

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung
Abteilung BD4 Umwelttechnik

Laboratorium für Umweltanalytik GmbH



Untersuchung von Blei und Cadmium in der Staubdeposition an gebietstypischen Standorten in Niederösterreich

Aktenzahl: BD4-UA-5003/035-2008



Untersuchungszeitraum 2005-2008

R. Ellinger*, E Scheicher**, H. Gessinger*, M. F. Kalina* und W. Hann**

* Laboratorium für Umweltanalytik GmbH

** Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung BD4

Im Auftrag des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung

Wien, im März 2009

Das gegenständliche Projekt wird vom Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (BD4-UA-5003/035-2008) finanziert.

Bericht 01/09

© 2009

Titelbild: Luftgütemessstelle St. Pölten; Dr. W. Hann

INHALTSVERZEICHNIS

1 Zielsetzungen	4
2 Standortauswahl – Messplanung	4
3 Untersuchungszeitraum	6
4 Verfahrensgrundlagen	7
4.1 Methodik – Gesamtdeposition	7
4.2 Methodik – Schwermetalle	8
5 Beurteilungskriterien	9
6 Ergebnisdarstellung	10
6.1 Zusammenfassung	10
6.2 Trends	12
6.2.1 Staubniederschlag – Gesamtdeposition	12
6.2.2 Staubniederschlag – Cadmium im Staubniederschlag	13
7 DatenAnhang	14
7.1 Staubniederschlag – Gesamtdeposition	14
7.2 Staubniederschlag – Schwermetalle im Staubniederschlag	16
7.2.1 Blei	16
7.2.2 Cadmium	18
8 Literatur	20
9 Abkürzungsverzeichnis	21
Abbildungsverzeichnis	21
Tabellenverzeichnis	21

1 ZIELSETZUNGEN

Mit Inkrafttreten des Immissionsschutzgesetz Luft IG-L BGBl 115/1997 wurden in Österreich Grenzwerte zum dauerhaften Schutz der menschlichen Gesundheit für die Deposition von Staub sowie Blei und Cadmium in der Staubdeposition festgelegt. Die Überwachung der Einhaltung dieser Grenzwerte obliegt den einzelnen Bundesländern. Im Rahmen dieses Projektes werden die Gesamtdosition, Blei und Cadmium in der Deposition in Erfüllung der Anforderungen des IG-L an ausgewählten niederösterreichischen Standorten bestimmt.

Durch Doppelbeprobung an 10 unterschiedlichen niederösterreichischen Standorten über 13 Messperioden je Untersuchungsjahr wurde ein statistisch auswertbarer Datensatz geschaffen, der auf für österreichische Gebietskategorien charakteristischen realen Proben basiert. Das gegenständliche Projekt stellt die Verlängerung der im Jahr 1999 begonnenen Messserie im Land Niederösterreich für die Untersuchungsjahre 2005 und 2007 dar.

2 STANDORTAUSWAHL – MESSPLANUNG

Die Auswahl repräsentativer Standorte nach den fünf Landnutzungskategorien (§ 1-4 Messnetzkonzept zum IG-L) erfolgte in Abstimmung mit dem Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (Abt. BD4):

- Kategorie 4 St. Pölten
- Kategorie 3 Mistelbach
- Kategorie 2 Hainburg
- Kategorie 1 Heidenreichstein (Thaures)

Zusätzlich zu diesen Standorten wurden sieben weitere Standorte welche typisch für eine Region Niederösterreichs bzw. aus anderen Gründen von besonderem Interesse sind seitens der BD4 vorgesehen:

- Joachimsberg (Annaberg)
- Krems
- St. Valentin
- Stockerau
- Vösendorf (S1)
- Wr. Neustadt

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

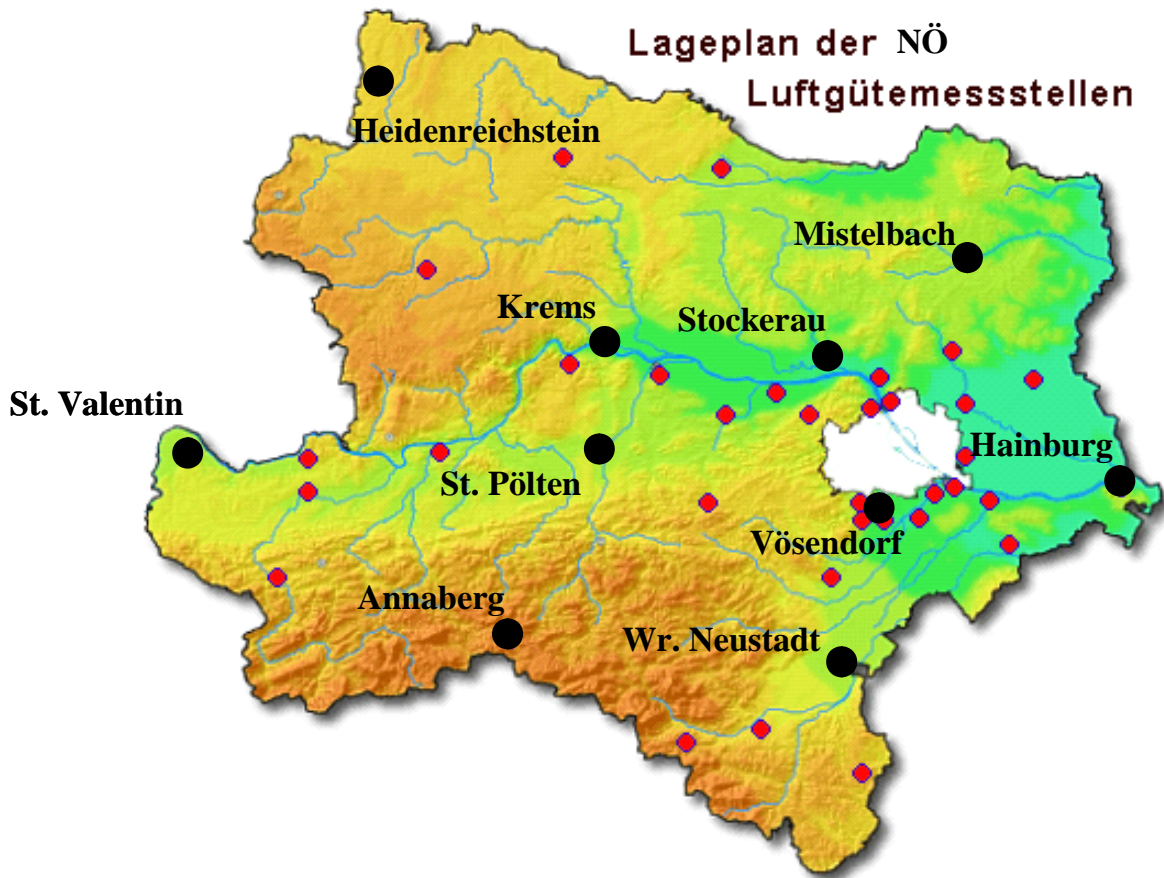


Abbildung 1 Lageplan der Luftgütemessstellen der Niederösterreichischen-LRG (Quelle: www.numbris.at)

An jedem der zehn Standorte wurden zwei Bergerhoff - Depositionssammler situiert. Durch diese Doppelbeprobung konnten Ausfälle minimiert und gleichzeitig ein neu entwickeltes Aufschlussverfahren validiert werden.

