

BE-210

BERICHTE



**STUDIE
ZUR ERMITTLUNG DER HERKUNFT
VON STÄUBEN AN SECHS AUSGEWÄHLTEN
MESSPUNKTEN IN
GRAZ**

für



Das Land
Steiermark



**STUDIE
ZUR ERMITTLUNG DER HERKUNFT
VON STÄUBEN
AN SECHS AUSGEWÄHLTEN MESSPUNKTEN
IN GRAZ**

im Auftrag des Landes Steiermark



Cristina Trimbacher
Hassan Neinavaie

BE-210

Wien, August 2002

Autoren:

Cristina Trimbacher, Umweltbundesamt
Hassan Neinavaie, Geologische Bundesanstalt

Andreas Schopper (Kapitel 3.1, 3.3. und 3.4), Amt der Steiermärkischen
Landesregierung

Thomas Pongratz (Kapitel 11), Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Wir danken den Mitarbeitern der Fachteilung 17c, Referat für Luftgüteüberwachung der Steiermärkischen Landesregierung für die Übermittlung der Daten und die freundliche Unterstützung.

Weitere Informationen zu Publikationen des Umweltbundesamtes finden Sie unter: <http://www.ubavie.gv.at>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien
Eigenvervielfältigung

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, August 2002
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-652-8

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|--|-----------|
| <u>EXECUTIVE SUMMARY</u> | 1 |
| <u>1 ZUSAMMENFASSUNG</u> | 3 |
| <u>2 EINLEITUNG</u> | 6 |
| <u>2.1 Ausgangssituation</u> | 6 |
| <u>2.2 Ziele</u> | 6 |
| <u>3 METEOROLOGIE, GEOLOGIE UND LUFTHYGIENE</u> | 7 |
| <u>3.1 Meteorologische Kurzcharakteristik von Graz</u> | 7 |
| <u>3.2 Geologische Kurzcharakteristik von Graz</u> | 7 |
| <u>3.3 Immissionssituation</u> | 8 |
| <u>3.4 Wettersituation in Graz im Expositionszeitraum</u> | 8 |
| <u>4 MESSPUNKTE</u> | 11 |
| <u>4.1 Beschreibung der Messpunkte</u> | 11 |
| <u>4.2 Messzeitraum</u> | 11 |
| <u>5 UNTERSUCHUNGSMETHODEN</u> | 15 |
| <u>5.1 Staubdepositionsproben</u> | 15 |
| <u>5.1.1 Probenaufbereitung</u> | 15 |
| <u>5.1.2 Analytische Rasterelektronenmikroskopie</u> | 15 |
| <u>5.1.3 Mineralogische-geochemische Phasenanalyse</u> | 15 |
| <u>5.2 Filterproben</u> | 16 |
| <u>5.3 Korngrößenbestimmung</u> | 16 |
| <u>6 ERGEBNISSE</u> | 17 |
| <u>6.1 Südbahnstrasse</u> | 17 |
| <u>6.1.1 Zusammensetzung der Staubdepositionsproben</u> | 17 |
| <u>6.1.2 Zusammensetzung der Filterproben</u> | 18 |
| <u>6.2 Don Bosco</u> | 18 |
| <u>6.2.1 Zusammensetzung der Staubdepositionsproben</u> | 18 |
| <u>6.2.2 Zusammensetzung der Filterproben</u> | 19 |
| <u>6.3 Lustbühel</u> | 19 |
| <u>6.3.1 Zusammensetzung der Staubdepositionsproben</u> | 19 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 6.3.2 | <u>Zusammensetzung der Filterproben</u> | 20 |
| 6.4 | <u>Webling</u> | 20 |
| 6.4.1 | <u>Zusammensetzung der Staubdepositionsproben</u> | 20 |
| 6.4.2 | <u>Zusammensetzung der Filterproben</u> | 21 |
| 6.5 | <u>Graz Süd</u> | 21 |
| 6.5.1 | <u>Zusammensetzung der Staubdepositionsproben</u> | 21 |
| 6.5.2 | <u>Zusammensetzung der Filterproben</u> | 22 |
| 6.6 | <u>Andritz</u> | 22 |
| 6.6.1 | <u>Zusammensetzung der Staubdepositionsproben</u> | 22 |
| 6.6.2 | <u>Zusammensetzung der Filterproben</u> | 23 |
| 6.7 | <u>Abschätzung der Quellenanteile</u> | 23 |
| 6.8 | <u>Ergebnisse der Korngrößenbestimmungen</u> | 25 |
| 7 | <u>GLOSSAR</u> | 27 |
| 8 | <u>LITERATUR</u> | 28 |
| 9 | <u>TABELLEN</u> | 29 |
| 9.1 | <u>Südbahnstrasse</u> | 29 |
| 9.1.1 | <u>Detailergebnisse der Staubdepositionsproben</u> | 29 |
| 9.1.2 | <u>Detailergebnisse der Filterproben</u> | 33 |
| 9.2 | <u>Graz – Don Bosco</u> | 34 |
| 9.2.1 | <u>Detailergebnisse der Staubdepositionsproben</u> | 34 |
| 9.2.2 | <u>Detailergebnisse der Filterproben</u> | 39 |
| 9.3 | <u>Lustbühel</u> | 40 |
| 9.3.1 | <u>Detailergebnisse der Staubdepositionsproben</u> | 40 |
| 9.3.2 | <u>Detailergebnisse der Filterproben</u> | 41 |
| 9.4 | <u>Webling</u> | 43 |
| 9.4.1 | <u>Detailergebnisse der Staubdepositionsproben</u> | 43 |
| 9.4.2 | <u>Detailergebnisse der Filterproben</u> | 47 |
| 9.5 | <u>Graz Süd</u> | 48 |
| 9.5.1 | <u>Detailergebnisse der Staubdepositionsproben</u> | 48 |
| 9.5.2 | <u>Detailergebnisse der Filterproben</u> | 52 |
| 9.6 | <u>Andritz</u> | 53 |
| 9.6.1 | <u>Detailergebnisse der Staubdepositionsproben</u> | 53 |
| 9.6.2 | <u>Detailergebnisse der Filterproben</u> | 55 |
| 9.7 | <u>Schwermetalle in technogenen Phasen</u> | 57 |
| 10 | <u>ABBILDUNGSTEIL</u> | 59 |
| 11 | <u>ANHANG</u> | 90 |

EXECUTIVE SUMMARY

Because the legal limits for total suspended particulate matter (TSP) were surpassed at several air quality monitoring sites in the urban area of Graz in winter 2000/2001, problems were expected in keeping the legal values for PM₁₀. Thus, the administration (Landesregierung?) of the province of Styria commissioned the Federal Environment Agency with a study on the identification and source apportionment of airborne particulate matter. This study was carried out in order to assess the status quo, as required by the Austrian Air Quality Protection Act (Federal Law Gazette I 115/97, amended by I 62/01).

In the present study, samples of airborne particulate matter, suspended particulate matter (PM₁₀) as well as deposited dust, from six selected sites in the area of the city Graz have been collected in two monthly measurement sequences in the winter period 2001/2002. The dust content and the particle sizes of the most abundant particle types have been determined using analytical scanning electron microscopical techniques and mineralogical-geochemical methods. A source apportionment to the main contributing sources has been carried out.

The following air quality monitoring sites have been chosen for investigation (see also city map of Graz):

| | |
|---------------------|---|
| Südbahnstrasse (SB) | site in an urban residential area, middle to high pollution level |
| Don Bosco (DB) | urban traffic related site |
| Lustbühel (L) | urban background site |
| Webling (W) | urban traffic related site |
| Graz Süd (GS) | site in an urban residential area, middle to high pollution level |
| Andritz (A) | site in an urban residential area, low pollution level |

Additionally, based on the source identification, the proportions of the main contributing sources were estimated. Most of the detected particles were attributed to four main source categories: “crustal material” – “road traffic” – “combustion” and “industries”. The results are given in table 1.

At all monitoring sites the particle sizes ranged from 1-5 µm to about 0.5 mm, whereas the larger particles very often represented aggregates of PM.

At the site Südbahnstrasse, situated in a residential area in Graz, strong impact of a local industrial source (iron and steel industry) was observed. Contributions from road traffic and domestic and commercial combustion were less abundant.

At the traffic related site Don Bosco, predominantly airborne particulate matter from road traffic was detected. Soot particles from diesel vehicle exhaust emissions in the PM₁₀ fraction, as well as coarse particle-aggregates due to abrasions from the road surface, tyres and brake-wear were characteristic. Contributions from the source categories combustion and industry could also be found to a lesser extent.

Only a few number of anthropogenic airborne particles were found at the the local background site Lustbühel. These particles match with the source categories road traffic and combustion.

At Webling, an urban traffic related site, airborne particulate matter from the source category road traffic were most abundant. Additionally, partially melted synthetic particles most probably from domestic or commercial combustion were typical for this site.

At Graz Süd, a site in an urban residential area with a middle to high pollution level, predominantly dust particles from the source categories road traffic and combustion were de-

tected. Further particle types indicate spatially limited local sources, such as metalworking and handling and treatment of rock.

Andritz, a monitoring site located in a residential area with low pollution level, showed a few number of anthropogenic airborne particles, mostly due to domestic combustion processes.

table 1: estimation of source categories contributing to PM at selected sites in the city of Graz

| Estimation of proportions of particulate matter | | | | | | | |
|---|---------|---------|-----------------|----------------|---------|-----------------|----------|
| | PM 10 | | | deposited dust | | | |
| site | crustal | traffic | com- bustion | crustal | traffic | com- bustion | industry |
| SB/1 | x | 40-60% | x | 60% | 10% | 5-10% | 20% |
| SB/2 | x | 60-100% | x | 60-65% | 10% | 5-10% | 20% |
| DB/1 | x | 80-100% | x | 50-60% | 20% | 5% | 10-15% |
| DB/2 | x | 80-100% | x | 60% | 20% | 5% | 5-10% |
| L/1* | x | 5-30% | x | 5% | - | 3-5% | - |
| L/2* | x | 20-40% | x | 7-10% | - | 5-8% | - |
| W/1 | n.d. | n.d. | n.d. | 60% | 5-10% | 10-15% | < 5% |
| W/2 | x | 60-80% | x | 60-70% | 5-10% | 5-10% | < 5% |
| GS/1 | x | 40-60% | x | 50% | 5-10% | 10-15% | < 5% |
| GS/2 | x | 60-100% | x | 60% | 5-10% | 5-10% | < 5% |
| A/1* | x | 5-10% | x | 30% | - | 20% | - |
| A/2* | x | 20-30% | x | 40% | - | 20% | < 5% |

x contributions existing, estimation of proportion not possible

* significant contributions of biological particles (not shown in this table)

n.d. no data available

- no contribution detected

Samples of suspended particulate matter (PM10) represent the relevant size fraction that is responsible for exceeding the legal limits of ambient air concentrations of particulate matter. It must be noted, that the relatively high amount of ultrafine soot particles in the PM 10 fraction obscures other dust particles that are more site specific. A source identification therefore becomes less certain. Accordingly, only a combined investigation of the PM10 fraction and of the coarse fraction (deposited dust) allows a more reliable source apportionment.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Aufgrund von Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes für Schwebestaub (TSP) in der Luft an einigen Messpunkten in Graz im Winterhalbjahr 2000/2001 und der zu erwartenden Probleme bei der Einhaltung des Grenzwertes für Feinstaub (PM10) wurde vom Land Steiermark im Zuge der Erstellung einer Statuserhebung nach dem IG-L eine Studie zur Ermittlung der Herkunft von Stäuben in Auftrag gegeben.

In der vorliegenden Untersuchung wurde an Staubproben, sowohl Feinstaub- als auch Staubdepositionsproben, von sechs Messpunkten in Graz, welche in den Wintermonaten 2001/2002 in zwei aufeinanderfolgenden Expositionszeiträumen gesammelt wurden, eine Staubinhalts- und Korngrößenbestimmung sowie eine Quellenzuordnung der detektierten Staubphasen durchgeführt.

Folgende Messpunkte wurden für die Untersuchung ausgewählt:

| | |
|----------------|--|
| Südbahnstrasse | belastetes Siedlungsgebiet |
| Don Bosco | stark belasteter verkehrsnaher Messpunkt |
| Lustbühel | städtischer Hintergrundstandort |
| Webling | belasteter verkehrsnaher Messpunkt |
| Graz Süd | belastetes Siedlungsgebiet |
| Andritz | gering belastetes Siedlungsgebiet |

Weiters wurde basierend auf den Untersuchungsergebnissen eine grobe Abschätzung der Quellenanteile versucht. Die meisten der detektierten Phasen ließen sich den vier Hauptgruppen „geogen“ – „Verkehr“ – „Feuerung“ und „Industrie“ zuordnen. Die abgeschätzten Quellenanteile der Staubeinträge an den sechs Messpunkten sind nach Feinstaub und Staubdeposition getrennt in der nachstehenden Tabelle Seite 2 zusammengefasst.

Die Feinstaubproben sind für die Interpretation der Ergebnisse von größerer Bedeutung, da damit jener Staubanteil bestimmt wird, der für die Überschreitung von gesetzlich vorgegebenen Immissionsgrenzwerten verantwortlich ist. Hier stießen jedoch die Untersuchungsmethoden für die Charakterisierung unterschiedlicher Partikel auf Grenzen, da der hohe Rußanteil in den meisten Proben viele Teilchen überdeckt hat. Die Depositionsproben ermöglichen auf Grund der großen Vielfalt der detektierten Teilchen eine bessere Quellenzuordnung.

Hauptbestandteil der **Feinstaubproben** war Dieselruß. Dies wurde vor allem an den verkehrsbeeinflussten Messpunkten Don Bosco, Webling, Graz Süd und Südbahnstrasse deutlich. Mit Ausnahme von Graz Süd wurden in der 2. Messperiode im Feinstaub an den genannten Standorten häufig Salzkristalle detektiert. Für Webling war das Auftreten von teilverschmolzenen Kunststoffperlen, vermutlich Produkte unvollständiger Verbrennung von Feuerungsanlagen als weitere technogene Phasen im Feinstaub auffällig.

Ein Vergleich der ersten Messperiode (14.11.01 – 13.12.01) mit der zweiten Messperiode (13.12.01 – 09.01.02) zeigte bei allen sechs Standorten höhere Staubeinträge im zweiten Messzeitraum. Dabei wurden die höchsten Staubeinträge am verkehrsnahen Messpunkt Graz – Don Bosco gemessen. Die im zweiten Messzeitraum charakteristisch aufgetretenen ganztägigen kräftigen Bodeninversionen im Grazer Becken und tiefe Temperaturen könnten dafür verantwortlich sein.

Die Korngrößen der detektierten Phasen lag an allen Messpunkten im Bereich von 1-5 µm bis zu 0,5 mm, wobei es sich bei den größeren Staubpartikeln häufig um Kornaggregate handelte.

| Quellenanteile der Stäube | | | | | | | |
|---------------------------|-----------|---------|----------|-----------------|---------|----------|-----------|
| Messpunkt | Feinstaub | | | Staubdeposition | | | |
| | Geogen | Verkehr | Feuerung | Geogen | Verkehr | Feuerung | Industrie |
| GS1/1 | x | 40-60% | x | 60% | 10% | 5-10% | 20% |
| GS1/2 | x | 60-100% | x | 60-65% | 10% | 5-10% | 20% |
| GS2/1 | x | 80-100% | x | 50-60% | 20% | 5% | 10-15% |
| GS2/2 | x | 80-100% | x | 60% | 20% | 5% | 5-10% |
| GS3/1 | x | 5-30% | x | 5% | - | 3-5% | - |
| GS3/2 | x | 20-40% | x | 7-10% | - | 5-8% | - |
| GS4/1 | | | | 60% | 5-10% | 10-15% | < 5% |
| GS4/2 | x | 60-80% | x | 60-70% | 5-10% | 5-10% | < 5% |
| GS5/1 | x | 40-60% | x | 50% | 5-10% | 10-15% | < 5% |
| GS5/2 | x | 60-100% | x | 60% | 5-10% | 5-10% | < 5% |
| GS6/1 | x | 5-10% | x | 30% | - | 20% | - |
| GS6/2 | x | 20-30% | x | 40% | - | 20% | < 5% |

Quellenanteile der Stäube an den sechs Messpunkten im Untersuchungsgebiet Graz getrennt nach Feinstaub (x...Phaseneinträge aus dieser Quelle vorhanden) und Staubdeposition: Der biogene Anteil in den Staubdepositionsproben ist in dieser Tabelle nicht angegeben.

GS1/1 + GS1/2...Südbahnstrasse 1./2. Messperiode

GS2/1 + GS2/2...Don Bosco 1./2. Messperiode

GS3/1 + GS3/2...Lustbühel 1./2. Messperiode

GS4/1 + GS4/2...Webling 1./2. Messperiode

GS5/1 + GS5/2...Graz Süd 1./2. Messperiode

GS6/1 + GS6/2...Andritz 1./2. Messperiode

Die Untersuchungen der Stäube des Messpunktes **Südbahnstrasse** zeigten ein interessantes Ergebnis. Charakteristisch war das Auftreten eines breiten Spektrums an technogenen Phasen, die sich aufgrund der annähernd gleichen Phasenbestände und übereinstimmender Elementzusammensetzung einer gemeinsamen Quelle im Bereich „Eisen- & Stahlproduktion bzw. –verarbeitung“ zuordnen lassen. Verkehrsbedingte Staubeinträge und technogene Phasen, die auf Feuerungsanlagen hinweisen, wurden untergeordnet beobachtet.

