

LIS-Berichte

Nr. 85

Untersuchungen zum Vegetations-
zustand in der Umgebung der
Aluminiumhütten in NRW mit Hilfe
der Falschfarbenfotografie

Herausgeber



ISSN 0720-8499

1988

Landesanstalt für Immissionsschutz
Nordrhein-Westfalen
Bibliothek

**Untersuchungen zum Vegetationszustand
in der Umgebung der Aluminiumhütten in NRW
mit Hilfe der Falschfarbenfotografie**

Dr. Georg H. M. Krause

I n h a l t	Seite
Zusammenfassung	7
Summary	8
1. E i n f ü h r u n g u n d U n t e r s u c h u n g s a u f t r a g	9
2. M e t h o d i k	9
2.1. Allgemeine Methodik	9
2.2. Annahmen und Hypothesen zur Prüfung der Fragestellung	10
2.3. Datenerhebung	12
2.3.1. Fluorbelastung	12
2.3.2. Vitalität	13
2.3.3. Entfernung vom Werk	13
2.3.4. Windrichtung	13
2.4. Statistische Methoden zur Prüfung der Hypothesen	14
3. E r g e b n i s d a r s t e l l u n g	14
3.1. Gebiet 1 Voerde, Kaiser Aluminium-Werk	15
3.2. Gebiet 2 Lünen, VAW-Lippewerk	16
3.3. Gebiet 3 Essen, Leichtmetallgesellschaft Essen	16
3.4. Gebiet 4 Neuss-Norf, VAW-Rheinwerk	17
3.5. Gebiet 5 Grevenbroich, ehemals VAW-Grevenbroich	17
3.6. Vergleichende Betrachtung der fünf Untersuchungsgebiete	17
3.7. Vergleichende Betrachtung zur Studie 1978 (LIS-Bericht Nr. 7)	18
4. S c h r i f t t u m	20
5. B i l d - u n d T a b e l l e n a n h a n g	21

UNTERSUCHUNGEN ZUM VEGETATIONSZUSTAND IN DER UMGEBUNG DER ALUMINIUMHÜTTEN IN
NRW MIT HILFE DER FALSCHFARBENFOTOGRAFIE

Dr. Georg H.M. Krause

Z u s a m m e n f a s s u n g

Im Sommer 1987 wurde die Vitalität der Vegetation im Umgebungsbereich der 5 nordrhein-westfälischen Aluminiumhütten Kapital-Voerde; VAW-Lippewerk, Lünen; LMG, Essen; VAW-Rheinwerk, Neuss-Norf und des ehemaligen Werkes der VAW in Grevenbroich auf einer Fläche von 4 x 4 km, jeweils mit dem Werk als Mittelpunkt, mittels Color-Infrarot-Luftbildaufnahmen (CIR-Bild) erfaßt. Parallel wurde in allen Gebieten stichprobenartig die Vegetation untersucht und der Vitalitätszustand je Untersuchungsgebiet entsprechend der Schadensklassifizierung der neuartigen Waldschäden in den Stufen 0 bis 4 für jeweils 64 Rasterquadrate mit 500 x 500 m Kantenlänge bewertet. Ferner wurden zufällig verteilt über jedes Untersuchungsgebiet repräsentative Blattproben von zuvor begutachteten Laubbäumen gewonnen und nach standardisierten Verfahren auf ihren Fluorgehalt untersucht. Die Vegetationsaufnahme diente darüber hinaus auch dazu, einen Maßstab für die Interpretation der Luftbildaufnahmen zu erstellen, indem das vor Ort erfaßte und bewertete Erscheinungsbild und die entsprechenden Vitalitätsstufen bestimmter Bäume mit dem im CIR-Bild wiedergegebenen verglichen wurde.

Die Auswertung der erhobenen Daten anhand der räumlichen Differenzierung der Fluorgehalte ergibt, daß bei den fünf Aluminiumhütten ein gewisser Immissions- einfluß fluorhaltiger Luftverunreinigungen durchweg in der Hauptwindrichtung Nordost nachzuweisen ist. Dieser Zusammenhang war beim Rheinwerk der VAW in Norf am prägnantesten. An allen Standorten konnte aber kein Zusammenhang zwischen dem Fluorgehalt der Vegetation und dem Zustand der Bäume, der durchweg schwach vom Zustand "gesund" abwich, ermittelt werden. So fielen in keinem Rasterquadrat die Merkmale "hoher Fluorgehalt" und "verminderte Vitalität" zusammen. Auch ließ sich kein Zusammenhang zwischen Windrichtung und Vitalität ermitteln, was die zuvor gemachte Aussage stützt. Eine weitere von der LIS speziell durchgeführte Erhebung auf fluorspezifische Schadsymptome an der Vegetation verlief für alle Gebiete negativ, d.h., es wurden keine Schäden festgestellt. Dies deckt sich darüber hinaus mit den bei der LIS vorliegenden Nachbarbeschwerden aus dem Umgebungsbereich der Aluminiumhütten. Diese haben in den letzten 5 Jahren im Vergleich zum Zeitraum seit 1970 sehr deutlich in allen Bereichen, vor allem aber im Umgebungsbereich der LMG-Essen, abgenommen.

Im Vergleich zu den 1978 erstmals auf gleichen Flächen erhobenen Daten läßt sich feststellen, daß es seit 1978 (Zeitpunkt der 1. gleichartigen Untersuchung) zu einer ganz erheblichen Entlastung der Vegetation durch fluorhaltige Luftverunreinigungen, gemessen an Vitalität und Blattfluorgehalt, gekommen ist. Allein in Essen war der mittlere Fluorgehalt 1987 um den Faktor 16 niedriger als 1978 und überschritt im Mittel nur geringfügig den Normalgehalt von 25 mg/kg Fluorid in der Trockensubstanz (F^- TS) für Laub- und Strauchgehölze.

S u m m a r y

In the summer of 1987 vitality of vegetation was assessed by color infrared aerial photography in the vicinity of five North-Rhine-Westphalian aluminium smelters: Kapal-Voerde and VAW Lippewerk in Lünen, LMG in Essen, VAW-Rheinwerk in Neuss-Norf and the former VAW-smelter in Grevenbroich. In each case an area of 4 by 4 km was covered with the smelter located in the center. In addition, random samples of vegetation within 64 squares of the size of 500 by 500 m in each area were examined by ground inspections and vegetation injury assessed according to the classification of novel forest decline in a scale ranging from 0 to 4. Fluorine concentrations were determined by a standardized procedure in leaf samples of examined deciduous trees randomly distributed throughout each study area. Vegetational examinations on the ground also provided the standard for interpreting the aerial photographs by comparing the actual vitality data in respect to appearance and acute injury of defined trees with those evaluated by means of graphs.

Spatial distribution of fluorine concentrations in vegetation revealed for all five smelters a certain impact of fluorine containing air pollutants in the prevailing wind direction. This was most pronounced in case of the smelter VAW-Rheinwerk. No relationship could be observed at any of the given sites between vegetational fluorine concentrations and vitality of the trees, rated slightly less than "healthy". The properties "high fluorine content" and "reduced vigour" coincided in none of the grid squares. Furthermore, there was no connection between wind direction and tree vitality, which is in agreement with the other findings. Additional examination of the vegetation for fluoride specific injury by the State Agency for Air Pollution Control and Noise Abatement (LIS) turned out to be negative, i.e. no injury specific to the impact of gaseous fluorides was found. This result is in agreement with the reduced number of complaints received by the LIS from neighbours in the vicinity of such smelters during recent years. These dropped considerably for all areas and was specifically pronounced in the vicinity of the LMG-smelter in Essen.

The comparison with data obtained in the year 1978 by a similar case study carried out in the same areas, shows a marked reduction by fluorine containing air pollutants in respect to injury and F^- -concentrations in leaves. In Essen i.e., mean fluorine concentrations in leaves were lower in 1987 by a factor 16 than in 1978, and only slightly above a concentration of 25 mg/kg F^- DS (= dry substance) in deciduous trees and woody plants considered as normal for the Ruhr area.

1. Einführung und Untersuchungsauftrag

Im Sommer 1978 hat die Landesanstalt für Immissionsschutz im Auftrag des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW eine erste Untersuchung über den Vegetationszustand im Umgebungsbereich der fünf nordrhein-westfälischen Aluminiumhütten durchgeführt. Diese Beurteilung erfolgte seinerzeit erstmals mit Hilfe von Luftbildsenkrechtaufnahmen mit Color-Infrarotfilm und einer parallel durchgeführten terrestrischen Beurteilung der Vegetation. Im einzelnen wurden untersucht: Leichtmetallgesellschaft Essen (LMG), Kaiser-Aluminiumwerk, Vörde, VAW-Lippewerk, Lünen, VAW-Rheinwerk, Norf, und VAW-Erftwerk, Grevenbroich. Es konnte nachgewiesen werden, daß sich diese Methode sowohl bei der Identifizierung (Screening) als auch bei der Dokumentation von Immissionsschäden an der Vegetation gut verwenden läßt. Seinerzeit fielen besonders die Vegetationsschäden im Umgebungsbereich der Aluminiumhütten in Essen, Norf und Lünen auf (LIS-Bericht Nr. 7). Aufgrund verschiedener Maßnahmen, wie beispielsweise der Einführung bzw. Verbesserung der Kapselung von Elektrolyseöfen (LMG, VAW-Rheinwerk) sowie durch den Ersatz der Wäschersysteme durch Trockenabsorptionsfilter einschließlich der Schaffung besserer Ableitbedingungen, war zu unterstellen, daß sich die Emissionssituation und damit im Laufe der Zeit auch die Immissionssituation verbessern würde. Darüber hinaus sind inzwischen das VAW-Werk in Grevenbroich geschlossen und die Produktion des VAW-Werkes in Lünen erheblich gedrosselt worden.

Es sollte daher in der vom Minister für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW 1986 veranlaßten Folgestudie die Frage geklärt werden, ob sich der Vegetationszustand im Umgebungsbereich der fünf Aluminiumhütten gegenüber dem 1978 erhobenen Zustand verändert bzw. verbessert hat.

Aufgrund der schlechten Witterung im Spätsommer 1986 konnten erst im Laufe des Sommers 1987 von der Firma Hansa Luftbild, Münster, die gleichen Gebiete von 16 km², jeweils mit dem Werk als Mittelpunkt, wie 1978 befliegen werden. Parallel wurde von der LIS und der Firma Hansa Luftbild eine terrestrische Erhebung über den Gesundheitszustand der Bäume in den genannten Gebieten durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind unter Berücksichtigung der im Jahr 1978 durchgeführten Erhebung im folgenden dargestellt.

2. Methodik

2.1. Allgemeine Methodik

Das Anwendungsprinzip der Falschfarbenfotografie, das im einzelnen von ADAMEK (1979) und KRAUSE et al. (1978) beschrieben worden ist, soll hier noch einmal kurz erläutert werden.

