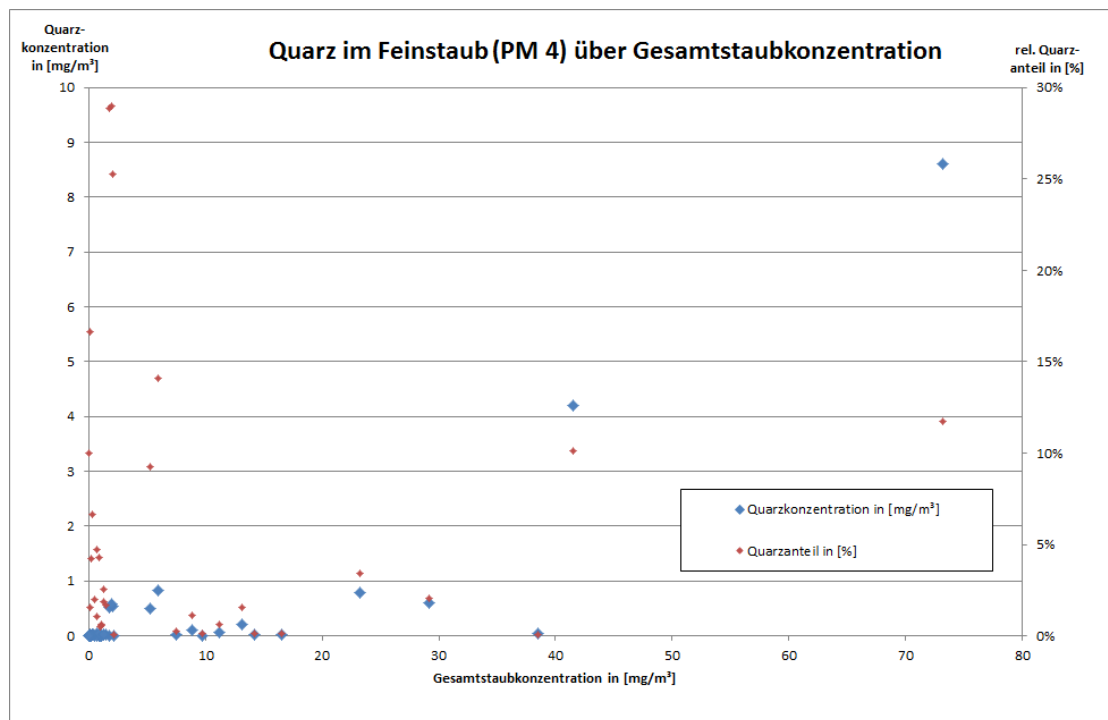
		Gesamtstaub [mg/m ³]	Quarz in PM 4 [mg/m ³]	Rel. Quarzgehalt [%]
Anlage 2.1	Messung 1	5,3	0,49	9,3%
	Messung 2	5,9	0,83	14,1%
Anlage 2.2	Messung 1	0,15	0,025	16,7%
	Messung 2	0,7	0,033	4,7%
Anlage 3	Messung 1	41,5	4,2	10,1%
	Messung 3	73,2	8,6	11,7%
Anlage 4	Messung 1	1,1	0,007	0,64%
	Messung 2	2,2	0,002	0,09%
Anlage 5	Messung 1	1,08	0,006	0,56%
	Messung 2	0,5	0,01	2,0%
	Messung 3	1,02	0,005	0,49%
	Messung 4	0,65	0,01	1,1%
Anlage 6	Messung 1	0,3	0,02	6,7%
Anlage 8	Messung 1	38,5	0,036	0,09%
	Messung 2	9,7	0,012	0,12%
	Messung 3	16,5	0,017	0,10%
	Messung 4	14,2	0,020	0,14%
	Messung 5	7,5	0,020	0,27%
Anlage 9	Messung 1	1,4	0,024	1,67%
	Messung 2	0,9	0,038	4,3%
	Messung 3	1,3	0,024	1,9%
	Messung 4	1,3	0,032	2,5%
Anlage 10	Messung 1	0,19	0,008	4,2%
Anlage 11	Messung 1	2,1	0,53	25,2%
	Messung 2	1,8	0,52	28,9%
	Messung 3	2	0,58	29,0%
Anlage 12	Messung 2	0,13	0,002	1,5%
	Messung 3	0,04	0,004	10,0%
Anlage 13.1	Messung 1	8,9	0,1	1,1%
	Messung 2	13,1	0,20	1,5%
	Messung 3	11,2	0,07	0,63%
Anlage 13.2	Messung 1	23,2	0,79	3,4%
	Messung 2	29,2	0,60	2,1%

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass keine der betrachteten Anlagen eine Konzentration von kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) $> 1 \text{ mg/m}^3$ erreicht und gleichzeitig eine Emissionskonzentration für Gesamtstaub von 20 mg/m^3 unterschreitet.

Hierbei bleibt unklar, ob Anlagen mit einem standortbedingt hohen Anteil an kristallinem Quarz auch bei nachlassendem Abscheidegrad der Filterentstaubung eine Emissionskonzentration an kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) von 1 mg/m^3 unterschreiten würden.

Der höchste gemessene Quarzgehalt im Feinstaub PM 4 lag bei $8,6 \text{ mg/m}^3$ (Anlage 3). Der höchste prozentuale Anteil von Quarz im Feinstaub betrug 29,0 Gew.-% (Anlage 11).

Abbildung 12. Abhängigkeit der Quarzkonzentration im Feinstaub (PM 4) von der Gesamtstaubkonzentration, absolut (Massenkonzentration) und relativ (prozentual).



Es zeigt sich, dass einige Proben spezifische Gehalte an kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) aufweisen, die auch bei der Unterschreitung einer Gesamtstaubkonzentration von 20 mg/m^3 eine mutmaßliche Emissionskonzentration an kristallinem Quarz $> 1 \text{ mg/m}^3$ erwarten lassen.

10 Proben weisen einen Quarzgehalt im Gesamtstaub von $> 5 \text{ Gew.-%}$ auf, wobei insbesondere die Proben von Anlage 2, 3 und 11 (8 Einzelmesswerte), mutmaßlich standortbedingt deutliche spezifische Gehalte an kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) aufweisen.

Die absoluten Quarzkonzentrationen der zwei übrigen Einzelwerte (Anlage 6 und 12) liegen nahe der jeweiligen Nachweisgrenze, sodass deren Aussagekraft zu hinterfragen ist.

Zusammenfassung

Zur Untersuchung des Emissionsverhaltens von insgesamt 16 Anlagen zur Aufbereitung von Quarzsanden, Quarzit und anderen quarzhaltigen Gesteinskörnungen in Bayern, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Sachsen wurden Messungen der Konzentration von Gesamtstaub und der Feinstaubfraktion PM 4 im geführten Abgas der Anlagen durchgeführt. Zusätzlich erfolgte die analytische Bestimmung der Konzentration des Anteils kristallinen Quarzes im abgeschiedenen Filterstaub der Feinstaubfraktion PM 4.

Der Fokus lag dabei auf besonders fortschrittlichen Anlagen, die dem derzeitigen Stand der Technik entsprechen.

An vier Anlagen erfolgte zusätzlich die Bestimmung der Konzentration von Sauerstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, angegeben als Stickstoffdioxid sowie Schwefeldioxid.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse dieser Messungen abschließend zusammen.

Tabelle 18. Untersuchungsumfang.

	Gesamtstaub	Feinstaub (PM 4)	Quarz im Feinstaub
Anzahl Messwerte	59	45	44
Mittelwert	8,2 mg/m ³	2,3 mg/m ³	0,4 mg/m ³
Median	1,1 mg/m ³	0,4 mg/m ³	0,02 mg/m ³

Sieben der untersuchten Anlagen können den Brech- und Klassieranlage zugeordnet werden. Bei acht der untersuchten Anlagen handelt es sich um Trocknungsanlagen. Eine Anlage war eine reine Mahlanlage.

Tabelle 19. Messergebnisse der untersuchten Anlagen.