Die Probenahme erfolgte dabei durch Mitarbeiter des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung (BD4). Die erworbenen Proben wurden bis zur Abholung durch Mitarbeiter des Analysenlabors (Laboratorium für Umweltanalytik) tiefgekühlt aufbewahrt.

3 UNTERSUCHUNGSZEITRAUM

Das gegenständliche Projekt stellt die Verlängerung der im Jahr 1999 begonnenen Messserie im Land Niederösterreich dar.

Zumal die Probenwechsel durch die Betreuer der Niederösterreichischen Landesregierung aus organisatorischen Gründen nur zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt werden konnten, können auch keine einheitlichen Probenahmeintervalle ausgewiesen werden. Eine Zuordnung erfolgte nach „Messperioden“ durch die Probenehmer.

Damit lagen für das Kalenderjahr 2005 Depositionsdaten von 11 - 13 Messperioden, für das Kalenderjahr 2006 Depositionsdaten von 11 bzw. 12 Messperioden, für das Kalenderjahr 2007 von 12 bzw. 13 Messperioden und für das Kalenderjahr 2008 Depositionsdaten von 12 bzw. 13 Messperioden vor. Die je Messstelle für die vier gegenständlichen Kalenderjahre herangezogenen Messperioden sind Tabelle 1 zu entnehmen. Die unterschiedliche Anzahl der Messperioden resultiert aus den unterschiedlichen Probenahmezeiten der einzelnen Messserien je Station.

Messperioden Messstelle	2005	2006	2007	2008
Hainburg	13	11	12	12
Joachimsberg	11	12	13	13
Krems	11	12	13	13
Mistelbach	13	11	12	12
St. Valentin	13	11	13	13
St. Pölten	12	11	13	12
Stockerau	13	11	12	13
Thaures	13	11	12	13
Vösendorf	13	11	12	12
Wr. Neustadt	11	12	13	13

Tabelle 1 Anzahl der Messperioden in den Untersuchungsjahren 2005 - 2008

4 VERFAHRENSGRUNDLAGEN

Die Bestimmung des Staubniederschlages erfolgte nach VDI 2119/2 "Messung partikelförmiger Niederschläge; Bestimmung des Staubniederschlages mit Auffanggefäßen aus Glas (Bergerhoffverfahren) oder Kunststoff."



Abbildung 2 Depositionssammler, Bestimmung des Staubniederschlages nach Bergerhoff

Der atmosphärische Stoffeintrag wurde durch Exposition von Auffanggefäßen aus Kunststoff erfasst.

Die Probenahmegeräte bestehen dabei aus einem Auffanggefäß und einem Ständer mit Schutzkorb. Für alle Standorte werden pulverbeschichtete Schutzkörbe aus Edelstahl eingesetzt. Für die Metallbestimmung werden Polypropylen-Auffanggefäße mit einem Nenndurchmesser von 102 mm verwendet. Nach dem Ablauf der Messperioden werden die Sammelgefäße dicht verschlossen und zur Aufarbeitung ins Labor gebracht. Abbildung 2 zeigt einen typischen Bergerhoffmessplatz mit Doppelbestimmung.

4.1 METHODIK – GESAMTDEPOSITION

Nach Entfernung grober Verunreinigungen (z.B. Blätter, Insekten usw.) wurden an der Gefäßwandung anhaftende Feststoffe mit einem Teflonwischer abgelöst und aufgerührt. Der gesamte Gefäßinhalt wurde quantitativ in vorgewogene Erlenmeyerschiffkolben über ein Sieb DIN 4189 mit einer Maschenweite von 1,12 mm überführt. Die Innenwand des Auffanggefäßes wurde mit bidestilliertem Wasser abgespült und das Spülwasser ebenfalls durch das Sieb in die Erlenmeyerschiffkolben überführt. Die Erlenmeyerschiffkolben werden anschließend bei 105 °C im Trockenschrank eingedampft. Der Staubniederschlag wurde durch Wägen des gesamten Trockenrückstandes bestimmt und das Ergebnis in $g/(m^2d)$ angegeben.

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

Berechnung:

$$x = \frac{G \cdot f}{A \cdot \tau}$$

x	Staubniederschlag in g/(m ² d) oder mg/(m ² d)
A	Auffangfläche in cm ²
f	10000 cm ² /m ² (Umrechnungsfaktor)
G	Masse der Staubniederschlagsprobe in g oder mg
τ	Probenahmedauer (Sammelzeit) in Tagen

Bei dem von uns eingesetzten Verfahren erfolgte das Abdampfen der Proben in Erlenmeyerschiffkolben anstelle von Abdampfschalen was keinen Unterschied zum Konventionsverfahren hinsichtlich des Staubniederschlages zur Folge hat. Der Staubniederschlag wurde in einem weiteren Arbeitsschritt zur Schwermetallanalyse aufgearbeitet.

4.2 METHODIK – SCHWERMETALLE

Nach Bestimmung des Staubniederschlages durch Wägen des gesamten Trockenrückstandes werden die Proben zur Schwermetallanalyse aufgearbeitet.

Nach Zugabe von 4-5 ml HNO₃ (Sigma traceselect) und 1 ml H₂O₂ wird auf den Kolben ein Kühlrohr aufgesetzt (Abbildung 3), der Erlenmeyerkolben erhitzt und die Probe im Rückfluss vollständig aufgeschlossen. Die Proben werden mit verdünnter HNO₃ auf 25 ml aufgefüllt, sodass dann ca. 10% HNO₃ vorliegt.

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008



Abbildung 3 Alternatives Aufschlussverfahren zur Schwermetallbestimmung im Staubniederschlag

Die Analyse der aufgeschlossenen Proben erfolgte mittels Zeeman Graphitrohr AAS Perkin Elmer 5100 bzw. Flammen AAS Perkin Elmer 3030 (Tabelle 2). Die zur Kalibration verwendeten Standardlösungen wurden aus FLUKA-„Single-Element“-Standardlösungen 1000 mg/l hergestellt. Zur Kalibration der Graphitrohr-AAS wurden Lösungen mit Konzentrationen von 10 µg/l (Cd) bzw. 100 µg/l (Pb) verwendet. Die für die Erstellung der Kalibrationskurven benötigten Konzentrationswerte wurden durch automatische Verdünnung der Standardlösungen hergestellt. Zur Erstellung der Kalibrationskurven wurden je nach Linearität des untersuchten Elements drei bis sechs unterschiedliche Konzentrationen verwendet. Zur Überprüfung der Analysenqualität wurde in periodischen Abständen Testmessungen mit einem Referenzstandard (50 µg/l-Multielementstandard, Perkin Elmer Quality Control Standard 21; N 93900281) durchgeführt.