Zur gleichmäßigen Erfassung und Bewertung von Landschaftsausschnitten werden aus Flugzeugen flächendeckend großformatige Luftbildsenkrechtaufnahmen mit Color-Infrarot-Negativfilm gemacht. Der Infrarotfilm ist deshalb besonders gut

für Vitalitätserhebungen an der Vegetation geeignet, weil die Remission des Sonnenlichtes im Infrarotbereich sehr stark vom Vitalitätszustand der Assimilationsorgane, also den Blättern oder Nadeln, abhängt. Auf dem Infrarotfilm-Diapositiv erscheinen der Spektralbereich Infrarot als Rot, Rot als Grün und Grün als Blau. Sind Nadeln oder Blätter geschädigt, so wird aus dem Normalrot ein aufgehelltes Rot, das schließlich bei starker Schädigung in Grau übergeht. Da Vegetationsschäden nicht nur durch Immissionen, sondern auch durch andere Ursachen, wie Störungen im Wasser- und/oder Nährstoffhaushalt sowie durch biotische Faktoren (Pilze, Bakterien, Insekten etc.) hervorgerufen werden können, ist eine parallele terrestrische Erhebung unumgänglich, um die tatsächliche Schadensursache zu identifizieren.

Die Auswertung der Luftbildaufnahmen erfolgt anhand der Original-Infrarotfarbdiapositive, die je Untersuchungsgebiet auf 5 ca. 5 km langen Flugstraßen in Nord/Süd-Richtung über jedem Untersuchungsgebiet an einem wolkenlosen Tag (05.07.1987) gewonnen wurden. Die flugtechnischen Daten sind in Tabelle 1 wiedergegeben. Flugstraßen und Zeitpunkt der Kameraauslösung sind so gewählt, daß sich das aufgenommene Gelände auf dem Bild um 60 % überlappt. Hierdurch ist eine stereoskopische Betrachtung eines bestimmten Geländeausschnitts möglich.

Gerade bei Einzelbäumen oder auch kleineren Baumgruppen, zumeist Laubholz, wie sie vorzugsweise in den untersuchten Industriezonen vorhanden sind, kann die Baumkrone recht eindeutig bestimmten Vitalitätsfarbstufen zugeordnet werden (SCHNEIDER, 1974; VORETZSCH et al., 1986). Diese werden digitalisiert, den jeweiligen Rechts-Hochwerten zugeordnet und entsprechend tabellarisch oder graphisch dargestellt (KÖTHE, 1985; KUHL, 1985).

Wie bereits erwähnt, ist eine Ursachenanalyse der Vegetationsschäden, die in Form von Rotabweichungen auf dem Diapositiv identifiziert worden sind, nur über eine terrestrische oder Vor-Ort-Beurteilung möglich. Im Laufe des August und frühen Septembers 1987 wurden diese Erhebungen sowohl von der LIS als auch von der mit der Befliegung beauftragten Firma Hansa Luftbild, Münster durchgeführt; dabei wurde die Baumart bestimmt und der Vitalitätszustand nach den in Tabelle 2 wiedergegebenen Stufen beurteilt (MELF, 1985; WESSELS, 1987). Diese Einteilung orientiert sich an der Schadensklasseneinteilung zur Beurteilung der neuartigen Waldschäden. Spezielle Aufgabe der LIS war es, die Vegetation auf fluorspezifische Schäden zu untersuchen. Diese sind bei entsprechender Erfahrung eindeutig diagnostizierbar, da gasförmige fluorhaltige Luftverunreinigungs-komponenten unter Berücksichtigung individueller Resistenzgrade der Pflanzen charakteristische Schadsymptome zu erzeugen vermögen.

2.2. Annahmen und Hypothesen zur Prüfung der Fragestellung

Die Untersuchung im Umgebungsbereich der 5 Aluminiumwerke - wobei die Produktion im Bereich Grevenbroich seit längerer Zeit eingestellt war - ging von folgenden Annahmen aus:

1.
Gasförmige Fluorverbindungen werden von den Blättern der Bäume aufgenommen, so daß der Fluorgehalt in diesen Organen einen guten Indikator für die Fluorbelastung der Vegetation darstellt.
2.
Die Color-Infrarot-Fotografie liefert unter Einbeziehung terrestrischer Erhebungen eine sehr gute Methode, die Vitalität der Vegetation zu erfassen, so daß der Gesundheitszustand selbst einzelner Baumkronen beurteilt werden kann.
3.
Eine phytotoxisch relevante Fluorbelastung führt nachweislich zu Vegetationsschäden, die im CIR-Luftbild feststellbar sind, wie sich aus der Studie 1978 folgern läßt.
4.
Ein Fluorgehalt von 25 mg/kg TS im Pflanzenmaterial von Laubgehölzen ist im Ruhrgebiet als Normalgehalt anzusehen. Bei Einhaltung dieses Wertes ist eine Vegetationsgefährdung durch lokale Quellen auszuschließen, es sei denn, es handelt sich um kurzzeitige Einwirkungen in hoher Konzentration, die eine Anreicherung von Fluorid nicht zulassen. In einem solchen Fall treten aber massive Blattschäden auf, die im CIR-Bild erkannt und bei der terrestrischen Erhebung miterfaßt werden.
5.
Die in den letzten Jahren durchgeführten emissionsmindernden Maßnahmen haben in den jeweiligen Aluminiumhütten zu einer Entlastung der Immissionsituation geführt, die sich in der Vitalität und im Fluorgehalt der umgebenden Vegetation widerspiegeln sollten.

Aus diesen Annahmen wurden die folgenden Hypothesen (H1 - H8) formuliert und auf ihre Bestätigung bzw. Ablehnung statistisch untersucht:

H1:

Die Fluorbelastung in den untersuchten Gebieten liegt überwiegend im Bereich des Normalgehaltes von 25 mg/kg TS.

H2:

Es lassen sich in den untersuchten Gebieten keine immissionsbedingten Vegetationsschäden feststellen.

H3:

Es läßt sich keine signifikante stochastische Korrelation zwischen Vitalität der Vegetation und Fluorgehalt nachweisen.

H4:

In Abhängigkeit von der vorherrschenden Windrichtung wird eine gewisse höhere Fluoranreicherung in den oberirdischen Pflanzenorganen der Bäume erwartet.

H5:

Entsprechend der Annahme 5 wird aber kein Zusammenhang zwischen der Windrichtung und der Vitalität der Bäume erwartet.

H6:

Eine räumliche Differenzierung im Vitalitätszustand der Vegetation kann nicht ermittelt werden. Oder:

H7:

Die Fluorbelastung läßt einen signifikanten stochastischen Zusammenhang zur Entfernung vom jeweiligen Aluminiumwerk erkennen.

H8:

Es wird aufgrund unterschiedlicher Emissionsmassenströme erwartet, daß die Fluorbelastung in der Umgebung der Werke unterschiedlich ist.

Die Bestätigung vor allem der Hypothesen H1, H2 und H3 bildet die entscheidende Grundlage für die Annahme Nr. 5, daß nämlich die in der Vergangenheit durchgeführten Emissionsminderungsmaßnahmen zu einer Vegetationsentlastung durch fluorhaltige Immissionen geführt hat. Die Bestätigung der übrigen Hypothesen wird so eingeordnet, daß dadurch die Ergebnisse der Gesamterhebungen gestützt werden.

2.3. Datenerhebung

Zur Prüfung der Hypothesen wurden folgende Daten erhoben:

Jedes der fünf 16 km² großen Gebiete, von dem Color-Infrarot-Luftbilder angefertigt wurden, teilt sich in 8 x 8 gleichgroße Rasterquadrate von 500 m x 500 m Kantenlänge auf. Die Gesamtzahl der Rasterquadrate je 4 x 4 km Fläche beträgt somit 64. Für jedes dieser Quadrate wurden die Merkmale:

- Fluorgehalte in Blättern der umgebenden Vegetation,
- Vitalität der Bäume (CIR-Luftbild),
- Entfernung vom Werksgelände,
- Hauptwindrichtung zum jeweiligen Werk

erfaßt.

Im einzelnen sind diese Merkmale wie folgt definiert und erhoben worden:

2.3.1. Fluorbelastung (im folgenden kurz "Fluor" bezeichnet)

Es wurden je Gebiet von 64 Bäumen (in möglichst vielen verschiedenen Rasterquadraten) repräsentative Blattproben in wechselnden Höhen und von verschiedenen Seiten bestimmter Bäume (vgl. Tab. A1 - A5 im Anhang) entnommen. Diese

Blattproben wurden noch am selben Tag der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt der Landwirtschaftskammer Münster (LUFA) übergeben, um auf ihren Fluorgehalt hin untersucht zu werden. Die Fluoridbestimmung erfolgte nach der VDI-Richtlinie 3795, Blatt 2, vom April 1981, und die Analyseergebnisse sind im folgenden in mg/kg Trockensubstanz (TS) angegeben und beziehen sich auf vor der Analyse mit Aqua dest. gewaschenes Pflanzenmaterial. Soweit in einem Rasterquadrat mehrere Proben entnommen wurden, wurden die Analyseergebnisse arithmetisch gemittelt (Tabellen 3, 4, 5, 6, 7). In Einzelfällen traten in unmittelbarer Werksnähe hohe Fluorwerte auf, die als "Ausreißer" hätten definiert werden können. Gleichwohl wurden aber solche Werte in die weiteren Verrechnungen mit einbezogen.

2.3.2. Vitalität

Zu den o.g. Color-Infrarot-Bildflügen (vgl. auch Tab. 1) wurde ein holzartenspezifischer Interpretationsschlüssel erstellt, der es in der Folge ermöglichte, eine Vitalitätsinterpretation durch stereoskopische Betrachtung der Baumkrone vorzunehmen. Hierbei wurde gemäß dem über die terrestrische Erhebung gewonnenen Interpretationsschlüssel den Bäumen nach Ansprache der Holzart ein Vitalitätswert aus der 5stufigen bundeseinheitlichen Vitalitätsskala zugeordnet (vgl. Tab. 2). Diese Interpretation wurde in solchen Rasterquadraten vorgenommen, für die auch Fluorgehaltswerte der Vegetation vorlagen. Je nach Bestockung des einzelnen Rasterquadrates wurden bis zu 10 Bäume erfaßt. Dies entspricht einer Stichprobendichte von mindestens 2 %, ausgenommen geschlossene Bestände, die aber für die Untersuchungsgebiete in der Regel atypisch sind.

Der erfaßte Vitalitätszustand wurde je Rasterquadrat arithmetisch gemittelt. Der so gebildete Vitalitätsindex (im folgenden kurz "Vitalität" genannt) stellt einen ideal-skalierten Indikator für den Gesundheitszustand der Bäume je Rasterquadrat dar (vgl. Tabellen 8, 9, 10, 11, 12). Der Bildmaßstab konnte bei dieser Untersuchung im Gegensatz zur Studie 1978 kleiner gewählt werden, weil die technische Weiterentwicklung bei den Interpretationsinstrumenten und die Kompensationsfilterung der Colorinfrarotaufnahmen heute bessere und detailliertere Ergebnisse auch in kleineren Maßstäben liefern.

2.3.3. Entfernung vom Werk

Jedem Rasterquadrat wurde für die einzelnen Untersuchungsgebiete die mittlere Entfernung in km vom jeweiligen Aluminiumwerk gemäß Topografischer Karte M 1 : 25.000 (TK 25) zugeordnet und registriert.