	Bezeichnung	Typ	Filter	Gesamtstaub		Feinstaub PM 4		Quarz im Feinstaub PM 4	
				Mittelwert [mg/m ³]	Maximum [mg/m ³]	Mittelwert [mg/m ³]	Maximum [mg/m ³]	Mittelwert [mg/m ³]	Maximum [mg/m ³]
Anlage 1.1	Vorbrechanlage	BuK-Anlage	X	1,2	1,8	0,31	0,39	0,003	0,003
Anlage 1.2	Edelsplittanlage	BuK-Anlage	X	0,6	0,9	0,27	0,32	0,003	0,003
Anlage 2.1	Feinsandtrocknung	Sandtrocknung	X	6,3	7,8	2,4	2,8	0,66	0,83
Anlage 2.2	Grobsandtrocknung	Sandtrocknung	X	0,5	0,7	0,05	0,1	0,029	0,033
Anlage 3	Sandtrocknung	Sandtrocknung	X	57,1	73,2	11,5	16,0	6,4	8,6
Anlage 4	Sandtrocknung	Sandtrocknung	X	1,3	2,2	0,09	0,14	0,005	0,007
Anlage 5	Granitbrechanlage	BuK-Anlage	X	1,3	4,0	0,17	0,21	0,007	0,010
Anlage 6	Farbsandofen	Sandtrocknung	X	0,2	0,3	0,04	0,07	0,002	0,002
Anlage 7	Kieswerk	BuK-Anlage	X	0,3	0,4	0,02	0,02	0,020	0,020
Anlage 8	Quarzsandtrockner 1	Sandtrocknung	X	13,1	38,5	1,7	3,7	0,021	0,036
Anlage 9	Quarzsandtrockner 2	Sandtrocknung	X	1,1	1,4	0,49	0,65	0,030	0,038
Anlage 10	Sandklassier- und -sichteranlage	Klassieranlage	X	0,2	0,2	0,01	0,01	0,008	0,008
Anlage 11	Rohrmühle	Mahlanlage	X	2,0	2,1	0,97	1,03	0,54	0,58
Anlage 12	Trocknungsanlage	Sandtrocknung	X	0,1	0,1	0,05	0,05	0,003	0,004
Anlage 13.1	Kegelbrecher	BuK-Anlage	X	11,1	13,1	3,8	5,6	0,12	0,20
Anlage 13.2	Edelsplittanlage	BuK-Anlage	X	26,7	29,0	15,7	19,4	0,70	0,79

Aus der Auswertung der Untersuchungsergebnisse (4.5 des vorliegenden Berichtes) können die nachstehenden Aussagen abgeleitet werden.

- Die untersuchten Anlagen unterschreiten überwiegend eine Konzentration von kristallinem Quarz im Feinstaub des Abgases von 1 mg/m^3 . Zwei der 44 untersuchten Proben (entsprechend 5 %) liegen über einen Quarzgehalt von 1 mg/m^3 .
- Alle Anlagen die eine Konzentration an kristallinem Quarz im Feinstaub im Abgas der Anlagen von $> 1 \text{ mg/m}^3$ überschreiten, überschreiten gleichsam eine Gesamtstaubkonzentration von 20 mg/m^3 . Die Überschreitung der Gesamtstaubkonzentration an den betreffenden Anlagen ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine eingeschränkte Funktion der jeweiligen Entstaubungseinrichtung zurückzuführen. Ursache hierfür ist vermutlich eine nicht ausreichende Wartung, oder eine akute Störung der Filterentstaubung.
- Eine Unterscheidung der gemessenen Konzentrationen der Parameter Gesamtstaub, Feinstaub (PM 4) Quarz im Feinstaub nach den untersuchten Anlagentypen (Brech- und Klassieranlagen, Trocknungsanlagen) zeigt keine signifikanten Merkmale.
- Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verwendung vergleichbarer Abgasreinigungstechniken (alle Anlagen verfügen über Gewebefilterentstaubungen) eventuelle Unterschiede aufgrund der Genese der Emissionen überlagert.
- Die Untersuchung der gasförmigen Abgasbestandteile Sauerstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, angegeben als Stickstoffdioxid sowie Schwefeldioxid liefert keinen Anhaltspunkt für eine Korrelation mit der Emission partikulärer Stoffe. Auf eine Darstellung entsprechender Korrelationen wurde verzichtet.
- Der mittlere Anteil von Feinstaub (PM 4) am Gesamtstaub aller plausiblen Proben, deren Feinstaub- sowie Gesamtstaubgehalt über der jeweiligen Nachweisgrenze lag, beträgt 31 % (Standardabweichung 17%).
Die Streuung der Messwerte wird bei dieser Betrachtung besonders stark durch Werte knapp an der Nachweisgrenze des jeweiligen Messverfahrens geprägt. Diese weisen naturgemäß eine vergleichsweise hohe relative Messunsicherheit auf, so dass das Verhältnis zweier unsicherer Messgrößen überproportional durch die zufällige Lage der jeweiligen Toleranzfelder bestimmt wird.
- Obwohl im Rahmen der Untersuchungen in keiner Probe, in der der Gesamtstaubgehalt unter 20 mg/m^3 lag, eine Konzentration von kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) $> 1 \text{ mg/m}^3$ nachgewiesen wurde, zeigen die Messergebnisse, dass an Standorten mit entsprechend hohem Anteil an kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) auch bei der Unterschreitung einer Gesamtstaubkonzentration von 20 mg/m^3 mit der Überschreitung von 1 mg/m^3 kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) gerechnet werden muss. Zehn von 33 Einzelmesswerte (entsprechend 30 % der ausgewerteten Proben) weisen spezifische Gehalte an kristallinem Quarz im Feinstaub (PM 4) $> 5 \text{ Gew.-%}$ auf.

Tabelle 20. Ergebnisse Quarzkonzentration im Feinstaub PM 4 und Gesamtstaub mit Quarzgehalten > 5 Gew. %.

		Gesamtstaub [mg/m ³]	Quarz in PM 4 [mg/m ³]	Rel. Quarzgehalt [%]
Anlage 2.1	Messung 1	5,3	0,49	9,3
	Messung 2	5,9	0,83	14,1
Anlage 2.2	Messung 1	0,15	0,025	16,7
Anlage 3	Messung 1	41,5	4,2	10,1
	Messung 3	73,2	8,6	11,7
Anlage 6	Messung 1	0,3	0,02	6,7
Anlage 11	Messung 1	2,1	0,53	25,2
	Messung 2	1,8	0,52	28,9
	Messung 3	2,0	0,58	29,0
Anlage 12	Messung 3	0,04	0,004	10,0

Bei diesen Anteilen an Quarzfeinstaub an der Gesamtstaubkonzentration kann (möglicherweise aufgrund standortspezifischer Charakteristika) auch bei der Unterschreitung einer Gesamtstaubkonzentration von 20 mg/m³ nicht mehr auf eine Unterschreitung der Quarzfeinstaub (PM 4)-Konzentration von 1 mg/m³ geschlossen werden.

Für den Inhalt des Berichtes zeichnen verantwortlich:



Dipl.-Ing. (FH) Martin Heirich
Telefon +49(6051)6183-10



Dipl.-Ing. (FH) Frank Stöcklein
Telefon +49(911)600445-0

Anhang: Zusammenstellung der Ergebnisse

Messergebnisse der Messungen der Müller-BBM GmbH an Anlagen in Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen

Tabelle 21. Charakterisierung der untersuchten Anlagen.

	Bezeichnung	Typ
Anlage 1.1	Nachbrechanlage	Brech- und Klassieranlage
Anlage 1.2	Edelsplittanlage	Brech- und Klassieranlage
Anlage 2.1	Feinsandtrocknung	Sandtrocknung
Anlage 2.2	Grobsandtrocknung	Sandtrocknung
Anlage 3	Sandtrocknung	Sandtrocknung
Anlage 4	Sandtrocknung	Sandtrocknung

Messergebnisse Abgasrandbedingungen

Nachfolgend werden die wichtigsten Messergebnisse zusammengefasst. Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich alle Konzentrationen auf trockenes Abgas im Normzustand (273,15 K und 1.013 mbar).

Tabelle 22. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 1 und 2.

