

Dieser Bericht wurde vom Referat für Luftgüteüberwachung der
Fachabteilung Ia erstellt.

Referatsleiter : Dr. G. Semmelrock
Bearbeiter : Ing. W. Stangl

GZ: 72.100-1515/94-1
Luftgütebericht Nr. 3/94

Meßnetz Bad Radkersburg

Integrale Luftgütemessung

November 1991 bis Februar 1993

Herausgeber:
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Landesbaudirektion, Fachabteilung Ia
8010 Graz, Landhausgasse 7, Tel. 877/2172

Abteilungsvorstand:
Hofrat Dipl. Ing. Norbert PERNER

1. Grundlagen

Als Grundlage für die Beurteilung der Schadstoffbelastung im Gebiet der Gemeinde Bad Radkersburg wurden folgende Untersuchungen und Messungen durchgeführt :

- a) Messung der Belastung durch Schwefeldioxid (SO₂) mittels Bleikerzen
- b) Ermittlung des Staubniederschlages nach dem Bergerhoff-Verfahren
- c) Messung der Konzentrationen von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid (NO₂) mittels Passivsammlern

2. Beschreibung der Meßpunkte

Im Gebiet von Bad Radkersburg wurden an 5 ausgewählten Standorten Meßpunkte aufgebaut, an denen die Belastung an Staub und Schwefeldioxid gemessen wurde:

- BR 1: Volksschule
- BR 2: Hauptplatz
- BR 3: Kreuzung Halbenrainerstr.-Langgasse-Stadtgrabenstr.
- BR 4: Landeskrankenhaus
- BR 5: Kurzentrum

Das Meßnetz wurde im Zeitraum vom 14.11.1991 bis 03.02.1993 betrieben. Bei den Auswertungen wurden 16 Meßperioden erfaßt, die folgendermaßen zusammengefaßt wurden :

- Wintersaison 1: 14.11.91 - 30.03.92
- Sommersaison : 30.03.92 - 14.09.92
- Wintersaison 2: 14.09.92 - 03.02.93

3. Beurteilungsgrundlagen

Der Beurteilung zugrunde gelegt sind die in den Tabellen 1 und 2 wiedergegebenen Kategorisierungen des Staubniederschlages und der SO₂-Deposition. Diese wurden

vom Hygieneinstitut II der Universität Innsbruck entworfen und vom Amt der Salzburger Landesregierung 1975 veröffentlicht.

Weiters wurde zum Schutz vor erheblichen Nachteilen und Belästigungen in der "Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft 1986" (TA-Luft '86), einer Verordnung zum deutschen Bundesimmissionsschutzgesetz, ein Grenzwert für die Deposition von Staub festgelegt. Dieser beträgt für nicht gefährliche Stäube 0.35 g/m².d. Dabei handelt es sich um einen Langzeitimmissionswert (IW1), der etwa einem Jahresmittelwert entspricht. Zusätzlich ist noch ein Kurzzeitimmissionswert (IW2) von 0.65 g/m².d festgelegt.

Tabelle 1 : Kategorien der Staubbelastung
(Angaben als arithmet. Jahresmittelwert in g/m².28d)

<u>Kategorie</u>	<u>Meßwert</u>	<u>Beschreibung</u>
I	unter 2,3	Die Belastung der Luft durch Staub (als Staubniederschlag) ist als äußerst gering zu bezeichnen
II	2,3 - 4,6	Die Kategorie II erfüllt damit bezüglich der Staubniederschlagsbelastung die strengen Anforderungen, wie sie an Erholungsgebiete gestellt werden.
III	4,6 - 9,4	Gebiete, die in Kategorie III eingereiht wurden, liegen damit innerhalb der Forderungen, die für Siedlungsgebiete außerhalb von Industriezonen festgesetzt wurden.
IV	9,4 - 13,9	Berücksichtigt zusätzliche Staubniederschlagsbelastungen durch Industriebetriebe. Derartig ausgewiesene Gebiete sind als belastet anzusehen. Ob umgehend Maßnahmen zur Verminderung der Staubbelastung aus gesundheitlichen Gründen notwendig sind, ist von der Art und Korngrößenverteilung des Staubes abhängig.
V	14 u. mehr	Sie erfaßt Gebiete, deren Staubniederschlagsbelastung eine Einreihung in die Kategorien I bis IV nicht ermöglicht. Diese Gebiete sind als stark belastet anzusehen.