Komponente	Methode	Wellenlänge	Slit	Nachweisgrenze
		[nm]	[nm]	[µg/m ² d]
Cd	Graphitrohrtechnik	228,8	0,7	0,01
Pb	Graphitrohrtechnik	283,3	0,7	0,2
Staub				5000

Tabelle 2 Übersicht der angewandten Analysemethoden und Nachweisgrenzen des Gesamtverfahrens

5 BEURTEILUNGSKRITERIEN

Gesetzliche Regelungen hinsichtlich des Staubniederschlages und von Staubinhaltsstoffen im Staubniederschlag sind im Immissionsschutzgesetz-Luft und in der zweiten Verordnung gegen Forstschädliche

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

Luftverunreinigungen enthalten. Für Erholungsgebiete enthält die Kurorterichtlinie strengere Bestimmungen hinsichtlich des Staubniederschlages (Tabelle 3).

Regelwerk	Abkürzung	Schutzgut
Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-Luft BGBl. I Nr. 115/1997)	IG-L	Humanschutz
Änderungen zum IG-Luft (BGBl. I Nr. 62/2001, Nr. 34/2006)	IG-L	
Kurorterichtlinie (Richtlinie 12, Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten)	KurorteR	
Forstgesetz (2. VO gegen forstschädliche Luftverunreinigungen, BGBl. Nr. 199/1984)	ForstG	Schutz der Ökosysteme und der Vegetation

Tabelle 3 Regelwerke für die Beurteilung von Staubniederschlag nach Bergerhoff

6 ERGEBNISDARSTELLUNG

6.1 ZUSAMMENFASSUNG

In Tabelle 4 sind die gesetzlichen Grenzwerte zu Beurteilung des Staubniederschlages und von Staubinhaltsstoffen im Staubniederschlag angeführt.

Grenzwerte	Staub	Pb	Cd	Bemerkung
	JMW	JMW	JMW	
	[g/m ² d]	[µg/m ² d]	[µg/m ² d]	
IG-L	0,210	100	2	Schutz d. menschl. Gesundheit
KurorteR	0,165			Schutz d. menschl. Gesundheit
ForstG		685	14	Schutz d. Ökosysteme

Tabelle 4 Gesetzlich gültige Bestimmungen für die Staubniederschlagsbestimmung nach Bergerhoff

Für den Staubniederschlag zeigte sich an allen Messstellen die Einhaltung des IG-L Grenzwertes und des strengeren nur für Kurorte und Erholungsgebiete zur Anwendung gelangenden Wertes der Kurorterichtlinie (Tabelle 5 bis Tabelle 8).

Auch in Bezug auf die Staubinhaltsstoffdeposition von Blei und Cadmium zeigte sich die Einhaltung der Grenzwerte des Immissionsschutzgesetz Luft bzw. des Forstgesetzes. Die Depositionswerte für Blei lagen in den Jahren 2005-2008 durchwegs unter 10 % des IG-L-Grenzwertes (Tabelle 5 bis Tabelle 8). Für Cadmium lagen 2005 neun der zehn Messstationen unter der 10% - Schwelle. Für die Messstelle Hainburg wurde 2005 Cd-Depositionswerte mit 11% des IG-L-Grenzwertes ausgewiesen. In den Jahren 2006 bis 2008 lagen alle Messstationen unter 10 % des IG-L- Grenzwertes für die Cd-Deposition (Tabelle 5 bis Tabelle 8).

In diesen Tabellen sind die Ergebnisse auch als ppm, also mg Metall pro kg Staubniederschlag, dargestellt.

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

JMW 2005 Messstelle	Staub g/m ² d	Blei µg/m ² d	Cadmium µg/m ² d	Blei ppm	Cadmium ppm	Verfügbarkeit %
Hainburg	0,061	7	0,22	120	3,6	100%
Joachimsberg	0,024	4	0,16	179	6,6	100%
Krems	0,049	5	0,12	103	2,5	100%
Mistelbach	0,036	4	0,10	104	2,6	100%
St. Valentin	0,083	6	0,14	67	1,7	100%
St.Pölten	0,073	7	0,16	93	2,2	100%
Stockerau	0,064	6	0,14	96	2,2	93%
Thaures	0,027	5	0,16	174	5,9	100%
Vösendorf	0,082	5	0,13	66	1,6	100%
Wr. Neustadt	0,056	7	0,13	119	2,4	83%

Tabelle 5 Jahresmittelwerte 2005 über 11, 12 bzw. 13 Messperioden des Staubniederschlages, der Staubinhaltsstoffe Blei und Cadmium sowie Datenverfügbarkeit

JMW 2006 Messstelle	Staub g/m ² d	Blei µg/m ² d	Cadmium µg/m ² d	Blei ppm	Cadmium ppm	Verfügbarkeit %
Hainburg	0,073	6	0,14	76	1,9	100%
Joachimsberg	0,028	4	0,09	127	3,3	100%
Krems	0,051	5	0,08	89	1,6	92%
Mistelbach	0,055	4	0,09	68	1,7	91%
St. Valentin	0,069	6	0,14	85	2,1	100%
St.Pölten	0,082	5	0,12	63	1,5	91%
Stockerau	0,098	5	0,10	54	1,0	100%
Thaures	0,036	3	0,17	82	4,8	91%
Vösendorf	0,069	4	0,08	63	1,1	100%
Wr. Neustadt	0,072	5	0,16	63	2,3	92%

Tabelle 6 Jahresmittelwerte 2006 über je 11 bzw. 12 Messperioden des Staubniederschlages, der Staubinhaltsstoffe Blei und Cadmium sowie Datenverfügbarkeit

JMW 2007 Messstelle	Staub g/m ² d	Blei µg/m ² d	Cadmium µg/m ² d	Blei ppm	Cadmium ppm	Verfügbarkeit %
Hainburg	0,089	8	0,18	88	2,0	100%
Joachimsberg	0,028	3	0,10	96	3,5	100%
Krems	0,040	3	0,08	75	2,0	100%
Mistelbach	0,037	3	0,09	69	2,4	92%
St. Valentin	0,069	3	0,09	44	1,3	100%
St.Pölten	0,057	5	0,09	83	1,5	100%
Stockerau	0,071	5	0,11	69	1,5	100%
Thaures	0,027	2	0,10	89	3,7	92%
Vösendorf	0,051	3	0,09	62	1,8	100%
Wr. Neustadt	0,049	3	0,06	62	1,1	92%