Abgasrandbedingungen					
Datum		19.12.12	19.12.12	28.03.13	28.03.13
Beginn		10:00	14:30	07:00	11:30
Ende		13:30	16:45	10:30	15:00
Betriebszustand		Anlage 1.1	Anlage 1.2	Anlage 2.1	Anlage 2.2
		Nachbrechanlage	Edelsplittanlage	Feinsandtrocknung	Grobsandtrocknung
p_{Luft}	[hPa]	981	983	1011	1009
T_{Abgas}	[°C]	8	8	27	61
p_{stat}	[hPa]	0,3	-0,4	1,8	2,0
p_{dyn}	[hPa]	3,40	1,35	2,11	1,41
F_{Abgas}	[g/m ³]	7	7	28	65
O_2	[Vol.-%]	- *)	- *)	19,0	19,3
CO_2	[Vol.-%]	- *)	- *)	0,7	1,0
$\rho_{\text{Abgas (betr.)}}$	[kg/m ³]	1,208	1,211	1,157	1,024
$\rho_{\text{Abgas (n, f)}}$	[kg/m ³]	1,284	1,284	1,273	1,256
$\rho_{\text{Abgas (n, t)}}$	[kg/m ³]	1,288	1,288	1,289	1,292
A_{Kanal}	[m ²]	0,442	2,270	0,503	0,196
$v_{\text{Strömung}}$	[m/s]	23,7	14,4	18,9	16,5
$v_{\text{max}} / v_{\text{min}}$		1,1	2,4	1,7	1,3
$V_{\text{(betr.)}}$	[m ³ /h]	37700	117400	34100	11700
$V_{\text{(n, f)}}$	[m ³ /h]	35500	110700	31000	9500
$V_{\text{(n, tr)}}$	[m ³ /h]	35200	109700	30000	8800

*) Bei Anlage 1 handelt es sich um eine Brech- und Klassieranlage, die ohne Materialerwärmung durch Primärbrennstoff betrieben wird. Auf die Bestimmung der Feuerungsparameter bzw. Verbrennungsprodukte wurde deshalb verzichtet.

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Tabelle 23. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 3 und 4.

Abgasrandbedingungen			
Datum		09.07.13	09.08.13
Beginn		11:00	11:00
Ende		14:30	15:00
Betriebszustand		Anlage 3	Anlage 4
p_{Luft}	[hPa]	1017	1016
T_{Abgas}	[°C]	72	89
p_{stat}	[hPa]	0,5	0,2
p_{dyn}	[hPa]	1,78	0,55
F_{Abgas}	[g/m ³]	90	56
O_2	[Vol.-%]	18,9	18,9
CO_2	[Vol.-%]	1,0	1,0
$\rho_{\text{Abgas (betr.)}}$	[kg/m ³]	0,987	0,952
$\rho_{\text{Abgas (n, f)}}$	[kg/m ³]	1,242	1,259
$\rho_{\text{Abgas (n, t)}}$	[kg/m ³]	1,291	1,291
A_{Kanal}	[m ²]	1,327	0,442
$v_{\text{Strömung}}$	[m/s]	19,0	10,7
$v_{\text{max}} / v_{\text{min}}$		1,1	1,0
$V_{\text{(betr.)}}$	[m ³ /h]	90800	17100
$V_{\text{(n, f)}}$	[m ³ /h]	72100	12900
$V_{\text{(n, tr)}}$	[m ³ /h]	64900	12000

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Messergebnisse gasförmige anorganische Verbindungen

Tabelle 24. Messergebnisse Anlage 2.

Messung		1	2	3	1	2	3
Datum		28.03.13	28.03.13	28.03.13	28.03.13	28.03.13	28.03.13
Beginn		08:07	08:40	09:16	11:49	12:23	13:27
Ende		08:37	09:10	09:46	12:19	13:23	14:27
Betriebszustand		Feinsandtrocknung			Grobsandtrocknung		
O2							
Gehalt	[Vol.-%]	20,3 ± 0,3	20,3 ± 0,3	20,3 ± 0,3	19,4 ± 0,3	19,5 ± 0,3	19,6 ± 0,3
CO2							
Gehalt	[Vol.-%]	0,3 ± 0,2	0,3 ± 0,2	0,4 ± 0,2	1,0 ± 0,4	0,9 ± 0,4	0,8 ± 0,4
CO							
Konzentration	[mg/m³]	30,1 ± 10,2	30,2 ± 10,2	28,4 ± 10,2	104 ± 11	94 ± 11	89 ± 11
Massenstrom	[kg/h]	0,90 ± 0,52	0,90 ± 0,52	0,85 ± 0,51	0,91 ± 0,27	0,83 ± 0,25	0,78 ± 0,24
SO2							
Konzentration	[mg/m³]	< 11 -	< 11 -	< 11 -	< 11	< 11	12 ± 23
Massenstrom	[kg/h]	< 0,34 -	< 0,34 -	< 0,34 -	< 0,10	< 0,10	0,11 ± 0,3
NO+N02,als N02							
Konzentration	[mg/m³]	< 10 -	< 10 -	< 10 -	12 ± 10	< 10	< 10
Massenstrom	[kg/h]	< 0,31 -	< 0,31 -	< 0,31 -	0,10 ± 0,13	< 0,09	< 0,09

Tabelle 25. Messergebnisse Anlage 3.

Messung		1	2	3	4
Datum		09.07.13	09.07.13	09.07.13	09.07.13
Beginn		11:49	12:24	13:06	13:39
Ende		12:19	12:54	13:36	14:09
Betriebszustand		Trocknen		Trocknen	
O2					
Gehalt	[Vol.-%]	19,3 ± 0,6	19,3 ± 0,6	19,4 ± 0,6	19,6 ± 0,6
CO2					
Gehalt	[Vol.-%]	0,97 ± 0,82	0,97 ± 0,82	0,92 ± 0,82	0,78 ± 0,82
CO					
Konzentration	[mg/m ³]	< 5,0 -	< 5,0 -	< 5,0 -	< 5,0 -
Massenstrom	[kg/h]	< 0,3 -	< 0,3 -	< 0,3 -	< 0,3 -
SO2					
Konzentration	[mg/m ³]	< 11,4 -	< 11,4 -	< 11,4 -	< 11,4 -
Massenstrom	[kg/h]	< 0,74 -	< 0,74 -	< 0,74 -	< 0,74 -
NO+N02,als N02					
Konzentration	[mg/m ³]	17,4 ± 20,9	17,3 ± 20,9	16,4 ± 20,9	14,0 ± 20,9
Massenstrom	[kg/h]	1,13 ± 1,8	1,12 ± 1,8	1,07 ± 1,8	0,91 ± 1,8

Tabelle 26. Messergebnisse Anlage 4 (Sandtrocknung).

Messung		1	2	3	4	5	6
Datum		09.08.13	09.08.13	09.08.13	09.08.13	09.08.13	09.08.13
Beginn		11:44	12:14	12:44	13:14	13:44	14:14
Ende		12:14	12:44	13:14	13:44	14:14	14:44
Betriebszustand		Trocknen	Trocknen	Trocknen	Trocknen	Trocknen	Trocknen
O₂							
Gehalt	[Vol.-%]	19,5 ± 0,6	19,5 ± 0,6	19,5 ± 0,6	19,4 ± 0,6	19,4 ± 0,6	19,5 ± 0,6
CO₂							
Gehalt	[Vol.-%]	1,1 ± 0,8	1,1 ± 0,8	1,1 ± 0,8	1,1 ± 0,8	1,1 ± 0,8	1,1 ± 0,8
CO							
Konzentration	[mg/m ³]	197 ± 14	197 ± 14	192 ± 13	191 ± 14	196 ± 14	196 ± 14
Massenstrom	[kg/h]	2,4 ± 0,4	2,4 ± 0,4	2,3 ± 0,4	2,3 ± 0,4	2,4 ± 0,4	2,4 ± 0,4
SO₂							
Konzentration	[mg/m ³]	< 11 -	< 11 -	< 11 -	< 11 -	< 11 -	< 11 -
Massenstrom	[kg/h]	< 0,14 -	< 0,14 -	< 0,14 -	< 0,14 -	< 0,14 -	< 0,14 -
NO+NO₂, als NO₂							
Konzentration	[mg/m ³]	12,4 ± 10,5	12,8 ± 10,5	12,8 ± 10,5	13,3 ± 10,5	12,7 ± 10,5	12,5 ± 10,5
Massenstrom	[kg/h]	0,15 ± 0,17	0,15 ± 0,17	0,15 ± 0,17	0,16 ± 0,17	0,15 ± 0,17	0,15 ± 0,17

Die Ergebnisse der Messung gasförmiger anorganischer Verbindungen im Abgas der Trocknungsanlagen zeigt Werte, wie sie bei dieser Anlagentechnik zu erwarten sind. Prozessbedingt werden mit dem Trocknungsmaterial erhebliche Luftmengen durch den Prozess gefördert, was zu vergleichsweise hohen Sauerstoffgehalten im Abgas führt. Wie bei allen direktbefeuerten Trommelöfen besteht Potential zu Bildung von Kohlenmonoxid, das mutmaßlich durch die Störung der Verbrennung des Primärbrennstoffes durch das Trockengut verursacht wird.