Tabelle 2: Kategorien der Schwefeldioxidbelastung
(Angaben als arithmet. Jahresmittelwert in mg SO₃ / dm² .28d)

<u>Kategorie</u>	<u>SO₂-Belastung</u>	<u>Beschreibung</u>
I	unter 5	SO ₂ -Belastung vernachlässigbar
II	5,0 - 14,9	Gebiete mit geringer SO ₂ -Belastung
III	15,0 - 34,9	Gebiete mit mittlerer SO ₂ -Belastung ¹⁾
IV	über 35	Gebiete mit starker SO ₂ -Belastung ²⁾

1) Bei lang andauernden Inversionswetterlagen kann vor allem bei Werten über 25 nicht ausgeschlossen werden, daß gesundheitsschädigende Konzentrationen erreicht werden.

2) Solange durch Messungen der Konzentration nicht das Gegenteil bewiesen ist, muß damit gerechnet werden, daß bei länger andauernden Inversionswetterlagen gesundheitsschädigende SO₂-Konzentrationen erreicht werden.

4. Immissionszustand

4.1 Schwefeldioxiddeposition

4.1.1 Bestimmung von SO₂ nach der Bleikerzenmethode

Flächenförmig aufgetragenes Bleidioxid (PbO₂) absorbiert aus der freien Atmosphäre schwefelhaltige, gasförmige Luftverunreinigungen unter Bildung von Bleisulfat (PbSO₄). Die Menge des gebildeten PbSO₄ ist proportional zur Menge der gasförmigen Schwefelverbindungen und zur Expositionszeit. Da Schwefeldioxid (SO₂) im Vergleich zu anderen Schwefelverbindungen als Luftschadstoff dominiert, gestattet eine quantitative Sulfat-Bestimmung (berechnet als SO₃) Rückschlüsse auf die mittlere SO₂-Immission während der Expositionszeit. Zur Aufnahme des gasförmigen SO₂ dient ein mit PbO₂ bestrichener Baumwollappen mit der Fläche von 1 dm², der um einen Zylinder (Höhe = 12.8 cm, Durchmesser = 2.5 cm) befestigt

wird. Diese Vorrichtung wird "Bleikerze" genannt. Zum Schutz vor Regen und Verschmutzungen sowie zur Gewährleistung einer guten Luftzirkulation um die Bleikerze wird diese in einer Glocke mit Belüftungsöffnungen, offenem Boden und einer Aufhängung im Freien exponiert. Die Expositionszeit beträgt etwa 28 Tage.

4.1.2 Auswertung der Meßergebnisse

**Tabelle 3: SO₂-Deposition (mg/dm².28d SO₂)
Mittelwerte über Meßpunkte**

Meßpunkt	Mittelwert Winter 1	Mittelwert Sommer	Mittelwert Winter 2	Jahres- mittelwert
BR 1	6,0	3,6	4,8	4,5
BR 2	5,4	2,7	4,3	3,7
BR 3	4,3	2,2	3,0	2,7
BR 4	5,2	2,3	3,7	3,3
BR 5	3,4	2,3	3,5	2,8
Winter 1:	14.11.1991 - 30.03.1992			
Sommer:	30.03.1992 - 14.09.1992			
Winter 2:	14.09.1992 - 03.02.1993			
Jahr:	09.12.1991 - 09.12.1992			

4.2. Staubdeposition

4.2.1. Bestimmung des Staubniederschlages nach dem Bergerhoff-Verfahren

Ziel der Staubniederschlagsmessung ist es, die in einer bestimmten Zeit aus der Atmosphäre ausfallende Menge fester und flüssiger Substanz - mit Ausnahme des Wasseranteiles - zu erfassen.