Tabelle 7 Jahresmittelwerte 2007 über 12 bzw. 13 Messperioden des Staubniederschlages, der Staubinhaltsstoffe Blei und Cadmium sowie Datenverfügbarkeit

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

JMW 2008 Messstelle	Staub g/m ² d	Blei µg/m ² d	Cadmium µg/m ² d	Blei ppm	Cadmium ppm	Verfügbarkeit %
Hainburg	0,077	5	0,11	70	1,4	100%
Joachimsberg	0,027	4	0,11	149	4,0	100%
Krems	0,059	4	0,10	65	1,6	100%
Mistelbach	0,043	2	0,13	53	3,1	100%
St. Valentin	0,074	3	0,07	45	1,0	100%
St.Pölten	0,060	6	0,08	98	1,3	100%
Stockerau	0,092	5	0,07	53	0,8	100%
Thaures	0,024	3	0,10	105	4,1	100%
Vösendorf	0,056	3	0,07	46	1,2	100%
Wr. Neustadt	0,062	3	0,08	52	1,2	100%

Tabelle 8 Jahresmittelwerte 2008 über 12 bzw. 13 Messperioden des Staubniederschlages, der Staubinhalstoffe Blei und Cadmium sowie Datenverfügbarkeit

6.2 TRENDS

In den folgenden Abbildungen sind die Trends der Gesamtdeposition des Staubniederschlages, sowie der Schwermetalle im Staubniederschlag, der Jahre 2003 – 2008 dargestellt.

6.2.1 Staubniederschlag – Gesamtdeposition

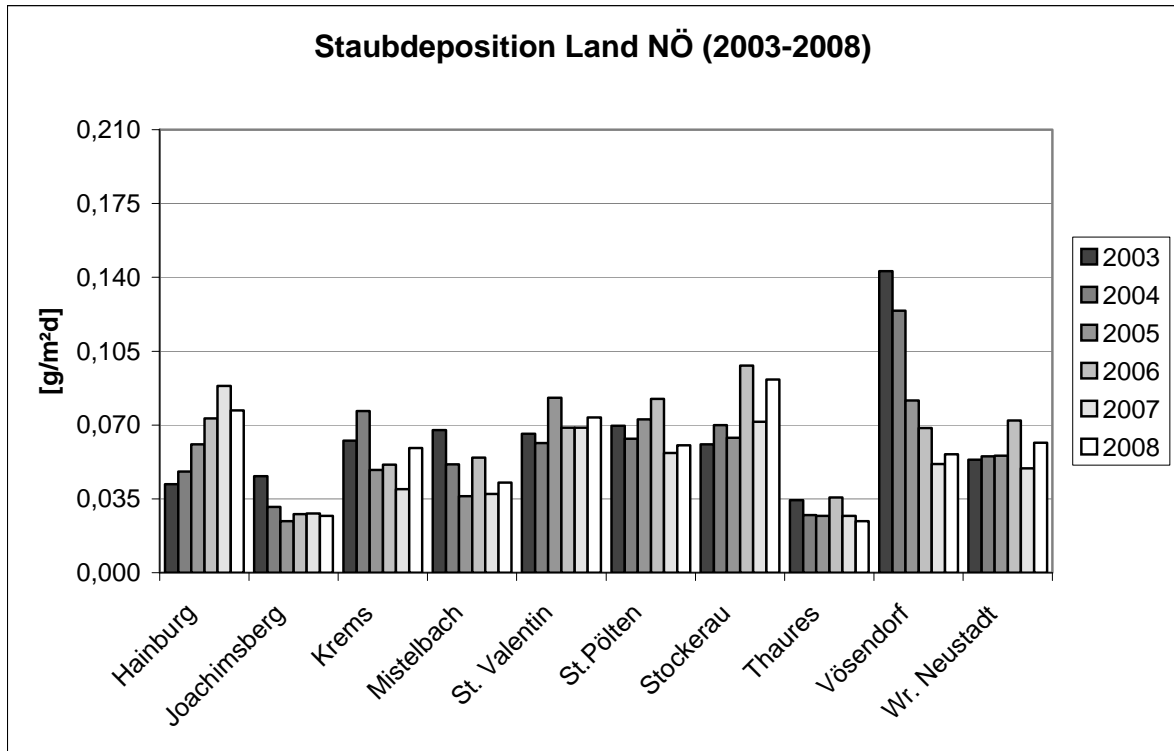


Abbildung 4 Gesamtstaubdeposition an den NÖ Bergerhoffmessstellen in den Jahren 2003 – 2008

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

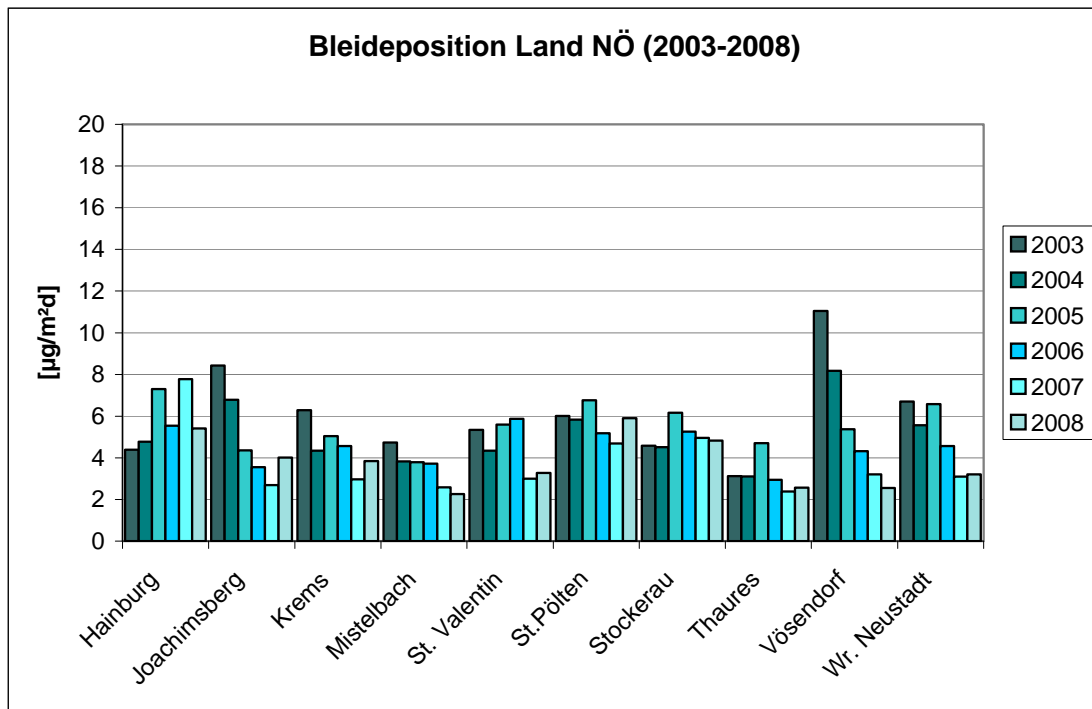


Abbildung 5 Deposition von Blei im Staubbiederschlag an den NÖ Bergerhoffmessstellen in den Jahren 2003 – 2008

