

Inhalt

WAS IST „INDUSTRIESCHNEE“?	2
VORAUSSETZUNGEN FÜR DIE BILDUNG VON „INDUSTRIESCHNEE“	2
„INDUSTRIESCHNEE“ - EIN PHÄNOMEN VON LINZ?	3
WASSERDAMPFEMISSIONEN IN LINZ	3
Agrolinz Melamin GmbH	4
VA-Stahl Linz GmbH	5
INHALTSSTOFFE DES „INDUSTRIESCHNEES“	6
DIE „INDUSTRIESCHNEE“-EPISODE 8. JÄNNER 1990	7
DIE „INDUSTRIESCHNEE“-EPISODE 17. JÄNNER 1996	13
DIE „INDUSTRIESCHNEE“-EPISODE 14. JÄNNER 1997	17
DIE „INDUSTRIESCHNEE“-EPISODE 1. JÄNNER 1998	25
RESÜMEE	28
ARTIKEL „ANTHROPOGEN BEDINGTE SCHNEEFÄLLE IN BALLUNGSRÄUMEN“	29

„Industrieschnee“ in Linz

Was ist „Industrieschnee“?

Während der Wintermonate kann bei bestimmten äußeren Umstände fallweise (in den letzten Jahren an etwa 1 - 2 Tagen pro Jahr) ein Phänomen unter der landläufigen Bezeichnung „Industrieschnee“ beobachtet werden. Es handelt sich hierbei um Schneefall, welcher jeweils nur in einem begrenzten Bereich des Stadtgebietes (und auch darüber hinausgehend) beobachtet werden kann, wobei die Abgrenzung gegenüber Gebieten ohne Schneefall sehr scharf ist.

Voraussetzungen für die Bildung von „Industrieschnee“

Um „Industrieschnee“ zu erzeugen, müssen mehrere Faktoren zusammenkommen.

1. Potente Wasseremittenten

Im Linzer Raum gibt es eine Reihe von Quellen, welche große Mengen an Wasserdampf ausstoßen. Weiter unten sind die Wasseremissionen aus der Großindustrie und den beiden Fernheizkraftwerken angegeben.

2. Temperaturen um -10 °C

3. leichter bis mäßiger Wind

Der emittierte Wasserdampf kondensiert und wird vom Wind von den Emissionsquellen abtransportiert. Die Wassertröpfchen können sich in weiterer Folge bei entsprechenden Bedingungen - besonders bei Vorhandensein von genügend Kondensationskeimen (feinsten Staubteilchen) - in Eis verwandeln. Die Eiskristalle sinken zu Boden und bleiben dort wie Schnee liegen.

Normaler Schnee fällt aus mehreren tausend Metern Höhe auf die Erde. Er hat auf dem Weg dorthin genügend Zeit, die für Schnee typische Kristallstruktur auszubilden. Im Unterschied dazu beträgt die Fallhöhe des „Industrieschnees“ nur 100 - 200 m. Die Zeit ist aufgrund der geringen Fallhöhe viel zu kurz, um Kristalle auszubilden. Als Folge davon erhält man einen extrem feinkörnigen Schnee, der beinahe pulverförmig die Landschaft bedeckt.

Die Bildung von „Industrieschnee“ ist somit im Prinzip mit der Bildung von Kunstschnee für die Pistenbeschneiung zu vergleichen, allerdings mit dem Unterschied, daß bei der Erzeugung von Kunstschnee Bachwasser herangezogen wird und „Industrieschnee“ das Wasser aus Wasserdampfemissionen der Industrie bezieht.

„Industrieschnee“ - ein Phänomen von Linz?

Linz reiht sich in eine Reihe von Städten ein, welche ebenfalls dieses Phänomen kennen. Überall dort, wo die Voraussetzungen für die Bildung von „Industrieschnee“ stimmen, ist es bekannt. Nachdem große Wasserdampfemissionen im allgemeinen nur dort auftreten, wo Industrie angesiedelt ist, kennt man das „Industrieschnee“-Phänomen eher nur aus solchen Gebieten.

Beispiele für andere Städte sind: Graz, Freiburg/Br., Mannheim, Berlin (siehe anhängenden Bericht „Anthropogen bedingte Schneefälle in Ballungsräumen“ aus: Staub - Reinhaltung der Luft 50 (1990) 383-385).

Wasserdampfemissionen in Linz

Die Wasserdampfemissionen stammen

- aus Verbrennungsprozessen in der Industrie (für die Energiegewinnung zur Prozeßführung, z. B. Dampferzeugung): ganzjährig
- Aus Energieerzeugung in kalorischen Kraftwerken: ganzjährig
- aus Fernheizwerken: während der kalten Jahreszeit
- aus Emissionen des Hausbrandes (sowohl bei der Verbrennung von Gas und Öl, aber auch bei der Verbrennung von Holz): während der kalten Jahreszeit
- aus den Kokslöschtürmen der Kokerei, in denen der glühende ausgegarte Koks schockartig mit großen Mengen an Wasser übergossen wird. Die Kokslöschtürme stellen eine Besonderheit von Linz dar, da es nur wenige Städte mit Kokereien gibt. Die Wasserdampfemissionen der Löschvorgänge finden einige Male pro Stunde für wenige Minuten statt. Diese sind aber sehr intensiv (0,48 t H₂O pro t gelöschten Koks). Die Emissionen treten ganzjährig auf.

Die Emissionen des Hausbrandes an Wasserdampf bewegen sich zwar in der gleichen Größenordnung wie jene aus den Fernheizkraftwerken, jedoch sind sie auf die gesamte Fläche von Linz verteilt, sodaß aus diesen Quellen eine zu geringe Konzentration von Wasserdampf in der Luft auftritt, um den Schneekanonen-Effekt hervorrufen zu können.

Emittenten aus der Industrie und aus den Fernheizkraftwerken hingegen sind punktförmige Quellen mit einem örtlich hohen Ausstoß an Wasserdampf.

Nachstehend werden übersichtsmäßig jene Quellen der Industrie und der Fernheizkraftwerke angegeben, welche nennenswerte Emissionen an Wasserdampf ausstoßen. Die angeführten Emissionen werden aus der Industrie und den Kraftwerken praktisch das gesamte Jahr über, bei den Fernheizwerken während der Heizperiode emittiert, sodaß die stündlichen Emissionen der Industrie und der Fernheizwerke in Linz im Winter der Summe aller angeführten Emittenten entspricht.

Stündlicher Ausstoß von Wasserdampf aus der Industrie und den Fernheizkraftwerken in Linz:

Betrieb	Wasserdampfemissionen
Agrolinz Melamin GmbH	87 t/h
VÖEST-Alpine Stahl Linz GmbH	279 t/h
Fernheizkraftwerk „Mitte“	40 t/h ^{*)}
Fernheizkraftwerk „Süd“	56 t/h ^{**)}

^{*)} In der Heizperiode
^{**)} Bei Vollast

Im Detail sind die Emissionen der Agrolinz Melamin GmbH und der VA Alpine Stahl Linz GmbH dargestellt:

Agrolinz Melamin GmbH

Ammoniakanlage 1, Schornstein Primärreformer	22,0 t/h
Abblasung Überschuß-CO ₂	8,0 t/h
Brüden-Abblasung Bau 405	1,0 t/h
Entgasungsleitung Bau 203	0,2 t/h
Abdampfleitungen Kühlmantel K-201	0,4 t/h
Ammoniakanlage 2, Rauchgas vom Primärreformer	8,0 t/h
Sekundärreformer - Mantelkühlung	0,3 t/h
Salpetersäureanlage, E-Seite, Abgaskamin	0,2 t/h
Salpetersäureanlage, F-Seite, Abgaskamin	0,5 t/h
Kesselspeisewassererzeugung	0,4 t/h
Harnstoff-Prillturm	8,7 t/h
Harnstoff-Produktion, Blow-Down 1	0,4 t/h
Harnstoff-Verladung	0,3 t/h
Melamin, Salzerhitzer Melamin 2	0,7 t/h
Melamin, Salzerhitzer Melamin 3	0,1 t/h
Melamin, Salzerhitzer Melamin 4	0,1 t/h
NAC-Anlage, Dampfkessel Bau 432	2,3 t/h
NAC-Anlage, Waschkolonne K 360	7,0 t/h
NAC-Anlage, Kühltrommel 4	1,8 t/h
Odda/NPK-Anlage, Spherodizer A	17,2 t/h
Odda/NPK-Anlage, Spherodizer C	5,9 t/h
Odda/NPK-Anlage, Rohphosphataufschluß	0,7 t/h
Odda/NPK-Anlage, Ammonisierung	<u>1,5 t/h</u>
SUMME	87,5 t/h

VA-Stahl Linz GmbH

Kraftwerk 85 MW-Block 06	17,3 t/h
Kraftwerk 85 MW-Block, Kessel 2	9,3 t/h
Kraftwerk 85 MW-Block, Kessel 3	10,2 t/h
Kraftwerk 85 MW-Block, Kessel 4	8,7 t/h
Kraftwerk 85 MW-Block, Kessel 5	7,8 t/h
Kraftwerk 25 MW-Block, Kessel 04	6,9 t/h
Kraftwerk 25 MW-Block, Kessel 05	6,9 t/h
Kraftwerk Gas- und Dampfturbine	14,7 t/h
Kokereigasfeuerung, Batterien I und II, Kamin 1	4,0 t/h
Kokereigasfeuerung, Batterien I und II	0,1 t/h
Kokereigasfeuerung, Batterien III und IV	4,0 t/h
Kokereigasfeuerung, Batterie V	5,4 t/h
Kokereigasfeuerung, Batterie VI	1,9 t/h
Kokereigasfeuerung, Batterien VII und VIII	5,3 t/h
Kokereigasfeuerung, Batterie X	6,0 t/h
H ₂ SO ₄ -Anlage, Anheizofen	0,2 t/h
Röhrenofen III	0,4 t/h
Röhrenofen Spaltanlage	0,4 t/h
Sinteranlage	23,3 t/h
Erznachbrechanlage	0,3 t/h
Raumentstaubung C	2,8 t/h
Raumentstaubung D	6,8 t/h
Koksbrechanlage	0,5 t/h
Gebläsezentrale	1,3 t/h
Gebläsezentrale 2, Kessel 2	1,0 t/h
Gebläsezentrale 2, Pilotbrenner, Fackel 1-3	0,8 t/h
Gebläsezentrale 1, GG/KG-Fackel	1,8 t/h
Hochofen A, Winderhitzer Kamin	10,0 t/h
Vorturm zum Heckelturm	0,3 t/h
Übergabeturm 2a	0,2 t/h
Möllergebäude, Koksseite	0,2 t/h
Möllergebäude, Sinterseite	0,3 t/h
Winderhitzer HO 5	1,9 t/h
Winderhitzer HO 6	1,7 t/h
Rinnenfeuer HO	0,2 t/h
LD 3 - Sonstiges	1,2 t/h
LD 3 - Tiegelausheizung	1,1 t/h
LD 3 - Brikettierung	0,3 t/h
Stoßofen 1	3,1 t/h
Stoßofen 6	12,6 t/h
Stoßofen 7	12,7 t/h
Tieföfen 5-12	0,7 t/h
Glühofen D 17	0,3 t/h
Glühofen D 20	0,4 t/h