Die höchste gemessene Konzentration beträgt 197 mg Kohlenmonoxid/m³ (n.tr.) bei einen Sauerstoffgehalt von 19,5 Vol-% Sauerstoff im Abgas.

Messergebnisse Gesamtstaub

Tabelle 27. Messergebnisse Anlage 1.

Gesamtstaub	1	2	3	1	2
Datum	19.12.12	19.12.12	19.12.12	19.12.12	19.12.12
Beginn	10:13	10:47	11:26	14:37	15:45
Ende	10:43	11:22 *)	11:56	15:37	16:45
Betriebszustand	Vor- und Nachbrechanlage			Edelsplittanlage	
Konzentration	[mg/m ³]	1,8 ± 0,6	0,9 ± 0,5	0,9 ± 0,6	0,2 ± 0,3
Massenstrom	[kg/h]	0,063 ± 0,029	0,033 ± 0,026	0,031 ± 0,027	0,03 ± 0,04
				0,09 ± 0,05	

*) Unterbrechung der Probenahmen von 10:52 bis 10:57 (kein Materialfluss)

Tabelle 28. Messergebnisse Anlage 2.

Gesamtstaub	1	2	3	1	2	3
Datum	28.03.13	28.03.13	28.03.13	28.03.13	28.03.13	28.03.13
Beginn	08:07	08:40	09:16	11:49	12:23	13:27
Ende	08:37	09:10	09:46	12:19	13:23	14:27
Anlage	Feinsandtrocknung			Grobsandtrocknung		
Konzentration	[mg/m ³]	5,3 ± 0,7	5,9 ± 0,6	7,8 ± 0,7	< 0,3 ± 0,3	0,7 ± 0,3
Massenstrom	[kg/h]	0,16 ± 0,05	0,18 ± 0,05	0,23 ± 0,06	< 0,002 ± 0,004	0,006 ± 0,004

Tabelle 29. Messergebnisse Anlage 3 (Sandtrocknung).

Gesamtstaub	1	2	3	4
Datum	09.07.13	09.07.13	09.07.13	09.07.13
Beginn	11:49	12:24	13:06	13:39
Ende	12:19	12:54	13:36	14:09
Betriebszustand	Trocknen L40		Trocknen L 55	
Konzentration	[mg/m ³]	41,5 ± 2,1	40,9 ± 2,1	73,2 ± 2,7
Massenstrom	[kg/h]	2,7 ± 0,4	2,7 ± 0,4	4,7 ± 0,6

Tabelle 30. Messergebnisse Anlage 4 (Sandtrocknung).

Gesamtstaub	1	2	3
Datum	09.08.13	09.08.13	09.08.13
Beginn	11:44	12:22	13:31
Ende	12:14	13:22	14:31
Konzentration	[mg/m ³]	1,1 ± 2,9	2,2 ± 1,5
Massenstrom	[kg/h]	0,014 ± 0,045	0,027 ± 0,024
			0,006 ± 0,023

Messergebnisse Kornverteilung

Tabelle 31. Messergebnisse Anlage 1 (Brech- und Klassieranlage).

Staubfraktionen		1	2	1	2
Datum		19.12.12	19.12.12	19.12.12	19.12.12
Beginn		10:07	12:25	14:31	15:39
Ende		12:07 ^{*)}	13:25	15:31	16:39
Anlage		Vor- und Nachbrechanlage		Edelsplittanlage	
> 10 µm					
Konzentration	[mg/m ³]	0,03 ± 0,02	0,06 ± 0,03	0,04 ± 0,04	< 0,04
Massenstrom	[g/h]	0,9 ± 0,9	2,3 ± 1,6	3,8 ± 5,5	< 3,9
4 - 10 µm ^{**)}					
Konzentration	[mg/m ³]	< 0,02	0,05 ± 0,03	0,08 ± 0,04	< 0,04
Massenstrom	[g/h]	< 0,8	1,6 ± 1,6	8,4 ± 6,3	< 3,9
< 4 µm					
Konzentration	[mg/m ³]	0,23 ± 0,02	0,39 ± 0,04	0,32 ± 0,04	0,22 ± 0,04
Massenstrom	[g/h]	8,2 ± 1,6	13,8 ± 2,6	35,3 ± 11,0	24,4 ± 9,2

^{*)} Unterbrechung der Probenahmen von 10:52 bis 10:57 (kein Materialfluss)

^{**)} Die Kornfraktion 4 - 10 µm wird verfahrensbedingt im Impaktor gebildet.

Die PM10-Fraktion kann als Summe der Kornfraktionen 4 - 10 µm und < 4 µm gebildet werden.

Tabelle 32. Messergebnisse Anlage 2 (Sandtrochnungsanlage).

Staubfraktionen		1	2	1	2
Datum		28.03.13	28.03.13	28.03.13	28.03.13
Beginn		08:07	09:15	11:49	12:57
Ende		09:07	10:15	12:49	14:57
Anlage		Feinsandtrochnung		Grobsandtrochnung	
> 10 µm					
Konzentration	[mg/m³]	0,9 ± 0,1	1,3 ± 0,1	0,19 ± 0,06	0,11 ± 0,03
Massenstrom	[g/h]	25,8 ± 6,7	38,7 ± 8,8	1,6 ± 0,9	1,0 ± 0,5
4 - 10 µm					
Konzentration	[mg/m³]	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,24 ± 0,06	0,11 ± 0,03
Massenstrom	[g/h]	10,7 ± 4,4	13,8 ± 4,9	2,1 ± 1,0	1,0 ± 0,5
< 4 µm					
Konzentration	[mg/m³]	1,9 ± 0,1	2,8 ± 0,1	0,03 ± 0,06	0,06 ± 0,03
Massenstrom	[g/h]	56,7 ± 11,9	85,1 ± 16,8	0,3 ± 0,7	0,5 ± 0,4

Tabelle 33. Messergebnisse Anlage 3 (Sandtrochnungsanlage).

Staubfraktionen		1	2
Datum		09.07.13	09.07.13
Beginn		11:49	13:06
Ende		12:49	14:06
Trocknung		L 40	L 55
> 10 µm			
Konzentration	[mg/m ³]	4,3 ± 0,2	4,3 ± 0,2
Massenstrom	[g/h]	280 ± 36	278 ± 36
4 - 10 µm			
Konzentration	[mg/m ³]	0,8 ± 0,1	1,8 ± 0,1
Massenstrom	[g/h]	49 ± 18	114 ± 17
< 4 µm			
Konzentration	[mg/m ³]	6,9 ± 0,2	16 ± 0,5
Massenstrom	[g/h]	445 ± 57	1037 ± 130

Tabelle 34. Messergebnisse Anlage 4 (Sandtrochnungsanlage).