Am Messpunkt **Don Bosco** ließ sich der Bestand der technogenen Phasen im Staub hauptsächlich auf verkehrsbedingte Einflüsse zurückführen. Staubeinträge derselben industriellen Quelle wie am Standort Südbahnstrasse (Bereich „Eisen- & Stahlproduktion bzw. –verarbeitung“) wurden ebenfalls nachgewiesen. Auch Einträge technogener Phasen aus dem Bereich Feuerungsanlagen fanden sich in den Staubproben dieses Standortes.

Der Messpunkt **Lustbühel**, als städtischer Hintergrundstandort ausgewählt, wies geringe Staubeinträge auf, wobei nur vereinzelt technogene Phasen aus den Bereichen Verkehr und Feuerungsanlagen beobachtet wurden. Der relativ hohe Anteil an biologischem Material ist in der Tabelle nicht ausgewiesen.

Im Staub des verkehrsbeeinflussten Messpunktes **Webling** wurden neben technogenen Phasen, die sich dem Bereich Verkehr zuordnen lassen, auffällig häufiger als an den anderen Standorten teilgeschmolzene Kunststoffe detektiert, die auf Feuerungsanlagen als Emissionsquelle hindeuten.

Am Standort **Graz Süd** fanden sich im Staub wiederum technogene Phasen der Bereiche Verkehr und Feuerungsanlagen. Typisch für diesen Messpunkt war das Auftreten von Pha-

sen, die auf lokale und zeitlich begrenzte Einflüsse hinweisen (Metallbearbeitung, Verwendung/Bearbeitung von speziellem Gestein).

Der Messpunkt **Andritz**, in einem gering belasteten Siedlungsgebiet gelegen, wies ähnlich wie der Standort Lustbühel geringe Staubeinträge und einen höheren Anteil an biologischem Material auf. Die meisten der vereinzelt beobachteten technogenen Phasen können dem Bereich Feuerungsanlagen zugeordnet werden.

2 EINLEITUNG

2.1 Ausgangssituation

Im Bereich des Großraums Graz wurden auch für das Jahr 2000 Grenzwertüberschreitungen bei Stickoxiden und bei Schwebestaub nach dem Immissionsschutzgesetz – Luft IG-L (BGBl. Nr. 115/1997) bzw. der Steiermärkischen Immissionsgrenzwertverordnung (LGBl. Nr. 5/1987) gemessen. Wenn auch eine klare innerstädtische Differenzierung in einen höher belasteten Süden und einen begünstigten Norden und Osten gegeben ist, können weiterhin im gesamten Stadtgebiet Grenzwertüberschreitungen nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden (UMWELTSCHUTZBERICHT 2000).

Zusammenfassend wurde zur Staubproblematik in Graz festgestellt, dass für die Überschreitungen in Graz neben der Emissionsgruppe „Hausbrand“ der Verkehr verantwortlich ist, und zwar durch Aufwirbelung des Straßenstaubs. Vor allem bei winterlichen Hochdrucklagen mit geringen Windbewegungen stellt die Staubbelastung durch den Schotterabrieb ein großes Problem dar. Durch eine deutliche Reduktion des Streusplitteneinsatzes wäre eine wesentliche Verbesserung der winterlichen Luftgütesituation zu erwarten (UMWELTSCHUTZBERICHT 2000).

Kommt es an einem Ort zur Überschreitungen von Grenzwerten nach dem IG-L, so ist nach § 8 (1) innerhalb von 12 Monaten ab der Ausweisung der Überschreitung eine Stuserhebung durchzuführen. Die Ergebnisse sind im nächsten Jahresbericht darzustellen.

Daher wurden vom Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 17c, Referat für Luftgüteüberwachung, sechs Messpunkte in Graz ausgewählt und das Umweltbundesamt in Zusammenarbeit mit der Geologischen Bundesanstalt mit der Untersuchung von Staubdepositionsproben und Filterproben beauftragt.

2.2 Ziele

Ziel der vorliegenden Studie war es daher, mit Hilfe des integralen Untersuchungsansatzes von "Analytischer Rasterelektronenmikroskopie" und "Mineralogisch-Geochemischer Phasenanalytik" eine Staubinhaltsbestimmung an Staubproben von sechs ausgewählten Messpunkten in Graz durchzuführen, eine Quellenzuordnung der detektierten Staubphasen zu treffen sowie den Anteil der Quellen grob abzuschätzen.

Aufbauend auf einer Studie des Umweltbundesamtes über Herkunft und Charakteristik von Stäuben (NEINAVAIE et al. 2000) wurde mit dem genannten Methodenset bereits im vergangenen Jahr eine Vorerhebung an einer Staubdepositionsprobe des Standortes Graz – Don Bosco durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass neben verkehrsbedingten Einträgen auch andere Quellen für die Staubeinträge verantwortlich sind.

Durch die Untersuchung von Stäuben, sowohl der Staubdeposition (Bergerhoff-Verfahren passiv) als auch des Feinstaubes (Filterbesaugung aktiv) mit der erwähnten Analysetechnik kann ergänzend zu den physikalisch-chemischen Methoden, welche Auskunft über Staubkonzentrationen an einem Standort bzw. Gehalte an ausgewählten Staubinhaltsstoffen, z.B., Schwermetallen oder VOCs geben, eine Staubinhaltsbestimmung anhand von Einzelpartikelanalysen durchgeführt werden. Darauf aufbauend kann in vielen Fällen auch eine Quellenzuordnung erfolgen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sollen als Basis für die nach dem IG-L durchzuführende Stuserhebung und den darauf aufbauenden Maßnahmenplan dienen. Dieser muss konkrete Maßnahmen zur Emissionsreduktion jener Luftschadstoffe enthalten, welche für die Grenzwertüberschreitungen nach dem IG-L verantwortlich sind.

3 METEOROLOGIE, GEOLOGIE UND LUFTHYGIENE

3.1 Meteorologische Kurzcharakteristik von Graz

Das Grazer Becken ist immissionsklimatologisch von seiner Lage am Ausgang des Murchurchbruchtals am Fuß des steirischen Randgebirges geprägt. Aus der abgeschirmten Lage südlich der Alpen resultiert eine vergleichsweise geringe Beeinflussung durch die im Großteil Österreichs wetterwirksamen Strömungslagen aus dem West- bis Nordsektor. Damit verbunden ist eine generelle Windarmut und, der Beckenlage entsprechend, eine große Inversions- und Talnebelbereitschaft gegeben. Die lufthygienischen Rahmenbedingungen müssen also als ungünstig angesehen werden.

Bei einem hohen Anteil an Strahlungswetterlagen (60 bis 70 % der Tage im Herbst) gewinnt vor allem in der lufthygienisch kritischeren kalten Jahreszeit das stark ausgeprägte Lokalwindsystem an Bedeutung. Der Norden der Stadt liegt dabei nachts und vormittags im Einflussbereich des Murtalabwindes, der gemeinsam mit dem Kaltluftabfluss aus den nordöstlichen und östlichen Seitentälern den wichtigsten Frischluftzubringer der Stadt darstellt. Dementsprechend können der Norden und Osten der Stadt als im innerstädtischen Vergleich besser ventilierte und lufthygienisch begünstigte Lagen bezeichnet werden. Südlich der Linie Hauptbahnhof-Schloßberg-Landeskrankenhaus greift der Murtalabwind nur mehr selten bis zum Talboden durch, hier und im Süden von Graz gewinnen dadurch die relativ geringmächtigen und schwachen Flurwinde an Bedeutung. Diese entstehen aufgrund des Temperaturgradienten zwischen der städtischen Wärmeinsel und dem deutlich kälteren Grazer Feld und verfrachten die Luft in Bodennähe aus dem Süden der Stadt in Richtung Stadtzentrum. Der Westen von Graz ist aufgrund des Fehlens von Seitentälern generell schlechter durchlüftet (SCHOPPER, pers. Mitteilung).

3.2 Geologische Kurzcharakteristik von Graz

Das Untersuchungsgebiet umfasst folgende geologische Einheiten:

Das **Grazer Paläozoikum**, das die Hügelkette, die das Grazer Becken im Westen umrahmt (zwischen Gösting und Seiersberg verlaufender Gesteinszug), bildet, besteht aus Kalken, Dolomiten, kalkigen Sandsteinen, Mergel, Tonschiefern, Chloritphylliten, Tuffen und Metadiabasen. Auch der Grazer Schlossberg besteht überwiegend aus einer paläozoischen Dolomit-Sandstein-Folge.

Das **obere Tertiär** (Pliozän) ist charakterisiert durch Schotter, Sande, sandige Lehme, Schiefertone und Mergel. Das **untere Tertiär** (Miozän) besteht aus Tonen, Tonmergeln mit grauen Sand- bis Feinkieslagen (kohleflözführend), Kalken (max. 5 m Mächtigkeit), glimmerreichen Tonmergeln und Sanden, Schottern und bituminösen Schiefern und Mergeln. Das Gebiet zwischen Thal und Seiersberg westlich von Graz sowie das Gebiet zwischen Maria Trost in Graz und Raaba ist hauptsächlich aus tertiären Sedimenten aufgebaut. Im Raum Thal-Steinberg-Liboch westlich von Graz sind die Sedimente des Torton und Sarmat (Mittel- und Obermiozän) vorherrschend. Im Osten von Graz findet man überwiegend Panonsedimente (Pliozän), z.B. zwischen Maria Trost und Raababach. Hier treten Sarmatsedimente untergeordnet als schmale Streifen im Bereich Messendorf bis St. Leonhard auf.

Im **oberen Quartär** (Holozän) findet sich junges Schwemm- bzw. Schüttmaterial, im **unteren Quartär** (Pleistozän) grobe und feine Trassensedimente. Diese Ablagerungen des Quartär sind auf die Täler beschränkt. Graz selbst steht größtenteils auf quartären Trassenschottern.

Geologische Einheiten des Mesozoikum und des Altkristallin fehlen im Untersuchungsgebiet.

3.3 Immissionssituation

Lufthygienisch sind in Graz aktuell die Konzentrationen von Schwebstaub und fallweise der Stickstoffoxide als im Vergleich mit gesetzlichen Grenzwerten (Immissionsschutzgesetz-Luft, Stmk. Immissionsgrenzwerte-Verordnung) problematisch anzusehen. Generell sind dafür Emissionen des KFZ - Verkehrs im Verein mit den oben beschriebenen ungünstigen Ausbreitungsbedingungen hauptverantwortlich, was sich auch durch die Tagesgänge der Konzentrationen dieser Schadstoffe klar belegen lässt. Der Hausbrand und industrielle Emissionen konnten in den letzten beiden Jahrzehnten stark reduziert werden, sie stellen bei einzelnen Schadstoffgruppen (Schwebstaub) aber immer noch nicht zu ignorierende potentielle Verursachergruppen dar, wie auch der Emissionskataster der Stadt Graz belegt.

Der Schwerpunkt der Immissionen liegt klar im Süden und Westen sowie im Zentrum der Stadt, was aber stärker auf die innerstädtischen immissionsklimatische Ungunstsituation als auf lokale Emissionsunterschiede zurückzuführen ist (SCHOPPER, pers. Mitteilung).

3.4 Wettersituation in Graz im Expositionszeitraum

Der **November 2001** war stark von Strömungswetter aus dem West- bis Nordsektor geprägt. Signifikant stand dabei ein mildes erstes Monatsdrittel einem nach einem Kaltfrontdurchgang deutlich kälteren Restmonat gegenüber. Längere Hochdruckphasen fehlten weitgehend, aber auch der zyklonale Einfluss trat nur im Bereich und nördlich des Alpenhauptkammes wirklich wetterbestimmend auf.

Zu Beginn der Messungen heiterte es ab dem 14. nach dem Abzug eines zuvor wetterbestimmenden Tiefs unter sich von den Britischen Inseln her verstärkendem Hochdruck auf und es folgten heitere Strahlungswettertage mit recht tiefen Morgentemperaturen und kräftigen, allerdings nur kurzlebigen Bodeninversionen. Ab dem 18. begannen sich im Grazer Becken Hochnebfelder zu bilden, die jedoch durch einen schwachen, im Süden der Steiermark niederschlagsfreien Störungsdurchgang am 20. bereits wieder ausgeräumt wurden.

Die letzte Novemberdekade stand unter dem dominanten Einfluss von Strömungswetter aus dem Nord- bis Nordwestsektor. Während es in den Staulagen der Obersteiermark an keinem einzigen Tag mehr niederschlagsfrei war, blieb der Süden im Lee der Alpen fast völlig trocken. Die Temperaturen lagen in den Tallagen recht konstant im Bereich um den Gefrierpunkt, während die Höhen je nach Luftzufuhr stärkere Schwankungen aufwiesen.

Der **Dezember 2001** war im gesamten Land deutlich zu kalt und in weiten Teilen der Steiermark mit Ausnahme der Nordstaulagen auch viel zu trocken.

Verantwortlich dafür waren Hochdruckentwicklungen und Höhenströmungen aus dem Nord- bis Nordwestsektor, die polare Luft gegen die Alpen führten. Erst gegen Monatsende brachte die Zufuhr mediterraner Luftmassen eine kurze Frostabschwächung.

Der Monatsbeginn war im Raum Graz unter schwachen Luftdruckgegensätzen hochnebelig trüb. Am Abend des 4. überquerte eine Störung die Ostalpen und brachte an den beiden folgenden Tagen dem Norden der Steiermark einiges an Niederschlägen, die südlichen Landesteile blieben weitgehend trocken. Nach Abzug der Front dehnte sich ein Ausläufer des Russland-Hochs bis nach Österreich aus. Die Temperaturen sanken bei klarem winterlichen Strahlungswetter markant.

Ab dem 11. legte sich für zwei Tage eine nördliche Höhenströmung über den Ostalpen, die neuerlich in der Obersteiermark Niederschläge brachte, die Graz im Lee der Alpen aber nicht erreichten. Im Laufe des 13. floss trockenkalte Polarluft aus Nordosten nach Österreich

und führte in allen Höhen zu einem Temperatursturz von über 10 °C. Am 15. wurden dabei nach klarer Nacht die tiefsten Temperaturen des Jahre gemessen (Graz-Thalerhof: –14 °C).

Ab dem 16. wurde von Norden feuchtere Luft gegen die Ostalpen geführt, die am Alpen-nordrand leichte Niederschläge und allgemein eine Abschwächung der Kälte brachte. An den Folgetagen drehte die Strömung auf Nordwest. Zwar überwogen weiter die Wolken, es blieb aber trocken. Vor dem Heranzug einer Tiefs über Nordeuropa sanken am 24. nach klarer Nacht die Temperaturen wieder sehr tief, die dann eintreffende Warmfront und das nachfolgende Westwetter brachten den Nordstaulagen einiges an Neuschnee, dem Grazer Becken föhlig-aufgelockertes Wetter.

Am 30. führte eine Tiefdruckentwicklung über Oberitalien vorübergehend sehr milde Luft in das südöstliche Alpenvorland und ließ die Temperaturen bei leichtem Regen sprunghaft ansteigen. Am Altjahrestag stellte sich neuerlich eine lebhafte Nordwestströmung ein, die zu einer Temperaturabnahme in allen Höhen führte.

Der **Jänner 2002** war im Raum Graz relativ mild und sehr trocken. Charakteristisch war dabei der Übergang von einem eher winterlichen ersten Monatteil zu einer sehr milden letzte Monatsdekade.

Das Nordwestwetter des Altjahrtages prägte auch noch den Jännerbeginn und brachte dem Raum Graz sonnig-föhliges Wetter. Ab dem 3. verstärkte sich hoher Luftdruck und begünstigte durch klare Strahlungsnächte die Ausbildung kräftiger Bodeninversionen, die sich im Grazer Becken auch untertags nicht auflösten.