Hallenheizung Warmwalzwerk	0,5 t/h
Glüherei	1,3 t/h
Glüherei - Abgaskanal Ost	1,1 t/h
Glüherei - Abgaskanal West	1,3 t/h
Bandbeize - Säureregeneration	0,7 t/h
Banddurchlaufofen	0,5 t/h
Glühofen Bandverzinkung	0,4 t/h
Vorwärmen Bandverzinkung	0,8 t/h
Elektrolytische Bandverzinkung	0,8 t/h
BBA - Bandreinigung	0,2 t/h
BBA - Thermische Nachverbrennung	0,8 t/h
Bandverzinkung II	0,8 t/h
Öfen F und G	0,3 t/h
Öfen B	0,5 t/h
Div. Wärmebehandlungsbetriebe	<u>0,5 t/h</u>
SUMME	204,8 t/h

Dazu kommen noch kurzfristige Emissionen 0,48 t H₂O pro Tonne gelöschten Koks aus den Löschtürmen und 13,9 t/h beim Tiegel 7 des LD3 (926 h/a), 22 t/h beim Tiegel 8 (1214 h/a), 18 t/h beim Tiegel 9 (1256 h/a). Zusammen mit anderen nicht in der obigen Tabelle erfaßten Kleinquellen kann die stündliche Emission der VA-Stahl bis zu 279 t/h betragen.

Inhaltsstoffe des „Industrieschnees“

Eine Frage, die immer wieder auftaucht, ist jene nach der Belastung des „Industrieschnees“ mit Schadstoffen. Die Presse, aber besonders die Gemeinderatsfraktion „Mensch&Natur“ hat sich diesbezüglich immer wieder sehr kritisch geäußert. Ausführungen über Inhaltsstoffe und die sich daraus ergebenden Bewertungen finden sich im Kapitel „Industrieschnee“-Episode 13. Jänner 1997“.

Die „Industrieschnee“-Episode 8. Jänner 1990

**Presse-Information
von Herrn NAbg. Josef Buchner
Stadtgemeinde Steyregg
über das
„Industrieschnee“-Ereignis
vom 8. und 9. Jänner 1990**

Die Linzer Großindustrie liefert „gehaltvollen“ Kunstschnee

In der Nacht von 8. auf 9. Jänner 1990 ist in Steyregg überraschend der Winter eingeekehrt. 3 bis 5 cm Schnee, für heurige Verhältnisse also eine „beachtliche Menge“, haben blütenweiß die Landschaft zugedeckt.

Und das bei wolkenlosem Nachthimmel, der nur mit Hochnebel angereichert war. Winter auch nur etwa vom Gebiet der Steyregger Brücke bis kurz östlich nach Steyregg, die nördliche Ausdehnung war der Fuß des Pfenningberges, auf Linzer Gebiet war der Schnee zwischen VOEST und Chemie zu Ende.

Ein Schneewunder? Nein! Die Schlote der Industrieanlagen haben, zusammen mit den tiefen Temperaturen ($- 8^{\circ}\text{C}$) als „Schneekanonen“ fungiert.

Diese natürlich erklärbare, scheinbare Phänomen hat es schon öfter gegeben, manchmal in Linz, manchmal in Steyregg, allerdings nicht in dieser Intensität.

Mich hat dieser Schnee, der eine ganz eigenartige, staubförmige Konsistenz hat, chemisch interessiert und ich habe zusammen mit einem Beamten der Stadtgemeinde Steyregg, den ich als Amtsorgan um Hilfestellung gebeten habe, eine 10 Liter Kübel mit reinem, blütenweißem Schnee aus dem Bereich Steyregg Brücke und dem Bereich Luftmeßstation gefüllt, habe den Kübel durch den Gemeindebediensteten versiegeln lassen und zur chemischen Analyse geschickt.

Ergebnisse:

Der Schnee hat extrem hohen Staubgehalt.

Die Inhaltsstoffe sind auf beiliegendem RFA-Diagramm (= Röntgenfluoreszenz-Analyse, Beilage 1) dargestellt.

Es handelt sich dabei vor allem um große Mengen Eisen (Fe), aber auch Silizium (Si), Kalium (K), Calcium (Ca), Titan (Ti), Mangan (Mn), Zink (Zn) und Kupfer (Cu) sind im Staub enthalten.

Der hohe Staubgehalt weist vor allem auf die VÖEST-Anlagen hin (Eisen, Zink - Beilage 2).

Das Schnee-Schmelzwasser wurde analysiert und ergab einen sehr hohen pH-Wert von 9,76 (neutral ist 7, unter 7 = sauer, über 7 = alkalisch - Beilage 3).

Die Wasseruntersuchung ergab auch sehr hohe Chlorid-, Sulfat-, Nitrat- und Nitritgehalte, deren Herkunft vermutlich aus der Düngemittelerzeugung der Agrolinz stammen (Beilage 2).

Daß der Gesamtkohlenwasserstoffwert von 4,5 mg/l Schmelzwasser den Trinkwassergrenzwert, der 0,1 mg/l beträgt, um das 45fache überschreitet, heißt, daß die Kindergewohnheit, Schnee zu essen, gefährlich ist.

Laut Aussage des Chemikers dürfte „geschmolzener Schnee bei Anwendung der Richtlinien des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft in unbehandelter Form nicht einmal in eine öffentliche Kanalisation abgeleitet werden (zu hoher pH-Wert)“ (Beilagen 2 + 3).

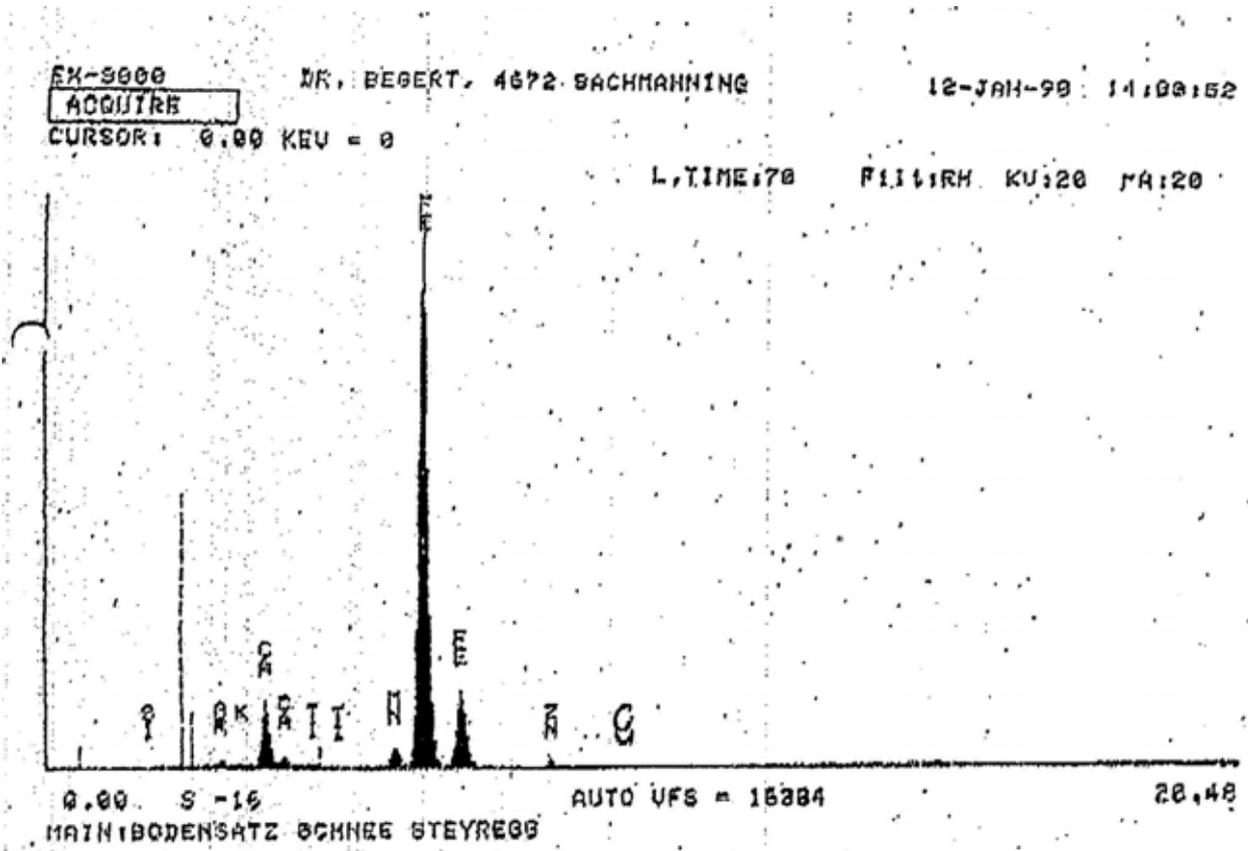
Damit ist wieder einmal, von einer anderen Zugangsseite her, bewiesen, wie innerhalb von Stunden die Natur im Linzer Großraum verdreckt, Wasser, Boden, Umwelt und Mensch vergiftet werden.

Eine radikale Sanierung der luftverschmutzenden Betriebe ist ein Gebot der Stunde. Es besteht Handlungsbedarf, nicht Verharmlosungsbedarf.

Linz, 17. 1. 1990

NAbg. Josef Buchner

PS.: Schneeprobe gezogen am 9. 1. 1990 um 12.50 Uhr
a) Steyregger Brückenseite, dreieckige Grünfläche
b) Amtliche Luftmeßstelle in Steyregg



20-JAN-1997 16:10 STR. DIPL. ING. ERICH HAIDER +43 732 7070 2121 S.04
20-01-1997 17:03 VON Stadtamt Steyreregg RH 70702121 S.03
43 0732 2121 2000 BUNDELEITUNG DER MÜLLER- UND ABFALLWIRTSCHAFTS- UND UMWELTBEWAHRUNGSDIREKTION
43732203605 ÖÖ. PRESSECLUB LINZ 017 P04 17.01.90 10:54
DR. REGERT, 4672 BACHMANNING 481 P03 17.01.90 10:36
702 P02



Dipl.-Ing. Dr. Erich Axel Regert
Bsch. autor. Zivil-Ingenieur für technische Chemie
allf. ger. beid. Sachverständiger

A-4672 Bachmanning, ÖÖ.
Telefon 07735/6823
Telefax 07735/68595

Bachmanning, 15.1.90

An die
V G Ü ÖÖ.