6.2.2 Staubbiederschlag – Cadmium im Staubbiederschlag

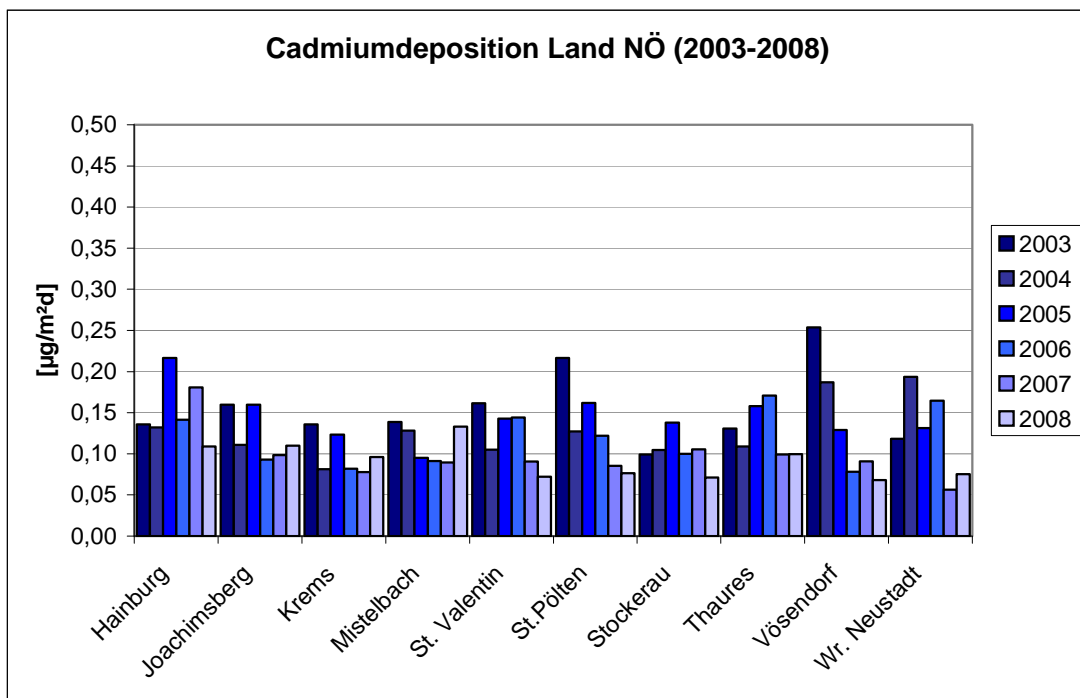


Abbildung 6 Deposition von Cadmium im Staubbiederschlag an NÖ Bergerhoffmessstellen in den Jahren 2003 - 2008

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

7 DATENANHANG

Im Folgenden sind die ermittelten Werte für den Staubniederschlag - Gesamtd deposition und Blei und Cadmium im Staubniederschlag, für die einzelnen Messperioden zusammengefasst.

7.1 STAUBNIEDERSCHLAG – GESAMTDEPOSITION

Staub [g/m ² d]	IG-L: 0,210 [g/m ² d]; Kurorrichtlinie: 0,165 [g/m ² d]													2005
Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	JMW
Hainburg	0,033	0,042	0,063	0,127	0,063	0,048	0,135	0,081	0,060	0,042	0,037	0,034	0,026	0,061
Joachimsberg	0,013	0,011	0,011	0,023	0,047	0,037	0,040	0,042	0,029	0,011	Ü	0,004		0,024
Krems	0,029	0,036	0,043	0,068	0,074	0,078	0,050	0,067	0,046	0,034	Ü	0,012		0,049
Mistelbach	0,031	0,024	0,048	0,065	0,023	0,031	0,037	0,023	0,032	0,034	0,021	0,044	0,059	0,036
St. Valentin	0,050	0,086	0,052	0,062	0,030	0,093	0,112	0,412	0,040	0,060	0,027	0,024	0,030	0,083
St.Pölten	0,053	0,077	0,045	0,091	0,092	0,097	0,151	0,103	0,053	0,052	Ü	0,035	0,024	0,073
Stockerau	0,025	0,026	0,072	0,062	0,098	0,065	0,057	A	0,071	0,054	0,041	0,059	0,137	0,064
Thaures	0,011	0,010	0,008	0,066	0,032	0,045	0,061	0,032	0,031	0,022	0,007	0,005	0,032	0,027
Vösendorf	0,037	0,052	0,061	0,081	0,095	0,098	0,149	0,128	0,135	0,072	0,052	0,040	0,061	0,082
Wr. Neustadt	0,024	0,053	0,048	0,053	0,087	0,067	0,061	0,060	0,062	0,039	A			0,056

A = Ausfall

Ü = Serie übersprungen, 2 Serien lang beprobt

Tabelle 9 Staubniederschlag 2005 an allen 10 Messstellen des Niederösterreichischen Bergerhoffmessnetzes

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

Staub [g/m ² d]	IG-L: 0,210 [g/m ² d]; Kurorterrichtlinie: 0,165 [g/m ² d]												2006	
	Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	JMW
Hainburg	0,046	0,069	0,071	0,134	0,012	0,101	0,111	0,093	0,094	0,042	0,033			0,073
Joachimsberg	0,018	0,005	0,026	0,031	0,059	0,037	0,036	0,032	0,030	0,011	0,037	0,012		0,028
Krems	0,033	0,040	0,060	0,068	0,115	0,079	0,057	0,015	0,048	0,035	A	0,014		0,051
Mistelbach	0,035	0,071	0,102	0,107	0,032	0,058	0,040	0,050	0,031	0,021	A			0,055
St. Valentin	0,062	0,097	0,077	0,077	0,085	0,081	0,106	0,040	0,046	0,060	0,025			0,069
St.Pölten	0,038	0,080	0,109	0,113	0,090	0,185	0,097	0,048	0,042	A	0,021			0,082
Stockerau	0,078	0,135	0,145	0,131	0,094	0,111	0,103	0,123	0,086	0,029	0,045			0,098
Thaures	0,010	0,023	0,035	0,073	0,046	0,072	0,041	0,032	0,017	A	0,009			0,036
Vösendorf	0,058	0,045	0,084	0,092	0,131	0,091	0,071	0,051	0,066	0,040	0,026			0,069
Wr. Neustadt	0,026	0,020	0,033	0,055	0,154	0,103	0,184	0,048	0,060	0,091	A	0,022		0,072