Staubfraktionen		1	2
Datum		09.08.13	09.08.13
Beginn		11:44	12:59
Ende		12:44	14:59
Betriebszustand		trocknen	
> 10 µm			
Konzentration	[mg/m³]	0,05 ± 0,08	< 0,02
Massenstrom	[g/h]	0,5 ± 1,2	< 0,2
4 - 10 µm			
Konzentration	[mg/m³]	0,10 ± 0,08	< 0,02
Massenstrom	[g/h]	1,2 ± 1,3	0,2 ± 0,6
< 4 µm			
Konzentration	[mg/m³]	0,14 ± 0,08	0,04 ± 0,04
Massenstrom	[g/h]	1,6 ± 1,3	0,4 ± 0,6

Messergebnisse Quarz im Feinstaub(PM 4)

Tabelle 35. Messergebnisse Anlage 1 (Brech- und Klassieranlage).

Quarz im Feinstaub		1	2	1	2
Datum		19.12.12	19.12.12	19.12.12	19.12.12
Beginn		10:07	12:25	14:31	15:39
Ende		12:07	13:25	15:31	16:39
Anlage		Vor- und Nachbrechanlage		Edelsplittanlage	
Probe					
Konzentration	[mg/m³]	< 0,004	< 0,006	< 0,006	< 0,006
Massenstrom	[mg/h]	< 0,14	< 0,20	< 0,69	< 0,71

Tabelle 36. Messergebnisse Anlage 2 (Sandtrochnungsanlage).

1			2		
1			2		
Datum	28.03.13	28.03.13	28.03.13	28.03.13	
Beginn	08:07	09:15	11:49	12:57	
Ende	09:07	10:15	12:49	14:57	
Anlage	Feinsandtrochnung		Grobsandtrochnung		
Probe					
Konzentration	[mg/m³]	0,49 ± 0,10	0,83 ± 0,17	0,025 ± 0,011	0,033 ± 0,006
Massenstrom	[g/h]	14,7 ± 5,9	24,9 ± 10,6	0,22 ± 0,16	0,29 ± 0,12

Tabelle 37. Messergebnisse Anlage 3 (Sandtrochnungsanlage).

Quarz im Feinstaub	1	2
Datum	09.07.13	09.07.13
Beginn	11:49	13:06
Ende	12:49	14:06
Trochnung	L 40	L 55
Probe		
Konzentration [mg/m ³]	4,2 ± 0,9	8,6 ± 1,7
Massenstrom [g/h]	272 ± 94	560 ± 183

Tabelle 38. Messergebnisse Anlage 4 (Sandtrochnungsanlage).

Quarz im Feinstaub		1	2
Datum		09.08.13	09.08.13
Beginn		11:44	12:59
Ende		12:44	14:59
Betriebszustand		trocknen	
Probe			
Konzentration	[mg/m³]	0,007 ± 0,0015	0,002 ± 0,0004
Massenstrom	[g/h]	0,087 + 0.030	0,021 + 0.008

Messergebnisse der Messungen des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU)

Tabelle 39. Charakterisierung der untersuchten Anlagen.

	Bezeichnung	Typ
Anlage 5	Granitbrechanlage	Brech- und Klassieranlage
Anlage 6	Farbsandofen	Sandtrocknung
Anlage 7	Kieswerk	Brech- und Klassieranlage
Anlage 8	Quarzsandtrockner 1	Sandtrocknung
Anlage 9	Quarzsandtrockner 2	Sandtrocknung
Anlage 10	Sandklassier- und -sichteranlage	Klassieranlage

Messergebnisse Abgasrandbedingungen

Nachfolgend werden die wichtigsten Messergebnisse zusammengefasst. Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich alle Konzentrationen auf trockenes Abgas im Normzustand (273,15 K und 1.013 mbar).

Tabelle 40. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 5.

Abgasrandbedingungen				
Datum		14.05.2013	15.05.2013	16.05.2013
Beginn		14:45	08:30	08:27
Ende		15:00	08:42	08:39
Anlage		Brech- und Klassieranlage (Granit)		
p_{Luft}	[hPa]	970	967	968
T_{Abgas}	[°C]	18,6	16,3	17,2
p_{stat}	[hPa]	-31,0	-31,3	-31,4
F_{Abgas}	[Vol %]	1,4	1,5	1,6
$\rho_{\text{Abgas (betr.)}}$	[kg/m ³]	1,111	1,117	1,113
$\rho_{\text{Abgas (n, f)}}$	[kg/m ³]	1,281	1,281	1,281
$\rho_{\text{Abgas (n, t)}}$	[kg/m ³]	1,288	1,288	1,288
$v_{\text{Strömung}}$	[m/s]	16,5	16,5	16,1
$V_{\text{(betr.)}}$	[m ³ /h]	18255	18247	17811
$V_{\text{(n, f)}}$	[m ³ /h]	15831	15902	15480
$V_{\text{(n, tr)}}$	[m ³ /h]	15601	15665	15238

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Tabelle 41. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 6 (Farbsandofen).

Abgasrandbedingungen					
Datum		17.10.2012	18.10.2012	18.10.2012	19.10.2012
Beginn		14:15	08:55	16:50	08:40
Ende		15:00	09:05	17:05	08:55
Anlage		0			
p_{Luft}	[hPa]	965	967	966	968,5
T_{Abgas}	[°C]	100,6	59,0	45,1	96,8
p_{stat}	[hPa]	-0,10	-0,10	-0,10	0,00
F_{Abgas}	[Vol %]	0,4	1,6	1,7	1,3
O_2	[Vol.-%]	19,9	20,4	20,7	19,9
CO_2	[Vol.-%]	0,5	0,3	0,2	0,6
$\rho_{\text{Abgas (betr.)}}$	[kg/m ³]	0,896	1,006	1,048	0,906
$\rho_{\text{Abgas (n, f)}}$	[kg/m ³]	1,288	1,281	1,281	1,284
$\rho_{\text{Abgas (n, t)}}$	[kg/m ³]	1,290	1,289	1,289	1,290
$v_{\text{Strömung}}$	[m/s]	10,7	10,4	10,2	10,6
$V_{\text{(betr.)}}$	[m ³ /h]	36504	36546	34934	36289
$V_{\text{(n, f)}}$	[m ³ /h]	25406	27896	28583	25609
$V_{\text{(n, tr)}}$	[m ³ /h]	25306	27447	28097	25282

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Tabelle 42. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 7.

Abgasrandbedingungen				
Datum		04.09.1012	05.09.1012	06.09.1012
Beginn		12:52	08:15	08:20
Ende		13:20	08:30	08:30
Anlage		Brech- und Klassieranlage (Kieswerk)		
p_{Luft}	[hPa]	967	966	970
T_{Abgas}	[°C]	26,0	22,1	17,6
p_{stat}	[hPa]	-0,50	-0,50	-0,50
F_{Abgas}	[Vol %]	1,8	1,9	1,8
O_2	[Vol.-%]	20,4	20,3	20,3
CO_2	[Vol.-%]	0,1	0,1	0,1
$\rho_{\text{Abgas (betr.)}}$	[kg/m ³]	1,119	1,132	1,155
$\rho_{\text{Abgas (n, f)}}$	[kg/m ³]	1,285	1,284	1,284
$\rho_{\text{Abgas (n, t)}}$	[kg/m ³]	1,293	1,293	1,293
$v_{\text{Strömung}}$	[m/s]	7,3	8,3	8,6
$V_{\text{(betr.)}}$	[m ³ /h]	22365	25383	26227
$V_{\text{(n, f)}}$	[m ³ /h]	19479	22376	23575
$V_{\text{(n, tr)}}$	[m ³ /h]	19128	21943	23141

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Tabelle 43. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 8.

Abgasrandbedingungen				
Datum		06.03.2013	07.03.2013	08.03.2013
Beginn		09:00	10:25	08:42
Ende		09:25	10:45	09:00
Anlage		Quarzsandtrockner 1		
p_{Luft}	[hPa]	955,5	948,5	949,5
T_{Abgas}	[°C]	84,0	78,4	82,6
p_{stat}	[hPa]	1,10	0,80	0,90
F_{Abgas}	[Vol. %]	5,7	6,7	7,8
O_2	[Vol.-%]	19,4	19,3	19,4
CO_2	[Vol.-%]	0,9	1,1	0,9
$\rho_{\text{Abgas (betr.)}}$	[kg/m ³]	0,913	0,917	0,903
$\rho_{\text{Abgas (n, f)}}$	[kg/m ³]	1,264	1,260	1,254
$\rho_{\text{Abgas (n, t)}}$	[kg/m ³]	1,292	1,293	1,292
$v_{\text{Strömung}}$	[m/s]	13,6	13,5	13,4
$V_{\text{(betr.)}}$	[m ³ /h]	24670	24349	24275
$V_{\text{(n, f)}}$	[m ³ /h]	17813	17725	17483
$V_{\text{(n, tr)}}$	[m ³ /h]	16804	16537	16121

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Tabelle 44. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 9.