2.3.4. Windrichtung

Der Einfluß der vorherrschenden Windrichtung (Werk als Mittelpunkt) wurde anhand von Meßdaten der jeweils nächstgelegenen TEMES-Station, die über ent-

sprechende Einrichtungen verfügt, entnommen. Die topografische Lage von TEMES-Station und jeweiligem Aluminiumwerk wurde näherungsweise gleichgesetzt. Die Meßdaten wurden für den Zeitraum 01.03.1987 (Beginn der Vegetationszeit) bis 31.07.1987 (Befliegungsdatum) ausgewertet und in einem Windrichtungsdiagramm eingetragen (Abb. 1 - 4). Lediglich für den Bereich Grevenbroich lagen keine geeigneten Winddaten vergleichbarer Herkunft vor. Die prozentuale Windverteilung wurde dann entsprechend den Rasterquadraten zugeordnet.

2.4. Statistische Methoden zur Prüfung der Hypothesen

Folgende statistische Verrechnungen zur Prüfung der Hypothesen wurden vorgenommen (vgl. SACHS, 1984):

- Mittelwerte und Standardabweichungen der Merkmale Fluor und Vitalität sowie ihre Häufigkeitsverteilung (Prüfung der Hypothesen H1 und H2) (vgl. Tabellen 13, 14, 15);
- Korrelation von Vitalität und Fluor (Prüfung der Hypothese H3, kein Zusammenhang) (Tab. 16);
- Korrelation von Windverteilung und Fluor (Prüfung der Hypothese H4, kein Zusammenhang) (Tab. 16);
- Korrelation von Windverteilung und Vitalität (Prüfung der Hypothese H5, kein Zusammenhang) (Tab. 16);
- Korrelation von Entfernung und Vitalität (Prüfung der Hypothese H6, kein Zusammenhang) (Tab. 16);
- Korrelation von Entfernung und Fluor (Prüfung der Hypothese H7, kein Zusammenhang) (Tab. 16);
- Vergleich von Mittelwerten und Rang der Fluorbelastung im Gesamtgebiet (Prüfung der Hypothese H8) (Tab. 14).

3. E r g e b n i s d a r s t e l l u n g

Diese Auswertungen führten zu dem Ergebnis, daß die Hypothesen H2, H3, H5, H7, H8 in allen Gebieten bestätigt werden können, d.h., es konnten keine fluor-spezifischen Vegetationsschäden festgestellt werden, es besteht keine signifikante stochastische Korrelation zwischen Vitalität der Vegetation und dem Fluorgehalt. In einigen Fällen wurde aber erwartungsgemäß ein signifikanter stochastischer Zusammenhang in der räumlichen Differenzierung der Fluorgehalte ermittelt und damit ein gewisser Immissionseinfluß nachgewiesen. Es ließen sich signifikante Unterschiede im Fluorgehalt der Vegetation zwischen den 5 verschiedenen Standorten nachweisen. In den Gebieten 3 und 4 (Essen, Neuss-Norf)

mußte die Hypothese H1, daß die Fluorbelastung der Vegetation überwiegend im Normalbereich von 25 mg/kg F⁻ liegt, abgelehnt werden. Im Gebiet 1, Voerde, konnte keine höhere Fluoranreicherung in Hauptwindrichtung ermittelt werden, so daß in diesem Fall die Hypothese H4 abzulehnen war.

Für die einzelnen Gebiete ergibt sich das folgende detaillierte Bild der Ergebnisse.

3.1. Gebiet 1 Voerde, Kaiser Aluminium-Werke

In 78,6 % der untersuchten Fläche liegen die Werte der Fluorbelastung der Bäume (s. Tabelle A1 im Anhang) unter 25 mg/kg TS und in 51 % der Fläche unter 12,5 mg/kg TS. Das relativ hohe arithmetische Mittel von 23 mg/kg TS weicht bedingt durch einen hohen Wert von 362 mg/kg TS in unmittelbarer Werksnähe stark von den übrigen Werten ab (Tab. 3). Die Hypothese 1 - die Fluorbelastung im Gebiet liegt überwiegend unter dem für die Vegetation kritischen Wert von 25 mg/kg TS - kann für das Gebiet Voerde aber als voll gesichert gelten. Für die Hypothese 4 - Zusammenhang zwischen vorherrschender Windrichtung und Fluorbelastung - findet sich keine Bestätigung. Ebenfalls läßt sich die Hypothese 6 - es besteht kein Zusammenhang zwischen Vitalitätszustand und Entfernung vom Werk - im Gegensatz zu allen anderen Gebieten nicht bestätigen, da sich statistisch ein Zusammenhang mit einer 5%igen Irrtumswahrscheinlichkeit ergibt (Tab. 16).

Die Vitalität der Bäume in dem 16 km² großen Untersuchungsgebiet beträgt im Mittel 0,86 (Tab. 13) der von 0 bis 4 gespannten Skala (Tab. 2), wobei das Maximum bei 2,0 liegt. Aufgrund der annähernden Normalverteilung der Vitalitätswerte charakterisiert das arithmetische Mittel ausreichend den durchschnittlichen Vitalitätszustand im Bereich Voerde. Die Bäume sind allenfalls leicht geschädigt, wobei die Schadensklassen 3 und 4 bei der Interpretation nur selten bzw. überhaupt nicht gefunden wurden. Entscheidend ist aber, daß die Hypothese 2 - im untersuchten Gebiet lassen sich keine fluorbedingten Immissionschäden bzw. über die Klasse 0/1 der "neuartigen Waldschäden" hinausgehenden Schäden an den untersuchten Bäumen feststellen - damit klar bestätigt wird.

Ein signifikanter stochastischer Zusammenhang zwischen Vitalität und Fluorbelastung (Hypothese 3) kann hier, wie in allen anderen Gebieten auch, nicht festgestellt werden. Auch die terrestrische Erhebung, Voraussetzung für den CIR-Bild-Interpretationsschlüssel, sowie die eingehende Begutachtung bei der Blattprobenentnahme durch die LIS, ergaben keinerlei Symptome fluorbedingter Einwirkungen. Dies gilt auch für in unmittelbarer Werksnähe untersuchte Bäume, die einen Fluorgehalt von 362 mg/kg F⁻ aufwiesen.

3.2. Gebiet 2 Lünen, VAW-Lippewerk

Die Fluorgehalte der Bäume (vgl. Tabelle A2 im Anhang) dieses Untersuchungsgebietes sind in Tabelle 4 wiedergegeben, deren Häufigkeitsverteilung mit einer Klassenbreite von 12,5 mg/kg F⁻ TS in Tabelle 14, sowie die Mittelwertberechnung in Tabelle 13. Der mittlere Fluorgehalt liegt bei 49,6 mg/kg F⁻, wobei 68 % aller Werte auf die Klassen < 25 mg/kg F⁻ TS entfallen (Tabelle 14). Die höchste F⁻-Anreicherung im Blattmaterial mit 1.465 mg/kg TS wird in unmittelbarer Werksnähe angetroffen und bestimmt im wesentlichen den gegenüber Gebiet 1 - Voerde - höheren Mittelwert.

Die mittlere Vitalität liegt nach der CIR-Luftbildinterpretation bei 0,74 der in Tabelle 2 angegebenen Klassifizierung, wobei die maximale Vitalitätsminderung 1,5 beträgt (Tabelle 9). Über 70 % der beurteilten Vitalitätsgrade entfallen auf die Klasse ≤ 25 % Blattverlust (Tabelle 15). Aus einem Vergleich der Tabelle 4 (Fluor/Rasterquadrat) und 9 (Vitalität/Rasterquadrat) ergibt sich, daß sich Punkte höchster Fluoranreicherung (5/5; 5/4 oder 5/6) nicht mit Punkten stärkster Vitalitätsminderung decken (6/6; 6/7; 4/4; 1/5 oder 1/6). Dementsprechend ergibt sich auch kein Zusammenhang in der Korrelation Fluor/Vitalität (vgl. Tabelle 16).

Für dieses Gebiet läßt sich eine gewisse Korrelation zwischen den Variablen Entfernung und Fluor sowie Windrichtung und Fluor auf dem 5 %-Signifikanzniveau ermitteln (vgl. Tabelle 16), d.h., daß erwartungsgemäß ein gewisser Immissions- einfluß des VAW-Lippewerkes auf die unmittelbar benachbarte Vegetation besteht. Dieser manifestiert sich aber nicht in einer Beeinträchtigung der umgebenden Vegetation in Form fluorspezifischer Schadsymptome.

3.3. Gebiet 3 Essen, Leichtmetallgesellschaft Essen

Die räumliche Verteilung des Fluorgehaltes in der Vegetation (vgl. Tabelle 13) ist in Tabelle 5 wiedergegeben. Im Vergleich zu den beiden anderen Gebieten Voerde und Lünen zeigt sich bis auf den südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes eine insgesamt höhere Fluorbelastung mit Spitzenwerten um 200 mg/kg F⁻ TS in nordöstlicher, unmittelbarer Nachbarschaft zum Werk. Entsprechend entfallen 49,4 % aller Werte auf einen Fluorgehalt > 25 mg/kg (Tabelle 14). Wie schon im Gebiet Lünen festgestellt, decken sich aber die Rasterquadrate mit den höchsten Fluorgehalten in der Vegetation nicht mit denen stärkster Vitalitätsminderung entsprechend den Tabellen 5 und 10. Ca. 79 % der untersuchten Stichproben fallen in die Vitalitätsklasse ≤ 1, so daß sich, wie schon bei den anderen Gebieten, kein korrelativer Zusammenhang zwischen den Variablen Fluor und Vitalität ergibt und damit die Hypothese 3 bestätigt wird.

Ähnlich wie für das Gebiet Lünen zeigt sich aber auch in Essen eine gewisse räumliche Differenzierung der Vegetationsbelastung durch fluorhaltige Luftverunreinigungen sowohl in Abhängigkeit von der Entfernung als auch von der Hauptwindrichtung (Nord-Ost) (Tabelle 16).

3.4. Gebiet 4 Neuss-Norf, VAW-Rheinwerk

Im Gebiet 4, Neuss-Norf, wurden von allen in die Betrachtung einbezogenen Untersuchungsbereichen die höchste Fluorbelastung ermittelt; sie konzentriert sich vorwiegend auf den nord-östlichen Bereich der 4 x 4 km großen Fläche (Tabelle 6). So liegen immerhin 63,3 % aller ermittelten Werte über dem Normalgehalt von 25 mg/kg F⁻ TS und wiederum 41,4 % > 50 mg/kg F⁻ TS. Dementsprechend beträgt der arithmetische Mittelwert 102,6 mg/kg F⁻ TS.

Betrachtet man die in Tabelle 11 aufgelisteten Vitalitätsgrade der Vegetation (vgl. Tabelle A4), so müßte im nordöstlichen Bereich des Befliegungsgebietes die stärkste Vitalitätsbeeinträchtigung festgestellt werden, wenn man davon ausgeht, daß die fluorhaltigen Immissionen zu einer Vegetationsbeeinträchtigung führen. Dies ist aber nicht der Fall, und so kann auch für dieses Untersuchungsgebiet kein Zusammenhang zwischen den Variablen Fluor und Vitalität ermittelt werden (Tabelle 16). Dies wird indirekt auch dadurch bestätigt, daß für die Variablen Entfernung/Fluor bzw. Windrichtung/Fluor ein teilweise hochsignifikanter Zusammenhang ermittelt werden konnte, nicht jedoch für die Variablen Windrichtung/Vitalität (Tabelle 16).