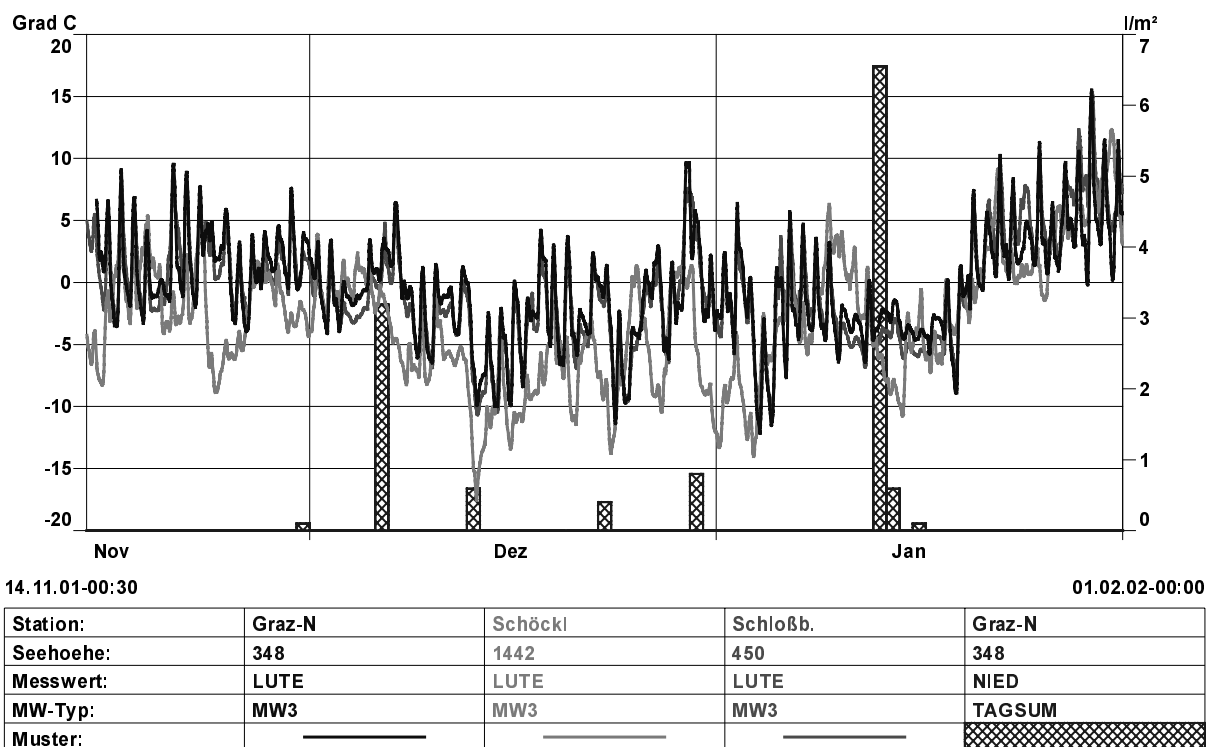


Abb. 1: Lufttemperatur und Niederschläge in Graz von Mitte November 2001 bis Ende Jänner 2002

Nach dem raschen Durchzug eines wenig wetterwirksamen Tiefs am 7., das eine vorübergehende Labilisierung brachte, setzte sich am Folgetag neuerlich hoher Luftdruck durch, der bis zum 12. klares Winterwetter mit ganztägigen kräftigen Bodeninversionen brachte, die zu

ungünstigen lufthygienischen Bedingungen mit verstärkter Schadstoffanreicherung in Bodennähe führten.

Am 13. brachte eine Tiefdruckentwicklung südlich der Alpen leichte Niederschläge und den Becken des Alpenvorlandes die Auflösung der stabilen Schichtungsbedingungen. Nach Abzug des Tiefs bildete sich im Grazer Becken unter nur schwachen Luftdruckgegensätzen hartnäckiger Hochnebel, der aber deutlich moderatere Temperaturen als in den nebelfreien Gebieten brachte.

Mit Beginn der letzten Monatsdekade stellte sich das Wetter um. Eine stürmische Westströmung legte sich über die Ostalpen und führte milde Luftmassen ins Land. Während am Alpennordrand ergiebige Niederschläge fielen, blieb es im Raum Graz aufgelockert und völlig trocken, das Temperaturniveau stieg um fast 10 °C an. Ab dem 24. drehte die Strömung für den Rest des Monats auf Südwest. Milde Atlantikluft mit kräftiger Tageserwärmung ließ die Temperaturen noch weiter auf fast schon frühlingshafte Werte steigen, das Niederschlagsgeschehen spielte sich weiterhin im Nordalpenraum ab. Fallweise traten in diesem letzten Monatsdrittel durch das Aufgleiten der milden Luftmassen in den Tieflagen ganztägige Inversionen auf, die vor allem im Grazer Becken zu hohen Schadstoffbelastungen führten (21., 28., 29.).

Insgesamt kann der Witterungsablauf Mitte November 2001 bis Ende Jänner 2002 als durchaus repräsentativ angesehen werden. Nach dem atypisch milden Winter 2000/01 wurde die Jahreszeit diesmal thermisch den Erwartungen durchaus gerecht (SCHOPPER, pers. Mitteilung).

4 MESSPUNKTE

4.1 Beschreibung der Messpunkte

Für die vorliegende Studie wurden von den Mitarbeitern des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 17c, Referat für Luftgüteüberwachung, sechs Messpunkte im Stadtgebiet von Graz für die Untersuchung von Staubdepositionsproben und Filterproben ausgewählt.

Zwei dieser sechs Messpunkte, Graz – Don Bosco und Graz – Süd, sind Teil des neuen integralen Messnetzes, welches im Jahr 2000 mit insgesamt 11 Messstellen in Graz mit dem Messziel der Erfassung der Staubdeposition und der Schwermetalldeposition eingerichtet wurde.

| Nr | Messpunkt | Beschreibung |
|-----|-----------------------|--|
| GS1 | <i>Südbahnstrasse</i> | Südbahnstrasse 94-96, Vorgarten Siedlungsgebiet, Hausbrand, nahe Don Bosco, NNO ca. 300m Fa. Großschädl, (Stahl- und Walzwerk „Marienhütte“) u. Baustoffhandel |
| GS2 | <i>Don Bosco</i> | fixe Mess-Station, verkehrsnah – stark belastet |
| GS3 | <i>Lustbühel</i> | städtischer Hintergrund, Park bei Observatorium |
| GS4 | <i>Webling</i> | bei Fa. ÖAF & Steyr Nutzfahrzeuge (gegenüber IKEA), stark frequentierte Strasse |
| GS5 | <i>Graz-Süd</i> | Herrgottwiesgasse, fixe Mess-Station, in Garten an Straße, gegenüber Steinmetz u. Holzhandlung, belastetes Siedlungsgebiet, Nähe Wirtschaftshof (Abfallaufbereitung) |
| GS6 | <i>Andritz</i> | Weizbachweg 14, Fam. Dr. Niederl, Wohngebiet, Garten nahe Bach hinter dem Haus |

Tab. 1: Beschreibung der Messpunkte im Untersuchungsgebiet Graz

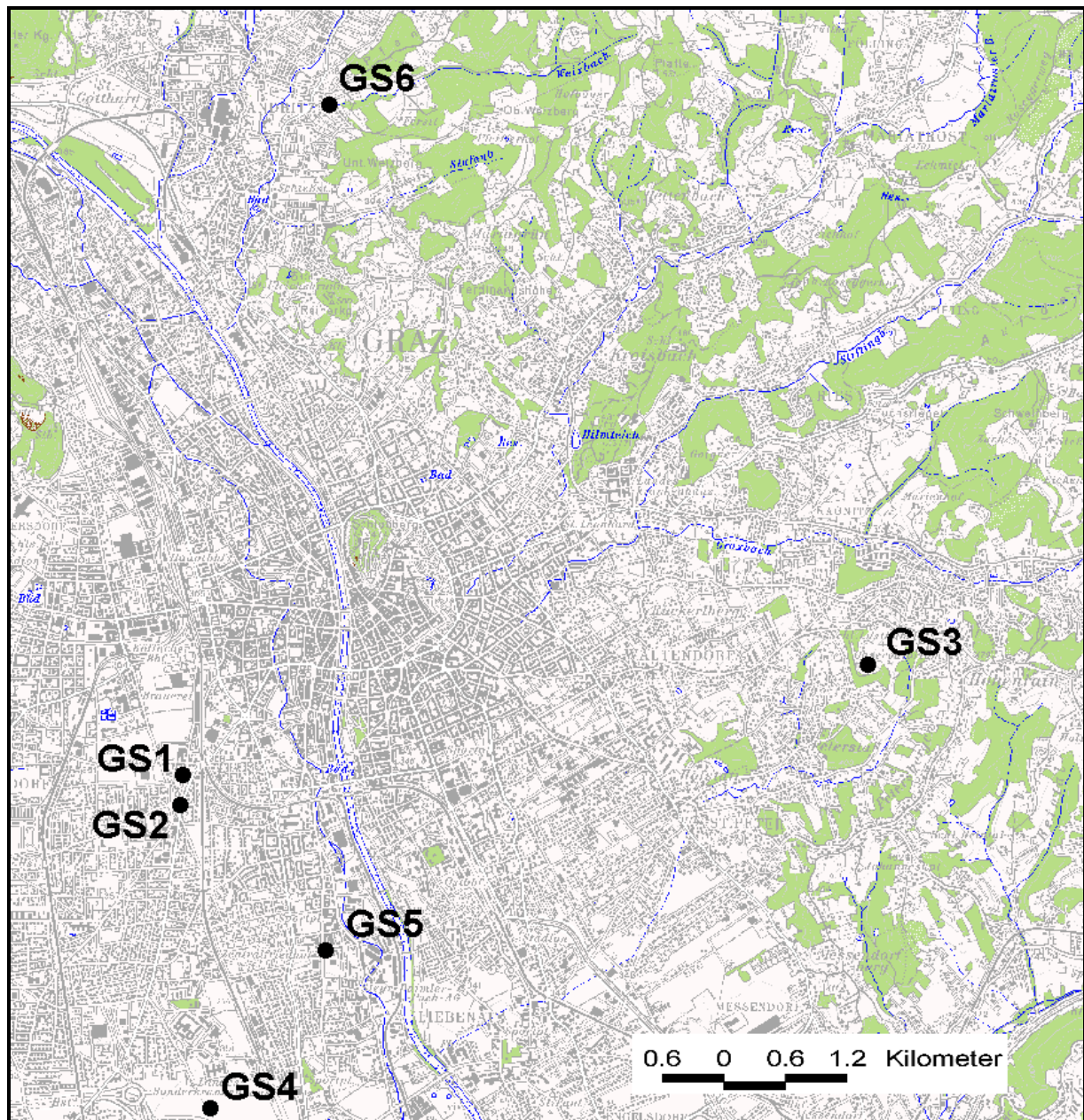
4.2 Messzeitraum

Die Bergerhoffbecher, welche zur Sammlung der Staubdeposition (Grobstaub) eingesetzt werden, wurden an zwei aufeinanderfolgenden Messperioden exponiert. Die erste Messperiode startete am 14. November 2001 und dauerte bis einschließlich 13. Dezember 2001. Die zweite Messperiode begann am 13. Dezember 2001 und endete am 9. Jänner 2002.

Pro Messpunkt und Messperiode wurden drei Bergerhoffbecher exponiert. Am Messpunkt GS 3 / Lustbühel (Hintergrundstandort) wurden aufgrund der geringen zu erwartenden Staubmenge gleichzeitig sechs Becher pro Messperiode exponiert.

Während jeder der beiden Messperioden zur Erfassung der Staubdeposition wurden auch Feinstaubproben (PM₁₀) mit einem High-Volume Sampler gesammelt. Es waren zwei Geräte im Einsatz, sodass in jeder Messperiode zumindest eine Woche pro Messpunkt Feinstaubproben gewonnen werden konnten. Für die nachfolgenden Untersuchungen wurden jene Filter mit der höchsten Staubmasse ausgewählt.

Die nachstehende Tabelle (Tab. 2 Seiten 9 u. 10) gibt eine Übersicht der untersuchten Filterproben unter Angabe der Staubkonzentration (Masse Staub in g/Filter). Die Daten wurden vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 17c, Referat für Luftgüteüberwachung, zur Verfügung gestellt.



Lageskizze der Messpunkte im Untersuchungsgebiet Graz

| Nr | Messpunkt | Filter-Nr. | Datum | Masse Staub | Schwärzungsgrad |
|-----|---|------------|----------|-------------|-----------------|
| GS1 | <i>Südbahnstrasse</i> 1. Messperiode | 32 | 16.11.01 | 0,06 g | +++ |
| | | 34 | 18.11.01 | 0,05 g | ++ |
| | | 43 | 12.12.01 | 0,07 g | ++++ |
| GS1 | <i>Südbahnstrasse</i> 2. Messperiode | 45 | 14.12.01 | 0,05 g | +++ |
| | | 46 | 15.12.01 | 0,09 g | +++ |
| | | 48 | 17.12.01 | 0,07 g | ++++ |
| | | 50 | 19.12.01 | 0,06 g | ++++ |
| GS2 | <i>Don Bosco</i> 1. Messperiode | 40 | 15.11.01 | 0,06 g | ++++ |
| | | 41 | 16.11.01 | 0,07 g | ++++ |
| | | 1 | 12.12.01 | 0,08 g | +++(+) |
| GS2 | <i>Don Bosco</i> 2. Messperiode | 3 | 14.12.01 | 0,09 g | +++(+) |
| | | 5 | 16.12.01 | 0,08 g | ++++ |
| | | 7 | 18.12.01 | 0,07 g | ++++ |
| GS3 | <i>Lustbühel</i> 1. Messperiode | 49 | 22.11.01 | 0,03 g | + |
| | | 4 | 27.11.01 | 0,04 g | + |
| | | 5 | 28.11.01 | 0,06 g | ++ |
| | | 6 | 29.11.01 | 0,03 g | ++ |
| | | 7 | 30.11.01 | 0,03 g | ++ |
| | | 8 | 01.12.01 | 0,03 g | + |
| | | 9 | 02.12.01 | 0,03 g | + |
| GS3 | <i>Lustbühel</i> 2. Messperiode | 9 | 21.12.01 | 0,03 g | + |
| | | 10 | 22.12.01 | 0,04 g | ++ |
| | | 13 | 25.12.01 | 0,04 g | +++ |
| | | 14 | 26.12.01 | 0,03 g | ++ |
| | | 16 | 28.12.01 | 0,03 g | ++ |
| GS4 | <i>Webling</i> 2. Messperiode | 38 | 23.12.01 | 0,1 g | +++(+) |
| | | 42 | 05.01.02 | 0,09 g | +++(+) |
| | | 33 | 06.01.02 | 0,09 g | +++(+) |
| | | 1 | 07.01.02 | 0,1 g | ++++ |
| GS5 | <i>Graz-Süd</i> 1. Messperiode | 11 | 22.11.01 | 0,07 g | ++++ |
| | | 15 | 26.11.01 | 0,07 g | ? |
| | | 16 | 27.11.01 | 0,07 g | +++ |
| | | 17 | 28.11.01 | 0,08 g | ++ |
| | | 18 | 29.11.01 | 0,06 g | ++++ |
| | | 21 | 02.12.01 | 0,06 g | +++ |

Tab. 2: Staubkonzentrationen und Schwärzungsgrad der untersuchten Filterproben

| Nr | Messpunkt | Filter-Nr. | Datum | Masse Staub | |
|-----|----------------------------|------------|----------|-------------|---------|
| GS5 | Graz-Süd 2. Messperiode | 26 | 22.12.01 | 0,06 g | +++ |
| | | 29 | 25.12.01 | 0,07 g | +++ |
| | | 30 | 26.12.01 | 0,1 g | +++ |
| | | 32 | 28.12.01 | 0,07 g | +++ |
| | | 33 | 29.12.01 | 0,07 g | ++++ |
| | | 40 | 05.01.02 | 0,08 g | ++++ |
| | | 14 | 06.01.02 | 0,09 g | ++++(+) |
| | | 15 | 07.01.02 | 0,09 g | ? |
| | | 16 | 08.01.02 | 0,09 g | ? |
| GS6 | Andritz 1. Messperiode | 24 | 04.12.01 | 0,04 g | + |
| | | 25 | 05.12.01 | 0,04 g | ++ |
| | | 26 | 06.12.01 | 0,04 g | +++ |
| | | 28 | 08.12.01 | 0,03 g | + |
| GS6 | Andritz 2. Messperiode | 8 | 05.01.02 | 0,04 g | ++(+) |
| | | 11 | 08.01.02 | 0,03 g | + |

Tab. 2: Staubkonzentrationen und Schwärzungsgrad (+...gering, entspricht schwacher Filterbelegung, ++...mäßig, +++...stark, ++++...sehr stark) der untersuchten Filterproben

5 UNTERSUCHUNGSMETHODEN

5.1 Staubdepositionsproben

5.1.1 Probenaufbereitung

Die Staubdepositionsproben (Probensammlung Bergerhoff-Verfahren) wurde bei rd. 50°C im Trockenschrank langsam getrocknet. Bei den Bergerhoffproben der ersten Messperiode war es aufgrund der hohen Niederschlagsmengen in diesem Zeitraum notwendig, das Niederschlagswasser vor der Trocknung abzupipettieren. Anschließend wurde der verbleibende Trockenrückstand gewogen (Tab. 3). Die Gewichte der Trockenrückstände sind in nachstehender Tabelle angeführt.

Die Staubproben wurden mittels Handmagnetscheider, sofern ausreichend magnetischer Anteil vorhanden war, in eine nichtmagnetische und eine magnetische Fraktion getrennt. Die magnetische Fraktion beinhaltet hauptsächlich technogene Phasen. Durch die Fraktionierung wird die Identifizierung von Einzelpartikeln erleichtert.

Unter dem Binokular erfolgte eine übersichtsmässige Durchsicht auf die Phasenbestände. Dann wurden die Proben für die weiterführenden Untersuchungen (REM, Anschliff, Mikrosonde) geteilt.

| Nr | Messpunkt | Gewicht 1. MP | Gewicht 2 MP |
|------|-----------------------|---------------|--------------|
| GS 1 | <i>Südbahnstrasse</i> | 15 mg | 42 mg |
| GS 2 | <i>Don Bosco</i> | 80 mg | 84 mg |
| GS 3 | <i>Lustbühel</i> | 22 mg | 28 mg |
| GS 4 | <i>Webling</i> | 30 mg | 56 mg |
| GS 5 | <i>Graz Süd</i> | 25 mg | 51 mg |
| GS 6 | <i>Andritz</i> | 15 mg | 17 mg |

Tab. 3: Trockenrückstände der Staubdepositionsproben

5.1.2 Analytische Rasterelektronenmikroskopie

Mittels Kohleklebeband wurden Abdruckproben bzw. Streupräparate angefertigt, auf Aluminiumträgertischchen montiert, mit einer leitenden Goldschicht versehen und anschließend im Rasterelektronenmikroskop untersucht.