Die Staubmessung erfolgt nach dem "Bergerhoff-Verfahren". Dabei wird ein Glas- oder Kunststoffgefäß, das nach oben eine Öffnung besitzt, auf einem etwa 1.5 m hohen Ständer angebracht. Der sich absetzende Staub und das Regenwasser wird in diesem Gefäß gesammelt. Die Expositionszeit beträgt etwa 28 Tage.

Danach werden der Staubniederschlag und das Wasser in einer gewogenen Schale zur Trockene eingedampft und als Gesamtstaubniederschlag gewogen. Das Ergebnis wird auf 28 Tage und 1 m² bezogen.

4.2.2 Auswertung der Meßergebnisse

**Tabelle 4: Staub-Deposition ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 28 \text{ d}$)
Mittelwerte über Meßpunkte**

Meßpunkt	Mittelwert Winter 1	Mittelwert Sommer	Mittelwert Winter 2	Jahres- mittelwert
BR 1	1,1	3,1	1,1	1,9
BR 2	1,9	2,8	1,8	2,4
BR 3	2,8	3,2	3,2	3,1
BR 4	0,8	1,7	0,6	1,2
BR 5	0,7	2,1	0,8	1,1

Winter 1: 14.11.1992 - 30.03.1992
 Sommer: 30.03.1992 - 14.09.1992
 Winter 2: 14.09.1992 - 03.02.1993
 Jahr: 09.12.1991 - 09.12.1992

4.3 Messung der NO_2 - und SO_2 -Konzentration mit Passivsammlern

Zur Probenahme wurden Passivsammler verwendet. Die Grundlagen dieser Methode stammen von Palmes und Gunnison aus dem Jahr 1976. Weiterentwickelt wurde die Methode von H. Puxbaum und B. Brantner am Institut für Analytische Chemie der TU Wien.

Das Prinzip der verwendeten Passivsammler beruht auf einer Diffusion von SO_2 , NO_2 , HCl und HNO_3 , also von sauren Gasen, zu einem absorbierenden Medium (häufig wird Triethanolamin verwendet). Die Menge des absorbierten Schadstoffes ist proportional zur Umgebungskonzentration an der Meßstelle. Nach Beendigung der Messung werden die zu untersuchenden Substanzen extrahiert und anschließend ionenchromatographisch bestimmt und quantifiziert.

Die verwendeten Passivsammler bestehen aus einem 7.3 cm langen Plastikröhrchen mit einem Innendurchmesser von 10 mm, das an beiden Enden verschlossen werden kann, und einer Aufhängevorrichtung. Am oberen Ende wird ein Stahlnetz, das mit der absorbierenden Substanz imprägniert wurde, befestigt. Zu Beginn der Messung wird das Röhrchen am unteren Ende geöffnet. Am Ende der Expositionszeit wird es wieder verschlossen und kann bis zur Aufarbeitung kühl gelagert werden. Exponiert wurden die Passivsammler auf ca. 1.5 m hohen Stangen. Vor Witterungseinflüssen wurden sie durch Glocken geschützt. Die Expositionszeit betrug wie bei den anderen Verfahren ca. vier Wochen.

Da die Menge der absorbierten Probe durch Diffusion an das Absorptionsmittel gelangt, kann über die Diffusionsgleichung der Mittelwert der Konzentration über die Meßdauer bestimmt werden. Die Werte haben die gleiche Dimension, wie solche, die von kontinuierlichen Meßstationen erhalten werden.

4.3.2 Auswertung der Meßergebnisse

**Tabelle 5: SO₂-Konzentration (µg/m³)
Mittelwerte über Meßpunkte**

Meßpunkte	Mittelwert Winter 1	Mittelwert Sommer	Mittelwert Winter 2	Jahres- mittelwert
BR 1	80,6	18,4	42,0	48,9
BR 2	61,4	20,2	47,3	35,6
BR 3	33,5	12,2	17,6	16,5

Winter 1: 09.12.1991 - 30.03.1992
Sommer: 30.03.1992 - 14.09.1992
Winter 2: 14.09.1992 - 03.02.1993
Jahr: 09.12.1991 - 09.12.1992