3.5. Gebiet 5 Grevenbroich, ehemals VAW-Grevenbroich

Die Verteilung der Fluorgehalte in der untersuchten Vegetation (vgl. Tabelle A5) sowie die über CIR-Bilder ermittelte Vitalität sind in den Tabellen 7 und 12 wiedergegeben. Der mittlere Fluorgehalt beträgt 19,9 mg/kg F⁻ TS, die mittlere Vitalität liegt bei 0,27 (Tabelle 13). Die Auswirkung der Stilllegung wird somit in allen Daten im Vergleich zu den anderen Gebieten sichtbar. Insbesondere konnten keine Fluorwerte > 100 mg/kg TS mehr festgestellt werden. So lag der Maximalwert bei 59,9 mg/kg F⁻ TS und der Vitalitätszustand zu 100 % < 1 der in der Tabelle 2 aufgeführten Vitalitätsskala (Tabelle 15). Gleichwohl konnte aber auch in diesem Fall eine gewisse Korrelation zwischen den Variablen Entfernung und Fluor ermittelt werden, was darauf hindeutet, daß es in diesem Bereich zu einer schwachen, lokalen Immissionsbelastung durch fluorhaltige Luftverunreinigungs-komponenten kommen kann.

3.6. Vergleichende Betrachtung der fünf Untersuchungsgebiete

Der Vergleich der einzelnen Untersuchungsgebiete untereinander führt zu einer Rangfolge der Gesamtfluorbelastung, die der Tabelle 14 entnommen werden kann. Hinsichtlich des Gesamtgesundheitszustandes der Gebiete geben die Mittelwerte der Vitalität in Tabelle 13 Auskunft über die Rangfolge der Gebiete. Während sich für den Fluorgehalt > 25 mg/kg F⁻ TS folgende Ränge in absteigender Reihenfolge ergeben: Neuss-Norf (1), Essen (2), Lünen (3), Grevenbroich (4), Voerde (5), ergibt sich für die Vitalität folgendes Bild: Voerde (1), Lünen (2), Essen (3), Neuss-Norf (4), Grevenbroich (5). Hier wird noch einmal deutlich, daß die den jeweiligen Gebieten zugewiesenen Ränge zwischen Fluorbela-

stung und Vitalität deutlich voneinander abweichen; damit kann für alle Gebiete bestätigt werden, daß der Vitalitätszustand der Bäume nicht durch den Fluorgehalt der Vegetation bestimmt wird. Andererseits ist es erstaunlich, daß nicht etwa das Untersuchungsgebiet Grevenbroich bezüglich der Fluorbelastung der Vegetation den letzten Rang besetzt, sondern Voerde. Dies ist dadurch zu erklären, daß nordöstlich der ehemaligen Werksanlagen in Grevenbroich 13 % aller analysierten Blattproben einen Gehalt >50 mg/kg F^- TS aufweisen und auch die Klassen 12,5 bis 25,0 bzw. 25,0 bis 37,5 mg/kg F^- TS stärker besetzt sind als in Voerde (Tabelle 14), obwohl andererseits der mittlere arithmetische Fluorgehalt in Grevenbroich bei 19,9 bzw. in Voerde bei 25,3 mg/kg F^- TS liegt.

Eine weitere interessante Feststellung ist, daß trotz der in einigen Fällen teilweise sehr hohen Fluorgehalte in den Blättern (wie beispielsweise in Voerde von 362 mg/kg, in Lünen von 1.465 mg/kg, in Essen von 200 mg/kg und in Neuss-Norf von 794 mg/kg (vgl. Tabelle 13)), keine fluorspezifischen Symptome festgestellt werden konnten, und dies, zumal der unmittelbar im Nordosten der Werke gelegene Bereich einer besonders sorgfältigen Prüfung durch die LIS unterzogen worden ist. Hierbei wurden zusätzlich nicht nur die in die CIR-Bildauswertung eingehenden Bäume, sondern auch die übrige Vegetation begutachtet. Wie sich aber aus zahlreichen Nachbarbeschwerden ableiten läßt, denen die LIS in den vergangenen Jahren nachgegangen ist, kann ein chronischer Immissionseinfluß fluorhaltiger Luftverunreinigungen zwar zu einer weit über den Normalgehalt hinausgehenden F-Anreicherung im Blattmaterial führen, ohne aber dabei sichtbare Schäden auszulösen. Dies ist dadurch bedingt, daß sich die Aufnahme rate gasförmiger F-Verbindungen in das Blatt sowie das Detoxifikationspotential der Pflanze selbst bei entsprechend niedrigem Immissionsangebot die Waage halten, die Pflanze also in der Lage ist, sich bezüglich des aufgenommenen Schadstoffes zu entgiften. Erst wenn dieses Gleichgewicht verschoben wird, werden sichtbare Schäden ausgelöst (vgl. hierzu auch WEINSTEIN, 1981).

3.7. Vergleichende Betrachtung zur Studie 1978 (LIS-Bericht Nr. 7)

Wohl das auffallendste Merkmal beim Vergleich der beiden 1978 und 1987 durchgeführten Studien ist, daß 1978 im Bereich Voerde 8,5 %, Lünen 62,8 %, Essen 47,7 %, Neuss-Norf 38,3 % und Grevenbroich 37,5 % der ausgewerteten Rasterquadrate fluorspezifische Vegetationsschäden aufwiesen, die seinerzeit auch durch eine terrestrische Erhebung verifiziert worden sind, während 1987 in keinem Fall entsprechende Symptome beobachtet werden konnten. Dies wird eindrucksvoll auch durch den mittleren Fluorgehalt je Untersuchungsgebiet belegt:

Gebiet	Mittlerer Fluorgehalt (mg/kg TS)				
	1978	Rang	1987	Rang	Abnahme (%)
Voerde	152,9	4	25,3	4	83,5
Lünen	328,3	2	49,6	2	84,9
Essen	519,3	1	33,2	3	93,6
Neuss-Norf	322,8	3	102,6	1	68,2
Grevenbroich	150,2	5	37,5	5	75,0

Danach konnte die stärkste Abnahme im Fluorgehalt in Essen, gefolgt von Lünen, Voerde, Grevenbroich und Neuss-Norf, festgestellt werden.

Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, kamen aus dem Umgebungsbereich der Aluminiumhütten in den siebziger und zu Beginn der achtziger Jahre immer wieder Nachbarbeschwerden über Vegetationsschäden. In nahezu allen Fällen waren diese Beschwerden berechtigt, da die betroffene Vegetation zum Teil stark durch fluorhaltige Luftverunreinigungen geschädigt war. Neuralgische Schwerpunkte bildeten die Umgebungsbereiche der LMG-Essen und der VAW-Neuss-Norf. Im folgenden sind die der LIS gemeldeten Nachbarbeschwerden mit positivem Befund aus dem Umgebungsbereich der jeweiligen Hütten, unterteilt in 5-Jahres-Zeiträume, beginnend mit 1970, aufgezeigt:

	Anzahl der Nachbarbeschwerden			
	1970 bis 1975	1975 bis 1980	1980 bis 1985	nach 1985
Voerde	1	1	1	0
Lünen	0	1	1	0
Essen	3	5	3	1
Neuss-Norf	3	2	1	1
Grevenbroich	0	0	0	0

Dieses Beispiel zeigt recht deutlich, daß die Anzahl der Beschwerden seit 1980 kontinuierlich zurückgegangen ist, wobei, wenn man die flächenmäßige Ausdehnung der Schäden noch hinzurechnet, es sich nach 1985 durchweg um vergleichsweise kleine betroffene Gebiete gehandelt hat.

Es hat sich bei den 1987 durchgeführten Erhebungen erneut gezeigt, daß die angewendete Methode der Luftbildinterpretation aus Color-Infrarot-Reihensenkrechtaufnahmen eine gute Möglichkeit bietet, den Vitalitätszustand von Bäumen in einer repräsentativen Stichprobendichte mit vertretbarem Aufwand zu erfassen. Hierdurch werden die erforderlichen terrestrischen Erhebungsdaten objektiviert.

4. S c h r i f t t u m

ADAMEK, K. (1979):

Einsatz der Infrarot-Falschfarbenfotografie zur Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen.

Diplomarbeit, Universität Göttingen, 1979.

KÖTHER, K. und K.U. KOMP (1985):

Thematische Luftbildauswertung.

Eisenbahntechnische Rundschau 5/1985, S. 365ff.

KUHL, W.E. (1985):

Luftbildauswertung zur Waldschadenserhebung Nordrhein-Westfalen.

LÖLF-Jahresbericht 1984, Recklinghausen 1985, S. 15ff.

KRAUSE, H.G.M., B. PRINZ und K. ADAMEK (1980):

Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen.

LIS-Berichte Nr. 7, Landesanstalt für Immissionsschutz, Essen 1980.

MELF (Hrsg.) (1985):

Waldschadensinventur aus der Luft 1984 im Lande Nordrhein-Westfalen.

Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Düsseldorf 1985.

SACHS, L. (1984):

Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden.

Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio 1984.

SCHNEIDER, S. (1974):

Luftbild und Luftbildinterpretation.

Lehrbuch der Allgemeinen Geographie.

de Gruyter, Berlin, New York 1974.

VORETZSCH, A., P. HERMS und G. HARTMANN (1986):

Standardisierung von CIR-Luftbildern.

Forst- und Holzwirt 16/1986, S. 420ff.

WEINSTEIN, L.H. (1977):

Fluoride and Plant life.

Occup. Med. 1977, S. 49ff.

WESSELS, W. (1987):

Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1987.

LÖLF Mitteilungen 4/1987, S. 63ff.