Die Staubpartikel wurden elektronenoptisch hinsichtlich ihrer Morphologie und Größe untersucht und die elementare Zusammensetzung mittels energie-dispersiver Röntgenmikroanalyse (EDX) qualitativ bestimmt. Charakteristische Staubphasen wurden sowohl fotografisch als auch durch EDX-Spektren dokumentiert.

5.1.3 Mineralogische-geochemische Phasenanalyse

Es wurden polierte Anschliffe angefertigt und mittels Auflichtmikroskop auf ihren Phasenbestand untersucht. Anschließend erfolgte eine qualitative bzw. semi-quantitative Analyse auf die Elementzusammensetzung ausgewählter Mineralphasen mittels Mikrosonde und EDAX.

5.2 Filterproben

Weiters wurden zur Staubinhaltsbestimmung in der Feinfraktion (Partikelgröße unter 10 µm) ausgewählte Filterproben untersucht.

Dabei wurde zuerst der Russanteil visuell abgeschätzt und als Schwärzungsgrad in vier Abstufungen angegeben (+...gering, entspricht schwacher Filterbelegung, ++...mäßig, +++...stark, ++++...sehr stark).

Als nächster Schritt erfolgte die mikroskopische Durchsicht der gesamten Filterfläche sämtlicher übermittelter Filterproben mittels Binokular auf geogene und technogene Phasen zur Auswahl für die anschließende REM-Untersuchung.

Mittels Kohleklebeband wurden ausgestanzte Filterteile auf Aluminiumträgertischchen montiert, mit einer leitenden Goldschicht versehen und anschließend im Rasterelektronenmikroskop untersucht.

Die Staubpartikel wurden wiederum elektronenoptisch hinsichtlich ihrer Morphologie und Größe untersucht und die elementare Zusammensetzung mittels energie-dispersiver Röntgenmikroanalyse (EDX) qualitativ bestimmt. Charakteristische Staubphasen wurden sowohl fotografisch als auch durch EDX-Spektren dokumentiert.

5.3 Korngrößenbestimmung

Gleichzeitig mit der Bestimmung der Phasen wurden Korngrößenbestimmungen durchgeführt. Die Vermessung der Phasen bzw. Partikel erfolgte im Lichtmikroskop mittels Mikrometer, im Rasterelektronenmikroskop mittels einer digitalen Messeinrichtung.

6 ERGEBNISSE

In diesem Kapitel sind die Ergebnisse der Phasenuntersuchungen nach Messpunkten geordnet zusammengefasst. Die Ergebnisse der Korngrößenbestimmungen finden sich in einem eigenen Unterkapitel (siehe Kap. 6.7).

Die Detailergebnisse der Staubdepositionsproben und der Filterproben befinden sich in tabellarischer Form in einem eigenen Kapitel (siehe Kap. 9) und sind ebenfalls nach Messpunkten zusammengestellt. Sämtliche schwermetallführende technogene Phasen, welche im Staub detektiert wurden, sind ebenfalls tabellarisch zusammengefasst (siehe Kap. 9).

Die entsprechenden Abbildungen (lichtmikroskopische und rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen, Elementspektren sowie Elementverteilungsbilder) relevanter Phasen zu den einzelnen Messpunkten sind auch in einem eigenen Kapitel zusammengefasst (siehe Kap. 10).

6.1 Südbahnstrasse

6.1.1 Zusammensetzung der Staubdepositionsproben

Die gesammelte Staubmenge an diesem unweit des Messpunktes Graz – Don Bosco gelegenen Standortes in einem Siedlungsgebiet lag in der ersten Messperiode bei 15 mg, in der zweiten bei 42 mg.

Der Anteil an geogenen Mineralphasen lag in beiden Messperioden bei rd. 60%, der technogene Anteil lag zwischen 30% und 35%, der Rest (rd. 5%) war biogenes Material (Pollenkörner, Pflanzenreste, Teile von kleinen Insekten, etc).

Charakteristische geogene Phasen waren in erster Linie Quarz, Glimmerminerale sowie Titanomagnetite, untergeordnet auch Carbonate (Dolomit, Calcit). Die festgestellten geogenen Mineralphasen an diesem Messpunkt entsprechen der Gesteinsserie des Grazer Beckens sowie dem Gesteinszug (Dolomit-Sand-Abfolge, Kalk- und Dolomitserien) des Grazer Paläozoikums (FLÜGEL, H.W., 1975). Der geogene Mineralphasenbestand spiegelt somit weitgehend den geologischen Hintergrund in diesem Gebiet wider.

Die technogenen Phasen stammen aus verschiedenen Emissionsquellen. Auffällig war, dass aber der überwiegende Anteil der nachgewiesenen technogenen Phasen (**Schlacken, Zunderplättchen, Magnetit, Wüstit, Eisen-Mischoxide** (Fe, Mn, Mg, Cr-Mischoxide), **metallisches Eisen, Restkohle, Koks**) dem Bereich „**Eisen- und Stahlproduktion bzw. -verarbeitung**“ zuzuordnen sind. Die Zinkführung der Phasen (**Zinkspinelle, Eisen-Zink-Oxide**) weist auf die Verwendung von verzinkten Materialien hin. Der annähernd gleiche Phasenbestand und die übereinstimmende Elementzusammensetzung dieser Partikel weist auf eine gemeinsame Quelle hin. In etwa 300 m Entfernung von diesem Messpunkt in NNO-Richtung befindet sich das Stahl- und Walzwerk „Marienhütte“.

Untergeordnet wurden auch technogene Phasen (**hohlkugelige Russpartikel, hohlkugelige und globulare Glasphasen**, vereinzelt teilverschmolzene **Kunststoffperlen**) gefunden, die auf Verbrennungsanlagen hinweisen (**Kleinf Feuerungsanlagen**).

Vereinzelt wurden auch Partikel des sog. „**Don Bosco Typs**“ durch **verkehrsbedingte** Einträge detektiert. Eine detaillierte Beschreibung dieses Partikeltyps findet sich bei den Ergebnissen des Messpunktes Don Bosco. Vereinzelt beobachtete sehr feine **Späne** von **metallischem Eisen, Kupfer** und **Zink** könnten Abriebprodukte von Bremsen und Reifen darstellen.

Die Phasenzusammensetzung der ersten und zweiten Messperiode war weitgehend ident, die Häufigkeit vieler technogener Partikeltypen war im zweiten Messzeitraum erhöht. In der zweiten Messperiode wurden **Silicium-Legierungen**, die u.a. als Desoxidationsmittel zur Erhöhung der Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit bei der Stahlerzeugung in der **Stahlindustrie** Verwendung finden, als weitere technogene Phasen nachgewiesen.

6.1.2 Zusammensetzung der Filterproben

Auch auf den Filtern wurden häufig geogene Phasen, überwiegend Glimmerblättchen, ähnlich wie beim Messpunkt Don Bosco, beobachtet.

Der Schwärzungsgrad der untersuchten Filter der ersten Messperiode weist auf eine mäßige bis starke Filterbelegung hin. Demgegenüber war der Schwärzungsgrad im zweiten Expositionszeitraum stark bis sehr stark. Der Schwärzungsgrad wird durch Russpartikel verursacht. Dabei handelt es sich in erster Linie um Dieselruß, der bei der unvollständigen Verbrennung von Dieselkraftstoff entsteht.

Neben **Dieselrysaggregaten** als Hauptbestandteil des Feinstaubes wurden glatte, **globulare Glasphasen** zw. 1 und max. 5 µm sowie Natriumchloridkristalle durch den Einsatz von **Streusalz** bedingt gemessen, die dem **Verkehr** zuzuordnen sind.

Häufig beobachtete unregelmäßige Kohleteilchen, teilverschmolzene Kunststoffperlen sowie vereinzelt aufgetretene hohlkugelige Partikel lassen sich dem Bereich von Kleinf Feuerungsanlagen zuordnen.

In der zweiten Messperiode wurden vergleichsweise mehr Natriumchloridkristalle auf den Filtern detektiert.

6.2 Don Bosco

6.2.1 Zusammensetzung der Staubdepositionsproben

An diesem stark verkehrsbeeinflussten Messpunkt waren mit 80 mg Staubprobe in der ersten Messperiode bzw. 84 mg in der zweiten die höchsten Staubeinträge aller sechs Messpunkte zu verzeichnen.

Der Anteil an geogenen Mineralphasen lag in beiden Messperioden bei rd. 60%, bezogen auf die gesamte Staubmenge. Der technogene Anteil lag zwischen 30% und 40%, der Rest (5-10%) war biogenes Material.

Aufgrund der unmittelbaren Nähe zum Messpunkt Südbahnstrasse entsprach die Zusammensetzung der geogenen Phasen an diesem Messpunkt ebenfalls dem geologischen Hintergrund in diesem Gebiet. Der vergleichsweise höhere Dolomitanteil im geogenen Phasenbestand sowie die allgemein sehr hohen Staubeinträge an diesem verkehrsnahen Standort könnten auch auf Aufwirbelungen durch das starke Verkehrsaufkommen zurückzuführen sein. Ein sekundärer Eintrag durch LKW-Transporte von Baumaterialien oder Bauschutt könnte auch in Betracht gezogen werden.

An diesem Messpunkt ließ sich der Bestand an technogenen Phasen hauptsächlich auf **verkehrsbedingte Einflüsse** zurückführen. Allen voran ist der sog. „**Don Bosco Typ**“ zu nennen, der sehr häufig in der Staubdepositionsprobe zu finden war. Dabei handelt es sich um stets spindelförmige, bis zu 0,5 mm lange Kornaggregate, die Abriebprodukte von Bremsen, Reifen und Fahrbahn darstellen. Sie bestehen in erster Linie aus einer Kohlenstoffgrundmasse mit wechselnden Anteilen von Glimmermineralen, Carbonaten, Quarz, Baryt und untergeordnet auch Zink (Zinkoxid wird als Füllstoff in Reifen verwendet) sowie Einschlüsse

von metallischen Eisensplittern sind ebenso für diesen Partikeltyp charakteristisch. Das Vorkommen von feinsten Splittern von **metallischem Eisen, Messing** und **Kupfer** stellt ein weiteres Indiz für verkehrsbedingte Einträge an diesem Standort dar. Weiters wurde häufig feinkörniges **kohliges Material** beobachtet, das höchstwahrscheinlich ebenfalls als Abriebprodukt von Reifen und Bremsbelägen zu deuten ist. Vergleichende mikroskopische Untersuchungen an Bremsbelagabrieb zeigten ein Gemenge aus Kohlenstoff, metallischen Eisen-, Messing- und Kupferpartikeln, **globularen Glasphasen** und auffälligem Zink- und Kupfergehalt im Abrieb (NEINAVAIE & TRIMBACHER 2002, unveröffentl. Ergebnisse).

Des Weiteren wurden technogene Phasen identifiziert, die dem Bereich **Kleinfeuerungsanlagen** zuzuordnen sind. Dazu zählen **unregelmäßige Glasphasen, hohlkugelige Russpartikel, Restkohle** und vereinzelt teilverschmolzene **Kunststoffperlen**.

Technogene Phasen, die der Kategorie „**Eisen- und Stahlproduktion bzw. –verarbeitung**“ zuzuordnen sind, und deren Vorkommen charakteristisch für den Messpunkt Südbahnstrasse waren, wurden ebenfalls an diesem Messpunkt nachgewiesen (**Magnetit, Zunderplättchen, Schlacke, Fe-Zn-Oxide** und **Spinelle**). In der zweiten Messperiode war der Einfluss aus dieser Quelle geringer, die Zunahme des Mangengehaltes in diesen technogenen Phasen war auffällig und lässt auf eine Änderung bei den verwendeten Zuschlagstoffen bzw. bei der Produktion schließen. Mangan wird u.a. auch als Entschwefelungsmittel in der Stahlindustrie verwendet.

Es wurden ebenso unregelmäßige **Kornaggregate** aus Calcium-Silikaten bzw. Calcium-Aluminium-Silikaten gefunden, die Bestandteil von Beton, **Zement** und anderen **Bauprodukten** oder Bauschutt sind. Eine exakte Quellenzuordnung ist nicht möglich.

6.2.2 Zusammensetzung der Filterproben

Auch auf den Filtern wurden häufig geogene Phasen, überwiegend Glimmerblättchen, ähnlich wie beim Messpunkt Südbahnstrasse, beobachtet.

Der Schwärzungsgrad der untersuchten Filter war in beiden Messzeiträumen sehr stark. Ähnlich wie beim Standort Südbahnstrasse wurden neben **Dieselrysaggregaten** als Hauptbestandteil des Feinstaubes glatte, **globulare Glasphasen** zw. 1 und max. 5 µm sowie sehr häufig Natriumchloridkristalle gemessen, die dem **Verkehr** zuzuordnen sind. In der zweiten Messperiode waren auffällig mehr Natrium-Chloridkristalle zu verzeichnen.

Unregelmäßige Kohlepartikel, hohlkugelige Russpartikel und wiederum teilverschmolzene Kunststoffperlen lassen sich dem Bereich von **Kleinfeuerungsanlagen** zuordnen. Es wurde auch vereinzelt **Periklas** identifiziert, ein Magnesium-Oxid, welches als Bestandteil von feuerfesten Gesteinen u.a. für Ofenauskleidungen Verwendung findet.

6.3 Lustbühel

6.3.1 Zusammensetzung der Staubdepositionsproben

Erwartungsgemäß waren an diesem als städtischer Hintergrund ausgewiesenen Messpunkt (in der Nähe des Observatoriums) geringe Staubeinträge (22 mg in der 1. Messperiode, 28 mg in der zweiten Messperiode) zu verzeichnen.

Der Anteil an geogenen Mineralphasen war mit rd. 5% in der ersten bzw. 7-10% in der zweiten Messperiode vergleichsweise gering. Ebenso der Anteil an Partikeln technogenen Ursprungs (3-5% in der 1.MP, 5-8% in der 2.MP). Daher waren 80-90% der Einträge biogen.

Der geogene Phasenbestand setzte sich vor allem aus Glimmermineralen, daneben Quarz, Feldspäten und Carbonaten zusammen. Im zweiten Messzeitraum wurden mehr Glimmerminerale beobachtet. Die festgestellten geogenen Mineralphasen an diesem Messpunkt entsprechen der Gesteinsserie des Grazer Beckens.

Der Anteil an technogenen Phasen in der Staubdepositionsprobe war sehr gering. Der Verkehr als Quelle von Grobstaub spielt hier eine sehr untergeordnete Rolle. Es wurden vereinzelt technogene Phasen wie **hohlkugelige Russpartikel** und teilverschmolzene **Kunststoffperlen** beobachtet, die von **Kleinfeuerungsanlagen** stammen.

6.3.2 Zusammensetzung der Filterproben

Der Schwärzungsgrad der untersuchten Filter war gering bis mäßig und lässt auf eine geringe Filterbelegung mit Russteilchen schließen.

Geogenen Phasen wurden auf den Filtern dieses Messpunktes sehr selten beobachtet, meistens handelte es sich dabei um Glimmerminerale.

Bei den wenigen technogenen Phasen handelte es sich um unregelmäßige Kohlepartikel (Kleinfeuerungsanlagen) sowie Salzkristalle (Einsatz von Streusalz).

6.4 Webling

6.4.1 Zusammensetzung der Staubdepositionsproben

Das Gewicht der Staubdepositionsprobe lag in der ersten Messperiode bei 30 mg. In der zweiten Messperiode lagen die Staubeinträge bei 56 mg und waren somit gegenüber der ersten fast doppelt so hoch.

Der geogene Mineralphasenanteil an diesem verkehrsbeeinflussten Messpunkt lag in beiden Messzeiträumen bei rd. 60 %. Der Anteil der technogenen Phasen in der Staubdepositionsprobe bei rd. 30%, der Anteil an biogenem Material zw. 5 und 10%.

Der geogene Phasenbestand setzte sich überwiegend aus Quarz und Feldspäten, untergeordnet auch Carbonaten (Dolomit) und Glimmermineralen zusammen. Diese Phasen sind Bestandteil der Gesteinsserie des Grazer Paläozoikums und dem tertiären Gesteinsmaterial in diesem Gebiet. Die in der zweiten Messperiode etwas häufiger beobachteten geogenen Phasen in der Staubdepositionsprobe könnten auf die trockenere Witterung in diesem Zeitraum zurückzuführen sein.

Auffällig am technogenen Phasenbestand war das im Vergleich zu den anderen Messpunkten des Untersuchungsprogrammes sehr häufige Auftreten von **Kunststoffen** in Form von globularen Einzelpartikeln bzw. Kornaggregaten und **Farbpigmenten** sowie **unregelmäßigem, kohligem Material**. Diese technogenen Phasen sind nicht verkehrsbedingt und entstehen als Produkt unvollständiger Verbrennung und stammen wahrscheinlich aus **Feuerungsanlagen**.