Prot.Nr.: 50 / 90

Gothestr. 9
4020 LINZ / D.

Betrifft: Untersuchung einer Schmelzwasserprobe

Die im Beisein eines Beamten des
Gemeindeamtes Steyreregge gezogene S C H N E E -
P R O B E sollte auf ihre Zusammensetzung hin
untersucht werden.

ORT der ENTNAHME: Raum S T E Y R E G G

Im Labor des Unterzeichneten wurde einerseits eine
chemische Untersuchung und andererseits eine Analyse
mittels RFA vorgenommen. (Spektrum liegt im ANHANG bei).

Der ermittelte Analysenbefund ist in der
umstehenden T A B E L L E zusammengestellt.

43 0732 2720 2500 BÜRO LR. FUHRINGER
43732283606 OS. PRESSECLUB LINZ

017 P05 17.01.98 10:55
481 P05 17.01.98 10:38

Beilage 3

-2-

A N A L Y S E N B E F U N D

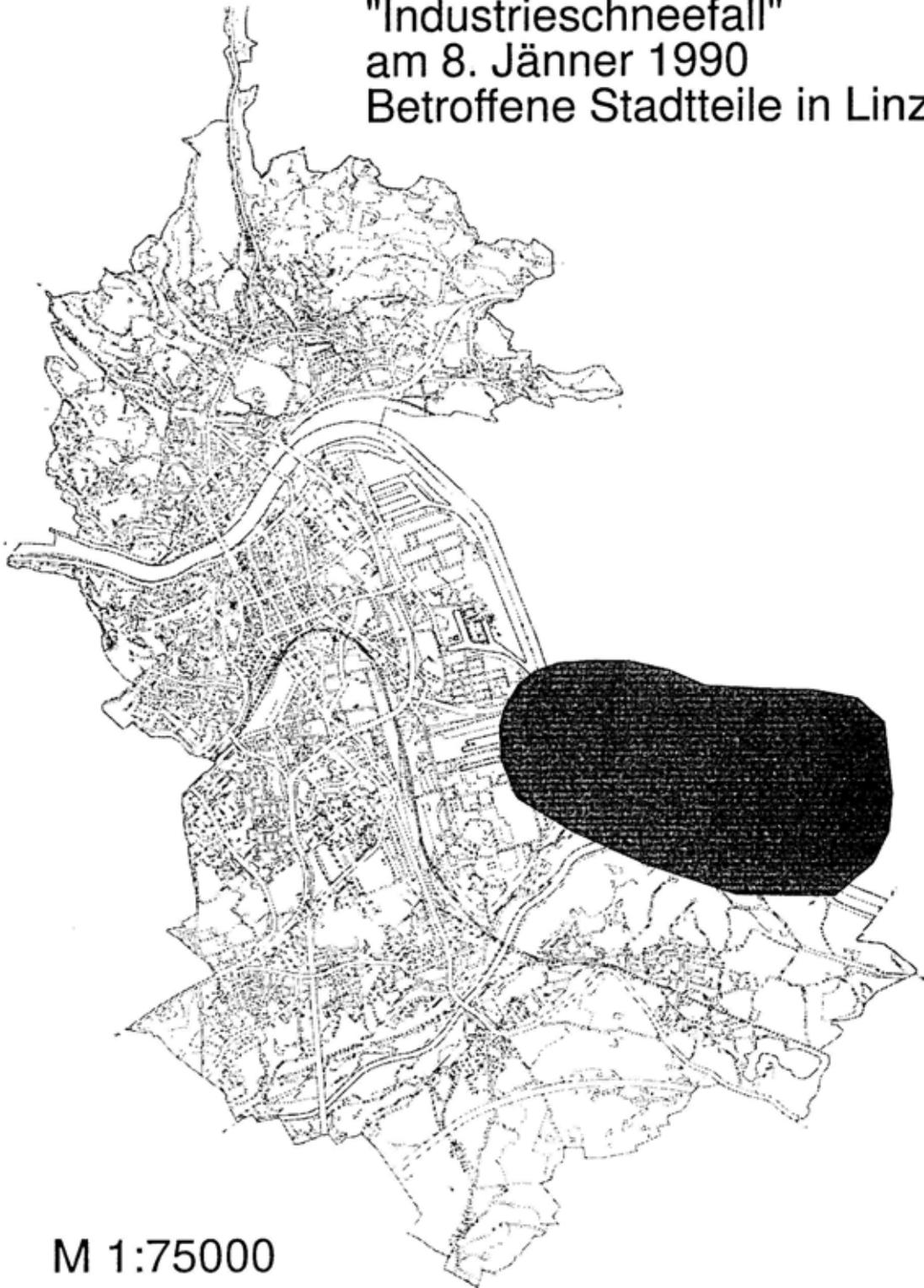
PROBEBEZEICHNUNG:

" SCHNEE - Schmelzwasser "

Aussehen, Farbe:	klar, leicht gelblich
Geruch:	geruchlos
Bodensatz (Sediment): mg/l	405,0)
pH - Wert:	9,76
elektr. Leitfähigkeit (20°C): $\mu\text{S}/\text{cm}$	200
Chloride: mg Cl /l	15,6
Sulfate: mg SO_4 /l	42,7
Nitrate: mg NO_3 /l	17,5
Nitrite: mg NO_2 /l	1,18
Ammonium: mg NH_4 /l	3,8
Eisen: mg Fe /l	---
Mangan: mg Mn /l	---
Kaliumpermanganat- verbrauch: mg/l	---
m - Wert:	1,3
Carbonat-Härte: °dH	3,6
Gesamt - Härte: °dH	4,0
Gesamt-Kohlenwasserstoffe: mg/l	4,5
C'S B - Wert: mg/l	75

) Glühverlust: 15,0 %

"Industrieschneefall" am 8. Jänner 1990 Betroffene Stadtteile in Linz



M 1:75000

Die „Industrieschnee“-Episode 17. Jänner 1996

Wahrnehmung

Am Mittwoch, 17. Jänner 1996 um etwa 7 Uhr 30 stellte Herr Ing. Erlmoser, AfU auf der Autobahn A7 aus Richtung Ansfelden kommend im Bereich Bindermichl ziemlich intensiven ganz feinkristallinen Schneefall fest. Unmittelbar nach dem Bindermichl auf der Höhe Niedernhart hörte der Schneefall wieder abrupt auf.

Laut Mitteilung eines Arbeitskollegen lag zu diesem Zeitpunkt auch weiter nördlich im Stadttinneren bereits Schnee. Es mußte also bereits in der Nacht in der Stadt geschneit haben. Nach eigener Beobachtung kann dies erst nach 1 Uhr gewesen sein.

Wetterlage

Seit Tagen herrschte Hochdruckwetter mit Hochnebel im Zentralraum. Die Temperaturen lagen immer deutlich unter Null Grad (siehe Protokoll der Luftgüte-Meßstationen Berufsschulzentrum und Hauserhof vom 17. Jänner 1996, 0.30 Uhr bis 8.30 Uhr).

In der Nacht nach 00.00 Uhr wurden bei allen Stationen Winde aus nordöstlicher Richtung mit rund 1 m/s registriert.

Zum Zeitpunkt des Schneefalls lag über der Stadt eine gleichmäßige Hochnebelschicht, die besonders über der Industrie dunkler und dichter erschien. Die Abgasfahnen der Industrie wurden mit leichtem Ostwind Richtung Bindermichl getrieben.

Die Temperaturen sanken zwischen 00.00 Uhr und 7.30 Uhr von rund -5 °C auf -7°C. Im Norden von Linz (24er-Turm) war es die Nacht über deutlich kälter als im Süden bei der Station Kleinmünchen. Um 7.30 Uhr lagen die Temperaturen bei -7,8 °C beim 24er-Turm und -5,7 °C in Kleinmünchen.

Die relative Feuchte lag sowohl bei der Station in Steyregg als auch bei den innerstädtischen Stationen um 100 %.

Ausdehnung des Schneefallgebietes

Am Vormittag wurde das Linzer Stadtgebiet, das östliche gelegene Gebiet um Steyregg und das westlich der Stadt befindliche Harter Plateau abgefahren.

Im Bereich östlich von Linz (Steyregg) war keinerlei frischer Schneebeleg feststellbar. Im Stadtgebiet von Linz lag die räumliche Mitte des Schneefallgebietes im Bereich des Hauptbahnhofes. Das beschneite Gebiet erstreckte sich auf Linzer Stadtgebiet in einem Radius von etwas mehr als 1,5 km um den Hauptbahnhof und hatte eine Fläche von rund 9 km².

"Industrieschneefall" am 17. Jänner 1996 Betroffene Stadtteile in Linz



M 1:75000

Begrenzungen:

Im Osten:

Entlang der Linie Garnisonstraße, Franckviertel, Heizhausstraße, Wiener Straße bis kurz vor das Krempl-Hochhaus.

Im Süden:

Glimpfingerstraße, Hausleitnerweg, Eichendorffstraße

Im Westen:

Im Westen reichte das beschneite Gebiet über das Stadtgebiet hinaus. Die westliche Grenze wurde nicht mehr festgestellt. Im Bereich des Harter Plateaus lag die Südgrenze im Bereich der großen Kreuzung bei den Hochhäusern.

Im Norden:

Prinz-Eugen-Straße, Krankenhausstraße, Mozartstraße, Neuer Dom, Kapuzinerstraße, Salesianum, Jesuiten Kloster (Freinbergstraße).

Schneemenge

In den Randzonen war die Schneefallmenge nur sehr gering (Millimeterbereich).

Die größte Menge wurde im Bereich Bindermichl und Oed (Bereich der Landwiedstraße zwischen Oed und Unionstraße) mit rund 2 cm festgestellt.