Abgasrandbedingungen				
Datum		23.04.2013	24.04.2013	25.04.2013
Beginn		08:40	08:40	08:35
Ende		09:03	08:59	08:55
Anlage		Quarzsandtrockner 2		
p_{Luft}	[hPa]	968	975	976
T_{Abgas}	[°C]	80,7	78,8	86,5
p_{stat}	[hPa]	-17,5	-16,6	-17,5
F_{Abgas}	[Vol. %]	19,9	17,3	18,4
O_2	[Vol.-%]	17,0	16,3	18,0
CO_2	[Vol.-%]	2,5	2,5	1,4
$\rho_{\text{Abgas (betr.)}}$	[kg/m ³]	0,870	0,890	0,864
$\rho_{\text{Abgas (n, f)}}$	[kg/m ³]	1,201	1,213	1,203
$\rho_{\text{Abgas (n, t)}}$	[kg/m ³]	1,299	1,298	1,293
$v_{\text{Strömung}}$	[m/s]	15,5	16,2	16,2
$V_{\text{(betr.)}}$	[m ³ /h]	30926	32340	32356
$V_{\text{(n, f)}}$	[m ³ /h]	22397	23741	23245
$V_{\text{(n, tr)}}$	[m ³ /h]	17950	19642	18959

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Tabelle 45. Messergebnisse Abgasrandbedingungen Anlage 10.

Abgasrandbedingungen			
Datum		11.12.2012	12.12.2012
Beginn		10:25	08:40
Ende		10:45	08:50
Anlage		Sandklassier- und -sichteranlage	
p_{Luft}	[hPa]	967	971
T_{Abgas}	[°C]	10,9	5,6
p_{stat}	[hPa]	-14,7	-14,5
F_{Abgas}	[Vol %]	0,5	0,4
O_2	[Vol.-%]	21,0	21,0
CO_2	[Vol.-%]	0,03	0,03
$\rho_{\text{Abgas (betr.)}}$	[kg/m ³]	1,162	1,190
$\rho_{\text{Abgas (n, f)}}$	[kg/m ³]	1,286	1,286
$\rho_{\text{Abgas (n, t)}}$	[kg/m ³]	1,288	1,288
$v_{\text{Strömung}}$	[m/s]	7,8	7,9
$V_{\text{(betr.)}}$	[m ³ /h]	4266	4334
$V_{\text{(n, f)}}$	[m ³ /h]	3856	4009
$V_{\text{(n, tr)}}$	[m ³ /h]	3838	3993

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Messergebnisse Gesamtstaub

Tabelle 46. Messergebnisse Anlage 5 (Brech- und Klassieranlage (Granit)).

Gesamtstaub		1	2	3	4	5	6
Datum		14.05.13	15.05.13	15.05.13	15.05.13	16.05.13	16.05.13
Beginn		16:00	08:51	12:36	16:29	08:45	12:24
Ende		16:30	09:21	13:06	16:59	09:15	12:54
Konzentration	[mg/m ³]	1,08	0,50	1,02	0,65	3,98	0,69
Massenstrom	[g/h]	16,8	7,8	16,0	10,2	60,6	10,5

Tabelle 47. Messergebnisse Anlage 6 (Farbsandofen).

Gesamtstaub		1	2	3	4
Datum		17.10.12	18.10.12	18.10.12	19.10.12
Beginn		15:33	09:17	16:17	09:00
Ende		16:03	09:47	16:47	09:30
Konzentration	[mg/m ³]	0,30	< 0,21	< 0,21	< 0,21
Massenstrom	[g/h]	7,6	< 6,0	< 6,0	< 6,0

Tabelle 48. Messergebnisse Anlage 7 (Brech- und Klassieranlage (Kieswerk)).

Gesamtstaub		1	2	3	4
Datum		04.09.12	05.09.12	05.09.12	06.09.12
Beginn		15:50	11:47	15:35	11:43
Ende		16:20	12:17	16:05	12:13
Konzentration	[mg/m ³]	0,43	< 0,25	0,30	0,29
Massenstrom	[g/h]	8,2	< 5,5	6,6	6,7

Tabelle 49. Messergebnisse Anlage 8 (Quarzsandtrockner 1).

Gesamtstaub		1	2	3	4	5	6	7
Datum		6.3.13	6.3.13	6.3.13	6.3.13	7.3.13	7.3.13	8.3.13
Beginn		09:55	13:10	14:05	16:40	10:50	13:16	09:10
Ende		10:25	13:40	14:35	17:10	11:20	13:46	09:40
Konzentration	[mg/m ³]	38,5 *)	9,7 *)	16,5 *)	14,2 *)	7,45	2,93	2,47
Massenstrom	[g/h]	647 *)	163 *)	277 *)	239 *)	124	48,5	39,8

*) Erhöhte Emissionswerte aufgrund Defekt der Gewebefilteranlage (undichte Bypassklappe). Die Anlage wurde abgefahren und nach der Reparatur am Morgen des 07.03. gegen 09:30 wieder in Betrieb genommen.

Tabelle 50. Messergebnisse Anlage 9 (Quarzsandtrockner 2).

Gesamtstaub		1	2	3	4	5
Datum		23.04.13	23.04.13	24.04.13	24.04.13	25.04.13
Beginn		12:55	16:21	13:20	14:19	09:07
Ende		13:25	16:51	13:50	14:49	09:37
Konzentration	[mg/m ³]	1,44	0,88	1,29	1,26	0,74
Massenstrom	[g/h]	25,8	15,8	25,3	24,7	14,0

Tabelle 51. Messergebnisse Anlage 10 (Sandklassier- und -sichteranlage).

Gesamtstaub		1	2	3
Datum		11.12.12	12.12.12	12.12.12
Beginn		11:20	09:25	16:20
Ende		11:50	09:55	16:50
Konzentration	[mg/m ³]	0,19	< 0,37	< 0,39
Massenstrom	[g/h]	0,7	< 1,5	< 1,6

Messergebnisse Kornverteilung

Tabelle 52. Messergebnisse Anlage 5 (Brech- und Klassieranlage (Granit)).

Staubfraktionen		1	2	3	4
Datum		15.05.13	15.05.13	16.05.13	16.05.13
Beginn		09:30	13:10	09:20	12:57
Ende		12:30	16:10	12:20	15:57
PM 10					
Konzentration	[mg/m ³]	0,28	0,60	0,28	0,30
Massenstrom	[g/h]	3,9	9,4	4,3	4,6
PM 4					
Konzentration	[mg/m ³]	0,17	0,21	0,13	0,15
Massenstrom	[g/h]	2,7	3,3	2,0	2,3

Tabelle 53. Messergebnisse Anlage 6 (Farbsandofen).

Staubfraktionen		1	2
Datum		17.10.12	18.10.12
Beginn		16:10	09:51
Ende		19:10	16:06
PM 10			
Konzentration	[mg/m ³]	0,13	< 0,05
Massenstrom	[g/h]	3,3	< 1,2
PM 4			
Konzentration	[mg/m ³]	0,07	< 0,02
Massenstrom	[g/h]	1,8	< 0,5

Tabelle 54. Messergebnisse Anlage 7 (Brech- und Klassieranlage (Kieswerk)).

Staubfraktionen		1	2	3	4
Datum		05.09.12	05.09.12	06.09.12	06.09.12
Beginn		08:40	12:23	08:38	12:18
Ende		11:40	15:23	11:38	15:18
PM 10					
Konzentration	[mg/m ³]	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06
Massenstrom	[g/h]	< 1,3	< 1,3	< 1,4	< 1,4
PM 4					
Konzentration	[mg/m ³]	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Massenstrom	[g/h]	< 0,9	< 0,9	< 1,0	< 1,0

Tabelle 55. Messergebnisse Anlage 8 (Quarzsandtrockner 1).