An diesem Messpunkt wurden nur vereinzelt Partikel des sog. „**Don Bosco Typs**“ durch **verkehrsbedingte** Einträge detektiert. Am Messpunkt Webling herrscht im Vergleich zu Don Bosco eher fließender Verkehr vor. Weiters liegt der Messpunkt nicht auf demselben Niveau mit der Fahrbahn, sondern leicht erhöht am oberen Rand der ca. 2m hohen Straßenböschung. Dies könnten Ursachen dafür darstellen, dass der Partikeltyp „Don Bosco“, bei welchem es sich um ein relativ großes, durch Abrieb von Bremsen, Reifen und Fahrbahn gebildetes Kornaggregat handelt, hier seltener in den Staubdepositionsproben zu finden war. Eine detaillierte Beschreibung dieses Partikeltyps findet sich bei den Ergebnissen des Mess-

punktes Don Bosco. Vereinzelt wurden ebenso Natriumchloridkristalle gefunden, welche sich auf den Einsatz von **Streusalz** zurückführen lassen.

Es wurden vereinzelt technogene Phasen detektiert (z.B. globularer Ca-Ferrit, globulare RO-Phasen), die aus Hochtemperaturprozessen (Industrie, Kraftwerke) stammen. Aufgrund des seltenen Vorkommens und der unterschiedlichen Elementzusammensetzung dieser Phasen scheint eine gemeinsame lokale Quelle eher unwahrscheinlich. Untersuchungen im Gebiet von Voitsberg zeigten, dass es durch die Entsorgung von Restmüll- oder Filteraschen mittels LKW-Transport sekundär zum Eintrag derartiger technogener, schwermetallführender Phasen kommen kann (B.A.R.B.A.R.A. Leobener Umwelttechnik GesmbH, 1993).

Wie beim Messpunkt Don Bosco wurden am Standort Webling ebenso vereinzelt unregelmäßige **Kornaggregate** aus Calcium-Silikaten bzw. Calcium-Aluminium-Silikaten gefunden, die Bestandteil von **Zement** und anderen **Bauprodukten** oder Bauschutt darstellen. Eine exakte Quellenzuordnung ist nicht möglich.

6.4.2 Zusammensetzung der Filterproben

Der intensive Schwärzungsgrad entsprach einer starken bis sehr starken Filterbelegung. Ähnlich wie bei den Standorten Südbahnstrasse und Don Bosco wurden neben **Dieselsrussaggregaten** als Hauptbestandteil des Feinstaubes glatte, **globulare Glasphasen** zw. 1 und max. 5 µm sowie sehr häufig Natriumchloridkristalle gemessen, die dem **Verkehr** zuzuordnen sind.

Häufig wurden Calcit und Glimmerminerale als geogene Phasen auf den Filterproben beobachtet.

Die ebenso häufig detektierten **unregelmäßigen, teils hohlkugeligen Russpartikel** lassen sich den Emissionen von **Feuerungsanlagen** zuordnen.

6.5 Graz Süd

6.5.1 Zusammensetzung der Staubdepositionsproben

Das Gewicht der Staubdepositionsprobe an dieser fixen Mess-Station des integralen Messnetzes Graz in einem belasteten Siedlungsgebiet lag im ersten Expositionszeitraum bei 25 mg, im zweiten bei 50 mg.

Im ersten Messzeitraum setzte sich die Staubprobe aus rd. 50% geogenem Material, rd. 30% technogenen Phasen sowie bis 20% biogenem Material zusammen. In zweiten Messzeitraum wurden rd. 60% geogene und rd. 30% technogene Phasen sowie etwa 10% biogenes Material unterschieden.

Charakteristische geogene Phasen waren in erster Linie Quarz, Glimmerminerale sowie Carbonate (Dolomit, Calcit), untergeordnet Feldspäte und Magnesiumsilikate. Diese Phasen sind Bestandteil der Gesteinsserie des Grazer Paläozoikums und dem tertiären Gesteinsmaterial in diesem Gebiet, vergleichbar mit dem geologischen Hintergrund des Messpunktes Webling.

Technogene Phasen, die auf **verkehrsbedingte** Einträge zurückzuführen sind, waren Partikel des **Typs „Don Bosco“** sowie blättrige, unregelmäßige Kornaggregate durch Bremsabrieb (Typ „Bremsabrieb“) und die vereinzelt in der zweiten Messperiode beobachteten Natriumchloridkristalle (**Streusalzeinsatz**).

In der Grobstaubfraktion dieses Messpunktes wurden wiederum technogene Phasen wie unregelmäßige, teils hohlkugelige **Russpartikel** und **Schlacken**, vereinzelt teilverschmolzene **Kunststoffperlen** beobachtet, die dem Bereich der **Verbrennungsanlagen** zuzuordnen sind.

Es wurde häufig **glatte, globularer Magnetit** und/oder **Wüstit** ohne weitere Spurenelemente in der Staubdepositionsprobe gefunden. Derartige technogene Phasen entstehen u.a. durch **Bearbeiten** von **Metallen** mittels **Trennscheiben** und sind für diesen Messpunkt charakteristisch. In der zweiten Messperiode wurden deutlich weniger Partikel dieses technologischen Phasentyps detektiert.

Des Weiteren typisch für diesen Punkt waren **Eisen-Magnesium-Mischsilikate**, welche an keinem der anderen Messpunkte beobachtet werden konnten. Eine Quellenzuordnung ist schwierig. Aufgrund der Lage eines Steinmetzbetriebes in unmittelbarer Nähe des Messpunktes ist eine lokale Beeinflussung denkbar, da diese meist dunkelgrünen Minerale, welche Bestandteile von basischen Gesteinen darstellen, häufig als Dekor- und Grabsteine Verwendung finden.

Wie bereits an den beiden Messpunkten Don Bosco und Webling nachgewiesen, wurden auch hier ebenso vereinzelt unregelmäßige Kornaggregate aus **Calcium-Silikaten** bzw. **Calcium-Aluminium-Silikaten** gefunden, die Bestandteil von **Zement** und anderen **Bau**-produkten oder Bauschutt darstellen.

Unregelmäßige Kohlepartikel, unregelmäßige Glasphasen und hohlkugelige Russpartikel, welche in der Probe dieses Standortes zu finden waren, sind dem Bereich Kleinf Feuerungsanlagen zuzuordnen.

6.5.2 Zusammensetzung der Filterproben

Der Schwärzungsgrad, in erster Linie durch Dieselrussaggregate verursacht, entsprach einer mäßigen bis sehr starken Filterbelegung in der ersten Messperiode bzw. einer starken bis sehr starken Belegung in der zweiten Messperiode.

Es wurden vorwiegend Quarz, Calcit und Glimmerminerale als geogene Phasen auf den Filterproben beobachtet. Auffällig war das Vorkommen von Gipskristallen auf den Filtern.

Entsprechend der Grobstaubfraktion dieses Messpunktes wurden auch auf den untersuchten Filtern technogene Phasen wie unregelmäßige, teils hohlkugelige **Russpartikel** und **Schlacken**, vereinzelt teilverschmolzene **Kunststoffperlen** beobachtet, die dem Bereich der **Verbrennungsanlagen** zuzuordnen sind.

6.6 Andritz

6.6.1 Zusammensetzung der Staubdepositionsproben

Das Gewicht der Staubdepositionsproben dieses im Stadtteil Andritz in einem Garten am Weizbachweg gelegenen Messpunktes war mit 15 mg in der ersten und 17 mg Trockenrückstand in der zweiten Messperiode vergleichsweise gering.

Der geogene Anteil lag im ersten Messzeitraum bei rd. 30%, im zweiten Messzeitraum etwas höher bei rd. 40%. Der Anteil an technologischen Phasen lag in beiden Messzeiträumen bei etwa 20%, biogenes Material zwischen 50% (1. MP) und 40% (2. MP).

Der geogene Phasenbestand an diesem Messpunkt unterschied sich von dem der übrigen Standorte im Untersuchungsgebiet Graz. Der in rd. 5 km in nordöstlicher Richtung vom Schloßberg gelegene Messpunkt Weizbachweg im Stadtteil Andritz liegt im Grazer Paläo-

zoikum in der als „Ton- Grünschiefer, Kalk-Sandsteine, Metadiabase und Tuffe“ bezeichneten Gesteinsserie. Dementsprechend wurden Magnesiumsilikate, Titanomagnetite, Hämatit, Chlorit, Rutil, Amphibole (Hornblende) und Pyroxene (Eisen-Magnesium-Silikate) gefunden.

Die technogenen Phasen (**unregelmäßiges kohliges Material, hohlkugelige Russpartikel** und vereinzelt auftretende teilverschmolzene **Kunststoffperlen, glasige Schlacke**) an diesem Messpunkt in einem locker verbautem Siedlungsgebiet stammen überwiegend aus Verbrennungsprozessen (**Kleinfeuerungsanlagen**).

Technogene Phasen, die auf verkehrsbedingte Einträge zurückzuführen sind, fehlten fast vollständig.

In der zweiten Messperiode wurden vereinzelt **Nichteisen-Legierungen**, wie beispielsweise Messingpartikel, oder metallisches Silber aufgefunden. Aufgrund der Charakteristik des Standortes scheinen industrielle Quellen auszuschließen zu sein. Eine Quellenzuordnung ist nicht möglich.

6.6.2 Zusammensetzung der Filterproben

Der vergleichsweise geringe bis mäßige Schwärzungsgrad der Filterproben spiegelt die geringere Beeinflussung durch verkehrsbedingte Einträge an diesem Standort wider. Im zweiten Messzeitraum konnten vereinzelt glatte, globulare Glasphasen sowie häufiger Natriumchloridkristalle beobachtet werden.

Auf den untersuchten Filterproben wurden Calcit, Glimmerminerale und Magnesiumsilikate als geogene Phasen detektiert. Auf den Filtern der ersten Messperiode wurden vereinzelt Gipskristalle, in der zweiten Messperiode Natriumchloridkristalle beobachtet.

Unregelmäßig geformte, teils hohlkugelige Russpartikel und teilverschmolzene Kunststoffperlen stammen aus Feuerungsanlagen.

6.7 Abschätzung der Quellenanteile

Anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse der Staubdepositionsproben und der Feinstaubproben wurde versucht, eine grobe Abschätzung der Quellenanteile durchzuführen. Die meisten der detektierten Phasen lassen sich grob den vier Hauptgruppen „geogen“ – „Verkehr“ – „Feuerung“ und „Industrie“ zuordnen.

Die Hauptgruppe „geogen“ beinhaltet alle mineralischen Staubteilchen. Auffällig war, dass die höchsten Quellenanteile an den Messpunkten Don Bosco, Webling, Graz Süd und Südbahnstrasse vorlagen. Mit Ausnahme des Messpunktes Südbahnstrasse, welcher sich in der Nähe von Don Bosco befindet, handelt es durchwegs um verkehrsnahen Standorte. Aufwirbelungen von Straßenstaub sowie sekundäre Einträge durch LKW-Transport (z.B. Schottertransporte, Baumaterial, Bauschutt) sollten auch hier, obwohl diese festgestellten Mineralphasen der Geologie des Untersuchungsgebietes entsprechen, mit in Betracht gezogen werden.

In der Hauptgruppe „Verkehr“ sind Abriebprodukte von Bremsen, Reifen und Fahrbahn wie die spindelförmigen Kornaggregate des Typs „Don Bosco“ oder Partikelaggregate des Typs „Bremsbelagabrieb“ zusammengefasst. Weiters auch glatte, globulare Glasphasen (aerodynamischer Durchmesser 1-5 µm) im Feinstaub, Dieslrussaggregate sowie Salzkristalle.

Die nächste Hauptgruppe „Feuerung“ subsumiert jene technogenen Phasen, welche als Produkte unvollständiger Verbrennung im Haushalt, bei Gewerbebetrieben, bei Abfallverbrennungsanlagen, kalorischen Kraftwerken, etc. anfallen. Es wurde bewusst nicht die Bezeichnung „Hausbrand“ gewählt, da viele der detektierten technogenen Phasen aufgrund

charakteristischer Merkmale nicht von Kleinfeuerungen stammen können, sondern andere Feuerungsanlagen mit höheren Verbrennungstemperaturen in Betracht gezogen werden müssen. Charakteristische Phasen für diese Hauptgruppe waren u.a. unregelmäßige Kohlepartikel, hohlkugelige Russpartikel, teilgeschmolzene Kunststoffperlen und unregelmäßige und auch globulare Glasphasen.

Die Hauptgruppe „Industrie“ beinhaltet vorwiegend technogene Phasen, die typisch für den Bereich „Eisen- & Stahlproduktion bzw. –verarbeitung“ sind. Maßgebend dafür war das Auftreten derartiger Phasen an den beiden Messpunkten Südbahnstrasse und Don Bosco.

Sonstige technogene Phasen, die ebenfalls an den Messpunkten gefunden wurden, jedoch keiner dieser vier Hauptgruppen zugeordnet werden konnten, sind in nachstehender Tabelle nicht angeführt und finden sich bei den Ergebnissen der einzelnen Messpunkte (Kapitel 6.1 bis 6.6) und im Tabellenteil Kapitel 9.

| Quellenanteile der Stäube | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|---------|----------|-----------|-----------|---------|----------|
| Messpunkt | Staubdeposition | | | | Feinstaub | | |
| | Geogen | Verkehr | Feuerung | Industrie | Geogen | Verkehr | Feuerung |
| GS1/1 | 60% | 10% | 5-10% | 20% | x | 40-60% | x |
| GS1/2 | 60-65% | 10% | 5-10% | 20% | x | 60-100% | x |
| GS2/1 | 50-60% | 20% | 5% | 10-15% | x | 80-100% | x |
| GS2/2 | 60% | 20% | 5% | 5-10% | x | 80-100% | x |
| GS3/1 | 5% | - | 3-5% | - | x | 5-30% | x |
| GS3/2 | 7-10% | - | 5-8% | - | x | 20-40% | x |
| GS4/1 | 60% | 5-10% | 10-15% | < 5% | | | |
| GS4/2 | 60-70% | 5-10% | 5-10% | < 5% | x | 60-80% | x |
| GS5/1 | 50% | 5-10% | 10-15% | < 5% | x | 40-60% | x |
| GS5/2 | 60% | 5-10% | 5-10% | < 5% | x | 60-100% | x |
| GS6/1 | 30% | - | 20% | - | x | 5-10% | x |
| GS6/2 | 40% | - | 20% | < 5% | x | 20-30% | x |

Tab. 4: Abschätzung der Quellenanteile der Stäube an den sechs Messpunkten in Graz. Der biogene Anteil in den Staubdepositionsproben ist in dieser Tabelle nicht angegeben.
X...Phaseneinträge vorhanden

Die Abschätzung der Quellenanteile bei den Filterproben, also im Feinstaub gestaltete sich als schwierig, da mit zunehmendem Schwärzungsgrad, welcher einem hohen Dieselmantelteil entspricht, sämtlich andere Phasen überlagert werden und dadurch deren Identifikation einerseits und Quellenzuordnung andererseits erschwert wird. Daher wurde beim Feinstaub der Quellenanteil des Verkehrs basierend auf dem Schwärzungsgrad abgeschätzt. Aufgrund der methodischen Unschärfe konnte der Quellenanteil der anderen Hauptgruppen nicht abgeschätzt werden. Phaseneinträge der anderen Hauptgruppen konnten daher nur mit „X...vorhanden“ angegeben werden.

6.8 Ergebnisse der Korngrößenbestimmungen

Die Korngrößen der vermessenen Partikel bzw. Phasen sind nach Messpunkten und Messperioden zusammengestellt. Dabei wurden die Phasen sowohl in den Staubdepositionsproben (Bergerhoff) als auch in den Filterproben in geogen und technogen getrennt. Die Zuordnung von Korngrößenbereichen zu Partikeltypen bzw. relevanten Phasen findet sich in Kap. 9.

Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Korngrößen der Staubpartikel an den Messpunkten unter Angabe der Minimal- und Maximalwerte sowie des Medians.