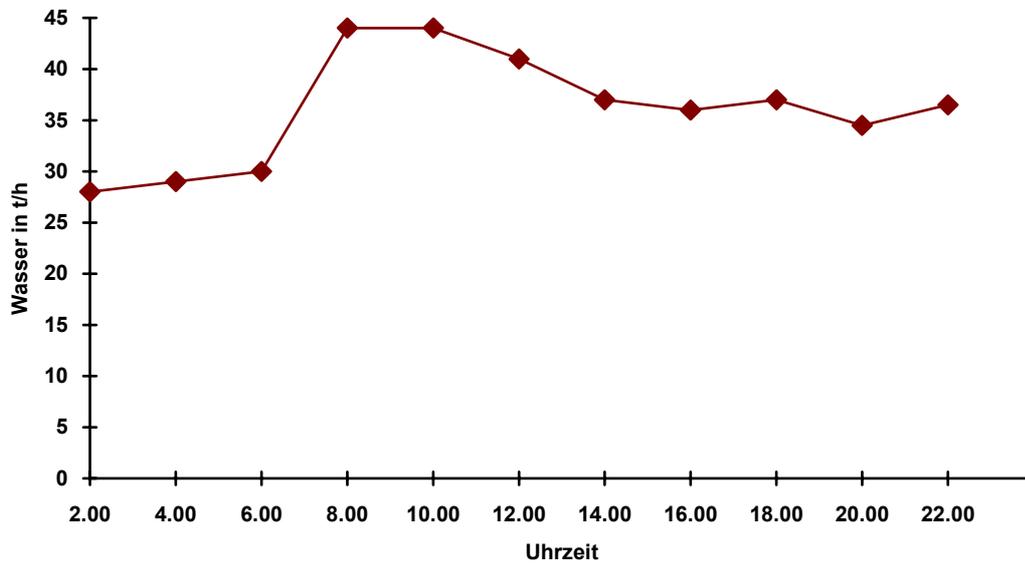
Gutachten

Da der Schneefall nur auf einem eng begrenzten Bereich westlich der Linzer Großindustrie niederging, ist es nicht wahrscheinlich, daß allein natürliche Vorgänge beteiligt waren. Vielmehr deutet der extrem feinkristalline Schnee, die Lage des Schneefallgebietes in einem Bereich, wo die Abgasfahnen mit dem Wind verfrachtet wurden, darauf hin, daß die feuchten Industrieabgase den Schneefall auslösten.

Bei einer Lufttemperatur von rund -7°C kann 1 m^3 Luft etwa 3 g Wasserdampf aufnehmen. Die relative Feuchtigkeit der nach Linz einströmenden Luft lag im Bereich der Immissionsmeßstation Steyregg bei rund 99 % (Meßfehler, 100 % ?). Bei 99 % Luftfeuchte würde daher schon eine zusätzliche Wassermenge von $0,03\text{ g/m}^3$ ausreichen, um die Luft zu sättigen.

Ein Einfluß durch Wasserdampfemissionen in den Abgasen der Großindustrie und der Fernwärmeversorgung ist naheliegend, da laut Mitteilung der ESG allein durch das Fernheizkraftwerk Mitte am 17. Jänner 1996 stündlich rund 30 t bis 45 t Wasserdampf emittiert wurden. Was die anderen Emittenten betrifft, so wird auf die Auflistung der Wasserdampfemissionen im einleitenden Kapitel verwiesen.

Wasserdampfemissionen FHKW Mitte vom 17. 1. 1996



Die „Industrieschnee“-Episode 14. Jänner 1997

Der 14. Jänner 1997 war abermals durch ein „Industrieschnee“-Ereignis gekennzeichnet, wobei diesmal mehrere Tage lang mit unterschiedlicher Intensität Niederschläge zu beobachten waren.

Aus den Grafiken auf den nächsten Seiten sind folgende Daten für den 14. 1. 1997, das ist jener Tag mit der intensivsten Ausbildung an „Industrieschneefall“, zu entnehmen:

1. *Temperaturprofil* vom Bodenniveau (250 m ü.d.M.) bis in eine Höhe von 950 m ü.d.M.
Folgende Aussagen lassen sich treffen:
 - Während des gesamten Tages betrug die Bodentemperatur zwischen -4 und -6 °C.
 - Die Temperatur nahm bis in eine Höhe von ca. 550 m um jeweils ca. 4 °C ab.
 - Es war in ca. 550 m eine *starke Inversion* zu beobachten.
 - Von 550 m bis 950 m Höhe ü.d.M. stieg die Temperatur um ca. 10 °C an! Auf der Giselawarte hatte es bis zu +6 °C, während im Linzer Becken nach wie vor Temperaturen um -5 °C vorherrschten.
2. Aufgrund von Temperaturdaten läßt sich die Mischungshöhe berechnen, das ist jene Höhe, bis zu der eine freie Durchmischung der Atmosphäre möglich ist. Oberhalb dieser Mischungshöhe befindet sich die Inversions-Sperrschicht, das ist jene Schicht, durch welche ein Austausch der Luft zwischen Bodenatmosphäre und höheren Luftschichten nur sehr eingeschränkt möglich ist. Die Mischungshöhe schwankte am 14. 1. 1997 um 380 m ü.d.M., oder anders ausgedrückt, die Inversionsgrenze lag ca. 130 m über dem Stadtniveau.
3. Die Windgeschwindigkeit war in Höhe Freinberg und Magdalenaberg gleich Null, während bei anderen, tiefer gelegenen Meßstationen die Windgeschwindigkeit zwischen 0,5 und 1 m/s betrug.

Industrieschneefall Linz 13. Jänner 1997

M 1 : 75000

innen: 1 - 3 cm Schnee
außen: max. 1 cm Schnee

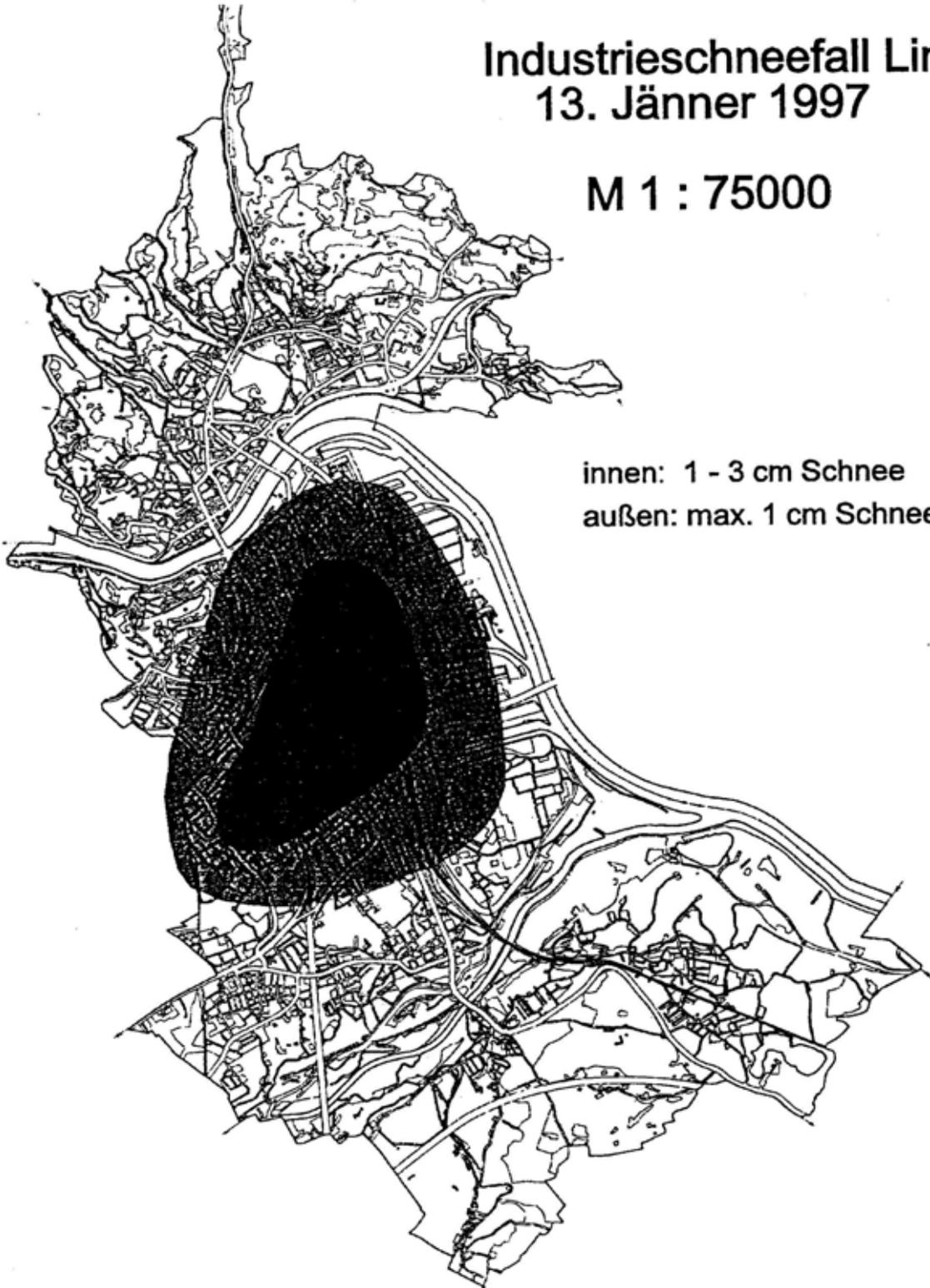




Bild: Hermann Wehner

KURIER
20.1.87

Während auf den Bergen die Sonne schien, schneite es in einigen Teilen von Linz leicht, aber unentwegt. Dafür sorgten die Inversionswetterlage und der Industriesmog

Die vergangenen Tage hatten den Bewohnern einiger Stadtteile von Linz ein seltenes Naturschauspiel beschert: Trotz beständiger Hochdruckwetterlage schneite es unentwegt - der KURIER berichtete. Auslöser für diese Niederschläge war die Inversionswetterlage, die Emissionen der Linzer Industrie in den bodennahen und kalten Luftschichten kristallisieren und zu Boden fallen ließ. Starker Nebel und fehlender Wind verstärkten diesen Schneekanonen-Effekt noch zusätzlich.

Industrieschnee sorgt in Linz weiter für Aufregung

Bürgerliste kontert Aussagen von Umweltpolitikern

Nun ist ein Streit darüber entbrannt, wie giftig dieser Industrieschnee tatsächlich ist. Während Umweltschadtrat Erich Haider (SP) und Landesrat Walter Aichinger (VP) nach eigens durchgeführten Messungen Entwarnung gaben, schlug am Wochenende die Bürgerliste „Mensch und Natur“ Alarm. „Die Jubelmeldungen der regierenden

Politiker kamen verfrüht“, kritisiert die Obfrau der Liste, Gerda Lenger: „Von uns durchgeführte chemische Auswertungen des Industrieschnees ergaben, daß dieser eine hohe Schadstoffkonzentration aufweist.“

Vor allem die gemessenen Nitrat- und Schwefeldioxidwerte seien bedenklich. Lenger wertet diese Ergebnisse

als Beweis, daß die „Sanierung“ der Linzer Luft noch lange nicht abgeschlossen ist. „Die Untersuchung der Schneeproben ergab auch eine gleich hohe Konzentration an Ionen, wie sie 1985 - also vor Beginn des Linzer Umweltprogramms - festgestellt wurden.“

Einige (unabhängige) Umweltexperten sprechen dagegen von keiner unmittelbaren Gefahr, befürchten aber, daß starkes Tauwetter zu einer Verseuchung des Grundwassers durch den Industrieschnee führen könnte.