Staubfraktionen		1	2	3	4	5
Datum		06.03.13	06.03.13	07.03.13	07.03.13	08.03.13
Beginn		10:35	14:55	11:30	13:54	09:50
Ende		12:15	16:35	13:10	16:54	12:50
PM 10						
Konzentration	[mg/m ³]	5,15 *)	4,76 *)	0,61	0,69	0,59
Massenstrom	[g/h]	86,5 *)	80,0 *)	10,1	11,4	9,5
PM 4						
Konzentration	[mg/m ³]	3,27 *)	3,69 *)	0,47	0,55	0,45
Massenstrom	[g/h]	54,9 *)	62,0 *)	7,8	9,1	7,3

*) erhöhte Emissionswerte aufgrund Defekt der Gewebefilteranlage (undichte Bypassklappe). Die Anlage wurde abgefahren und nach der Reparatur am Morgen des 07.03. gegen 09:30 wieder in Betrieb genommen.

Tabelle 56. Messergebnisse Anlage 9 (Quarzsandtrockner 2).

Staubfraktionen		1	2	3	4
Datum		23.04.13	24.04.13	24.04.13	25.04.13
Beginn		13:37	10:09	15:25	10:19
Ende		16:07	13:09	17:55	13:19
PM 10					
Konzentration	[mg/m ³]	0,72	1,04	0,79	0,83
Massenstrom	[g/h]	12,9	20,4	15,5	15,7
PM 4					
Konzentration	[mg/m ³]	0,45	0,65	0,41	0,46
Massenstrom	[g/h]	8,1	12,8	8,1	8,7

Tabelle 57. Messergebnisse Anlage 10 (Sandklassier- und -sichteranlage).

Staubfraktionen		1	2
Datum		11.12.12	12.12.12
Beginn		12:36	10:14
Ende		18:36	16:14
PM 10			
Konzentration	[mg/m ³]	< 0,04	< 0,04
Massenstrom	[g/h]	< 0,2	< 0,2
PM 4			
Konzentration	[mg/m ³]	< 0,02	< 0,02
Massenstrom	[g/h]	< 0,1	< 0,1

Messergebnisse Quarz im Feinstaub (PM 4)

Tabelle 58. Messergebnisse Anlage 5 (Granit Brech- und Klassieranlage).

Quarz im Feinstaub		1	2	3	4
Datum		15.05.13	15.05.13	16.05.13	16.05.13
Beginn		09:30	13:10	09:20	12:57
Ende		12:30	16:10	12:20	15:57
Konzentration	[mg/m ³]	0,006	0,010	0,005	0,007
Massenstrom	[g/h]	0,1	0,2	0,1	0,1

Tabelle 59. Messergebnisse Anlage 6 (Farbsandofen).

Quarz im Feinstaub		1	2
Datum		17.10.12	18.10.12
Beginn		16:10	09:51
Ende		19:10	16:06
Konzentration	[mg/m ³]	0,002	0,001
Massenstrom	[g/h]	< 0,1	< 0,1

Tabelle 60. Messergebnisse Anlage 7 (Kieswerk Brech- und Klassieranlage).

Quarz im Feinstaub		1	2	3	4
Datum		05.09.12	05.09.12	06.09.12	06.09.12
Beginn		08:40	12:23	08:38	12:18
Ende		11:40	15:23	11:38	15:18
Konzentration	[mg/m ³]	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Massenstrom	[g/h]	< 0,9	< 0,9	< 1,0	< 1,0

Tabelle 61. Messergebnisse Anlage 8 (Quarzsandtrockner 1).

Quarz im Feinstaub		1	2	3	4	5
Datum		06.03.13	06.03.13	07.03.13	07.03.13	08.03.13
Beginn		10:35	14:55	11:30	13:54	09:50
Ende		12:15	16:35	13:10	16:54	12:50
Konzentration	[mg/m ³]	0,036 *)	0,012 *)	0,017	0,020	0,020
Massenstrom	[g/h]	0,6 *)	0,2 *)	0,3	0,3	0,3

*) teilweise erhöhte Emissionswerte aufgrund Defekt der Gewebefilteranlage (undichte Bypassklappe). Die Anlage wurde abgefahren und nach der Reparatur am Morgen des 07.03. gegen 09:30 wieder in Betrieb genommen.

Tabelle 62. Messergebnisse Anlage 9 (Quarzsandtrockner 2).

Quarz im Feinstaub		1	2	3	4
Datum		23.04.13	24.04.13	24.04.13	25.04.13
Beginn		13:37	10:09	15:25	10:19
Ende		16:07	13:09	17:55	13:19
Konzentration	[mg/m ³]	0,024	0,038	0,024	0,032
Massenstrom	[g/h]	0,4	0,7	0,5	0,6

Tabelle 63. Messergebnisse Anlage 10 (Sandklassier- und -sichteranlage).

Quarz im Feinstaub		1	2
Datum		11.12.12	12.12.12
Beginn		12:36	10:14
Ende		18:36	16:14
Konzentration	[mg/m ³]	0,008	0,008
Massenstrom	[g/h]	< 0,1	< 0,1

Ergebnisse der Messungen des Landesamtes für Umwelt (LAU) Sachsen-Anhalt

Tabelle 64. Charakterisierung der untersuchten Anlagen.

	Bezeichnung	Typ
Anlage 11	Rohrmühle 4	Mahlanlage
Anlage 12	Sandtrocknung	Sandtrocknung

Messergebnisse Abgasrandbedingungen

Nachfolgend werden die wichtigsten Messergebnisse zusammengefasst. Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich alle Konzentrationen auf trockenes Abgas im Normzustand.

Tabelle 65. Messergebnisse Anlage 11 (Rohrmühle 4).

Abgasrandbedingungen			
Datum		25.09.2012	26.09.2012
Beginn		09:20	08:20
Anlage		Rohrmühle 4	
p _{Luft}	[hPa]	975	976
T _{Abgas}	[°C]	65	63
p _{stat}	[hPa]	0,2	0,1
F _{Abgas}	[Vol %]	10,5	9,3
ρ _{Abgas (betr.)}	[kg/m ³]	0,97	0,98
ρ _{Abgas (n, t)}	[kg/m ³]	1,29	1,29
v _{Strömung}	[m/s]	2,4	2,3
V _(betr.)	[m ³ /h]	10.170	9.860
V _(n, tr)	[m ³ /h]	7.080	7.000

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Tabelle 66. Messergebnisse Anlage 12 (Sandtrocknung).

Abgasrandbedingungen				
Datum		26.06.2012	27.06.2012	28.06.2012
Beginn		07:45	08:10	10:45
Anlage		Trocknungsanlage (Sandtrocknung)		
p_{Luft}	[hPa]	1006	1007	1002
T_{Abgas}	[°C]	55	59	58
p_{stat}	[hPa]	-0,5	-0,2	-0,5
F_{Abgas}	[Vol %]	5,2	3,9	5,3
$\rho_{\text{Abgas (betr.)}}$	[kg/m ³]	1,05	1,04	1,03
$\rho_{\text{Abgas (n, t)}}$	[kg/m ³]	1,29	1,29	1,29
$v_{\text{Strömung}}$	[m/s]	25,9	26,4	24,6
$V_{\text{(betr.)}}$	[m ³ /h]	64.740	65.910	61.460
$V_{\text{(n, tr)}}$	[m ³ /h]	50.780	51.800	47.650

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Messergebnisse Gesamtstaub

Tabelle 67. Messergebnisse Anlage 11 (Rohrmühle 4).

Gesamtstaub		1	2	3
Datum		24.09.12	25.09.12	26.09.12
Beginn		16:31	09:38	07:58
Ende		17:08	10:30	08:34
Probenahmedauer	[min]	30	30	30
Konzentration	[mg/m ³]	2,1	1,8	2,0
Massenstrom	[g/h]	14,9	12,9	14,3

Tabelle 68. Messergebnisse Anlage 12 (Sandtrocknung).