**Tabelle 6: NO₂-Konzentration (µg/m³)
Mittelwerte über Meßpunkte**

Meßpunkte	Mittelwert Winter 1	Mittelwert Sommer	Mittelwert Winter 2	Jahres- mittelwert
BR 1	30,1	13,1	22,8	20,2
BR 2	31,9	13,4	28,0	21,5
BR 3	31,1	21,5	24,6	23,8

Winter 1: 09.12.1991 - 30.03.1992
Sommer: 30.03.1992 - 14.09.1992
Winter 2: 14.09.1992 - 03.02.1993
Jahr: 09.12.1991 - 09.12.1992

4.5 Zeitverläufe der Schadstoffbelastung

**Tabelle 7: Meßnetz Bad Radkersburg
Mittelwerte über Meßperioden**

Meßperiode	Staub- Deposition (g/m ² · 28d)	SO ₂ - Deposition (mg/dm ² · 28d SO ₃)	SO ₂ - Konzentration (µg/m ³)	NO ₂ - Konzentration (µg/m ³)
1 14.11.91-09.12.91		4,6		
2 09.12.91-07.01.92	0,5	6,0	64,6	34,2
3 07.01.92-03.02.92	1,3	6,1	64,9	32,1
4 03.02.92-04.03.92	2,4	4,1	56,1	27,3
5 04.03.92-30.03.92	2,2	3,6		
6 30.03.92-27.04.92	2,9	3,9	22,1	15,7
7 27.04.92-25.05.92	4,2	2,2	22,1	17,5
8 25.05.92-23.06.92	2,0	1,9	15,2	13,6
9 23.06.92-23.07.92	2,5	2,6	11,4	15,0
10 23.07.92-17.08.92	1,6	3,0	10,1	15,7
11 17.08.92-14.09.92	2,3	2,3	14,6	20,0
12 14.09.92-12.10.92	2,5	2,5	17,0	13,8
13 12.10.92-09.11.92	0,8	0,8	57,2	27,5
14 09.11.92-09.12.92	1,5	1,5	25,3	22,3
15 09.12.92-07.01.93	1,3	1,3	22,1	19,8
16 07.01.93-03.02.93	1,2	1,2	40,7	33,2

5. Witterungsübersicht

Die Witterungsverhältnisse beeinflussen die Schadstoffverteilung gravierend. Insbesondere bedingen lang andauernde, trockene winterliche Schönwetterperioden mit tiefen Temperaturen die Anreicherung der bodennahen Luftschicht mit Emissionen aus dem Verkehr, Hausbrand bzw. Industrie und Gewerbe.

Dementsprechend zeigen die meisten Schadstoffe ein Wintermaximum und ein Sommerminimum, wie z.B. SO₂ oder NO₂. Die mittels des Bergerhoffverfahrens gemessene Staubdeposition hingegen läßt ein Sommermaximum erkennen (Pollenflug), was sich nicht mit den Ergebnissen kontinuierlicher Staubkonzentrationsmessungen decken muß (dort wird nur lungengängiger

Staub mit einem Korngrößendurchmesser von $< 10\mu\text{m}$ gemessen). Auch das mittels dieses integralen Meßnetzes nicht erfaßte Ozon zeigt ein Sommermaximum.

In der Folge sollen nunmehr die einzelnen Meßperioden (Winter 1, Sommer 1, Winter 2) immissionsklimatisch kurz beleuchtet werden:

5.1. Winter 1 (Meßperiode 1 bis Meßperiode 5): 14.11.1991 bis 30.3.1992

Während die erste Meßperiode durch niederschlagsträchtige Wetterlagen und anschließendem Hochnebel keine überdurchschnittlichen Belastungen erwarten ließ, folgte ab dem 10.12.1991 eine einige Tage andauernde Kälteperiode mit Temperaturen von unter -15 °C . Nachfolgende West- und Nordwestströmungen ließen danach diese sehr kalten Temperaturen zwar nicht mehr zu, vermochten aber in der südöstlichen Steiermark keinen Luftmassenwechsel herbeizuführen und auch reinigende Niederschläge blieben aus, sodaß die SO_2 - und NO_2 - Werte deutlich anstiegen. Auch in der Folge (3. Meßperiode) war es über weite Bereiche viel zu trocken und zudem im Mittel zu warm. Im Februar schließlich wurden bereits Temperaturen von 20 °C erreicht, sodaß die Heiztätigkeit merklich abnahm und aufgrund der fehlenden Schneedecke auch die vertikale Durchmischung belebt wurde.