B i l d - u n d T a b e l l e n a n h a n g

5. A n h a n g (Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen)

5.1. Abbildungen

- Abbildung 1: Häufigkeiten der Windrichtung in Prozent Gebiet 1
Kaiser-Aluminiumwerk, Voerde
- Abbildung 2: Häufigkeiten der Windrichtung in Prozent Gebiet 2
VAW-Lippewerk, Lünen
- Abbildung 3: Häufigkeiten der Windrichtung in Prozent Gebiet 3
LMG-Essen
- Abbildung 4: Häufigkeiten der Windrichtung in Prozent Gebiet 4
VAW-Rheinwerk, Neuss-Norf

5.2. Tabellen

- Tabellen A1 bis A5: Untersuchte Baumgattungen in den Gebieten 1 bis 5
- Tabelle 1: Bildflugdaten
- Tabelle 2: Bundeseinheitliche Vitalitätsstufen [aus: MELF 1984]
- Tabelle 3: Gebiet 1 Voerde, räumliche Verteilung der Variablen Fluor
in mg/kg TS
- Tabelle 4: Gebiet 2 Lünen, räumliche Verteilung der Variablen Fluor
in mg/kg TS
- Tabelle 5: Gebiet 3 Essen, räumliche Verteilung der Variablen Fluor
in mg/kg TS
- Tabelle 6: Gebiet 4 Neuss-Norf, räumliche Verteilung der Variablen
Fluor in mg/kg TS
- Tabelle 7: Gebiet 5 Grevenbroich, räumliche Verteilung der Variablen
Fluor in mg/kg TS
- Tabelle 8: Gebiet 1 Voerde, räumliche Verteilung der Durchschnitts-
vitalität je Rasterquadrat
- Tabelle 9: Gebiet 2 Lünen, räumliche Verteilung der Durchschnitts-
vitalität je Rasterquadrat
- Tabelle 10: Gebiet 3 Essen, räumliche Verteilung der Durchschnitts-
vitalität je Rasterquadrat

- Tabelle 11: Gebiet 4 Neuss-Norf, räumliche Verteilung der Durchschnittsvitalität je Rasterquadrat
- Tabelle 12: Gebiet 5 Grevenbroich, räumliche Verteilung der Durchschnittsvitalität je Rasterquadrat
- Tabelle 13: Mittelwerte der Variablen Fluor und Vitalität
- Tabelle 14: Relative Häufigkeit der Variablen Fluor
- Tabelle 15: Relative Häufigkeit der Variablen Vitalität
- Tabelle 16: Zusammenfassende Darstellung der Korrelationskoeffizienten mit zugehörigem Signifikanzniveau
- Tabelle 17: Rohdaten

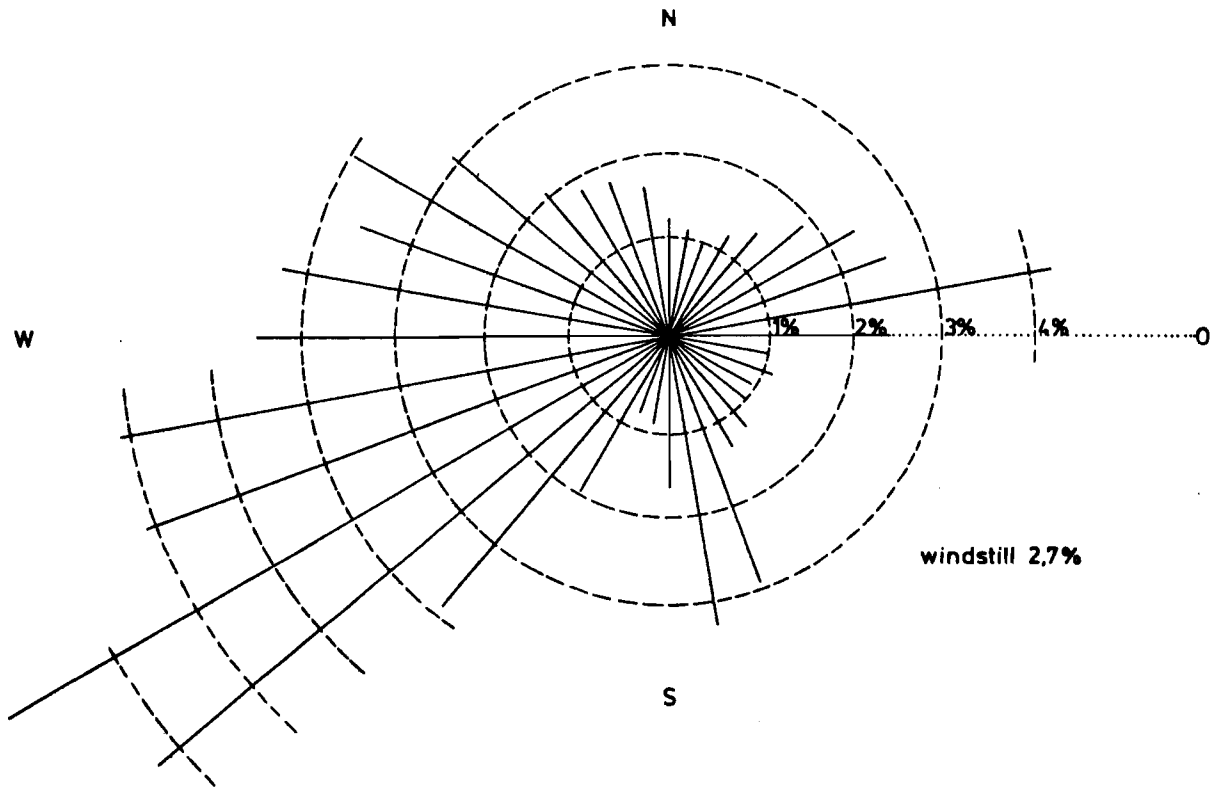


Abbildung 1: Häufigkeiten der Windrichtung in Prozent Gebiet 1 Kaiser-Aluminiumwerk, Voerde

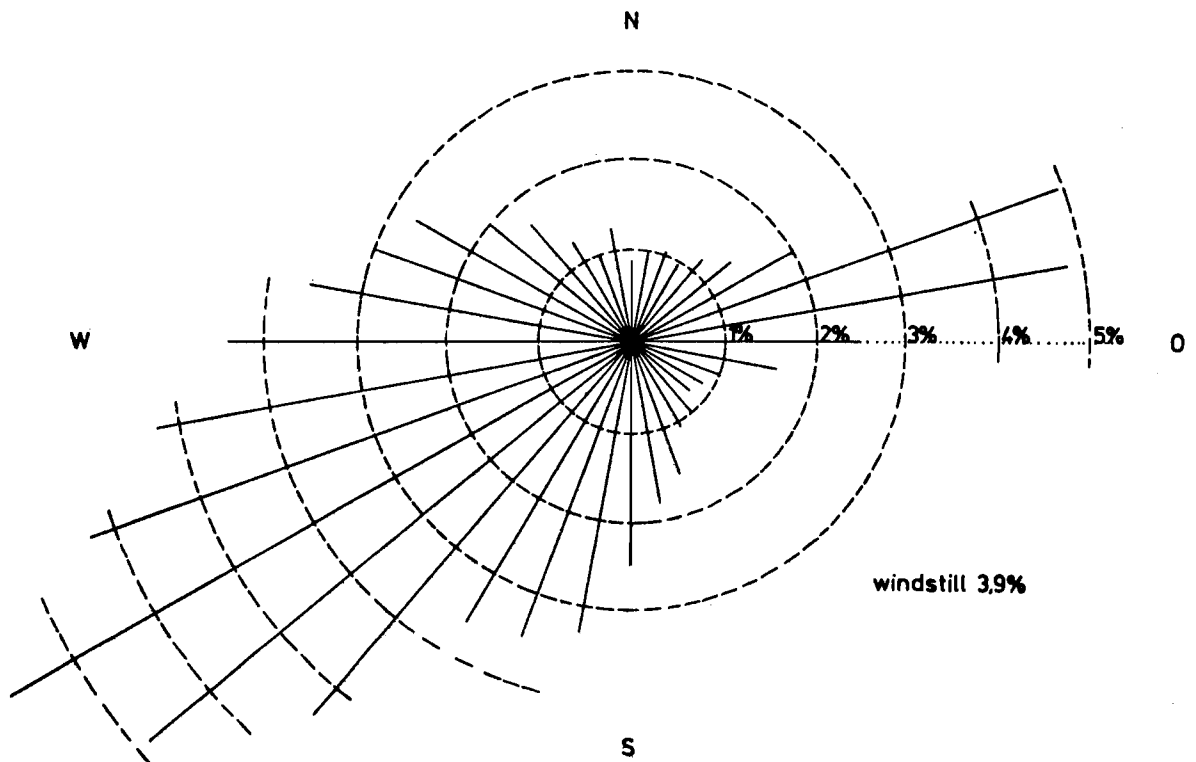


Abbildung 2: Häufigkeiten der Windrichtung in Prozent Gebiet 2 VAW-Lippewerk, Lünen