MENSCH & NATUR

Ausgabe April 1997, Folge 8
Erscheinung: vierteljährlich



Die Zeit-Schrift zur Wahrung von
Menschenrecht und Umweltschutz

Die Arbeit von M&N

Industrie-Schnee - leider nicht von gestern!

Auch wenn er jetzt geschmolzen ist, seine Ursachen bleiben

Zur Arbeit für unser Linz gehört es auch, Gefahren aufzuzeigen. Wir wissen, daß die Botschaft manchmal auf den Überbringer zurückfällt, doch stellen wir jederzeit unsere Verantwortung über opportunistisches Taktilieren.

Wie zumindest in betroffenen Stadtteilen gewiß erinnerlich, fiel heuer auch bei wolkenlosem Himmel in manchen Linzer Stadtteilen Schnee. Ursache ist die immer noch bedenkliche Luftverschmutzung. An den Schmutzmolekülen kristallisiert bei entsprechenden Temperaturen die Luftfeuchtigkeit zu Schneekristallen und fällt zu Boden. Daß dies unnatürlich im Wortsinn ist, bedarf wohl keiner näheren Erläuterung, daher auch nicht, daß wir etwas dagegen tun müssen!

Keine Panikmache

M&N will sich nicht durch erschreckende Nachrichten profilieren. Auch uns wäre am liebsten, es gäbe diesen „Schnee“ gar nicht. Doch müssen wir in aller Sachlichkeit darauf hinweisen, daß die Ursachen des unnatürlichen Schneefalls bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt zwar unsichtbar bleiben, aber fortbestehen. Spätestens im nächsten Winter werden das auch die Beschwichtigter und Schönfärber des

„amtlichen Linz“ nicht mehr wegleugnen können. Da ist es doch gescheiter, wir tun sofort etwas.

„Mineralwasser“

Wie man das nicht tun sollte, haben der Umweltstadtrat und das Amt für Umweltschutz peinlich vorgeführt: Der geschmolzene „Schnee“ enthalte nicht mehr gelöste Stoffe als Mineralwasser ...

Dümmer geht's nimmer! Mineralwasser ist in begrenzten Mengen genossen gesundheitsförderlich. Der Industrie-Schnee sei es auch, war wohl die versteckte Schwindel-Botschaft der Stadt-Verantwortlichen.

Zur Sache: In die Luft verdunstetes und verdampftes Wasser ist so gut wie ohne Inhaltsstoffe. „Weich“ sagen Gärtner dazu und schätzen es deswegen hoch als für Boden und Pflanzen zuträgliches Gießwasser. Dann, wenn es in den Boden einsinkt, nimmt es verschiedenste Stoffe auf. Und wird, unter besten Voraussetzungen - etwa in unberührten Gebirgsregionen - zu einem gesunden Mineralwasser. Nimmt es schon in der Luft Substanzen auf, weil die so verdreckt ist, so ist das Ergebnis keineswegs „gesund“. Mineralisiertes Regenwasser bedroht Böden und Pflanzen. Wozu noch kommt,

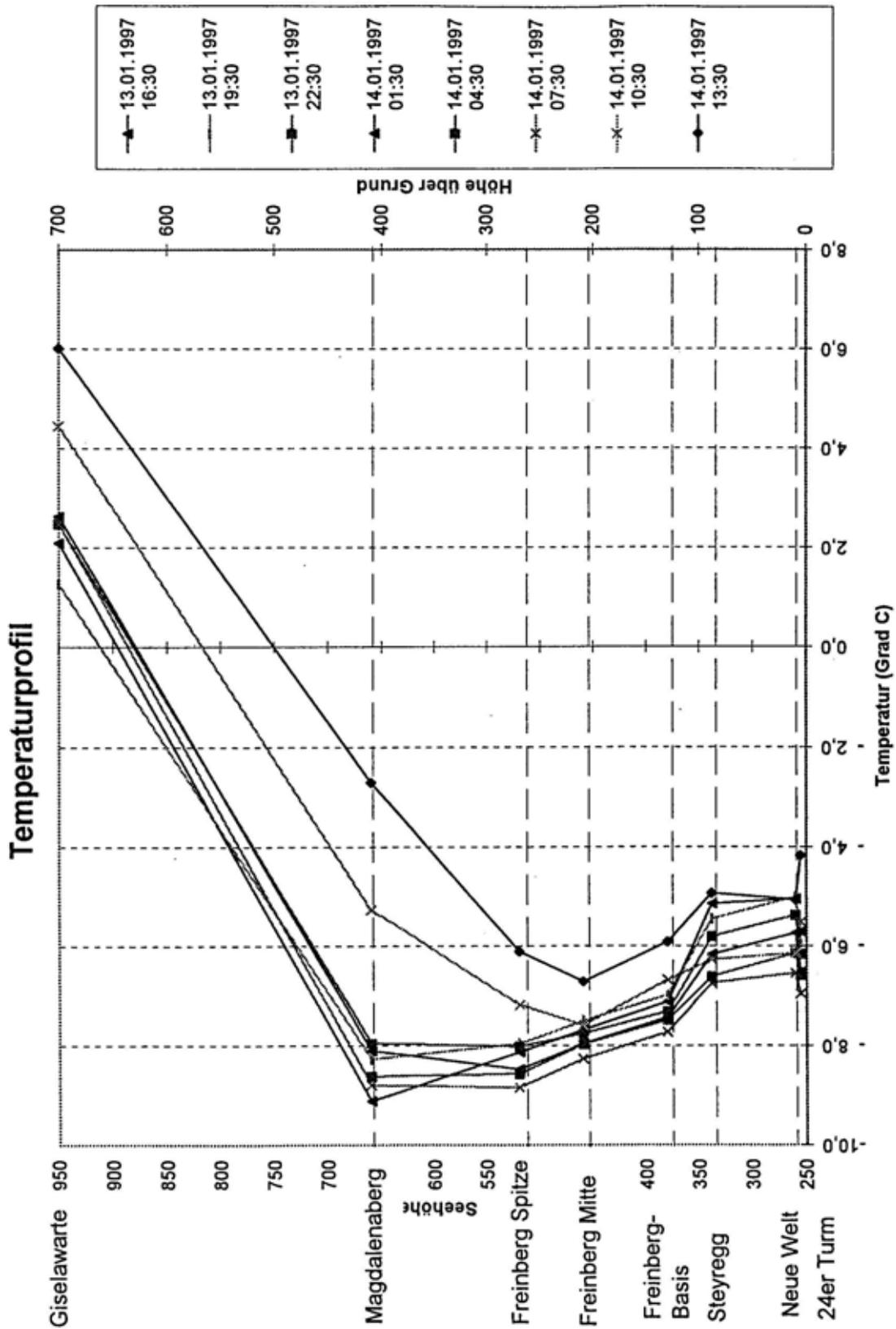
daß die Relation von aus verschmutzter Luft aufgenommenen Substanzen zueinander eine ganz andere ist, als hätte sich das Wasser in gesunden Böden angereichert!

Schlechter als 1983

Wie bedenklich das Phänomen „Industrie-Schnee“ in Wahrheit ist, geht vor allem auch daraus hervor, daß im Schneewasser von heuer mehr Substanzen in größerer Menge gefunden wurden als 1983. Vor der Luftsanierung. Leser unserer Zeitung wissen, daß wir schon wiederholt darauf hingewiesen haben, daß auch Untersuchungen im Bereich Pfenningberg (Fichtennadeln) keine grundsätzliche Besserung des durch Luftverschmutzung beeinträchtigten Pflanzenwachstums ergeben haben.

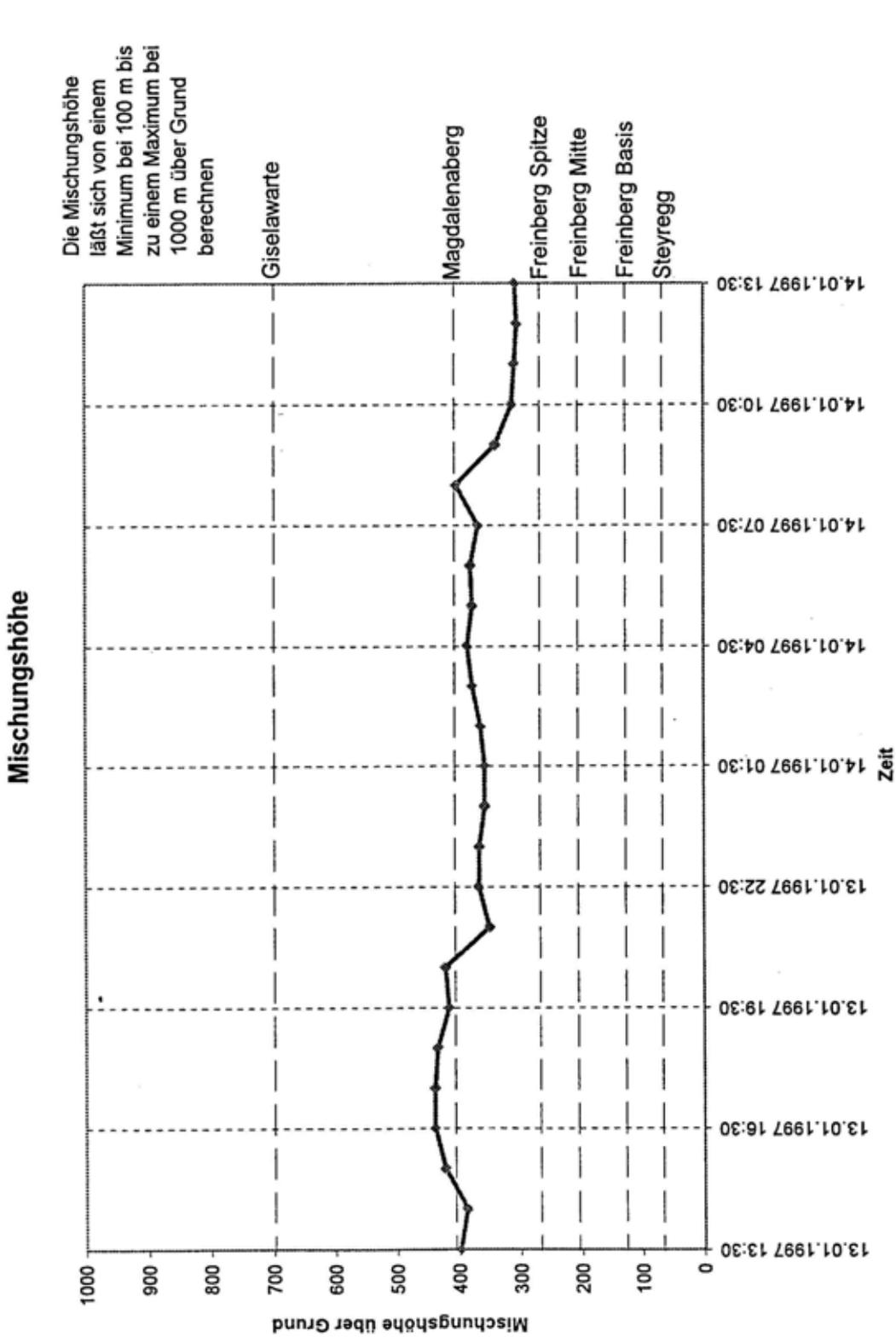
Gerade weil wir aber die Verdienste der Luftsanierung durchaus anerkennen, verlangen wir umso entschlossener, daß die Sache ordentlich aufgeklärt wird, nicht vertuscht und beschönigt.