Im Feinstaub wurden jene Partikel vermessen, bei denen es sich nicht um Dieseleruss handelt. Die Primärpartikel des Dieselerusses liegen im Größenbereich von 15-50 nm (BARR ET AL. 1989, EGGENBURGER ET AL. 1994). Diese Angaben aus der Literatur stimmen mit den im Rasterelektronenmikroskop beobachteten Größenbereichen überein. Diese im Nanometerbereich befindlichen Primärpartikel bilden sog. Agglomerate, komplexe, dreidimensionale Gebilde unterschiedlichen Aussehens.

| GS 1 / Südbahnstrasse | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|------------|---------------|--------------------------------|------------|---------------|
| | Korngrößenbereich 1.MP | | | Korngrößenbereich 2. MP | | |
| | Min | Max | Median | Min | Max | Median |
| Deposition geogen | 5 | 300 | 43 | 5 | 250 | 30 |
| Deposition technogen | 10 | 500 | 55 | 5 | 1200 | 50 |
| Feinstaub geogen | 5 | 33 | 10 | 5 | 15 | 10 |
| Feinstaub technogen | 1 | 110 | 7 | 3 | 20 | 10 |
| GS 2 / Don Bosco | | | | | | |
| | Korngrößenbereich 1.MP | | | Korngrößenbereich 2. MP | | |
| | Min | Max | Median | Min | Max | Median |
| Deposition geogen | 20 | 350 | 110 | 5 | 300 | 50 |
| Deposition technogen | 10 | 350 | 40 | 10 | 500 | 45 |
| Feinstaub geogen | 5 | 35 | 15 | 5 | 35 | 20 |
| Feinstaub technogen | 0,5 | 35 | 5 | 1 | 40 | 5 |
| GS 3 / Lustbühel | | | | | | |
| | Korngrößenbereich 1.MP | | | Korngrößenbereich 2. MP | | |
| | Min | Max | Median | Min | Max | Median |
| Deposition geogen | 20 | 180 | 100 | 30 | 150 | 50 |
| Deposition technogen | - | 140 | - | 20 | 210 | 70 |
| Feinstaub geogen | 5 | 16 | 13 | 5 | 15 | 10 |
| Feinstaub technogen | 1 | 48 | 20 | 1 | 60 | 10 |

Tab. 5: Minima, Maxima und Median der detektierten Staubphasen in μm getrennt nach geogenen/technogenen Phasen in der Staubdepositionsprobe und geogenen/technogenen Phasen in den Filterproben sowie getrennt nach Messperioden

| GS 4 / Webling | | | | | | |
|------------------------|-------------------------------|------------|---------------|--------------------------------|------------|---------------|
| | Korngrößenbereich 1.MP | | | Korngrößenbereich 2. MP | | |
| | Min | Max | Median | Min | Max | Median |
| Deposition geogen | 5 | 400 | 48 | 7 | 150 | 30 |
| Deposition technogen | 8 | 600 | 50 | 15 | 600 | 50 |
| Feinstaub geogen | - | - | - | - | - | - |
| Feinstaub technogen | - | - | - | 1 | 50 | 5 |
| GS 5 / Graz Süd | | | | | | |
| | Korngrößenbereich 1.MP | | | Korngrößenbereich 2. MP | | |
| | Min | Max | Median | Min | Max | Median |
| Deposition geogen | 10 | 400 | 88 | 10 | 300 | 35 |
| Deposition technogen | 5 | 517 | 27 | 7 | 500 | 50 |
| Feinstaub geogen | 5 | 15 | 5 | 5 | 15 | 11 |
| Feinstaub technogen | 3 | 35 | 15 | 5 | 60 | 10 |
| GS 6 / Andritz | | | | | | |
| | Korngrößenbereich 1.MP | | | Korngrößenbereich 2. MP | | |
| | Min | Max | Median | Min | Max | Median |
| Deposition geogen | 10 | 200 | 60 | 25 | 250 | 80 |
| Deposition technogen | 10 | 87 | 40 | 10 | 350 | 55 |
| Feinstaub geogen | 10 | 20 | 10 | 4 | 20 | 5 |
| Feinstaub technogen | 3 | 50 | 24 | 4 | 77 | 6 |

Tab. 5 ff: Minima, Maxima und Median der detektierten Staubphasen in μm getrennt nach geogenen/technogenen Phasen in der Staubdepositionsprobe und geogenen/technogenen Phasen in den Filterproben sowie getrennt nach Messperioden

7 GLOSSAR

| | |
|---|--|
| <i>Dendritisch:</i> | bäumchenförmig |
| <i>EDX:</i> | energiedispersive Röntgenmikroanalyse, Methode zur qualitativen und semi-quantitativen Bestimmung der Gehalte und Verteilung von Elementen in Proben. Dabei wird die für die Probe charakteristische Röntgenstrahlung hinsichtlich ihrer Energie ausgewertet, häufig mit REM und TEM gekoppelt |
| <i>Feinstaub:</i> | Definition entnommen aus dem IG-L, BGBl. I Nr. 115/97 idF BGBl. I Nr. 62/2001 (5a): „PM10 im Sinne dieses Bundesgesetzes bezeichnet die Partikel, die einen gröÑenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist.“ |
| <i>geogene Partikel:</i> | natürliche, feste Teilchen, die aus dem geologischen Untergrund oder aus Böden stammen |
| <i>idiomorph:</i> | eigengestaltig |
| <i>RO-Phase:</i> | Technogene Mischoxide von zweiwertigen Metallen |
| <i>RO-R₂O₃-Phase:</i> | Technogene Mischoxide von zwei- und dreiwertigen Metallen |
| <i>Spinell:</i> | Hochtemperaturprodukt aus Mg-Oxid und dreiwertigen Oxiden (z.B.: Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃), allg. Formel: RO-R ₂ O ₃ -Phasen |
| <i>Schwermetalle:</i> | Metalle mit einer Dichte über 4.5 g/m ³ , z.B. Bunt-, Eisen- und Edelmetalle |
| <i>Staubdeposition:</i> | jene Staubmenge, welche sich in einem definierten Zeitraum passiv in einem Gefäß ansammelt, Bergerhoff-Verfahren |
| <i>REM:</i> | Rasterelektronenmikroskop, klassisches Verfahren zur Abbildung der Topographie von Festkörpern mit hoher Schärfentiefe und Ortsauflösung |
| <i>Technogene Partikel:</i> | Partikel, die aus industriellen Prozessen stammen |
| <i>Zonar:</i> | konzentrisch, schalig aufgebaute Kristallstruktur, welche durch rhythmische Änderung der Ausscheidungsbedingungen bei der Kristallisation entsteht |
| <i>Zundermaterial:</i> | meist tafelig ausgebildet, aus Magnetit, Wüstit und/oder Hämatit, primär durch Erhitzen (Heizkessel), sekundär durch Hämmern oder Walzen |

8 LITERATUR

- B.A.R.B.A.R.A. Leobener Umwelttechnik, 1993: Untersuchung von WSF-Asche Gratkorn sowie von Strassenstaubproben aus dem Tunnel der Umfahrung Voitsberg. Prüfbericht Nr. 0164-93.
- BARR, E. B., CHENG, Y.-S., YEH, H.-C., WOLFF, R. K., 1989: Site characterization of carbonaceous particles using a Lovelace multijet cascade impactor/parallel-flow diffusion battery serial sampling train. *Aerosol Sci. & Technol.* 10, 205-212.
- BARTSCH, P., HOLZAPFEL, Th. & SCHOLZ, H., 1986: Mineralogische Zusammensetzung von Steinkohlenflugaschen. -TIZ Fachberichte, Vol. 110, Nr. 1
- DURRER, R. & VOLKERT, G., 1953: Die Metallurgie der Ferrolegerungen. -Springer-Verlag, Berlin.
- EGGENBERGER, U., FORSS, A.-M., BACH, C., BURTSCHER, H., 1994: Partikelcharakterisierung in Verbrennungsabgasen. *Chimia* 48, 232-239.
- FÄBER, W., 1957: Mikroskopie der Metallhüttenschlacken. -Hdb. d. Mikroskopie i.d. Technik, Bd. I, T. 1, S. 519 - 594, Frankfurt.
- FLÜGEL, H.W., 1975: Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000. Mitteilungen Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, Geologische Bundesanstalt Wien.
- GROTHER, H., 1963: Lexikon der Hüttentechnik. Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart.
- Immissionschutzgesetz-Luft (IG-L), BGBl. I 115/1997 idF von BGBl. I 62/2001.
- KIRSCH, H., 1964: Technische Mineralogie. -Vogel Verlag Würzburg.
- KOCH, L., 1936: Schlackenforschung als Grundlage der Erforschung petrologischer Grundlagen. - Fortsch.Min. 20, S. 196 – 238.
- MERKEL, Th., 1994: Taschenbuch der Werkstoffe. - Fachbuchverlag Leipzig –Köln.
- NEINAVAIE, H., 1994: Mineralphasenuntersuchung als Werkzeug für gezielte Ansprache und Bewertung geogener und technogener Schwermetallverteilungen, unveröffentl. Bericht – Eisenerz.
- NEINAVAIE, H., PIRKL, H. & TRIMBACHER C., 2000: Herkunft und Charakteristik von Stäuben. UBA-BE-171, Umweltbundesamt Wien.
- SCHREITER, P., 1968: Zum Phasenaufbau von Braunkohlenfilteraschen. – Silikattechnik. Steiermärkische Immissionsgrenzwertverordnung (LGBl. 5/1987)
- TROJER, F., 1963: Die oxidischen Kristallphasen der anorganischen Industrieprodukte. - E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- TROJER, F., 1965: Zur Mikroskopie des Portland-Zement-Klinkers und seiner Rohstoffe. - Hdb. d. Mikroskopie i.d. Technik, Bd. IV, Teil 3, S. 333 - 389, Frankfurt.
- Umweltschutzbericht 2000 des Landes Steiermark, Amt der Stmk Lreg, Rechtsabt. 3

9 TABELLEN

9.1 Südbahnstrasse

9.1.1 Detailergebnisse der Staubdepositionsproben

| GS 1 Südbahnstrasse / Messperiode 1 | | | |
|--|-------------------|------------------|--|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | ++ | 5-70 µm | |
| Calcit | + | 5-70 µm | |
| Quarz | +++ | 5-90 µm | |
| Glimmerminerale | +++ | 10-300 µm | Muskovit, Biotit |
| Feldspäte | + | | |
| Epidotminerale | + | | |
| Amphibole | + | | |
| Magnesiumsilikate | + | | Streugut ? |
| Granat | + | | |
| Magnetit | +++ | 10-100 µm | z.T. Titanomagnetit |
| Hämatit | ++ | 15-50 µm | z.T. als Umwandlungsprodukt von Magnetit |
| Ilmenit | + | | |
| Eisenhydroxid | ++ | | als Umwandlungsprodukt von geogenen und technogenen Phasen |
| Rutil | ++ | bis 30 µm | |
| Graphit | + | | als Einschlüsse in Granat |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Metallisches Eisen | ++ | bis 70 µm | Splitter, tafelig, Späne in Wüstit (Eisen- & Stahlind., Bremsabrieb) |
| Metallisches Kupfer | + | 20-50 µm | Späne |
| Metallisches Zink | ++ | 50x250 µm | teilgeschmolzener Partikel |
| Magnetit | +++ | 10-150 µm | globular (mit Cu+Zn), tafelig, idiomorph, dendritisch, oval, z.T. hohlkugelig, nicht selten mit Wüstit verwachsen (Eisen- & Stahlind.) |

Tab: 6: **GS 1/1. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 1 Südbahnstrasse / Messperiode 1 | | | |
|--|-------------------|------------------|---|
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Hämatit | ++ | bis 80 µm | sekundär durch Oxidation aus Magnetit, vereinzelt globular |
| Wüstit | +++ | -100 µm | meist eng mit Magnetit verwachsen |
| Spinelle | ++ | | als Einschlüsse in Schlacken (Eisen- & Stahlind., Metallhütte) |
| Zinkspinelle | ++ | | als Einschlüsse in (Zn, Fe)-Oxiden |
| RO-Phase | ++ | bis 40 µm | (Fe, Mn, Mg, Ca, Cr)-Mischoxide (Eisen- & Stahlind.) |
| Zinksulfid | + | | Eisen- & Stahlind., Verzinkereien |
| glasige Schlacke | ++ | 25-80 µm | häufig mit Einschlüssen von Magnetit und Spinellen (Eisen- & Stahlind.) |
| Schlacke | ++ | 40-100 µm | häufig mit Einschlüssen von RO-Phasen und Spinellen |
| globulare Glasphase | ++ | bis 40 µm | meist Zn- und Cr-hältig (Eisen- & Stahlind.) |
| Zundermaterial | ++ | bis 15x100 µm | aus Wüstit und Magnetit (Eisen- & Stahlind., Auskleidungen von Heizkesseln, Hammerschlag, Walzwerk) |
| Restkohle, Koks, Graphit | ++ | 25-90 µm | Kleinfeuerungsanlagen, Koks - Eisen- & Stahlind., Graphit (Eisen- & Stahlind., Bremsabrieb) |
| Ruß | ++ | | Kleinfeuerungsanlagen, Dieselruß |
| Typ „Don Bosco“ | ++ | 30-500 µm | Spindelförmiges Kornaggregat aus Russgrundmasse mit geogenen oxidischen u. silikatischen Phasen und metallischem Eisen, Abriebprodukt-Verkehr |
| Typ „Bremsbelag“ | ++ | 50-150 µm | blättrige, unregelm. Kornaggregate durch Bremsabrieb (aus Graphit, metall. Fe, Messing, Cu, Silikate) |
| Kunststoffe | ++ | | blau, weiss, rot als Fasern und teilgeschmolzene Perlen |
| (Zn, Fe)-Oxide | ++++ | 25-150 µm | Im LM ziegelrot gefärbte Partikel mit wechselnden Mengen von Zn, Fe, Pb und As (Eisenhüttenprodukt?) |

Tab :6 ff: **GS 1/1. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 1 Südbahnstrasse / Messperiode 2 | | | |
|--|-------------------|------------------|--|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | +++ | 30-250 µm | |
| Calcit | ++ | 30-250 µm | |
| Quarz | ++++ | 30-250 µm | |
| Glimmerminerale | +++ | 5-200 µm | |
| Feldspäte | ++ | 30-250 µm | |
| Epidotminerale | ++ | 30-250 µm | |
| Amphibole | + | 30-250 µm | |
| Magnesiumsilikate | ++ | 15-150 µm | |
| Magnetit | +++ | 20-100 µm | meist Titanomagnetit |
| Hämatit | ++ | 20-50 µm | |
| Ilmenit | ++ | | |
| Eisenhydroxid | +++ | 20-125 µm | Herkunft wie GS1/1 |
| Rutil | ++ | bis 25 µm | |
| Titanit | + | bis 20 µm | häufig mit Silikaten wie Epidot und Amphibole |
| Zirkon | + | bis 50 µm | |
| Chlorit | + | | |
| Graphit | + | | als Einschlüsse in Silikaten |
| Magnetkies | ++ | bis 30 µm | tw. verwittert |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Metallisches Eisen | +++ | 10-30 µm | wie GS1/1 |
| Metallisches Kupfer | + | | als feine Einschlüsse in RO-Phasen (Eisen- & Stahlind.) |
| Metallisches Aluminium | ++ | 5-50 µm | Späne, tafelig |
| Metallisches Silicium | + | bis 15 µm | scharfkantig, tafelig (Eisen- & Stahlind.- Desoxidationsmittel) |
| (Si, Mn)-Legierung | ++ | bis 40 µm | scharfkantig, tafelig (Eisen- & Stahlind. - Desoxidationsmittel) |

Tab: 7: **GS 1/2. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 1 Südbahnstrasse / Messperiode 2 | | | |
|--|-------------------|------------------|---|
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| (Si, Ca)-Legierung | + | bis 50 µm | scharfkantig, tafelig (Eisen- & Stahlind. - Desoxidationsmittel) |
| Magnetit | ++ | 20-100 µm | wie GS1/1 |
| Hämatit | + | | Sekundär aus Magnetit und Wüstit |
| Wüstit | +++ | 20-90 µm | tafelig, leistenförmig, wie GS 1/1 |
| Spinelle | ++ | | wie GS 1/1 |
| RO-Phase | +++ | bis 50x100 µm | wie GS 1/1 |
| Calciumferrit | + | | globular |
| (Ca, Al)-Ferrit | + | | Typ "Verbrennungsanlagen" |
| Zinkspinell | ++ | bis 50 µm | meist globular in (Zn, Fe)-Oxiden |
| Schlacke | +++ | 20-60 µm | bestehend aus Glasphasen, (Mg, Fe)-Silikaten, Magnetit und Spinellen (wie GS 1/1) |
| globulare Glasphase | ++ | bis 50 µm | |
| glasige Schlacke | +++ | bis 100 µm | wie GS 1/1, als unregelm. Partikel, typisch für Verbrennungsanlagen |
| Zundermaterial | +++ | bis 10x170 µm | leistenförmige Partikel meist aus Wüstit, Magnetit untergeordnet Hämatit |
| globulare Phasen | +++ | 5-50 µm | aus Magnetit, Wüstit, Ca-Ferrit und Glasphasen |
| Restkohle, Koks, Graphit | +++ | 20-60 µm | überwiegend Koks |
| Ruß | ++ | | wie GS 1/1 |
| Typ „Don Bosco“ | ++ | bis 50x500 µm | spindelförmiges Kornaggregat, wie GS 1/1 |
| Kunststoffe | ++ | | wie GS 1/1 |
| Farbpigmente | ++ | | meist aus Ti-Oxid (Titanweiß) u. Baryt |
| (Ca, Al)-Silikate | ++ | 15x25 µm | unregelm. Kornaggregate, Zementbestandteile |
| (Zn, Fe)-Oxide | ++ | 25-150 µm | wie GS 1/1 |
| Mullit | ++ | | als idiomorphe Kristalle im Glas |
| Baryt (Ba-Sulfat) | ++ | | Bestandteil der Farbpigmente |

Tab: 7 ff: **GS 1/2. MP**, *Detailergebnisse der Staubdepositionsproben*, +...*vereinzelt*, ++...*wenig*, +++...*mittel*, ++++...*viel*

9.1.2 Detailergebnisse der Filterproben

| GS 1 Südbahnstrasse / Messperiode 1 | | | |
|--|-------------------|------------------|--|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Glimmerminerale | ++ | 5-35 µm | blättchenförmig |
| Natriumchlorid | ++ | 5-10 µm | Streusalz |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen |
| RO-Phase | + | | globular mit Cu (Verbrennungsanlagen) |
| globulare Glasphase | + | 1-5 µm | Verbrennungsanlagen, Verkehr |
| Restkohle, Koks, Graphit | +++ | 20-35 µm | überwiegend unregelm. Kohle (Verbrennungsanlagen) |
| Ruß | + | 5 µm | hohlkugelig - Verbrennungsanlage |
| Kunststoffe | +++ | 5-25 µm | meist globular, C, Na, Mg, Al, Si, Cl, Ca, Ti, z.T. unregelmäßig (Verbrennungsanlagen) |