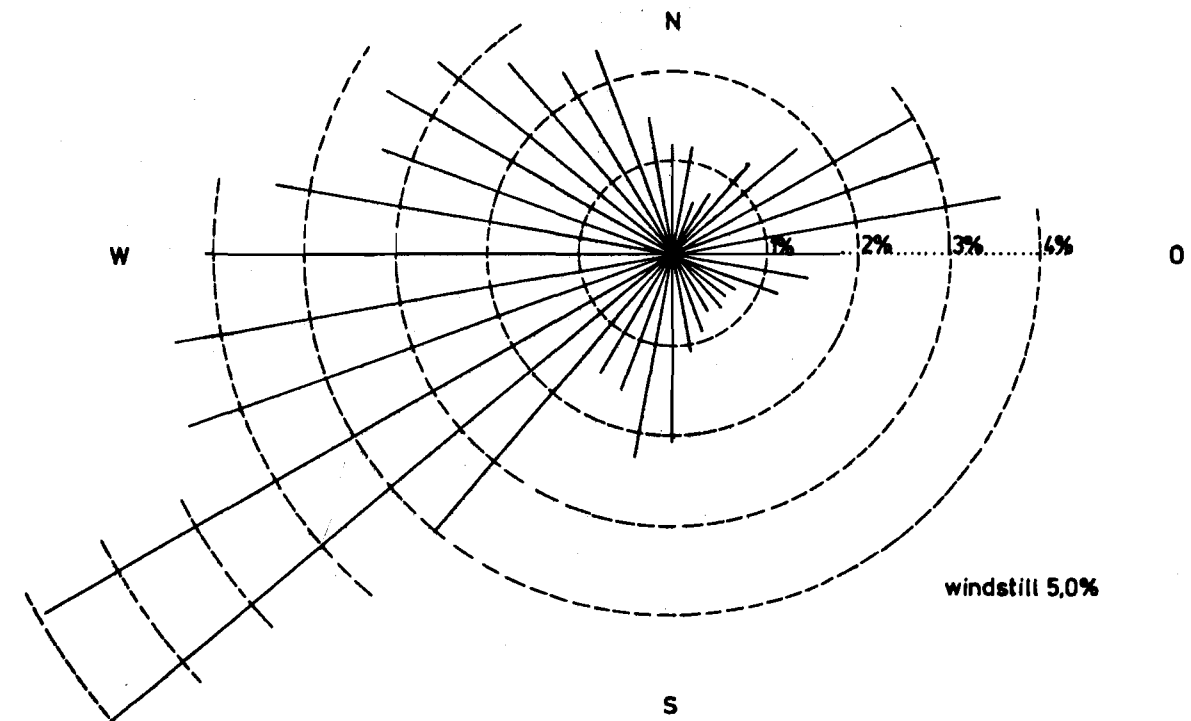


Abbildung 3: Häufigkeiten der Windrichtung in Prozent Gebiet 3 LMG-Essen

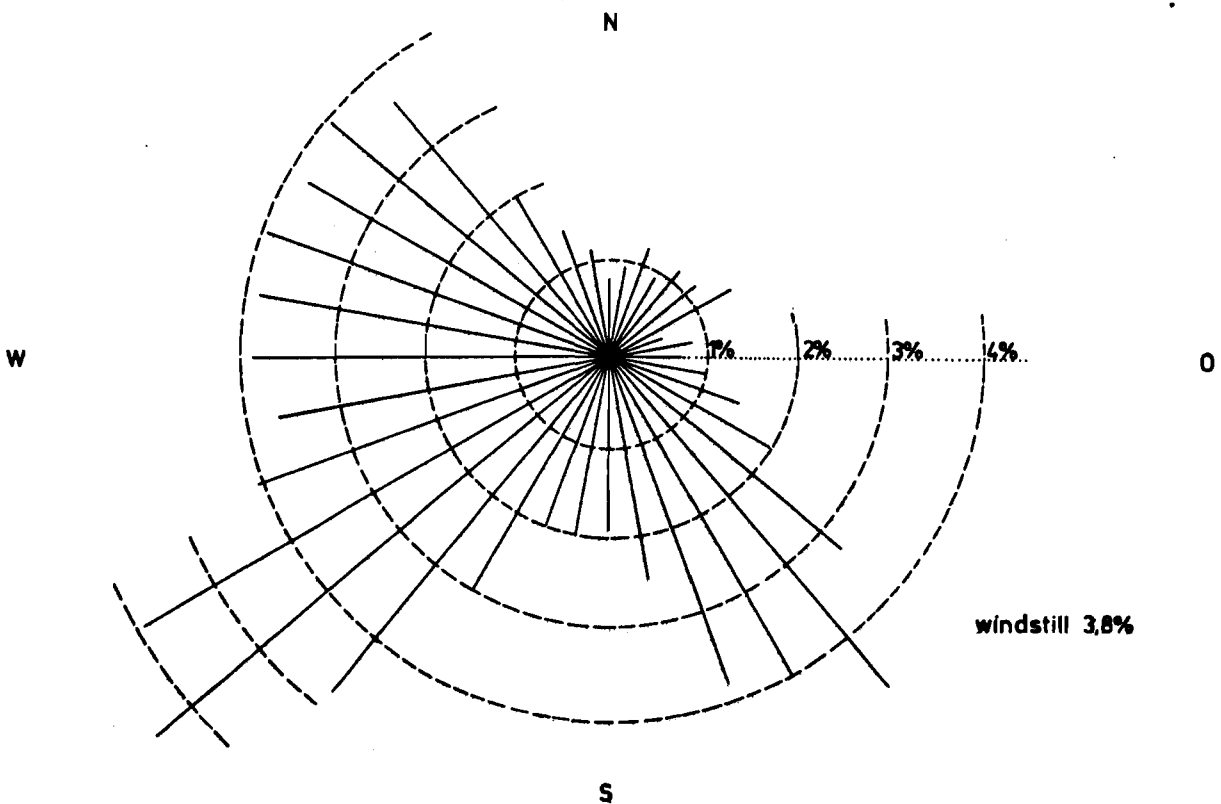


Abbildung 4: Häufigkeiten der Windrichtung in Prozent Gebiet 4 VAW-Rheinwerk, Neuss-Norf

Tabelle A1: Untersuchte Baumgattung im Gebiet 1, Voerde

Baumgattung	Schadstufe					Summe
	0	1	2	3	4	
Eiche	12	16	16	-	-	44
Ahorn	8	11	6	-	-	25
Esche	1	-	10	3	-	14
Linde	2	5	2	-	-	9
Pappel	2	1	-	-	-	3
Walnuß	-	-	1	-	-	1
Ulme	-	1	-	-	-	1
Weide	1	-	-	-	-	1
Gesamt	26	34	35	3	-	98
%	26,4	34,7	34,8	3,1	0,0	100,0

Tabelle A2: Untersuchte Baumgattung im Gebiet 2, Lünen

Baumgattung	Schadstufe					Summe
	0	1	2	3	4	
Eiche	55	27	1	2	-	85
Buche	2	1	1	-	-	4
Ahorn	2	2	-	-	-	4
Weide	1	1	1	-	-	3
Esche	-	-	2	-	-	2
Ulme	1	-	-	-	-	1
Gesamt	61	31	5	2	-	99
%	61,6	31,3	5,1	2,0	0,0	100,0

Tabelle A3: Untersuchte Baumgattung im Gebiet 3, Essen

Baumgattung	Schadstufe					Summe
	0	1	2	3	4	
Ahorn	33	27	9	-	-	69
Eiche	6	8	7	-	-	21
Buche	-	2	3	-	-	5
Hainbuche	-	1	-	1	-	2
Esche	2	-	-	-	-	2
Pappel	2	-	-	-	-	2
Platane	-	-	1	-	-	1
Gesamt	43	38	20	1	-	102
%	42,2	37,3	16,9	0,9	0,0	100,0

Tabelle A4: Untersuchte Baumgattung im Gebiet 4, Neuss-Norf

Baumgattung	Schadstufe					Summe
	0	1	2	3	4	
Ahorn	21	19	14	-	-	54
Eiche	8	5	12	-	-	25
Pappel	5	2	-	-	-	7
Buche	1	2	1	-	-	4
Robinie	2	-	-	-	-	2
Esche	-	1	-	-	-	1
Linde	-	1	-	-	-	1
Weide	1	-	-	-	-	1
Gesamt	38	30	27	-	-	95
%	40,0	31,6	28,4	0,0	0,0	100,0

Tabelle A5: Untersuchte Baumgattung im Gebiet 5, Grevenbroich

Baumgattung	Schadstufe					Summe
	0	1	2	3	4	
Ahorn	41	15	8	-	-	64
Eiche	15	2	3	-	-	20
Buche	1	2	1	-	-	4
Pappel	2	1	-	-	-	3
Linde	3	-	-	-	-	3
Gesamt	62	20	12	-	-	94
%	66,0	21,3	12,7	0,0	0,0	100,0

Tabelle 1: Bildflugdaten

Befliegungsdatum:	5. 7. 1987		
Maßstab:	ca. 1 : 5.000		
Querüberdeckung:	ca. 30 %		
Längsüberdeckung:	ca. 60 %		
Aufnahmekammer:	Zeiss RMK 30/23		
Filmmaterial:	Kodak-Aerochrome Infrared Nr. 2443		
Flugrichtung:	Nord - Süd		
Gebiet 1: Voerde	Str.	Nr.	
	1	61 - 72	
	2	73 - 84	
	3	85 - 96	
	4	97 - 109	
	5	110 - 121	
Gebiet 2: Lünen	Str.	Nr.	
	1	5 - 15	
	2	16 - 26	
	3	27 - 37	
	4	38 - 48	
	5	49 - 60	
Gebiet 3: Essen	Str.	Nr.	
	1	122 - 133	
	2	134 - 145	
	3	147 - 158	
	4	159 - 170	
	5	171 - 182	
Gebiet 4: Norf	Str.	Nr.	
	1	183 - 194	
	2	195 - 206	
	3	207 - 218	
	4ST	219 - 225	
	4NT	237 - 243	
	5	244 - 255	
Gebiet 5: Grevenbroich	Str.	Nr.	
	1	256 - 269	
	2	270 - 281	
	3	282 - 294	
	4	295 - 306	
	5	307 - 317	

Tabelle 2: Bundeseinheitliche Vitalitätsstufen [aus: MELF 1984]

Nadel- bzw. Blattverlust	Anteil der vergilbten Nadeln/Blätter an der noch vorhandenen Nadel-/Blattmasse			
	0 %	1 bis 25 %	26 bis 60 %	über 60 %
	(Vitalitäts-) Schadstufeneinteilung:			
0 - 10 %	0	0	1	2
10 - 25 %	1	1	2	2
26 - 60 %	2	2	3	3
61 - 99 %	3	3	3	3
ca. 100 %	4	-	-	-
Stufe	Schadens-/bzw. Vitalitätsstufe			
0	ohne wesentliche Schadmerkmale			
1	schwach geschädigt			
2	mittelstark geschädigt			
3	stark geschädigt			
4	abgestorben			

Tabelle 3: Gebiet 1 Voerde, räumliche Verteilung der Variablen Fluor in mg/kg TS

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	14.6	5.8	12.5	10.4	6.5			5.6
2	6.9	11.3		21.3	25.1	20.6	10.8	27.0
3	13.7				22.3	88.0	29.1	4.9
4			16.0	74.8	32.6	8.1	95.2	8.7
5		14.7		39.7	362.0	21.7	15.8	8.5
6			15.2	6.6	5.5	21.5	3.9	4.8
7			10.5	4.4	25.2	19.8	3.8	5.4
8		7.1	3.3	3.5	6.6		6.2	

Tabelle 4: Gebiet 2 Lünen, räumliche Verteilung der Variablen Fluor in mg/kg TS

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	7.8	5.6	5.1	10.2	7.9	7.2	21.2	8.4
2	3.5	10.8	5.5	32.8	37.4	21.7	28.4	27.8
3	5.0	5.9	22.4	12.2	101.0	33.9	43.4	10.8
4	9.5	15.4		32.8	118.0	82.7	51.6	31.3
5	7.1	22.3			1465.0	33.8	65.6	46.4
6	21.2	17.5	15.8	25.2	100.0	28.4	19.6	11.2
7	19.7	12.6	9.6	15.8	24.2	93.9	13.1	15.5
8	8.2	16.5	11.3	18.9	13.5	15.4	23.5	19.6

Tabelle 5: Gebiet 3 Essen, räumliche Verteilung der Variablen Fluor in mg/kg TS

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	22.5	6.9	23.1	20.3	3.9	23.0	22.2	39.6
2	28.1	15.2	27.8	10.4		30.5	46.3	13.2
3	39.4	52.4	40.6			179.0	57.6	29.5
4	55.9		31.5			200.0	29.2	18.7
5	13.4	21.6	8.8		125.0	63.5	47.9	24.1
6	12.3	43.0	39.9	19.3	28.1	30.8	37.4	48.5
7	25.4	8.5	14.3	16.5	28.5	37.3	3.5	17.2
8	3.8	11.3	13.3	6.5	13.5	26.4	17.1	17.0

Tabelle 6: Gebiet 4 Neuss-Norf, räumliche Verteilung der Variablen
Fluor in mg/kg TS

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	24.9	49.8	25.3	22.0		32.4		64.0
2	60.3	44.8	22.5	216.0	48.2	13.6	223.0	165.0
3			30.2		266.0		208.0	193.0
4	12.6	13.4	14.2		794.0	410.0	90.3	77.9
5	15.6	30.7	10.5	245.0		754.0	204.0	32.4
6		15.5	27.1	48.3	136.0	116.0	87.8	85.9
7	20.6	9.1	12.6		76.8	23.3	13.7	76.2
8	16.6	9.4	9.9		36.1	0.5	9.9	14.2

Tabelle 7: Gebiet 5 Grevenbroich, räumliche Verteilung der Variablen
Fluor in mg/kg TS

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	5.9	6.7	8.4					
2	8.5				21.1	21.9		
3	10.3	13.7	13.3	12.8	29.5	30.9		51.2
4	3.8	6.4	28.5			53.1	28.8	59.9
5	16.5	11.6		26.8	18.7	50.6	26.4	57.0
6	7.9	7.5	10.5	17.9	27.5	52.7	12.7	
7	5.2	13.1			18.4	15.6	12.3	18.3
8	9.6	10.8	19.2	12.4	10.5	0.0		12.0

Tabelle 8: Gebiet 1 Voerde, räumliche Verteilung der Durchschnittsvitalität je Rasterquadrat