A = Ausfall

Tabelle 10 Staubniederschlag 2006 an allen 10 Messstellen des Niederösterreichischen Bergerhoffmessnetzes

Staub [g/m ² d]	IG-L: 0,210 [g/m ² d]; Kurorterrichtlinie: 0,165 [g/m ² d]													2007	
	Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	JMW
Hainburg	0,033	0,024	0,282	0,081	0,087	0,127	0,077	0,106	0,064	0,079	0,023	0,080			0,089
Joachimsberg	0,033	0,012	0,029	0,022	0,050	0,050	0,028	0,050	0,015	0,019	0,022	0,011	0,02		0,028
Krems	0,051	0,025	0,036	0,046	0,066	0,047	0,064	0,038	0,027	0,039	0,009	0,058	0,01		0,040
Mistelbach	A	0,024	0,032	0,048	0,041	0,024	0,041	0,047	0,048	0,043	0,030	0,030			0,037
St. Valentin	0,043	0,032	0,041	0,081	0,077	0,056	0,212	0,068	0,049	0,050	0,133	0,020	0,031		0,069
St.Pölten	0,085	0,041	0,062	0,063	0,062	0,080	0,092	0,064	0,040	0,030	0,055	0,025	0,038		0,057
Stockerau	0,045	0,078	0,071	0,081	0,152	0,079	0,087	0,083	0,052	0,040	0,051	0,039			0,071
Thaures	0,009	A	0,010	0,055	0,031	0,024	0,033	0,029	0,038	0,041	0,009	0,026			0,027
Vösendorf	0,022	0,063	0,040	0,036	0,058	0,039	0,032	0,049	0,192	0,051	0,009	0,028			0,051
Wr. Neustadt	0,015	A	0,035	0,038	0,054	0,071	0,080	0,049	0,043	0,136	0,03	0,023	0,018		0,049

A = Ausfall

Tabelle 11 Staubniederschlag 2007 an allen 10 Messstellen des Niederösterreichischen Bergerhoffmessnetzes

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

Staub [g/m ² d]	IG-L: 0,210 [g/m ² d]; Kurorterrichtlinie: 0,165 [g/m ² d]													2008
Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	JMW
Hainburg	0,044	0,050	0,071	0,116	0,135	0,126	0,058	0,092	0,066	0,064	0,050	0,052		0,077
Joachimsberg	0,023	0,014	0,024	0,029	0,035	0,042	0,059	0,041	0,025	0,033	0,010	0,007	0,01	0,027
Krems	0,009	0,033	0,048	0,045	0,080	0,078	0,087	0,054	0,053	0,041	0,109	0,040	0,09	0,059
Mistelbach	0,035	0,037	0,025	0,048	0,047	0,057	0,067	0,054	0,053	0,062	0,010	0,018		0,043
St. Valentin	0,031	0,045	0,100	0,059	0,089	0,056	0,185	0,091	0,105	0,075	0,045	0,057	0,020	0,074
St.Pölten	0,038	0,041	0,072	0,093	0,100	0,107	0,077	0,060	0,033	0,038	0,048	0,016		0,060
Stockerau	0,055	0,112	0,119	0,112	0,088	0,171	0,143	0,085	0,065	0,046	0,053	0,050		0,092
Thaures	0,026	0,019	0,025	0,027	0,023	0,049	0,053	0,019	0,024	0,013	0,006	0,009		0,024
Vösendorf	0,031	0,032	0,033	0,047	0,071	0,078	0,116	0,057	0,055	0,066	0,074	0,013		0,056
Wr. Neustadt	0,022	0,023	0,038	0,073	0,059	0,068	0,087	0,097	0,057	0,027	0,18	0,049	0,019	0,062

Tabelle 12 Staubniederschlag 2008 an allen 10 Messstellen des Niederösterreichischen Bergerhoffmessnetzes

7.2 STAUBNIEDERSCHLAG – SCHWERMETALLE IM STAUBNIEDERSCHLAG

7.2.1 Blei

Pb [µg/m ² d]	IG-L: 100 [µg/m ² d]; ForstG: 685 [µg/m ² d]													2005
Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	JMW
Hainburg	3	23	7	12	5	3	3	10	3	6	7	7	6	7
Joachimsberg	5	4	4	3	7	6	4	6	4	2	Ü	3		4
Krems	2	3	6	4	10	5	3	5	7	5	Ü	3		5
Mistelbach	2	5	3	7	2	2	1	3	4	3	4	6	7	4
St. Valentin	5	7	4	5	3	5	8	8	3	4	3	4	14	6
St.Pölten	6	7	10	8	11	4	5	5	7	4	Ü	8	6	7
Stockerau	3	3	10	4	8	5	4	A	5	4	4	7	16	6
Thaures	3	4	2	11	3	3	3	6	2	2	3	1	21	5
Vösendorf	3	4	12	5	5	5	4	6	9	5	5	3	4	5
Wr. Neustadt	4	13	4	6	7	4	8	6	5	9	A			7

A = Ausfall

Tabelle 13 Mittelwerte über 13 Messperioden 2005 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhaltsstoffes Blei

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]	IG-L: 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]; ForstG: 685 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]												2006	
	Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	JMW
Hainburg	5	7	5	13	1	5	6	6	7	3	4			6
Joachimsberg	1	5	3	3	4	6	4	4	4	1	7	1		4
Krems	4	2	5	5	8	11	4	1	4	5	A	2		5
Mistelbach	2	2	4	13	3	5	2	3	2	1	A			4
St. Valentin	9	8	4	8	6	7	10	3	4	3	2			6
St.Pölten	4	6	8	4	9	6	5	3	3	A	3			5
Stockerau	3	5	8	11	5	6	4	6	3	3	3			5
Thaures	3	2	2	8	1	6	3	2	2	A	1			3
Vösendorf	6	3	4	7	9	3	5	2	3	3	2			4
Wr. Neustadt	10	3	3	5	6	6	5	5	3	2	A	2		5

A = Ausfall

Tabelle 14 Mittelwerte über 13 Messperioden 2006 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Blei

Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]	IG-L: 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]; ForstG: 685 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]													2007
	Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Hainburg	4	2	17	7	4	18	5	8	6	7	2	14		8
Joachimsberg	3	2	2	1	2	4	2	4	4	2	5	2	2	3
Krems	4	2	2	4	3	3	5	4	2	6	1	1	<1	3
Mistelbach	A	2	2	4	2	3	2	2	6	1	2	2		3
St. Valentin	4	2	4	4	6	3	1	4	3	3	2	2	1	3
St.Pölten	10	4	3	4	4	6	5	5	5	1	5	5	4	5
Stockerau	3	5	5	5	8	6	4	5	6	1	5	6		5
Thaures	1	A	1	4	2	2	3	2	3	2	1	6		2
Vösendorf	4	4	3	2	4	3	3	4	8	3	0	2		3
Wr. Neustadt	1	A	2	4	2	3	8	1	3	6	5	2	<1	3