Tab. 8: **GS 1/1. MP**, Detailergebnisse der Filterproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 1 Südbahnstrasse / Messperiode 2 | | | |
|--|-------------------|------------------|---|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | ++ | 5-10 µm | |
| Quarz | + | | |
| Glimmerminerale | + | | blättchenförmig |
| Magnesiumsilikate | +++ | | z.T. (Mg, Al)-Silikate |
| Natriumchlorid | ++ | 5-15 µm | Streusalz |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| globulare Glasphase | +++ | 3-5 µm | Verbrennungsanlagen, Verkehr |
| Restkohle, Koks, Graphit | + | 20 µm | überwiegend unregelm. Kohle (Verbrennungsanlagen) |
| Kunststoffe | ++ | 5-25 µm | meist globular, C, Na, Al, Si, Cl, K, Ca, Zn, z.T. unregelmäßig (Verbrennungsanlagen) |

Tab. 9: **GS 1/2. MP**, Detailergebnisse der Filterproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

9.2 Graz – Don Bosco

9.2.1 Detailergebnisse der Staubdepositionsproben

| GS 2 Don Bosco / Messperiode 1 | | | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|---|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | +++ | 30-150 µm | |
| Calcit | ++ | 30-150 µm | |
| Quarz | +++ | 30-150 µm | |
| Glimmerminerale | +++ | 20-350 µm | |
| Feldspäte | +++ | 30-150 µm | |
| Epidotminerale | ++ | | |
| Amphibole | ++ | | |
| Magnesiumsilikate | + | | |
| Granat | + | | |
| Magnetit | +++ | 20-40 µm | meist Titanomagnetit |
| Hämatit | ++ | bis 80 µm | meist Titanomagnetit |
| Ilmenit | ++ | bis 50x125µm | |
| Eisenhydroxid | +++ | 35-350 µm | |
| Rutil | ++ | bis 50 µm | |
| Graphit | + | | |
| Apatit | + | | |
| Zirkon | + | | |
| Chlorit | ++ | | |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Metallisches Eisen | ++++ | bis 10x100 µm | tafelig, leistenförmig, tropfenförmig (Eisen- & Stahlind., Bremsabrieb) |
| Metallisches Kupfer | ++ | 20-50 µm | als Entmischungen in RO-Phasen |
| Metallisches Silizium | ++ | | scharfkantige Späne (Elektronik-Halbleitertechnik, Eisen- & Stahlind., - Desoxidationsmittel) |
| Metallisches Aluminium | + | | Werkstoff |
| Metallisches Zink | ++ | | Verzinkte Bleche u. Werkstoffe, Eisen- & Stahlind. |
| Messing | + | | Bremsabrieb, Eisen- & Stahlind. |

Tab: 10: **GS 2/1. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 2 Don Bosco / Messperiode 1 | | | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Chrom-Stahl | + | | |
| Zinksulfid | + | | als Einschlüsse in (Fe, Zn)-Oxiden |
| Magnetit | +++ | 10-50 µm | globular (z.T. hohlkugelig) tafelig, leistenförmig, dendritisch (Eisen- & Stahlind.) |
| Hämatit | ++ | | sekundär aus Magnetit |
| Wüstit | ++++ | 15-25 µm | meist leistenförmig (Zundermaterial) und mit Magnetit verwachsen |
| Spinelle | ++ | | wie GS 1 |
| Chromspinelle | +++ | | häufig zonar ausgebildet |
| Zinkspinelle | + | | globular, wie GS 1 |
| RO-Phase | ++ | bis 70 µm | (Mn, Fe, Ca, Cr, Mg)-Mischoxide |
| Cuprit | + | | sekundär aus metall. Kupfer |
| Schlacke | +++ | -150 µm | überwiegend aus Glasphasen, (Fe, Mg)-Silikaten, RO-Phasen und Spinellen (wie GS 1) |
| globulare Glasphase | ++ | 15-40 µm | Verbrennungsanlagen |
| unregelmäßige Glasphasen | ++ | 40-70 µm | blasenreich, Verbrennungsanlagen |
| globulare Phasen | +++ | | |
| Zundermaterial | +++ | bis 60x135 µm | aus Wüstit und Magnetit (Eisen- & Stahlind., Auskleidungen von Heizkesseln, Hammerschlag, Walzwerk) |
| Restkohle, Koks | +++ | bis 70x350 µm | Graphitblättchen bis 20 x 120 µm |
| Ruß | +++ | | teils hohlkugelig, Verbrennungsanlagen |
| Typ „Don Bosco“ | ++++ | 50-350 µm | Spindelförmiges Kornaggregat aus Russgrundmasse mit geogenen oxidischen u. silikatischen Phasen und vereinzelt metallischem Eisen, Abriebprodukt-Verkehr |
| Typ „Bremsbelag“ | ++ | 50-150 µm | blättrige, unregelm. Kornaggregate durch Bremsabrieb (aus Graphit, metall. Fe, Messing, Cu, Silikate) |
| Kunststoffe | ++ | bis 150 µm | |

Tab: 10 ff: **GS 2/1. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 2 Don Bosco / Messperiode 1 | | | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|---|
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Farbpigmente | ++ | | mit Ti-Oxid, Baryt |
| Calciumferrit | + | | Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |
| (Ca, Al)-Silikate | ++ | | unregelm. Kornaggregate, Zementbestandteile |
| Mullit | ++ | | als idiomorphe Kristalle in Glas |
| Baryt | ++ | | Bestandteile der Farbpigmente |
| Ferrosilicium | ++ | 25-40 µm | Eisen- & Stahlind., Desoxidationsmittel |
| (Si, Al, Fe)-Mischlegierung | | | mit Beimengungen von Ca und Cu (Eisen- & Stahlind) |
| Magnesiumferrit | + | | Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |
| (Zn, Fe)-Oxide | ++ | 25-170 µm | Im LM ziegelrot gefärbte Partikel mit wechselnden Mengen von Zn, Fe, Pb und As (Eisenhüttenprodukt?) wie GS 1 |

Tab: 10 ff: **GS 2/1. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 2 Don Bosco / Messperiode 2 | | | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | ++ | 5-70 µm | |
| Calcit | + | 5-70 µm | |
| Quarz | +++ | 5-70 µm | |
| Glimmerminerale | ++ | bis 300 µm | |
| Feldspäte | +++ | | |
| Epidotminerale | ++ | | |
| Amphibole | + | | |
| Magnesiumsilikate | + | | |
| Apatit | + | | |
| Granat | + | | |
| Titanit | ++ | | |
| Magnetit | +++ | 20-80 µm | wie GS 2/1 |
| Hämatit | ++ | | wie GS 2/1 |
| Ilmenit | ++ | bis 50x150 µm | |
| Eisenhydroxid | ++ | bis 150 µm | |
| Rutil | ++ | bis 80 µm | |
| Graphit | + | | |
| Zirkon | ++ | | |
| Chlorit | + | | |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Metallisches Eisen | ++ | bis 30µm | vereinzelt bis 200 µm (verwittert) |
| Chrom-Stahl | ++ | bis 10x30 µm | |
| Magnetit | +++ | 15x60 µm | meist globular (Eisen- & Stahlind.) |
| Hämatit | + | bis 30 µm | sekundär aus Magnetit, vereinzelt globular |
| Wüstit | ++ | | meist mit Magnetit verwachsen |
| RO-Phase | ++ | | wie GS 2/1, aber mehr Mn |
| Spinell | + | | wie GS 1 |
| Chromspinelle | ++ | bis 40 µm | wie GS 2/1 |

Tab: 11: **GS 2/2. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| Messpunkt GS 2 Don Bosco / Messperiode 2 | | | |
|---|-------------------|------------------|--|
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Schlacke | ++ | -80 µm | Unregelm., überwiegend aus Glasphasen, (Fe, Mg)-Silikaten, RO-Phasen und Spinellen (wie GS 1 und GS2/1) |
| globulare Glasphase | ++ | | Verbrennungsanlagen, teils mit Fe+Zn (Eisen- & Stahlind.) |
| unregelmäßige Glasphasen | + | | Verbrennungsanlagen |
| globulare Phasen | +++ | 30 µm | |
| Zundermaterial | + | bis 60x140 µm | aus Wüstit und Magnetit (Eisen- & Stahlind., Auskleidungen von Heizkesseln, Hammerschlag, Walzwerk) |
| (Fe, Mn)-Hydroxid | ++ | | Eisen- & Stahlind., Verwitterungsprodukte |
| Restkohle, Koks | ++ | bis 70 µm | |
| Ruß | +++ | bis 70 µm | teils hohlkugelig, Verbrennungsanlagen |
| Typ „Don Bosco“ | +++ | 50-500 µm | Spindelförmiges Kornaggregat aus Russgrundmasse mit geogenen oxidischen u. silikatischen Phasen und vereinzelt metallischem Eisen, Abriebprodukt-Verkehr |
| Typ „Bremsbelag“ | ++ | 50-150 µm | blättrige, unregelm. Kornaggregate durch Bremsabrieb (aus Graphit, metall. Fe, Messing, Cu, Silikate) |
| Kunststoffe | ++ | | Unregelm. Kornaggregat aus teilverschmolzenen Kunststoffperlen, Verbrennungsanlagen |
| Farbpigmente | ++ | | mit Ti-Oxid, Baryt |
| Baryt | ++ | | |
| (Fe, Zn)-Oxide | ++ | bis 130 µm | Wie GS 1, Eisen- & Stahlind. |

Tab: 11 ff: **GS 2/2. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

9.2.2 Detailergebnisse der Filterproben

| GS 2 Don Bosco / Messperiode 1 | | | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|---|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Glimmerminerale | +++ | 5-35 µm | blättchenförmig |
| Quarz | ++ | | |
| Feldspäte | ++ | | |
| Gipskristalle | + | | sekundär |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| globulare Glasphase | + | 1-5 µm | Verbrennungsanlagen, Verkehr |
| Ruß | + | 1-30 µm | teils hohlkugelig Verbrennungsanlage - |
| Kunststoffe | + | 5-35 µm | meist globular, Verbrennungsanlagen |

Tab. 12: **GS 2/1. MP**, Detailergebnisse der Filterproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 2 Don Bosco / Messperiode 2 | | | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|---|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Quarz | ++ | | |
| Glimmerminerale | + | 5-35 µm | blättchenförmig |
| Natriumchlorid | ++++ | 5 µm | Streusalz |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Calciumsilikat | + | bis 20 µm | Bestandteil von Zement |
| globulare Glasphase | ++ | 1-5 µm | Verbrennungsanlagen, Verkehr |
| Restkohle, Koks, Graphit | +++ | 10-40 µm | überwiegend unregelm. Kohle teils hohlkugelig (Verbrennungsanlagen) |
| Ruß | + | 5 µm | hohlkugelig - Verbrennungsanlage |
| Periklas | + | | feuerfestes Gestein (z.B. Ofenauskleidungen) |
| Kunststoffe | ++ | 3-10 µm | meist globular, Verbrennungsanlagen |
| Farbpigmente | + | 10 µm | Mit Ti - weiss |

Tab. 13: **GS 2/2. MP**, Detailergebnisse der Filterproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

9.3 Lustbühel

9.3.1 Detailergebnisse der Staubdepositionsproben

| GS 3 Lustbühel / Messperiode 1 | | | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------------|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | + | 20-180 µm | |
| Calcit | + | 20-180 µm | |
| Quarz | ++ | 20-180 µm | |
| Glimmerminerale | ++ | bis 150 µm | |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Kohliges Material | + | | z.T. globular |
| Globulare Glas-phasen | + | | Verbrennungsanlagen |
| Kunststoffe | + | | meist als Fasern vorliegend |

Tab: 14: **GS 3/ 1. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 3 Lustbühel / Messperiode 2 | | | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------------|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | + | | |
| Calcit | + | | |
| Quarz | ++ | | |
| Glimmerminerale | +++ | bis 150 µm | |
| Feldspäte | ++ | | |

Tab: 15: **GS 3/ 2. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 3 Lustbühel / Messperiode 2 | | | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|---|
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Kohliges Material | + | | z.T. hohlkugelig, Verbrennungsanlagen |
| Metallisches Aluminium | + | 170 µm | Werkstoff ? |
| RO-Phase | + | 55 µm | globular, Fe-Oxid mit Cl |
| Globulare Glasphase | ++ | 20 µm | Al, Si, K, Ca, Ti und Fe |
| (Al, Zn)-Legierung | | | als Lamellen in metall. Al |
| Kunststoffe | ++ | | Unregelm. Kornaggregate aus teilverschmolzenen Kunststoffperlen, (Verbrennungsanlagen), teils als Fasern vorliegend |

Tab: 15 ff: **GS 3/ 2. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

9.3.2 Detailergebnisse der Filterproben

| GS 3 Lustbühel / Messperiode 1 | | | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Calcit | + | 5-15 µm | |
| Dolomit | + | 5-15 µm | |
| Gipskristalle | + | | sekundär |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| globulare Glasphase | + | 1-5 µm | Verbrennungsanlagen, Verkehr |
| Ruß | + | bis 30 µm | hohlkugelig – Verbrennungsanlage (Hausbrand) |

Tab: 16: **GS 3/1. MP**, Detailergebnisse der Filterproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 3 Lustbüchel / Messperiode 2 | | | |
|--|-------------------|------------------|--|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Glimmerminerale | + | | blättchenförmig |
| Dolomit | + | 5-15 µm | |
| Feldspäte | ++ | | |
| NaCl-Kristalle | + | | Streusalz |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| globulare Glasphase | + | 1-5 µm | Verbrennungsanlagen, Verkehr |
| Ruß | + | 20-60 µm | Unregelm. Kohlepartikel – Verbrennungsanlage (Hausbrand) |

Tab: 17: **GS 3/2. MP**, Detailergebnisse der Filterproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

9.4 Webling

9.4.1 Detailergebnisse der Staubdepositionsproben

| GS 4 Webling / Messperiode 1 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | ++ | 5-200 µm | |
| Calcit | + | 5-200 µm | |
| Quarz | +++ | 5-200 µm | |
| Glimmerminerale | ++ | 30-400 µm | |
| Feldspäte | +++ | 20-100 µm | |
| Epidotminerale | + | | |
| Amphibole | + | | |
| Magnesiumsilikate | + | | |
| Titanit | + | | |
| Magnetit | ++ | 30-50 µm | überwiegend Titanomagnetit |
| Hämatit | ++ | 15-50 µm | |
| Ilmenit | + | | |
| Eisenhydroxid | ++ | 25-50 µm | |
| Rutil | + | | |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Metallisches Eisen | ++ | 10-180 µm | meist leistenförmig (Bremsabrieb) |
| Metallisches Aluminium | + | 40-60 µm | Werkstoff |
| Magnetit | ++ | 50-100 µm | überwiegend mit Wüstit verwachsen |
| Hämatit | + | | sekundär aus Magnetit |
| Wüstit | ++ | 10-100 µm | oft mit Magnetit verwachsen |
| RO-Phase | + | 8 µm | globularer Franklinit (Fe,Zn-Oxid), Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |
| Spinell | ++ | | z.T. zonar ausgebildet, Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |
| Calciumferrit | + | | Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |

Tab: 18: **GS 4/1. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 4 Webling / Messperiode 1 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Zundermaterial | ++ | 20-100 µm | aus Wüstit und Magnetit (Eisen- & Stahlind., Auskleidungen von Heizkesseln, Hammerschlag, Walzwerk) |
| Schlacke | ++ | -500 µm | blasig mit z.T. kristalliner Oberfläche (Fe, Zn)-Mischoxid (Verbrennungsanlagen, aber nicht Hausbrand) |
| globulare Glasphase | ++ | 30-150 µm | Verbrennungsanlagen |
| unregelmäßige Glasphasen | + | 150 µm | Verbrennungsanlagen |
| (Ca, Al)-Silikate | ++ | 20-200 µm | unregelm. Kornaggregate, Zementbestandteile |
| Restkohle, Koks | ++ | 50-220 µm | |
| Ruß | +++ | 100-400 µm | unregelmäßige Partikel, Verbrennungsanlagen |
| Typ „Don Bosco“ | +(+) | bis 70x600 µm | Spindelförmiges Kornaggregat aus Russgrundmasse mit geogenen oxidischen u. silikatischen Phasen und vereinzelt metallischem Eisen, Abriebprodukt-Verkehr |
| Typ „Bremsbelag“ | + | 50-150 µm | blättrige, unregelm. Kornaggregate durch Bremsabrieb (aus Graphit, metall. Fe, Messing, Cu, Silikate) |
| Kunststoffe | ++++ | 10-60 µm | meist globular als teilverschmolzene Kunststoffperlen, z.T. auch faserig |
| Farbpigmente | ++ | | mit Ti-Oxid |
| Baryt | +++ | | In Farbpigmenten und Kunststoffen |

Tab: 18 ff: **GS 4/1. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 4 Webling / Messperiode 2 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | +++ | 7-140 µm | |
| Calcit | +++ | 7-140 µm | |
| Quarz | ++++ | 7-140 µm | |
| Glimmerminerale | ++ | - 140 µm | |
| Feldspäte | ++ | 7-140 µm | |
| Epidotminerale | ++ | | |
| Amphibole | + | | |
| Titanit | ++ | | |
| Magnetit | ++ | 10-30 µm | Ti hältig |
| Hämatit | ++ | 25-70 µm | sekundär, auch tafelig |
| Ilmenit | + | | |
| Zirkon | + | | |
| Eisenhydroxid | +++ | 25-80 µm | |
| Rutil | + | | |
| Magnesiumsilikate | ++ | | |
| Pyrit | + | | |
| Natriumchlorid | + | bis 80 µm | Streusalz |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Metallisches Eisen | ++ | 50-140 µm | Bremsabrieb |
| Metallisches Silicium | + | 40 µm | scharfkantige Späne (Elektronik-Halbleitertechnik, Eisen- & Stahl-ind., - Desoxidationsmittel) |
| Messing | + | 40 µm | |
| (Pb, Sb)-Legierung | + | | „Lagermetall“ |
| Magnetit | ++ | 20-50 µm | meist globular |
| Hämatit | + | | sekundär aus Magnetit |
| Wüstit | + | | |
| Spinell | + | | |
| Calciumferrit | + | 45 µm | globular mit Mn |