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.67	1.00	0.50	1.00	0.00			1.33
2	0.60	0.67		1.00	1.17	1.17	0.75	1.50
3	0.67				0.80	0.80	1.20	0.80
4			0.00	0.25	0.17	0.67	0.38	0.83
5		1.00		1.50	0.40	0.67	0.88	0.80
6			0.80	1.00	0.50	0.17	1.40	1.33
7			1.00	1.33	0.50	1.00	1.00	0.75
8		1.50	1.00	1.17	0.88		2.00	

Tabelle 9: Gebiet 2 Lünen, räumliche Verteilung der Durchschnittsvitalität je Rasterquadrat

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.00	0.67	0.43	0.40	0.25	0.50	0.17	0.88
2	1.00	0.57	0.50	1.00	0.17	0.67	0.71	0.75
3	0.83	1.20	0.67	0.50	0.50	1.17	0.88	0.50
4	0.67	0.78		1.38	1.00	0.50	0.17	0.71
5	1.33	1.00	0.67	1.38	0.40	0.88	0.40	0.80
6	1.33	0.71	0.17	0.33	1.00	1.29	0.67	1.00
7	1.29	0.33	1.00	0.17	1.00	1.50	0.83	1.00
8	1.17	0.86	0.33	0.17	1.00	1.00	0.67	0.71

Tabelle 10: Gebiet 3 Essen, räumliche Verteilung der Durchschnittsvitalität je Rasterquadrat

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.75	1.50	1.57	1.00	1.00	1.14	0.80	0.29
2	0.29	0.17	1.67	0.80	0.60	0.83	0.33	1.00
3	1.29	0.86	1.50	0.60	1.00	0.00	1.80	0.00
4	0.50	1.00	0.33	0.60	0.90	0.40	0.67	1.00
5	0.50	0.33	0.71	0.80	0.75	0.43	0.57	0.17
6	1.00	0.50	0.67	0.20	0.50	0.60	1.00	0.33
7	0.86	0.83	1.00	0.33	1.00	0.50	0.80	0.00
8	1.00	0.67	0.67	0.67	0.40	0.17	0.50	0.40

Tabelle 11: Gebiet 4 Neuss-Norf, räumliche Verteilung der Durchschnittsvitalität je Rasterquadrat

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.50	0.86	1.86	0.17	0.25	0.33		0.67
2	0.00	0.40	0.67	0.14	0.88	0.20	0.00	1.29
3	0.20		0.33	0.00	0.67	0.00	0.00	0.50
4	0.50	0.55	0.25	0.60	0.40	0.38	0.20	0.43
5	0.33	0.75	0.50	0.71	0.40	0.14	0.33	1.25
6	0.25	9.00	0.88	2.00	1.43	0.67	0.86	0.00
7	0.57	0.00	9.00	0.40	1.50	0.86	0.00	0.71
8	1.33	0.00	0.00	0.00	0.60	0.62	0.57	0.33

Tabelle 12: Gebiet 5 Grevenbroich, räumliche Verteilung der Durchschnittsvitalität je Rasterquadrat

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.14	0.00	0.44					
2	0.29	0.00	0.20		0.17	0.33		
3	0.00	0.67	0.33	0.71	0.00	0.00		0.00
4	0.00	0.12	0.33	0.75		0.50	0.22	1.00
5	0.17	0.00	0.00	0.00	0.50	0.40	0.40	0.25
6	0.67	0.17	0.00	0.14	0.91	0.20	0.60	
7	0.00	0.50		0.00	0.20	0.80	0.17	0.25
8	0.00	0.17	0.00	0.12	0.40	0.40		0.50

Tabelle 13: Mittelwerte der Variablen Fluor und Vitalität

Gebiet	Voerde 1	Lünen 2	Essen 3	Neuss 4	Grevenbroich 5
Fluor (mg/kg TS)					
Mittelwert arithmet.	25.26	49.63	33.16	102.56	19.92
harmonisch	9.20	13.91	16.74	13.49	--
Stichproben	47	61	57	51	46
Minimum	3.3	3.5	3.5	0.5	0.0
Maximum	362	1465	200	794	60
Vitalität					
Mittelwert arithmet.	0.86	0.74	0.69	0.57	0.27
Stichproben	47	61	57	51	46
Minimum	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00
Maximum	2.00	1.50	1.80	2.00	1.00

Tabelle 14: Relative Häufigkeit der Variablen Fluor

Gebiet	Voerde 1	Lünen 2	Essen 3	Neuss 4	Grevenbroich 5
Fluor mg/kg TS					
0 - 12,5	51,0	33,0	17,4	11,7	41,3
12,5 - 25,0	27,6	35,0	33,2	25,4	30,4
25,0 - 37,5	10,6	16,6	22,7	13,7	15,2
37,5 - 50,0	2,1	3,3	14,0	7,8	0,0
>= 50,0	8,7	12,1	12,7	41,4	13,0
N = 100 %	47	61	57	51	46
Rang der Fluorbelastung über 25 mg/kg TS					
	21,4	32,0	49,4	63,3	28,2
	5	3	2	1	4

Tabelle 15: Relative Häufigkeit der Variablen Vitalität

Gebiet	Voerde 1	Lünen 2	Essen 3	Neuss 4	Grevenbroich 5
Vitalität					
0,0 - 0,4	12,7	16,5	24,5	39,1	65,2
0,4 - 0,8	25,5	37,7	34,9	37,2	28,2
0,8 - 1,2	42,5	34,4	19,7	9,8	6,6
1,2 - 1,6	17,0	11,4	6,9	9,7	0,0
1,6 - 2,0	2,1	0,0	3,5	3,8	0,0
2,0 - 4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N = 100 %	47	61	57	51	46

Tabelle 16: Zusammenfassende Darstellung der Korrelationskoeffizienten mit zugehörigem Signifikanzniveau

Gebiet	Voerde 1	Lünen 2	Essen 3	Neuss 4	Grevenbroich 5
Vitalität Fluor	-0.24	-0.11	-0.19	-0.14	-0.18
Entfernung Vitalität	0.33	0.00	-0.07	-0.07	-0.09
Entfernung Fluor	-0.43	-0.35	-0.47	-0.50	-0.39
Windwirkung Fluor	0.14	0.31	0.40	0.39	--
Windwirkung Vitalität	0.12	-0.19	-0.22	-0.12	--
Signifikanz- niveau für N > 42	p = 5 % 0.30		p = 1 % 0.39	p = 0.1 % 0.49	

Tabelle 17: Rohdaten

Datenanhang

Spalte

- 1 Gebietsnummer
- 2 Planquadrat
- 3 Entfernung vom Werk in Kilometern
- 4 Durchschnittliche Vitalität der Einzelvitalitäten
(9 = missing, s. Spalte 7 - 16)
- 5 Windwirkung aus Werksrichtung in Prozent
vom Beginn der Vegetationsperiode bis zum Bildflug
- 6 Fluorgehalt der Blattproben in mg/kg TS
(-99.0 = missing)
- 7 - 16 Einzelvitalitäten (9 = missing)

s. Seiten 38-41

2 81	2.20	1.17	5.0	8.2	0	1	1	2	2	1	9	9	9	9	3 11	2.20	0.75	0.8	22.5	1	0	1	1	0	1	1	1	9	
2 82	1.90	0.86	2.0	16.5	1	0	1	1	1	1	1	9	9	9	3 12	2.00	1.50	0.8	6.9	2	2	1	1	1	1	1	2	9	
2 83	1.50	0.33	2.0	11.3	0	0	0	0	0	2	9	9	9	9	3 13	1.70	1.57	1.0	23.1	1	2	1	2	1	2	2	9	9	
2 84	1.40	0.17	1.2	18.9	0	0	0	1	0	0	9	9	9	9	3 14	1.50	1.00	2.0	20.3	0	1	2	0	2	1	9	9	9	
2 85	1.40	1.00	1.2	13.5	0	1	3	1	0	1	2	0	9	9	3 15	1.50	1.00	2.4	3.9	1	0	1	1	2	1	9	9	9	
2 86	1.60	1.00	2.0	15.4	0	1	0	1	2	1	2	9	9	9	3 16	1.70	1.14	1.5	23.0	1	2	2	0	2	1	0	9	9	
2 87	1.90	0.67	2.0	23.5	0	0	1	2	1	0	9	9	9	9	3 17	1.80	0.80	4.0	22.2	0	1	1	1	1	1	9	9	9	
2 88	2.20	0.71	2.0	19.6	0	1	1	1	0	1	1	9	9	9	3 18	2.20	0.29	9.0	39.6	0	0	1	0	0	1	0	9	9	
															3 21	2.00	0.29	0.8	28.1	0	1	0	0	0	1	0	9	9	
															3 22	1.70	0.17	0.8	15.2	0	0	0	1	0	0	9	9	9	
															3 23	1.20	1.67	0.8	27.8	2	2	1	2	1	2	9	9	9	
															3 24	1.00	0.80	2.0	10.4	1	0	0	1	2	9	9	9	9	
															3 25	1.00	0.60	2.4	-99.0	0	0	0	1	2	9	9	9	9	
															3 26	1.20	0.83	4.0	30.5	1	2	1	1	0	0	9	9	9	
															3 27	1.60	0.33	9.0	46.3	0	0	1	1	0	0	9	9	9	
															3 28	2.00	1.00	8.0	13.2	1	1	9	9	9	9	9	9	9	
															3 31	1.90	1.29	1.2	39.4	1	2	0	1	2	2	1	9	9	9
															3 32	1.40	0.86	1.2	52.4	2	0	2	1	0	1	0	9	9	9
															3 33	0.80	1.50	0.8	40.6	1	1	2	2	9	9	9	9	9	
															3 34	0.60	0.60	0.8	-99.0	1	1	1	0	0	9	9	9	9	
															3 35	0.60	1.00	1.5	-99.0	1	1	0	1	2	9	9	9	9	
															3 36	0.80	0.00	9.0	179.0	0	0	0	0	0	0	9	9	9	
															3 37	1.40	1.80	8.0	57.6	2	2	1	2	2	9	9	9	9	
															3 38	1.90	0.00	5.5	29.5	0	0	0	0	9	9	9	9	9	
															3 41	1.80	0.50	1.5	55.9	1	1	1	0	0	0	9	9	9	
															3 42	1.30	1.00	1.5	-99.0	0	1	1	2	1	9	9	9	9	
															3 43	0.70	0.33	1.5	31.5	0	0	0	0	1	1	9	9	9	
															3 44	0.20	0.60	1.5	-99.0	1	1	1	0	0	9	9	9	9	
															3 45	0.00	9.00	0.0	-99.0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
															3 46	0.70	0.40	5.5	200.0	0	0	1	0	1	9	9	9	9	
															3 47	1.30	0.67	5.5	29.2	1	0	0	0	1	2	9	9	9	
															3 48	1.80	1.00	5.5	18.7	0	2	1	2	0	1	9	9	9	
															3 51	2.00	0.50	3.5	13.4	1	1	0	1	0	0	9	9	9	
															3 52	1.40	0.33	3.5	21.6	0	0	1	0	1	0	9	9	9	
															3 53	0.80	0.71	3.5	8.8	2	0	0	2	0	1	0	9	9	
															3 54	0.60	0.80	2.0	-99.0	0	1	1	1	1	9	9	9	9	
															3 55	0.60	0.75	2.5	125.0	0	1	1	1	9	9	9	9	9	
															3 56	0.80	0.43	4.5	63.5	1	1	0	1	0	0	9	9	9	
															3 57	1.40	0.57	4.5	47.9	1	0	0	0	0	1	2	9	9	
															3 58	2.00	0.17	4.5	24.1	0	0	0	0	0	1	9	9	9	
															3 61	2.00	1.00	3.0	12.3	1	1	1	2	1	0	9	9	9	
															3 62	1.70	0.50	3.0	43.0	0	1	1	1	0	0	9	9	9	
															3 63	1.20	0.67	3.0	39.9	0	1	1	0	1	1	9	9	9	
															3 64	1.00	0.20	1.0	19.3	0	0	0	1	0	9	9	9	9	
															3 65	1.00	0.50	2.5	28.1	0	1	1	0	0	1	9	9	9	
															3 66	1.20	0.60	3.5	30.8	1	0	1	1	0	9	9	9	9	
															3 67	1.70	1.00	3.5	37.4	1	0	1	2	1	1	9	9	9	
															3 68	2.00	0.33	3.5	48.5	0	1	1	0	0	0	9	9	9	
															3 71	2.20	0.86	3.0	25.4	0	0	1	1	2	1	1	9	9	
															3 72	2.00	0.83	1.0	8.5	1	2	0	1	1	0	9	9	9	
															3 73	1.70	1.00	1.0	14.3	1	1	1	1	1	9	9	9	9	
															3 74	1.50	0.33	1.0	16.5	1	0	1	0	0	0	9	9	9	
															3 75	1.50	1.00	2.5	28.5	1	0	1	1	2	9	9	9	9	
															3 76	1.70	0.50	2.8	37.3	1	1	0	0	0	1	9	9	9	