A = Ausfall

Tabelle 15 Mittelwerte über 13 Messperioden 2007 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Blei

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

Pb [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]	IG-L: 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]; ForstG: 685 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]													2008
	Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Hainburg	3	3	5	7	12	10	3	4	4	5	5	6		5
Joachimsberg	2	11	4	3	4	4	8	3	1	7	1	4	2	4
Krems	1	2	3	3	6	4	6	4	3	8	4	4	3	4
Mistelbach	1	1	2	3	3	5	3	2	2	2	1	2		2
St. Valentin	1	3	3	3	5	4	5	5	2	5	2	3	1	3
St.Pölten	4	3	5	7	5	25	8	3	6	2	3	1		6
Stockerau	3	2	5	6	12	6	6	4	4	2	4	3		5
Thaures	7	1	1	3	2	4	5	1	3	1	1	1		3
Vösendorf	1	3	2	4	3	3	3	2	3	2	3	1		3
Wr. Neustadt	2	2	2	4	3	6	4	6	3	5	2	1	4	3

Tabelle 16 Mittelwerte über 13 Messperioden 2008 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Blei

7.2.2 Cadmium

Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]	IG-L: 2 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]; ForstG: 14 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]													2005
	Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Hainburg	0,06	0,51	0,16	0,42	0,16	0,19	0,18	0,29	0,07	0,08	0,18	0,33	0,19	0,2
Joachimsberg	0,20	0,07	0,09	0,12	0,22	0,16	0,18	0,41	0,13	0,13	Ü	0,06		0,2
Krems	0,06	0,07	0,16	0,10	0,29	0,16	0,11	0,16	0,15	0,06	Ü	0,05		0,1
Mistelbach	0,03	0,19	0,06	0,19	0,05	0,08	0,05	0,14	0,05	0,05	0,12	0,09	0,13	0,1
St. Valentin	0,11	0,13	0,12	0,09	0,08	0,19	0,24	0,17	0,04	0,05	0,06	0,14	0,44	0,1
St.Pölten	0,08	0,20	0,23	0,13	0,33	0,13	0,16	0,17	0,17	0,07	Ü	0,10	0,15	0,2
Stockerau	0,08	0,06	0,25	0,07	0,19	0,20	0,10	A	0,14	0,10	0,04	0,22	0,28	0,1
Thaures	0,08	0,07	0,12	0,46	0,13	0,08	0,14	0,17	A	0,05	0,10	0,11	0,46	0,2
Vösendorf	0,07	0,08	0,45	0,10	0,24	0,11	0,07	0,09	0,16	0,07	0,12	0,03	0,10	0,1
Wr. Neustadt	0,05	0,30	0,10	0,01	0,21	0,08	0,13	0,08	0,08	0,28	A			0,1

A = Ausfall

Tabelle 17 Mittelwerte über 13 Messperioden 2005 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Cadmium

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]	IG-L: 2 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]; ForstG: 14 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]												2006
	Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hainburg	0,09	0,12	0,06	0,38	0,03	0,11	0,30	0,11	0,21	0,08	0,06		0,1
Joachimsberg	0,05	0,05	0,16	0,10	0,10	0,15	0,06	0,09	0,12	0,04	0,17	0,0	0,1
Krems	0,08	0,05	0,09	0,13	0,16	0,22	0,06	0,03	0,04	0,03	A	0,0	0,1
Mistelbach	0,07	0,07	0,08	0,36	0,06	0,09	0,08	0,04	0,02	0,05	A		0,1
St. Valentin	0,53	0,33	0,06	0,11	0,11	0,09	0,14	0,04	0,06	0,08	0,06		0,1
St.Pölten	0,07	0,21	0,13	0,08	0,20	0,27	0,11	0,06	0,04	A	0,05		0,1
Stockerau	0,07	0,09	0,03	0,25	0,07	0,16	0,11	0,17	0,04	0,08	0,04		0,1
Thaures	0,43	0,08	0,12	0,24	0,06	0,38	0,16	A	0,06	A	0,01		0,2
Vösendorf	0,15	0,08	0,08	0,07	0,18	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05	0,06		0,1
Wr. Neustadt	0,22	0,06	0,20	0,16	0,25	0,13	0,22	0,12	0,19	0,02	A	0,2	0,2

A = Ausfall

Tabelle 18 Mittelwerte über 13 Messperioden 2006 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Cadmium

Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]	IG-L: 2 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]; ForstG: 14 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]												2007	
	Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Hainburg	0,06	0,11	0,36	0,24	0,13	0,30	0,11	0,22	0,10	0,34	0,02	0,18		0,18
Joachimsberg	0,12	0,05	0,09	0,06	0,05	0,10	0,04	0,10	0,06	0,05	0,46	0,05	0,06	0,10
Krems	0,08	0,19	0,03	0,08	0,15	0,04	0,12	0,09	0,06	0,14	0,01	0,01	0,01	0,08
Mistelbach	A	0,11	0,33	0,10	0,07	0,04	0,03	0,03	0,15	0,01	0,07	0,05		0,09
St. Valentin	0,12	0,06	0,09	0,10	0,09	0,06	0,29	0,07	0,03	0,05	0,06	0,10	0,06	0,09
St.Pölten	0,06	0,16	0,06	0,08	0,08	0,10	0,05	0,14	0,07	0,04	0,09	0,14	0,03	0,09
Stockerau	0,04	0,10	0,10	0,10	0,15	0,08	0,06	0,06	0,22	0,04	0,15	0,17		0,11
Thaures	0,01	A	0,03	0,19	0,07	0,03	0,07	0,01	0,13	0,16	0,04	0,35		0,10
Vösendorf	0,10	0,09	0,09	0,05	0,07	0,07	0,22	0,09	0,14	0,11	0,010	0,05		0,09
Wr. Neustadt	0,02	A	0,07	0,07	0,05	0,03	0,05	0,06	0,03	0,14	0,12	0,03	0,01	0,06

A = Ausfall

Tabelle 19 Mittelwerte über 13 Messperioden 2007 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Cadmium