Wir werden die Situation auf den Punkt bringen, dann kann man die nötigen Konsequenzen ziehen. Dafür werden wir von M&N im Gemeinderat eintreten. Damit wir und unsere Kinder gesunde Luft zum Atmen haben!



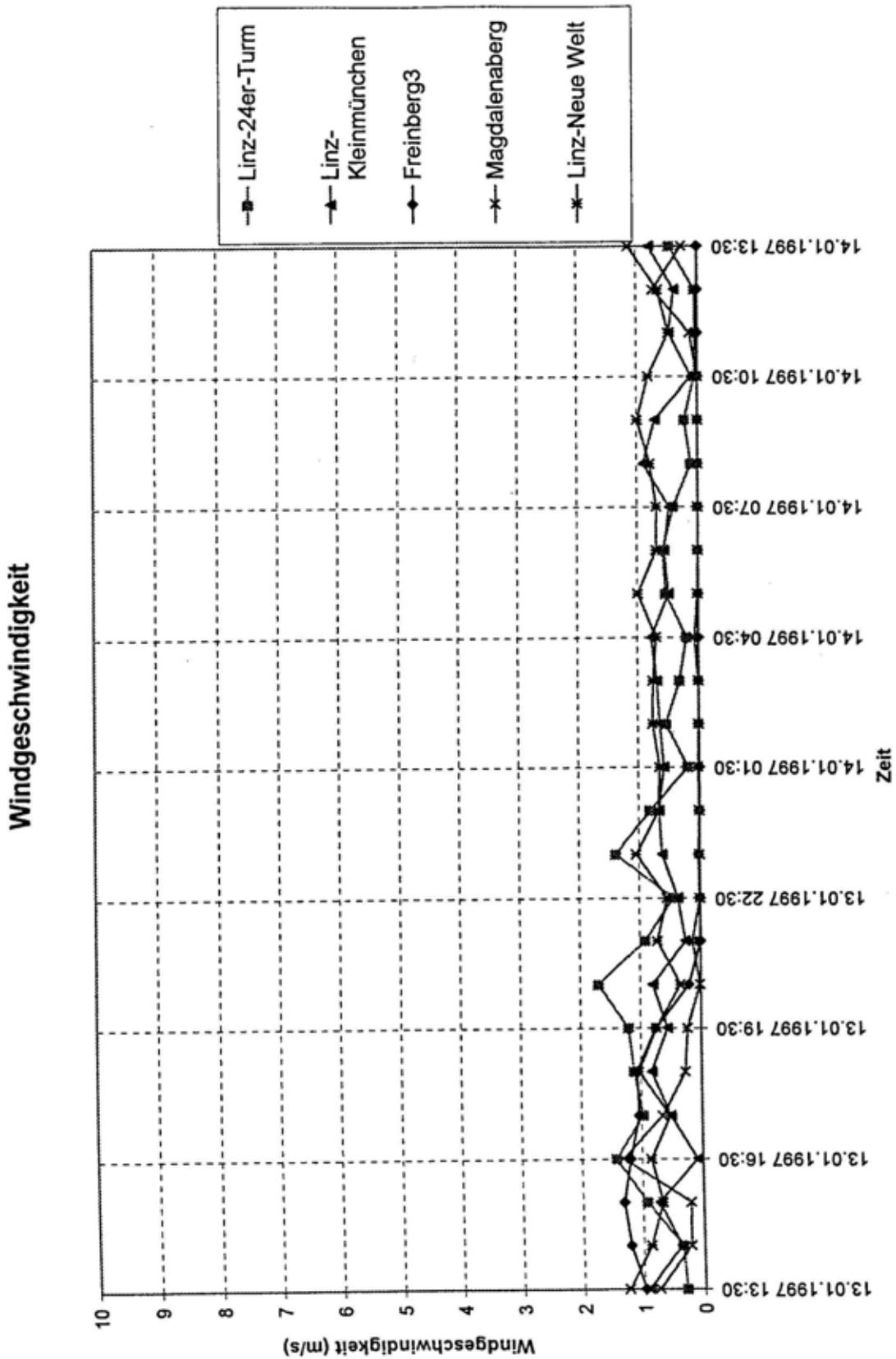
METMENU.XLS, Temperaturprofil, 15.01.1997, 11:57

Amt der OÖ. Landesregierung/U-LE/Da



METMENU.XLS,MH,15.01.1997,11:58

Amt der OÖ.Landesregierung/U-LE/Da



METMENU.XLS,WIV,15.01.1997,11:59

Amt der OÖ.Landesregierung/U-LE/Da

Inhaltsstoffe des „Industrieschnees“

Eine Frage, die immer wieder auftaucht, ist jene nach der Belastung des „Industrieschnees“ mit Schadstoffen.

„Industrieschnee“-Proben wurden analysiert und folgende Ergebnisse gewonnen:

Komponente	Amtlich gezogene Proben 14.1.1997*		Von „Mensch & Natur“ gezogene Proben 18.1.1997			Stadtrat Buchner Steyregg 9.1.1990	„Juvina“ Mineralwasser
	1	2	1	2	3		
	[mg/l]		[mg/l]			[mg/l]	[mg/l]
Kationen							
Ammonium	6,1	1,2	2,5	2,4	2,3	3,8	1,14
Natrium	5,2	6,0					330,5
Kalium	1,6	< 1					16,8
Magnesium	0,18	0,10					58,3
Calcium	7,5	8,8					255,7
Eisen	0,08	0,01					3,01
Anionen							
Fluorid	0,30	0,25					0,3
Chlorid	8	9	3,5	1,5	3,2	15,6	60,3
Sulfat	11	< 5	7,2	5,8	5,5	42,7	67,5
Phosphat	1,7	0,36					
Nitrat	11	2,6	4,7	3,2	3,1	17,5	0,32
Nitrit	0,085	0,059					
pH	8,10	9,75	7,51	7,56	5,92	9,76	
gelöster org. Kohlenstoff	12	6					
Härte [° dH]	< 1,3	< 1,3					
elektr. Leitfähigkeit [µS/cm]	120	90	67	54	90	200	
Leuchtbakterientest [GL-Wert]	0**	0					

* Probenahme durch Amt für Umweltschutz, Analysen durch Amt der o.ö. Landesregierung, Unterabteilung Luftreinhaltung und Energietechnik

** Nicht toxisch

Die Analysen bei den 3 amtlich gezogenen Proben stimmen gut mit den durch die GR-Fraktion „Mensch&Natur“ gezogenen Proben überein.

Die Gemeinderatsfraktion „Mensch&Natur“ hat sich über den Schadstoffgehalt der Schneeproben immer wieder sehr kritisch geäußert (siehe Artikel „Industrie-Schnee-leider nicht von gestern“). Es wurde unter anderem festgestellt, daß das Phänomen „Industrieschnee“ deswegen auch so bedenklich sei, da 1997 mehr Substanzen in größerer Menge gefunden worden seien als im Schneewasser 1983.

Dazu sind folgende Punkte festzustellen:

- Durch industrielle Wasseremissionen verursachter Schnee *muß* stärker belastet sein als normaler Schnee, da die Wasserdampfemissionen immer im Zusammenhang mit Verbrennungsprozessen zu sehen sind. Bei jeder Verbrennung entsteht neben Wasser und CO₂ unter anderem auch Stickoxide und Staub, welche bei der Kondensation und Kristallisation mit eingebunden werden. Der Gehalt an Nitrat und Sulfat liegt demgemäß im Industrieschnee etwa um den Faktor 5 höher als bei natürliche gefallenem Schnee.
- Die Schadstoffe, welche im Schnee eingebunden sind, gelangen ansonsten in die Atmosphäre, werden dort verteilt und durch Regen wieder ausgewaschen. Die Niederschlagung von Schadstoffen in Form von „Industrieschnee“ stellt quasi den direkten Weg von einer Quelle zum Eintrag in den Boden dar, wogegen in allen anderen Fällen (z. B. auch in den Sommermonaten) der Umweg über Ausregnen besteht.
- Aufgrund dessen sind die analysierten Bestandteilen des Industrieschnees für den Boden nicht mehr bedenklich als wenn er durch den Regen ausgewaschen worden wäre. Aufgrund des hohen pH-Wertes des Schnees ist auch keine Bodenversauerung gegeben.
- „Industrieschnee“ nimmt kaum Schadstoffe aus der Luft auf, die Aufnahme geschieht vielmehr in unmittelbarer Nähe der Quelle, was unter anderem dazu führt, daß die Schadstoffe gar nicht mehr in die Atmosphäre gelangen können. An den Tagen mit „Industrieschneefall“ liegen die allgemeinen Luftbelastungen trotz vergleichsweise ungünstiger meteorologischer Situation (starke Inversion) überraschend niedrig!
- Was den Vergleich der Inhaltsstoffe des „Industrieschnees“ mit einem Mineralwasser betrifft, so soll damit nur ausgedrückt werden, daß bei den gemessenen Komponenten der Gehalt an „Schadstoffen“ im Mineralwasser wesentlich höher sein kann als im Schnee (Ausnahme: Nitrat). Keineswegs kann daraus geschlossen werden, daß die Konsumation von Industrieschnee gesundheitsförderlich sei, da im Schnee noch andere Substanzen (z. B. organische Verbindungen) enthalten sein können, die in einem Mineralwasser nichts verloren haben.

Die „Industrieschnee“-Episode 1. Jänner 1998

Die vorläufig letzte Episode war am 1. Jänner 1998 zu beobachten. Es herrschten wieder ähnliche meteorologische Bedingungen wie in den vorangegangenen Episoden.

Folgende Ausdehnung konnte beobachtet werden (Schneehöhe im Zentrum ca. 3 cm):

"Industrieschneefall" am 1. Jänner 1998 Betroffene Stadtteile in Linz



M 1:75000

OÖN

Samstag, 3. Jänner 1998

Kunstschnee von Industrie doch belastet

LINZ. Eine dicke Decke aus „Industrieschnee“ in mehreren Linzer Stadtteilen löste zahlreiche besorgte Anfragen beim Umweltamt aus. Laut Messungen der Grünen ist der Schnee erheblich belastet.