Ein letztmaliger Wintereinbruch Ende März (Tiefdruckrinne von Skandinavien bis ins Mittelmeer) gestaltete sich aufgrund nachfolgender Erwärmung als ebenfalls nicht mehr immissionsrelevant.

Zusammenfassend waren während der Messungen "Winter 1" für die Jahreszeit typische Wetterlagen vorhanden, wobei insbesondere die Kälteperiode ab Dezember und die während dieser Zeit ermittelten Schadstoffwerte eine repräsentative Aussage zulassen. Außerhalb der statistischen Norm blieben Teile des Jänners und des Februars (zu warm).

5.2. Sommer 1 (Meßperiode 6 bis Meßperiode 11): 30.3.1992 bis 14.9.1992

Die Schadstoffwerte von SO_2 und NO_2 gingen deutlich zurück, lediglich die Staubdeposition stieg und erreichte in der Meßperiode 7 ihren Höhepunkt. Dies ist auf die seit Jahren intensivste Fichtenblüte zurückzuführen, welche um den 10.5.1992 stattfand und die Steiermark mit einem gelblichen Schleier überzog.

Insgesamt entsprach witterungsmäßig nur der April den Erwartungen, alle übrigen Monate waren z.T. extrem trocken und vor allem der Juli und August sehr heiß. Niederschläge in nennenswertem Ausmaß fielen nur Mitte Juni sowie mit dem abrupten Sommerende durch einen Wettersturz Anfang September.

Insgesamt ist die Messung "Sommer 1" daher gekennzeichnet von überdurchschnittlich vielen stabilen Wetterlagen und sehr wenigen Niederschlagsperioden. Die Schadstoffkonzentrationen von SO_2 und NO_2 blieben erwartungsgemäß gering, die Staubwerte ergaben aus besagten

Gründen im Vergleich zu "Normaljahren" wohl leicht überdurchschnittliche Größenordnungen.

5.3. Winter 2 (Meßperiode 12 bis Meßperiode 16): 14.9.1992 bis 3.2.1993

Die erste Meßperiode war - bis auf den September - durch eine Anhäufung von Schlechtwetterlagen gekennzeichnet. Es kam zu häufigen zum Teil intensiven Niederschlägen - so erreichte der Oktober das Dreifache des langjährigen durchschnittlichen Monatsniederschlags - und es blieb über weite Zeiträume zu mild. Erst ab Mitte Dezember stellte sich eine stabile winterliche Wetterphase ein, die Temperaturen bis -15 °C zuließ. Diese wurde aber schon bald von einer weiteren trockenen Wetterphase abgelöst (Südwestströmungen).

Als Ganzes betrachtet kamen während der Messungen "Winter 2" stabile Wetterlagen von längerer Andauer nicht im üblichen Ausmaß vor, sogar wesentlich weniger oft. So zeigen langjährige Auswertungen in der betreffenden Zeit Häufigkeiten der besagten Wetterlagen von ca. 20% bis 25% auf, zwischen Mitte September 1992 und Anfang Februar 1993 waren nur ca. 10% aller Tage als solche zu bezeichnen (Hochdrucklagen und z.T. Hochdruckrandlagen).

Es ist daher zu erwarten, daß bei typischen herbstlichen und winterlichen Situationen die Schadstoffwerte höher liegen werden als diesmal und eher den Ergebnissen von "Winter 1" entsprechen.