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

Cd [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]	IG-L: 2 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]; ForstG: 14 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{d}$]													2008
	Messperiode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Hainburg	0,07	0,13	0,05	0,11	0,22	0,22	0,06	0,08	0,09	0,04	0,09	0,13		0,11
Joachimsberg	0,06	0,02	0,04	0,04	0,07	0,10	0,21	0,07	A	0,46	0,02	0,11	0,08	0,11
Krems	0,01	0,06	0,12	0,03	0,12	0,11	0,12	0,11	0,31	0,07	0,05	0,09	0,04	0,10
Mistelbach	0,04	0,02	0,04	0,05	0,10	0,10	0,07	0,04	0,07	0,04	0,01	1,02		0,13
St. Valentin	0,06	0,04	0,08	0,05	0,14	0,09	0,09	0,10	0,02	0,12	0,07	0,04	0,03	0,07
St.Pölten	0,03	0,04	0,12	0,10	0,06	0,12	0,16	0,05	0,15	0,01	0,02	0,03		0,08
Stockerau	0,06	0,04	0,05	0,12	0,10	0,11	0,10	0,06	0,07	0,03	0,06	0,07		0,07
Thaures	0,42	0,08	0,04	0,07	0,03	0,13	0,17	0,08	0,06	0,03	0,03	0,04		0,10
Vösendorf	0,20	0,06	0,03	0,05	0,08	0,07	0,07	0,02	0,05	0,02	0,141	0,03		0,07
Wr. Neustadt	0,03	0,02	0,06	0,07	0,08	0,14	0,06	A	0,15	A	0,04	0,03	0,13	0,08

Tabelle 20 Mittelwerte über 13 Messperioden 2008 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhaltes Cadmium

8 LITERATUR

- [1] DEV S7, Aufschluss mit Königswasser zur nachfolgenden Bestimmung des säurelös. Anteils von Metallen.
- [2] Richtlinie 4 (1976) Luftverunreinigungen –Immissionsmessungen, Staubniederschlag–Bergerhoff-Verfahren.
- [3] Richtlinie 12 (1996) Durchführung von Immissionsmessungen in Kurorten
- [4] Richtlinie 15 (2000) Staubniederschlagsmessungen nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft (BGBl. I Nr 115/1997), Teil1: Österreichweite Festlegungen zum Bergerhoff-Verfahren.
- [5] VDI 2119, Blatt2 (1994) Messung partikelförmiger Niederschläge, Bestimmung des Staubniederschlags mit Auffanggefäßen aus Glas (Bergerhoff-Verfahren) oder Kunststoff.
- [6] VDI 2267, Blatt 4 (1987) Messen von Blei, Kadmium und deren anorganischen Verbindungen als Bestandteile des Staubniederschlags mit der Atomabsorptions-spektrometrie.
- [7] VDI 2267, Blatt 5 (1997) Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft, Messen der Massenkonzentration von Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Zn mit Hilfe der optischen Emissionsspektrometrie (ICP-OES) nach Filterprobenahme und Aufschluss in oxidierendem Säuregemisch.
- [8] VDI 2268, Blatt 1 (1987) Stoffbestimmung an Partikel, Bestimmung der Elemente Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V, Zn in emittierten Stäuben mittels atomspektrometrischer Methoden.

9 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AAS.....	Atomabsorptionsspektrometrie
BGBI.....	Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich
Cd.....	Cadmium
g/m ² d.....	(mittlere) Deposition in Gramm pro Quadratmeter pro Tag
ForstG.....	Forstgesetz
H ₂ O ₂	Wasserstoffperoxid
HNO ₃	Salpetersäure
IG-L.....	Immissionsschutzgesetz Luft
KurorteR.....	Kurorterichtlinie
µg/m ² d.....	(mittlere) Deposition in Mikrogramm pro Quadratmeter pro Tag
JMW.....	Jahresmittelwert
Pb.....	Blei
ppm.....	parts per million; im vorliegenden Bericht mg Metall pro kg Staubniederschlag
VO	Verordnung

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Lageplan der Luftgütemessstellen der Niederösterreichischen-LRG (Quelle: www.numbnis.at)5
Abbildung 2	Depositionssammler, Bestimmung des Staubniederschlages nach Bergerhoff 7
Abbildung 3	Alternatives Aufschlussverfahren zur Schwermetallbestimmung im Staubniederschlag..... 9
Abbildung 4	Gesamtstaubdeposition an den NÖ Bergerhoffmessstellen in den Jahren 2003 – 2008..... 12
Abbildung 5	Deposition von Blei im Staubniederschlag an den NÖ Bergerhoffmessstellen in den Jahren 2003 – 2008..... 13
Abbildung 6	Deposition von Cadmium im Staubniederschlag an NÖ Bergerhoffmessstellen in den Jahren 2003 - 2008 13

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Anzahl der Messperioden in den Untersuchungsjahren 2004 - 2008..... 6
Tabelle 2	Übersicht der angewandten Analysemethoden und Nachweisgrenzen des Gesamtverfahrens9

Staubniederschlagsmessungen

Bergerhoffverfahren, Niederösterreich 2005 - 2008

Tabelle 3	Regelwerke für die Beurteilung von Staubniederschlag nach Bergerhoff.....	10
Tabelle 4	Gesetzlich gültige Bestimmungen für die Staubniederschlagsbestimmung nach Bergerhoff... 10	
Tabelle 5	Jahresmittelwerte 2005 über 11, 12 bzw. 13 Messperioden des Staubniederschlages, der Staubinhalstoffe Blei und Cadmium sowie Datenverfügbarkeit	11
Tabelle 6	Jahresmittelwerte 2006 über je 11 bzw. 12 Messperioden des Staubniederschlages, der Staubinhalstoffe Blei und Cadmium sowie Datenverfügbarkeit	11
Tabelle 7	Jahresmittelwerte 2007 über 12 bzw. 13 Messperioden des Staubniederschlages, der Staubinhalstoffe Blei und Cadmium sowie Datenverfügbarkeit	11
Tabelle 8	Jahresmittelwerte 2008 über 12 bzw. 13 Messperioden des Staubniederschlages, der Staubinhalstoffe Blei und Cadmium sowie Datenverfügbarkeit	12
Tabelle 9	Staubniederschlag 2005 an allen 10 Messstellen des Niederösterreichischen Bergerhoffmessnetzes	14
Tabelle 10	Staubniederschlag 2006 an allen 10 Messstellen des Niederösterreichischen Bergerhoffmessnetzes	15
Tabelle 11	Staubniederschlag 2007 an allen 10 Messstellen des Niederösterreichischen Bergerhoffmessnetzes	15
Tabelle 12	Staubniederschlag 2008 an allen 10 Messstellen des Niederösterreichischen Bergerhoffmessnetzes	16
Tabelle 13	Mittelwerte über 13 Messperioden 2005 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Blei.....	16
Tabelle 14	Mittelwerte über 13 Messperioden 2006 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Blei.....	17
Tabelle 15	Mittelwerte über 13 Messperioden 2007 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Blei.....	17
Tabelle 16	Mittelwerte über 13 Messperioden 2008 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Blei.....	18
Tabelle 17	Mittelwerte über 13 Messperioden 2005 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Cadmium	18
Tabelle 18	Mittelwerte über 13 Messperioden 2006 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Cadmium	19
Tabelle 19	Mittelwerte über 13 Messperioden 2007 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Cadmium	19
Tabelle 20	Mittelwerte über 13 Messperioden 2008 des im IG-L gesetzlich begrenzten Staubinhalstoffes Cadmium	20