Während überall sonst grüne Wiesen zu sehen sind, liegen am Bindermichl, in Teilen der neuen Heimat und in Oed bis zu 15 Zentimeter Industrieschnee. Auslöser ist die herrschende Inversionswetterlage, durch die die Abgase nicht entweichen können und der Wasserdampf-Anteil gefriert. „Eine Auswertung von Schneeproben ergab, daß die Belastung so hoch ist wie vor der großen Luft-Sanierungsaktion der Industrie“, be ruft sich die Grün-Gemeinderätin Gerda Lenger auf eigene Analysen. Im Umweltamt fand gestern bereits eine Krisensitzung statt, man hält aber an der bisherigen Position fest, daß der Schnee „harmlos“ sei. Die Proben zeigten lediglich nennenswerte Konzentrationen an Sulfat, Nitrat und Kalk.

→ Amt des O.Ö. Udep, U-LE ?

Resümee

1. In Linz finden „Industrieschnee“-Episoden häufig in der ersten Jännerhälfte statt.
2. Notwendig für die Bildung von „Industrieschnee“ sind jedenfalls starke Inversionen und Temperaturen um - 10 °C.
3. Die beschneiten Flächen umfassen im Linzer Stadtgebiet meist den Bereich, welcher begrenzt ist von der Industrie im Osten,
etwa der Bereich Salzburger Straße im Süden,
ein Teil des Gebietes von Leonding im Westen,
der Bereich Unionstraße im Norden.
Das bedeutet, daß bei „Industrieschnee“-Episoden meist Ostwind vorherrschte. Eine Ausnahme bildet die „Industrieschnee“-Episode des Jahres 1990, bei welcher Nordwestwind herrschte und daher der windabwärts gelegene Bereich von Steyregg betroffen war.
4. Wenn man sich die Form der beschneiten Flächen anschaut, so scheint es so zu sein, daß nicht alle Wasseremittenten an der Bildung von „Industrieschnee“ gleichermaßen beteiligt sind. Die Löschtürme der Kokerei dürften dabei einen maßgeblichen Anteil daran haben.
5. Gegenüber normalem Schnee weist „Industrieschnee“ einen höheren Gehalt an Inhaltsstoffen auf (etwa Faktor 5). Dies liegt daran, daß die Schadstoffe im Zuge von Kondensation und Eisbildung bereits direkt in die Körner eingebaut werden und nicht mehr in die Luft gelangen. Für die Belastung des Bodens ergibt sich dadurch jedoch kein Unterschied, da die Schadstoffe der Luft sonst erst verzögert durch Auswaschen und staubförmige Deposition in den Boden gelangen. Der Schnee weist gegenüber normalem Schnee einen relativ hohen pH-Wert und Nitratgehalt auf. Der Nitratgehalt liegt jedoch weit unter dem EU-Grenzwert für Trinkwasser (gemessen: 11 mg/l, Grenzwert ab 1999: 30 mg/l, Linzer Leitungswasser: ca. 30 mg/l).
6. Bei „Industrieschnee“-Episoden weist die Luftbelastung im Vergleich zu sonstigen Inversionswetterlagen geringe Werte auf, da die Schadstoffe bereits im Schnee eingebunden sind.

Artikel „Anthropogen bedingte Schneefälle in Ballungsräumen“

aus: Staub - Reinhaltung der Luft 50 (1990) 383-385

Herrn Univ.-Prof. Dr. med. J. R. Möse zum 70. Geburtstag gewidmet

Anthropogen bedingte Schneefälle in Ballungsräumen

Franz Mascher, Graz, Otmar Harlfinger, Wien, Gerald Fischer, Graz

Schneefälle, die in Ballungsgebieten immer im gleichen Areal bei antizyklonalen Wetterlagen mit einer ausgeprägten Inversion auftreten, werden als „Industrieschneefälle“ bezeichnet. Dieses Phänomen wird zunehmend dort beobachtet, wo mangelnder Luftaustausch zu maximalen Immissionskonzentrationen führt. Im Januar 1989 konnten in Graz-Lend drei Industrieschneefälle festgestellt und die Inhaltsstoffe des Schnees bestimmt werden. Die chemischen Analysen ergaben im Industrieschnee deutlich höhere Konzentrationen an Schadstoffen als Vergleichsproben von „normalen“ Niederschlägen aus belasteten und unbelasteten Gebieten.

Das Auftreten von Industrieschneefällen ist sowohl aus lufthygienischer Sicht als auch für die Verkehrssicherheit von Bedeutung.

Anthropogenically induced snowfalls in conurbation

Snowfalls that keep reoccurring in the same location of crowded areas during anticyclonic weather situations with distinct inversion are called "industrial snowfalls". This phenomenon occurs increasingly in areas where deficient exchange of air leads to maximum concentrations of pollutants such as in the Lend district of Graz. During January 1989, three industrial snowfalls were identified and their contents analyzed. The chemical analyses showed that industrial snowfalls contain markedly higher concentrations of pollutants than control samples taken from regular precipitations in areas both affected and not affected by pollution.

The occurrence of industrial snowfalls is significant both from the point of view of air hygiene and for reasons of traffic safety.

1 Einleitung

Lokal eng begrenzte Schneefälle in städtischen Bereichen oder Industriegebieten werden zunehmend bei ausgeprägten antizyklonalen Inversionswetterlagen beobachtet. Das Charakteristikum dieser Schneefälle besteht darin, daß sie immer im gleichen Areal – deutlich abgegrenzt von der Umgebung – auftreten. Die Schneefälle entstammen einer mehreren 100 m dicken Hochnebelschicht, dauern meist einige Stunden und führen zu einer Schneedecke, die im Extremfall bis 7 cm dick sein kann [1]. Die besondere Schwierigkeit bei der Erfassung dieser Schneefälle liegt in der geringen flächenhaften Ausdehnung von meist nur wenigen

Quadratkilometern und entgeht damit naturgemäß häufig der Aufmerksamkeit der Meteorologen.

Bisher wurden „Industrieschneefälle“ in Mannheim – Stadtteil Oppau-Friesenheim [2], Berlin – Stadtteil Tempelhof-Kreuzberg [3], Bern – Stadtteil Holigen [4], Freiburg – Stadtteil Zähringen [1] und Basel – Hafengebiete [5] festgestellt und dokumentiert. Seit Jahren konnte diese Erscheinung auch im Nordwesten von Graz beobachtet werden. Bedingt durch die häufigen Inversionswetterlagen im Januar 1989 kam es dann auch „planmäßig“ an vier Tagen zu Industrieschneefällen. An drei Tagen gelang es, Proben zu sammeln, die auf ihre Inhaltsstoffe (Schadstoffe) untersucht wurden.

Die von Niederschlägen durchströmte Atmosphäre erfährt einen erheblichen Reinigungsprozeß. So wäscht z. B. ein Liter Regenwasser 326 000 l Luft aus [6]. Für städtische und industrielle Zonen sind vor allem erhöhte SO₂- und Stickoxidkonzentrationen im Niederschlag charakteristisch. Durch photochemische Reaktionen können diese Oxide bis zur Schwefelsäure und Salpetersäure oxidiert werden. Typisch für solche Niederschlagswässer sind vergleichsweise hohe Gehalte an Sulfaten und Nitraten.

2 Material und Methodik

2.1 Lage und Klima von Graz

Graz (320 000 Einwohner einschließlich urbanisierter Umgebung) befindet sich in einer Beckenlage am Südostrand der Ostalpen in rund 360 m Seehöhe. Die Nordumrandung des Grazer Feldes erstreckt sich bis zu 1100 m über dem Stadtniveau. Nach Süden fallen die Ausläufer der Ostalpen als östliche und westliche Begrenzung terrassenförmig in ein sich etwa 150 bis 300 m über Talgrund aufbauendes Hügel- bzw. Bergland ab. Die Südumrandung weist nur noch relativ geringe Erhebungen auf. Die klimatischen Verhältnisse werden im Winterhalbjahr vorwiegend durch kontinentale Züge, im Sommer durch mediterran-festländisch-subalpine Einflüsse geprägt, wobei sowohl die lufthygieni-

Tabelle 1. Calmenhäufigkeit in % (A). Zahl der Tage mit Äquivalenttemperatur $\geq 49^\circ\text{C}$ an der Universität Graz (B) und Zahl der Tage mit Nebel am Flughafen Graz (C) (1961 – 1980)

	Jan.	Febr.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
A	58,4	49,2	42,7	39,1	36,3	36,5	35,5	42,0	50,1	49,3	51,5	57,4	45,6
B					1,3	7,8	12,7	12,2	3,6				37,6
C	20,1	13,6	9,5	5,0	4,8	5,5	7,3	12,3	17,0	19,3	15,5	20,0	149,9

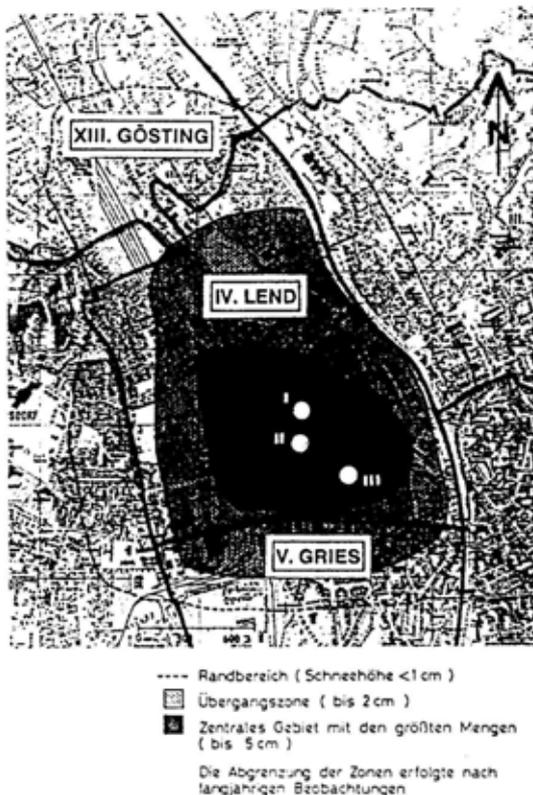


Bild: Industrieschneefallbereich in Graz mit Probenahmestellen (I, II, III)

schen als auch die bioklimatischen Eigentümlichkeiten durch die Beckenlage wesentlich bestimmt werden. Ausschlaggebend dafür ist die ganzjährig hohe Calmenhäufigkeit (Tabelle 1), die in Verbindung mit vermehrter Luftfeuchte im Sommer zu häufigen Schwülebedingungen führt. Im Winter bilden sich regelmäßig anhaltende Inversionen (Obergrenze vorwiegend zwischen 800 bis 1200 m NN) aus, die Graz bzw. deren Umgebung zum nebelreichsten Gebiet Österreichs machen (Tabelle 1). Unter solchen austauscharmen Bedingungen kam es schon wiederholt zu Smog oder smogähnlichen Situationen.