Gesamtstaub		1	2	3
Datum		26.06.12	26.06.12	27.06.12
Beginn		08:46	17:00	14:50
Ende		09:18	17:32	15:22
Probenahmedauer	[min]	30	30	30
Konzentration	[mg/m ³]	< 0,05	0,13	0,04
Massenstrom	[g/h]	< 2,7	6,7	2,0

Messergebnisse Kornverteilung

Tabelle 69. Messergebnisse Anlage 11 (Rohrmühle 4).

Staubfraktionen		1	2	3
Datum		25.09.12	26.09.12	26.09.12
Beginn		11:27	10:18	13:42
Ende		14:38	13:30	16:55
> 10 µm				
Staubmasse	[mg]	0,3	0,5	0,6
Massenanteil	[mg/mg]	0,03	0,04	0,06
4 - 10 µm *)				
Staubmasse	[mg]	3,1	3,6	3,3
Massenanteil	[mg/mg]	0,34	0,34	0,33
< 4 µm				
Staubmasse	[mg]	5,8	6,6	6,1
Massenanteil	[mg/mg]	0,63	0,62	0,61

*) Die Kornfraktion 4 - 10 µm wird verfahrensbedingt im Impaktor gebildet.

Die PM10-Fraktion kann als Summe der Kornfraktionen 4 - 10 µm und < 4 µm gebildet werden.

Tabelle 70. Messergebnisse Anlage 12 (Sandtrocknung).

Staubfraktionen		1	2	3
Datum		26.06.12	27.06.12	28.06.12
Beginn		09:45	08:20	08:25
Ende		16:19	14:42	14:44
> 10 µm				
Staubmasse	[mg]	0,04	-	-
Massenanteil	[mg/mg]	0,06	-	-
4 - 10 µm **)				
Staubmasse	[mg]	-	0,01	0,11
Massenanteil	[mg/mg]	-	0,01	0,14
< 4 µm				
Staubmasse	[mg]	0,7	0,53	0,68
Massenanteil	[mg/mg]	0,94	0,99	0,86

**) Die Kornfraktion 4 - 10 µm wird verfahrensbedingt im Impaktor gebildet.

Die PM10-Fraktion kann als Summe der Kornfraktionen 4 - 10 µm und < 4 µm gebildet werden.

Messergebnisse Quarz im Feinstaub (PM 4)

Tabelle 71. Messergebnisse Anlage 11 (Rohrmühle 4).

Quarz im Feinstaub		1	2	3
Datum		25.09.12	26.09.12	26.09.12
Beginn		11:27	10:18	13:42
Ende		14:38	13:30	16:55
Konzentration	[mg/m ³]	0,53	0,52	0,58
Massenstrom	[g/h]	3,78	3,70	4,09

Tabelle 72. Messergebnisse Anlage 12 (Sandtrocknung).

Quarz im Feinstaub		1	2	3
Datum		26.06.12	27.06.12	28.06.12
Beginn		09:45	08:20	08:25
Ende		16:19	14:42	14:44
Konzentration	[mg/m ³]	0,004	0,002	0,004
Massenstrom	[g/h]	0,20	0,10	0,20

Ergebnisse der Messungen im Auftrage des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) Sachsen

Tabelle 73. Charakterisierung der untersuchten Anlagen.

	Bezeichnung	Typ
Anlage 13.1	Kegelbrecher	Brech- und Klassieranlage
Anlage 13.2	Edelsplittanlage	Brech- und Klassieranlage

Messergebnisse Abgasrandbedingungen

Nachfolgend werden die wichtigsten Messergebnisse zusammengefasst. Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich alle Konzentrationen auf trockenes Abgas im Normzustand.

Tabelle 74. Messergebnisse Anlage 13.1 (Kegelbrecher).

Abgasrandbedingungen		
Datum		12.06.2012
Beginn		09:10
Anlage		Kegelbrecher
p_{Luft}	[hPa]	977
T_{Abgas}	[°C]	17,9
p_{stat}	[hPa]	-15
F_{Abgas}	[g/m ³]	10,4
$v_{\text{Strömung}}$	[m/s]	18
$V_{(\text{betr.})}$	[m ³ /h]	50.330
$V_{(\text{n}, \text{f})}$	[m ³ /h]	44.855
$V_{(\text{n}, \text{tr})}$	[m ³ /h]	44.283

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Tabelle 75. Messergebnisse Anlage 13.2 (Edelsplittanlage).

Abgasrandbedingungen		
Datum		18.06.2013
Beginn		09:53
Anlage		Edelsplittanlage
p_{Luft}	[hPa]	991
T_{Abgas}	[°C]	25,7
p_{stat}	[hPa]	-34,5
F_{Abgas}	[g/m ³]	14,8
$v_{\text{Strömung}}$	[m/s]	20,8
$V_{(\text{betr.})}$	[m ³ /h]	57.663
$V_{(\text{n}, \text{f})}$	[m ³ /h]	49.762
$V_{(\text{n}, \text{tr})}$	[m ³ /h]	48.866

f: feucht, n: normiert (273,15 K, 101,3 kPa), tr: trocken

Messergebnisse Gesamtstaub

Tabelle 76. Messergebnisse Anlage 13.1 (Kegelbrecher).

Gesamtstaub		1	2	3
Datum		12.06.12	12.06.12	12.06.12
Beginn		09:10	10:22	11:30
Ende		10:10	11:21	12:29
Probenahmedauer	[min]	60	59	59
Konzentration	[mg/m ³]	8,9	13,1	11,2
Massenstrom	[g/h]	394	579	498

Tabelle 77. Messergebnisse Anlage 13.2 (Edelsplittanlage).

Gesamtstaub		1	2	3
Datum		18.06.13	18.06.13	18.06.13
Beginn		09:53	10:40	11:23
Ende		10:23	11:10	11:53
Probenahmedauer	[min]	30	30	30
Konzentration	[mg/m ³]	23,2	29	27,9
Massenstrom	[g/h]	1.134	1.415	1.365

Messergebnisse Kornverteilung

Tabelle 78. Messergebnisse Anlage 13.1 (Kegelbrecher).

Staubfraktionen		1	2	3
Datum		12.06.12	12.06.12	12.06.12
Beginn		09:10	10:22	11:30
Ende		10:10	11:21	12:29
PM 4				
Staubmasse	[mg/m ³]	2,5	5,6	3,3
Massenstrom	[g/h]	112	248	147

Tabelle 79. Messergebnisse Anlage 13.2 (Edelsplittanlage).

Staubfraktionen		1	2	3
Datum		18.06.13	18.06.13	18.06.13
Beginn		09:53	10:40	11:23
Ende		10:23	11:10	11:53
PM 4				
Staubmasse	[mg/m ³]	14,5	19,4	13,1
Massenstrom	[g/h]	709	947	642

Messergebnisse Quarz im Feinstaub (PM 4)

Tabelle 80. Messergebnisse Anlage 13.1 (Kegelbrecher).

Quarz im Feinstaub		1	2	3
Datum		12.06.12	12.06.12	12.06.12
Beginn		09:10	10:22	11:30
Ende		10:10	11:21	12:29
Konzentration	[mg/m ³]	0,10	0,20	0,07
Massenstrom	[g/h]	4,2	8,9	3,2

Tabelle 81. Messergebnisse Anlage 13.2 (Edelsplittanlage *) .

Quarz im Feinstaub		1	2	3
Datum		18.06.13	18.06.13	18.06.13
Beginn		09:53	10:40	11:23
Ende		10:23	11:10	11:53
Konzentration	[mg/m ³]	0,79	0,60	- **)
Massenstrom	[g/h]	39	29	-

*) Die Emissionen aus dem Betrieb der Edelsplittanlagen wurden am 10.07.2012 durchgeführt und am 18.06.2013 wiederholt. Die aktuelleren Messwerte vom 18.06.2013 wurden in die Auswertung aufgenommen.

**) Die Analysenergebnisse wurden im Rahmen der Plausibilitätsprüfung der Messberichterstattung durch den Probenehmer verworfen.