Tab: 19: **GS 4/2. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, +++...wenig, ++++...mittel, +++++...viel

| GS 4 Webling / Messperiode 2 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Zundermaterial | + | 20-100 µm | |
| Schlacke | ++ | | |
| glasige Schlacke | + | 150 µm | unregelmäßig |
| Restkohle, Koks | ++ | 15-100 µm | |
| (Cr, Ni) Stahl | + | 50 µm | globular, Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) Eisen- & Stah- lind. |
| (Ca, Al)-Silikate | ++ | 20-200 µm | unregelm. Kornaggregate, Zement- bestandteile |
| Ruß | +++ | bis 250 µm | unregelmäßige Partikel |
| Typ „Don Bosco“ | ++ | bis 100x600 µm | Spindelförmiges Kornaggregat aus Russgrundmasse mit geogenen oxidischen u. silikatischen Phasen und vereinzelt metallischem Eisen, Abriebprodukt-Verkehr |
| Kunststoffe | ++++ | 25-80 µm | meist globular als teilverschmolzene Kunststoffperlen, wie GS 4/1 |
| Farbpigmente | ++ | | mit Ti-Oxid und Ba-Sulfat |
| Sodalith | + | | In Schlacken |
| Melilith | + | | mit zonarem Spinell in Schlacken, ist ein (Ca, Mg, Fe, Al)-Silikat, ty- pisch für Metallurgie |

Tab: 98 ff: **GS 4/2. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

9.4.2 Detailergebnisse der Filterproben

| GS 4 Webling / Messperiode 2 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|---|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Glimmerminerale | + | | blättchenförmig |
| Calcit | ++ | 5-15 µm | |
| NaCl-Kristalle | ++++ | | Streusalz |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| globulare Glasphase | ++ | 1-5 µm | Verbrennungsanlagen, Verkehr |
| (Ca, Al)-Silikate | + | | unregelm. Kornaggregate, Zementbestandteile |
| Ruß | ++ | 20-60 µm | Unregelm. u. hohlkugelige Kohlepartikel – Verbrennungsanlagen (Hausbrand) |
| Aluminiumoxid | + | 50 µm | Korund (Schleifmittel)? Glasind. |

Tab: 20: **GS 4/2. MP**, Detailergebnisse der Filterproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

9.5 Graz Süd

9.5.1 Detailergebnisse der Staubdepositionsproben

| GS 5 Graz Süd / Messperiode 1 | | | |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | +++ | 20-400 µm | |
| Calcit | ++ | 20-400 µm | |
| Quarz | ++++ | 20-400 µm | |
| Glimmerminerale | ++ | 10-300 µm | |
| Feldspäte | + | 20-400 µm | |
| Epidotminerale | + | | |
| Titanit | ++ | | |
| Magnetit | + | 10-40 µm | |
| Hämatit | ++ | bis 50 µm | |
| Ilmenit | + | | |
| Eisenhydroxid | +++ | | |
| Rutil | + | | |
| Magnesiumsilikate | ++ | | |
| Portlandit | ++ | | sekundär aus Carbonaten |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Metallisches Eisen | ++ | 10-30 µm | leistenförmig, tafelig, unregelmäßig |
| Metallisches Kupfer | + | | |
| Messing | ++ | 5-20 µm | Kornaggregate |
| Magnetit | +++ | 5-20 µm | meist globular, vereinzelt tafelig, ohne weitere Schwermetalle (Metallbearbeitung?) |
| Hämatit | + | | sekundär aus Magnetit |
| Spinell | + | 30 µm | Globular u. hohlkugelig mit oktaedrischer Oberflächenstruktur, Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |
| Zundermaterial | + | | |
| Schlacke | ++ | 25-75 µm | z.T. mit Einschlüssen von Spinell und dendritischen RO-Phasen |

Tab. 21: **GS 5/1. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 5 Graz Süd/ Messperiode 1 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Calciumferrit | + | | globular, Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |
| Glasige Schlacke | + | bis 500 µm | mit Schrumpfrissen, Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |
| Restkohle, Koks | ++ | 30-200 µm | |
| globulare Glasphase | + | | |
| Chrom-Stahl | + | | |
| Ruß | +++ | bis 250 µm | unregelmäßige Partikel, teils hohlkugelig (Verbrennungsanlagen) |
| Typ „Don Bosco“ | ++ | bis 100x600 µm | Spindelförmiges Kornaggregat aus Russgrundmasse mit geogenen oxidischen u. silikatischen Phasen und vereinzelt metallischem Eisen, Abriebprodukt-Verkehr |
| Typ „Bremsbelag“ | + | | blättrige, unregelm. Kornaggregate durch Bremsabrieb (aus Graphit, metall. Fe, Messing, Cu, Silikate) |
| Kunststoffe | ++ | 20-50 µm | meist globular als teilverschmolzene Kunststoffperlen, tw. Fasern |
| Farbpigmente | ++ | | mit Ti-Oxid |
| (Fe, Mg)-Silikate | ++ | | Gesteinsmehl aus Steinmetzbetrieb (?) |
| (Ca, Al)-Silikate | ++ | | Häufig mit Portlanditneubildungen (Zementbestandteile) |
| Calciumsilikate | ++ | | unregelm. Kornaggregate, Zementbestandteile |
| Globulare Phasen | ++ | | z.T. kohliges Material (Hausbrand) |

Tab: 21 ff: **GS 5/1. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 5 Graz Süd / Messperiode 2 | | | |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|---|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | ++ | bis 200 µm | |
| Calcit | ++ | bis 200 µm | |
| Quarz | +++ | bis 200 µm | |
| Glimmerminerale | +++ | bis 300 µm | |
| Feldspäte | ++ | bis 200 µm | |
| Amphibole | + | | |
| Epidotminerale | + | | |
| Apatit | + | | |
| Magnetit | ++ | | |
| Hämatit | + | | |
| NaCl | ++ | | Streusalz |
| Eisenhydroxid | ++ | | |
| Rutil | + | | |
| Magnesiumsilikate | ++ | | |
| Portlandit | ++ | | sekundär aus Carbonaten |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Metallisches Eisen | + | | tafelig |
| Magnetit | ++ | 7-20 µm | häufig mit Hämatit verwachsen, nicht selten auch globular ohne weitere Schwermetalle (Metallbearbeitung?) |
| Hämatit | + | | sekundär aus Magnetit |
| Wüstit | ++ | | |
| Zundermaterial | ++ | bis 80 µm | |
| Schlacke | ++ | | |
| glasige Schlacke | + | bis 500 µm | mit Schrumpfrissen, Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |
| RO-Phase | ++ | | z.T. globular |

Tab: 22: **GS 5/2. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 5 Graz Süd/ Messperiode 2 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| globulare Glasphase | + | | z.T. mit Fe+Mn (Verbrennungsanlagen, nicht Hausbrand) |
| globulare Phase | ++ | 7-30 µm | |
| unregelmäßiger Glasphase | + | | |
| Glassplitter | + | | grün (Flaschenglas) |
| Restkohle, Koks, Graphit | ++ | | z. T. globular |
| Ruß | ++ | bis 180 µm | unregelmäßige u. hohlkugelige Partikel (Verbrennungsanlagen) |
| Typ „Don Bosco“ | ++ | bis 60x 250 µm | Spindelförmiges Kornaggregat aus Russgrundmasse mit geogenen oxidischen u. silikatischen Phasen und vereinzelt metallischem Eisen, Abriebprodukt-Verkehr |
| Kunststoffe | + | | meist globular als teilverschmolzene Kunststoffperlen, tw. Fasern |
| Farbpigmente | +(+) | | mit Ti-Oxid |
| (Fe, Mg)-Silikate | ++ | | Gesteinsmehl aus Steinmetzbetrieb (?), z.T. globular |
| Eisensilikate | ++ | | Schlacke |
| Calciumsilikate | ++ | | unregelm. Kornaggregate, Zementbestandteile |

Tab: 22 ff: **GS 5/2. MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

9.5.2 Detailergebnisse der Filterproben

| GS 5 Graz Süd / Messperiode 1 | | | |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Calcit | + | 5 µm | |
| Gipskristalle | ++ | 5-15 µm | sekundär |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Magnetit | + | 3 µm | Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |
| Calciumsilikate | ++ | 25-35 µm | unregelm. Kornaggregate, Zementbestandteile |
| Ruß | ++ | 15 µm | hohlkugelige Kohlepartikel – Verbrennungsanlagen (Hausbrand) |
| Kunststoffe | ++ | 5-10 µm | meist globular als teilverschmolzene Kunststoffperlen, mit Na+Cl |

Tab: 23: **GS 5/1. MP**, Detailergebnisse der Filterproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 5 Graz Süd / Messperiode 2 | | | |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|---|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Glimmerminerale | ++ | 5-15 µm | blättchenförmig |
| Quarz | ++ | | |
| Calcit | + | | |
| Feldspäte | + | | |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Messing | 70 µm | | |
| Glasige Schlacke | + | 15 µm | Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |
| Ruß | ++ | 20-60 µm | Unregelm. u. hohlkugelige Kohlepartikel – Verbrennungsanlagen (Hausbrand) |
| Kunststoffe | ++ | 5-10 µm | meist globular als teilverschmolzene Kunststoffperlen, mit Na+Cl |

Tab: 24: **GS 5/2. MP**, Detailergebnisse der Filterproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

9.6 Andritz

9.6.1 Detailergebnisse der Staubdepositionsproben

| GS 6 Andritz / Messperiode 1 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|---|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | +++ | 10-200 µm | |
| Calcit | ++ | 10-200 µm | |
| Quarz | +++ | 10-200 µm | |
| Glimmerminerale | ++ | bis 200 µm | |
| Feldspäte | ++ | 10-200 µm | |
| Amphibole | ++ | | |
| Magnesiumsilikate | + | | |
| Magnetit | + | | |
| Hämatit | + | | |
| Ilmenit | + | | |
| Eisenhydroxid | ++ | | |
| Rutil | + | | |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen |
| Magnetit | ++ | | vereinzelt globular |
| Spinell | + | | |
| Ca-Ferrit | ++ | 10-40 µm | globular, mit Mg, Al, Si, Mn (Verbrennungsanlagen, nicht Hausbrand) |
| glasige Schlacke | + | | Verbrennungsanlagen |
| RO-Phase | + | | |
| Calciumsilikate | + | | unregelm. Kornaggregate, Typ „Zement“ |
| Restkohle, Koks, Graphit | ++ | | z. T. globular |
| Ruß | +++ | 50-80 µm | unregelmäßige Partikel, (Verbrennungsanlagen – Hausbrand) |
| Kunststoffe | ++ | | meist globular als teilverschmolzene Kunststoffperlen, Verbrennungsanlagen |
| Farbpigmente | + | | mit Ti-Oxid |

Tab: 25: **GS 6/1 MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 6 Andritz / Messperiode 2 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------------|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Dolomit | ++ | bis 250 µm | |
| Calcit | +++ | bis 250 µm | nicht selten sekundär |
| Quarz | +++ | bis 250 µm | |
| Glimmerminerale | +++ | bis 220 µm | |
| Feldspäte | ++ | bis 250 µm | |
| Amphibole | ++ | | |
| Magnesiumsilikate | ++ | | z.T. blättrig (Serpentin?), Talk? |
| Titanomagnetit | + | bis 25 µm | |
| Hämatit | ++ | bis 40 µm | |
| Ilmenit | + | | |
| Eisenhydroxid | ++ | bis 200 µm | |
| Titanit | + | | |
| Chlorit | ++ | | |
| Magnetkies | + | | |
| Rutil | ++ | bis 80 µm | |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Metallisches Eisen | ++ | 15-50 µm | |
| (Mg, Al)-Legierung | + | 40 µm | Werkstoff |
| Metallisches Silber | + | | |
| Messing | + | 10 µm | |
| Magnetit | + | | |
| Hämatit | ++ | bis 25 µm | z.T. globular und hohlkugelig |
| Wüstit | + | | |
| Zundermaterial | + | 150 µm | |
| RO-Phase | + | | |
| globulare Glasphase | + | 70 µm | |
| glasige Schlacke | + | 200 µm | |

Tab: 26: **GS 6/2 MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 6 Andritz / Messperiode 2 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen |
| Restkohle, Koks, Graphit | +++ | bis 150 µm | z. T. hohlkugelig (Hausbrand) |
| Ruß | ++ | bis 150 µm | unregelmäßige Partikel |
| Typ „Don Bosco“ | + | bis 60x 250 µm | Spindelförmiges Kornaggregat aus Russgrundmasse mit geogenen oxidischen u. silikatischen Phasen und vereinzelt metallischem Eisen, Abriebprodukt-Verkehr |
| Kunststoffe | ++ | | meist globular als teilverschmolzene Kunststoffperlen |
| (Ca, Al)-Silikate | ++ | 350 µm | unregelm. Kornaggregate, Zementbestandteile |
| Farbpigmente | + | | mit Ti-Oxid |
| Keramik | + | 250 µm | meist aus Al-Oxiden |

Tab. 26 ff: **GS 6/2 MP**, Detailergebnisse der Staubdepositionsproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

9.6.2 Detailergebnisse der Filterproben

| GS 6 Andritz / Messperiode 1 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|--|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Glimmerminerale | + | 20 µm | blättchenförmig |
| Gipskristalle | ++ | 10 µm | sekundär |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Messing | + | 50 µm | |
| Siliciumcarbid | + | 25 µm | Schleifmittel |
| Globulare Glasphase | + | 3 µm | Verbrennungsanlagen (nicht Hausbrand) |
| Ruß | ++ | 20 µm | Unregelm. Kohlepartikel – Verbrennungsanlagen (Hausbrand) |
| Kunststoffe | ++ | 10-30 µm | Unregelm. Kornaggregate aus teilverschmolzenen Kunststoffperlen, mit Na+Cl |

Tab. 27: **GS 6/1. MP**, Detailergebnisse der Filterproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

| GS 6 Andritz / Messperiode 2 | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|---|
| Geogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| Glimmerminerale | ++ | bis 20 µm | blättchenförmig |
| Calcit | + | | |
| Magnesiumsilikate | +++ | 4-15 µm | |
| NaCl-Kristalle | +++ | 5 µm | Streusalz |
| Technogener Phasenbestand | | | |
| Phasen | Häufigkeit | Korngröße | Anmerkungen u. mögl. Quellen |
| RO-Phase | + | 4 µm | unregelmäßig |
| Farbpigmente | + | 6 µm | Ba-Sulfat |
| Calciumsilikate | + | | unregelm. Kornaggregate, Zementbestandteile |
| Ruß | ++ | 70 µm | hohlkugelige Kohlepartikel – Verbrennungsanlagen (Hausbrand) |

Tab: 28: **GS 6/2. MP**, Detailergebnisse der Filterproben, +...vereinzelt, ++...wenig, +++...mittel, ++++...viel

9.7 Schwermetalle in technogenen Phasen

| | |
|---------------------------------|---|
| Hohlkugelige Partikel (Silikat) | Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe |
| Spinelle | Mn, Cr, Zn, Ti, V, Cu |
| Chromspinelle | Mn, Ti |
| Magnetit technogen | Mn, Cr, Cu, Zn |
| Magnetit geogen | Ti |
| Glasphase (globular) | Zn, As, K, Cr, Mn, Al, Ca, Mg, Ti, (Ni) |
| Glasphase (unregelmäßig) | Mn, S, K, Ti, V, Zn |
| Wüstit bzw. RO-Phase | Mn, Ca, Mg, Zn, Ca, Fe, Cr, Ti |
| Fe-Hydroxide | Mn, Zn, S, Cr, Ca, As, Pb |
| Metallisches Eisen | Si, Mn, Cu, Cr |
| (Zn, Fe)-Oxide | Pb, Cr, As, Mn, Si, S, P, Ca |
| Zinksulfid | Fe |
| Farbpigmente | <u>Zn</u> , <u>Fe</u> , S, Ca, Cl, (Cu), (As), (Cr), (Mn), Ti, Ba, Pb, (Si) |
| Kunststoffe | Na, Si, Ti, Cr, S, Fe, Cl, Zn, Ca, Pb, Cu (Mn, P) |
| Ilmenit geogen | Mn |
| (Si, Al, Fe)-Legierung | Cu |
| met. Aluminium | Zn |
| Typ Don Bosco | Ba, Ti, C |
| Zundermaterial | Zn |
| Messing | Cu, Zn (Fe) |
| (Cr, Ni)-Stahl | Cr, Ni, Fe (Mn) |
| Chromstahl | Fe, (Ni), Cr |
| Glasige Schlacke | Ti, K, Fe |
| „Lagermetall“ | Pb, Sb |
| Fe-Silikate (techn.) | Mn, Ni, Cr |
| metallisches Silber | Ag |