2.2 Chemische Analysen

Von drei beobachteten Industrieschneefällen (Bild 1) wurden mittels PE-Folien Proben gesammelt und nach genormten Verfahren nachstehende Parameter untersucht: pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Härte, Gehalt an Ammonium, Nitrit, Nitrat, Chlorid, Sulfat, KMnO_4 -Verbrauch (oxidierbare organische Substanzen). Als Vergleichsproben wurden „normale Niederschläge“ (Schnee bzw. Schneereg) aus einem unbelasteten am 23. 3. und 2. 4. 1989 und einem belasteten Gebiet am 2.–5. 4. 1989 herangezogen. Die Probenahmestellen aus dem belasteten Stadtgebiet liegen 1,5–2,0 km östlich des Gebietes mit Industrieschneefällen, jene aus einer unbelasteten ländlichen Region in nordöstlicher Richtung in etwa 8 km Entfernung (800 m Seehöhe).

3 Ergebnisse

An den drei Tagen mit Industrieschneefall konnten an den Probenahmestellen im Bezirk Graz-Lend (Bild) nachstehende meteorologische Daten erhoben werden:

I. 5. 1. 1989: antizyklonale Lage;
 Wetterdaten 7.00 Uhr MEZ:
 Graz-Flughafen $-6,0\text{ }^\circ\text{C}$, 94 % r. F., Nordost 1 Bf., Nebel
 Schöckl (1445 m) $0,2\text{ }^\circ\text{C}$, 28 % r. F., Windstille
 Hochnebelobergrenze ca. 550 m NN
 Maximale Temperaturdifferenz unter- und oberhalb der Inversion $12\text{ }^\circ\text{C}$
 Industrieschneefall von 7.30–10.00 Uhr, Höchstmenge 2–3 cm

II. 28. 1. 1989: antizyklonale Lage;
 Wetterdaten 7.00 Uhr MEZ:
 Graz-Flughafen $-3,8\text{ }^\circ\text{C}$, 96 % r. F., Süd 1 Bf., Nebel
 Schöckl (1445 m) $-1,4\text{ }^\circ\text{C}$, 43 % r. F., Südwest 2 Bf.
 Hochnebelgrenze ca. 750 m NN
 Maximale Temperaturdifferenz unterhalb und oberhalb der Inversion $9,0\text{ }^\circ\text{C}$
 Industrieschneefall von 8.00–10.00 Uhr, Höchstmenge 1 cm

III. 30. 1. 1989: antizyklonale Lage;
 Wetterdaten 7.00 Uhr MEZ:
 Graz-Flughafen $-4,8\text{ }^\circ\text{C}$, 95 % r. F., Süd 1 Bf., Nebel
 Schöckl (1445 m) $-0,8\text{ }^\circ\text{C}$, 36 % r. F., Nordwest 2 Bf.
 Hochnebelgrenze ca. 700 m NN

Tabelle 2. Analyseergebnisse der Niederschlagsproben

	Industrieschnee Probenahmestellen			Niederschläge (belastetes Gebiet) Proben			Niederschläge (unbelastetes Gebiet) Proben	
	I	II	III	1	2	3	1	2
pH	6,55	7,49	7,89	6,86	5,81	6,10	7,50	7,31
Elektrische Leitfähigkeit (μS)	91	205	303	79	59	129	37	25
Gesamthärte ($^\circ\text{dH}$)	2,0	2,7	4,4	1,7	0,8	0,3	0,7	0,5
Ammonium (mg l^{-1})	1,69	7,45	8,55	1,06	2,08	0,85	0,80	0,52
Nitrit (mg l^{-1})	0,11	0	0	0,28	0,08	0,42	0,05	0,03
Nitrat (mg l^{-1})	1,2	9,8	10,2	2,6	2,7	1,8	1,7	1,1
Chlorid (mg l^{-1})	6,6	15,2	25,3	0,7	2,7	5,7	3,2	1,2
Sulfat (mg l^{-1})	9	17	41	10	14	14	4	2
KMnO_4 -Verbrauch (mg l^{-1})	95	217	510	23	18	32	8	20

F. Mascher et al.: Anthropogen bedingte Schneefälle in Ballungsräumen

385

Maximale Temperaturdifferenz unter- und oberhalb der Inversion 10,0 °C

Industrieschneefall von 7.30–9.00 Uhr, Höchstmenge 0,5 cm

In Tabelle 2 sind die Untersuchungsergebnisse der Niederschlagsproben aus einem unbelasteten ländlichen Gebiet und einem belasteten Stadtgebiet den Konzentrationen der Industrieschneepollen gegenübergestellt. Ausgehend von dem unbelasteten Gebiet zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Konzentrationen praktisch aller Untersuchungsparameter bei den städtischen Bereichen. In letzterem Fall wurden die eindeutig höchsten Werte im Industrieschnee gemessen.

4 Diskussion

Wenn auch die drei untersuchten Industrieschneefälle keine endgültige Aussage über den kausalen Entstehungsmechanismus zulassen, so passen doch die Ergebnisse recht gut in die bisher bekannte Vorstellung über das Auftreten von Niederschlägen dieser Art. In allen drei Fällen war stets das gleiche Areal (Graz-Lend) betroffen, in dem die Schwerindustrie konzentriert ist. Zudem wird Lend von thermischen Ausgleichsströmungen am wenigsten erfaßt, da der nächtliche Bergwind des Murtales weiter im Osten der Stadt vorbeistreicht und die schwache südöstliche Strömungskomponente am Tag diesen Bezirk kaum erreicht [7]. Das bedeutet, daß der Industrieschneefall dort auftritt, wo bei autochthonen Wetterlagen die geringste Durchlüftung und die höchste Schadstoffanreicherung erwartet werden kann. Analoge Verhältnisse mit ähnlichen Auswirkungen sind von Freiburg/Br. bekannt [8, 9].

In diesem Zusammenhang sei auch auf die Ergebnisse der chemischen Analysen hingewiesen. Obwohl die Anzahl der Proben und die unterschiedlichen Entnahmezeiten keinen direkten Vergleich zulassen, ist doch auffällig, daß die höchsten Schadstoffkonzentrationen im Industrieschnee nachgewiesen werden konnten. Während für den Gehalt an Stickstoffverbindungen der Straßenverkehr hauptverantwortlich ist, sind die Sulfatkonzentrationen überwiegend auf Hausbrand und Industrie zurückzuführen. Organische Substanzen können ebenfalls auf Rückstände fossiler Brennstoffe zurückgeführt werden. Der erhöhte Chloridgehalt der Niederschläge dürfte von dem in die Luft verfrachteten Streusalz stammen, der erhöhte Härtegrad der Niederschlagswasser von aufgewirbelten Stäuben.

Verglichen mit anderen Städten kommt es in Graz bereits ab einer vertikalen Temperaturumkehr von ca. 10,0 °C zu Industrieschneefällen. Allerdings war auch die Schneefallergiebigkeit geringer als in Freiburg, Berlin und Mannheim. Bei stärkerer Ausprägung der Inversion kann man jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit erwarten, daß die anthropogen ausgelöste Schneemenge größer sein wird.

Das wesentliche Problem in diesem Zusammenhang ist jedoch die Frage, wie es zur Auslösung des Schneefalls kommen kann. In der freien Atmosphäre bilden sich mangels geeigneter Kristallisationskeime in einem Temperaturbereich oberhalb von -10 °C keine Eisteilchen, und auch aus Stratusdecken ist selbst bei großer kolloidaler Labilität erst ab einer Schichtdicke von 1000 m ein Niederschlag zu erwarten [10]. Andererseits gilt es als bekannt, daß je nach Kristallstruktur, chemischer Substanz etc. die Eiskeimbildung auch bei anderen Temperaturen hervorgerufen werden kann. Je größer die Strukturähnlichkeit eines Kernes der eines Eiskristalls ist, desto weniger tiefe Temperaturen sind in der Regel hierfür erforderlich. Vor allem organische Beimengungen können bewirken, daß sich bereits ab -2 °C Eiskristalle bilden können [11]. Damit scheint sich die Annahme zu bestätigen, daß das Gefrierkernspektrum unter bestimmten anthropogenen Einflüssen zu einem höheren Temperaturbereich verschoben wird.

Das Auftreten von „Industrieschnee“ kann somit als ein Indiz für maximale Schadstoffkonzentrationen unterhalb einer ausgeprägten Inversion, die durch orographische Verhältnisse noch begünstigt wird, gewertet werden.

Neben lufthygienischen Aspekten können diese Phänomene auch die Verkehrssicherheit ungünstig beeinflussen. Kraftfahrer können ohne Vorwarnung unvermittelt auf eine Schneefahrbahn geraten, wenn der Streudienst auf derartige Verhältnisse nicht rechtzeitig hingewiesen wird.

Inwieweit derartige Industrieschneefälle zu einer Auswaschung und damit zu einer Reduktion der Luftschadstoffe führen, ist durch entsprechende Untersuchungen noch abzuklären.

Literatur

1. Harlfinger, O.; Jaeneke, M.: Schneefall durch Industrieemissionen? Umwelt 6, (1978), S. 445–446
2. Kienle, J.: Ein stadtbundener Schneefall in Mannheim. Met. Rdsch. 5 (1952) Nr. 7/8, S. 132–133
3. Scherhag, R.: Stadtschnee. Beilage zur Berliner Wetterkarte v. 7. 1. 1969
4. Neuwirth, R.: Bioklima. In: Die Stadt in der Bundesrepublik Deutschland. Stuttgart: Reclam jun. 1974
5. Schüpp, W.: Industrieschneefälle in Basel am 29. 1., 31. 1. und 17. 2. 1981 (persönliche Mitteilung)
6. Hütter, L. A.: Wasser und Wasseruntersuchung. Diesterweg Verlag 1988
7. Lazar, R.: Stadtklimatische Besonderheiten in Graz. Tagungsbericht „10 Jahre Grazer Luft – beobachtet“, S. 20–29, Magistrat Graz 1985
8. Harlfinger, O.: Die bioklimatische Bedeutung des Höllentälers in Freiburg. Met. Rdsch. 29 (1976) Nr. 1, S. 15–18
9. Harlfinger, O.: The local climatic and air hygienic peculiarities of Freiburg. In: Special Environmental Report Nr. 14, WMO Genf (1980), S. 373–379
10. Weisheit, W.: Einführung in die allgemeine Klimatologie. Teubner Studienbücher Geographie 1977
11. Rogers, R. R.: A short course in cloud physics. International Series in Natural Philosophy Bd. 14, Pergamon Press 1976