6. Zusammenfassung der Ergebnisse

Integrale Meßnetze sind in der Lage, langfristige Belastungen von Gebieten zu erkennen und aufzuzeigen. Kurzzeitige Belastungsspitzen können nicht verfolgt werden. Sie liefern als Ergebnisse auch keine Konzentrationsangaben, wie sie etwa von automatischen Meßstationen erhalten werden, und sind mit diesen auch nicht direkt vergleichbar. Daher erfolgt die Auswertung nicht nach Grenzwerten, wie sie etwa in der Immissionsgrenzwerteverordnung (LGBI. Nr. 5/1987) festgelegt sind, sondern nach den in den Beurteilungsgrundlagen (Punkt 3.) vorgegebenen Kriterien. Der Beurteilung zugrunde gelegt ist die in Tabelle 1 und 2 wiedergegebene Kategorisierung des SO_2 - und Staubniederschlags. Diese wurde vom Hygieneinstitut II der Universität Innsbruck entworfen und vom Amt der Salzburger Landesregierung 1975 veröffentlicht.

Die Mittelwerte der SO_2 -Belastung für die beiden Winterperioden liegen zwischen $3,0$ und $6,0\text{ mg/dm}^2.28\text{d SO}_3$, für die Sommerperiode zwischen $2,2$ und $3,6\text{ mg/dm}^2.28\text{d SO}_3$. Der höchste gemessene Einzelwert erreichte $8,2\text{ mg/dm}^2.28\text{d SO}_3$. Somit wurde in keinem Fall die Kategorie II (nach Tabelle 2), welche Gebiete mit geringer SO_2 -Belastung ausweist, überschritten; die Jahresmittelwerte sind an sämtlichen Meßpunkten in Kategorie I (nach Tabelle 2) einzuordnen. Der Jahresgang der SO_2 -Deposition ist aus den Mittelwerten über alle Meßpunkte (Punkt 4.3.,

Tabelle 5 bzw. Anhang, Abb. 3 und 4) zu erkennen. Der Zeitverlauf der Schadstoffbelastung weist einen deutlichen Jahresgang mit Maxima in den Winterperioden und einem Minimum im Sommer auf. Die Ursache ist einerseits in einer erhöhten SO₂-Emission - im besonderen durch den Hausbrand -, andererseits in ungünstigen Wetterbedingungen - häufige Inversionssituationen, Perioden mit geringer Luftbewegung - zu finden.

Die Staubbelastung ist im Jahresmittel an den Punkten BR 1, Br 4 und BR 5 in Kategorie I, an den Punkten Br 2 und BR 3 in Kategorie II (nach Tabelle 1) einzuordnen. Die beiden Winterperioden können sogar - bis auf Meßperiode 4 und 12 - in Kategorie I eingeordnet werden, lediglich in der Sommerperiode liegen die Werte höher, da aufgrund landwirtschaftlicher Tätigkeit und Vegetationseinflüssen die Staubbelastung höher ist als im Winter. Wie aus dem Zeitverlauf der Schadstoffbelastung (Punkt 4.3, Tabelle 5 bzw. Anhang, Abb.1 und 2) zu erkennen ist, haben hier lokale Ereignisse - wie Bautätigkeit oder Straßenverkehr - keinen nennenswerten Einfluß.

Für die Konzentration von NO₂ ist festzuhalten, daß bei einem Vergleich der Meßergebnisse aus Punkt 4.5, Tabelle 7, mit dem in den Beurteilungsgrundlagen (Punkt 3) angegebenen Wert von 50 µg/m³ (Mittelwert über eine Meßperiode), dieser Wert in keinem Fall erreicht wird.

Somit kann abschließend gesagt werden, daß die Luftqualität in Bad Radkersburg bezüglich der Komponenten Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Staub den Anforderungen, wie sie an Erholungsgebiete gestellt werden, gerecht wird.

7. Anhang

Diagramme zu den Auswertungen der Ergebnisse des Meßnetzes Bad Radkersburg :

Abb. 1: Staub-Deposition, Vergleich Sommer - Winter

Abb. 2: Staub-Deposition, Mittelwerte über Meßperioden

Abb. 3: SO₂-Deposition, Vergleich Sommer - Winter

Abb. 4: SO₂-Deposition, Mittelwerte über Meßperioden

Abb. 5: SO₂ : Vergleich Deposition - Konzentration

Abb. 6: SO₂- und NO₂-Konzentration, Vergleich Sommer - Winter

Abb. 7: SO₂-Konzentration, Mittelwerte über Meßperioden

Abb. 8: NO₂-Konzentration, Mittelwerte über Meßperioden