4 81	2.50	1.33	1.0	16.6	2	0	1	1	2	2	9	9	9	9	5 11	2.50	0.14	0.0	5.9	0	0	0	1	0	0	0	9	9	9	9		
4 82	2.10	0.00	1.0	9.4	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5 12	2.10	0.00	0.0	6.7	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9		
4 83	1.90	0.00	1.5	9.9	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5 13	2.90	0.44	0.0	8.4	0	1	0	2	0	0	1	0	0	9	9		
4 84	1.80	0.00	1.5	-99.0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	5 21	2.10	0.29	0.0	8.5	0	0	2	0	0	0	0	9	9	9	9		
4 85	1.80	0.60	2.0	36.1	0	1	1	1	0	9	9	9	9	9	5 22	1.80	0.00	0.0	-99.0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9		
4 86	1.90	0.62	2.0	0.5	1	1	1	1	0	0	1	0	9	9	5 23	1.50	0.20	0.0	-99.0	1	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9		
4 87	2.10	0.57	2.0	9.9	0	0	1	1	1	0	1	9	9	9	5 25	1.30	0.17	0.0	21.1	0	0	0	1	0	0	9	9	9	9	9		
4 88	2.50	0.33	4.0	14.2	0	1	0	0	1	0	9	9	9	9	5 26	1.50	0.33	0.0	21.9	1	0	0	0	0	1	9	9	9	9	9		
															5 31	1.90	0.00	0.0	10.3	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9		
															5 32	1.50	0.67	0.0	13.7	0	2	0	1	0	1	9	9	9	9	9	9	
															5 33	0.90	0.33	0.0	13.3	0	0	0	1	1	0	9	9	9	9	9	9	
															5 34	0.80	0.71	0.0	12.8	2	0	1	0	1	0	1	9	9	9	9	9	
															5 35	0.80	0.00	0.0	29.5	0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	
															5 36	0.90	0.00	0.0	30.9	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	
															5 38	1.90	0.00	0.0	51.2	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
															5 41	1.70	0.00	0.0	3.8	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9	
															5 42	1.30	0.12	0.0	6.4	0	0	0	0	0	0	1	9	9	9	9	9	
															5 43	0.70	0.33	0.0	28.5	2	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	
															5 44	0.00	0.75	0.0	-99.0	0	1	1	1	9	9	9	9	9	9	9	9	
															5 46	0.70	0.50	0.0	53.1	1	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
															5 47	1.20	0.22	0.0	28.8	0	0	1	0	0	0	1	0	9	9	9	9	9
															5 48	1.70	1.00	0.0	59.9	0	1	1	2	1	1	9	9	9	9	9	9	
															5 51	1.70	0.17	0.0	16.5	0	0	1	0	0	0	9	9	9	9	9	9	
															5 52	1.30	0.00	0.0	11.6	0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	
															5 53	0.70	0.00	0.0	-99.0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9	
															5 54	0.30	0.00	0.0	26.8	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	
															5 55	0.00	0.50	0.0	18.7	0	0	1	1	0	1	9	9	9	9	9	9	
															5 56	0.70	0.40	0.0	50.6	0	2	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9	
															5 57	1.30	0.40	0.0	26.4	1	0	0	1	0	9	9	9	9	9	9	9	
															5 58	1.70	0.25	0.0	57.0	0	1	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	
															5 61	1.90	0.67	0.0	7.9	2	0	2	0	0	0	9	9	9	9	9	9	
															5 62	1.50	0.17	0.0	7.5	0	1	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	
															5 63	0.90	0.00	0.0	10.5	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9	
															5 64	0.80	0.14	0.0	17.9	0	1	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	
															5 65	0.80	0.91	0.0	27.5	2	1	2	1	2	0	1	1	0	0	0	0	
															5 66	0.90	0.20	0.0	52.7	0	0	0	0	1	9	9	9	9	9	9	9	
															5 67	1.50	0.60	0.0	12.7	0	0	1	1	1	9	9	9	9	9	9	9	
															5 71	2.10	0.00	0.0	5.2	0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	
															5 72	1.80	0.50	0.0	13.1	2	1	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	
															5 74	1.30	0.00	0.0	-99.0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9	
															5 75	1.30	0.20	0.0	18.4	0	1	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9	
															5 76	1.50	0.80	0.0	15.6	2	0	0	1	1	9	9	9	9	9	9	9	
															5 77	1.80	0.17	0.0	12.3	0	0	0	0	0	1	9	9	9	9	9	9	
															5 78	2.10	0.25	0.0	18.3	1	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	
															5 81	2.50	0.00	0.0	9.6	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9	
															5 82	2.10	0.17	0.0	10.8	0	1	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	
															5 83	1.90	0.00	0.0	19.2	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9	
															5 84	1.80	0.12	0.0	12.4	1	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	
															5 85	1.80	0.40	0.0	10.5	0	0	1	0	1	9	9	9	9	9	9	9	
															5 86	1.90	0.40	0.0	0.0	1	0	0	0	1	9	9	9	9	9	9	9	
															5 88	2.50	0.50	0.0	12.0	1	1	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	

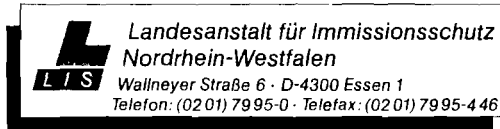
Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Sie werden - soweit nicht vergriffen - Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt. Alle LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Einsichtnahme und Ausleihe zur Verfügung.

Anforderungen sind zu richten an die



- Berichte-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:
(vergriffen) LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.
 - Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems - (1978).
- Berichte-Nr. 2: BUCK, M.:
(vergriffen) Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung
 der Luftqualität (1978).
- Berichte-Nr. 3: SCHEICH, G.:
(vergriffen) Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme
 in den USA (1979).
- Berichte-Nr. 4: SPLITGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau
 (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITGERBER, H.:
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen (1979).
- Berichte-Nr. 6: STRAUCH, H. und K.H. GOLDBERG:
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand
 unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung
 und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen (1980).
- Berichte-Nr. 8: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern
 (1980).
- Berichte-Nr. 9: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: HILLEN, R.:
(vergriffen) Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung
 -Ziele, Methodik, Ergebnisse- (1980).
- Berichte-Nr. 11: MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:
(vergriffen) Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung
 der Schwebstoffkonzentration in Luft (1980).
- Berichte-Nr. 12: GIEBEL, J.:
(vergriffen) Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten (1981).
- Berichte-Nr. 13: BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:
(vergriffen) Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung
 osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen (1981).

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurez als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:
(vergriffen) Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
(vergriffen) Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: PFEFFER, H.U.:
(vergriffen) Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:
(vergriffen) Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITTGERBER, H.:
(vergriffen) Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 02.05.-24.05.1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: KÜLSKE, S.:
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:
(vergriffen) Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANNS, H., H. GIES und G. NITZ:
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:
(vergriffen) Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).

- Berichte-Nr. 30: MANN, H. und H. GIES:
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-
Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).
- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT und M. BUCK:
(vergriffen) Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft
(1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: FRONZ, W.:
(vergriffen) Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen
- zum tageszeitlichen Verlauf des Geräuschpegels und des Verkehrsaufkommens an
Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:
Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und
der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von
Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
(vergriffen) Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:
Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahme rate des IRMA-Gerätes bei verschiedenen
Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:
(vergriffen) Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene
Wärmepumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: BRÖKER, G. und B. SCHILLING:
Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).
- Berichte-Nr. 41: HILLEN, R.:
(vergriffen) Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräuschmessungen im
Immissionsbereich (1983).
- Berichte-Nr. 42: KLEIN, M.:
(vergriffen) Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien - Ziele, Physik der
Schallausbreitung, Vorgehensweise, Ergebnisse - (1983).
- Berichte-Nr. 43: PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:
(vergriffen) Jahresbericht 1981 über die Luftqualität an Rhein und Ruhr.
Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES in Nordrhein-Westfalen.
(1984)
- Berichte-Nr. 44: BUCK, M., H. IXFELD und R. BEIER:
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der
Aluminiumhütte LMG in Essen. (1984).
- Berichte-Nr. 45: STRAUCH, H. und R. HILLEN:
(vergriffen) Geräuschimmissionen in Großstädten; Flächenbezogene Kennzeichnung dieser
Geräuschimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 46: BUCK, M. und P. BRUCKMANN:
(vergriffen) Air quality surveillance in the Federal Republic of Germany (1984).

- Berichte-Nr. 47: BEIER, R.:
Kohlenwasserstoffbelastung in Ahlen - eine statistische Analyse -. (1984)
- Berichte-Nr. 48: SCHADE, H.:
(vergriffen) Prognose der Schadstoffemissionen aus Verbrennungsanlagen im Belastungsgebiet
Rheinschiene-Süd für die Jahre 1985 und 1990. (1984)
- Berichte-Nr. 49: STRATMANN, H.:
Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Vegetation.
Bewertung der Luftanalyse auf der Grundlage weiterentwickelter Dosis-
Wirkungsbeziehungen für Schwefeldioxid und Ozon zur Ursachenaufklärung der
neuartigen Waldschäden. (1984)
- Berichte-Nr. 50: GOLDBERG, K.H.:
(vergriffen) Untersuchungen zu Schießlärmminderungen, dargestellt an Fallbeispielen. (1984)
- Berichte-Nr. 51: HERPERTZ, E., J. ASSMANN, D. KRANE, E. HARTMANN, B. STECK, E. BREWIG und
(vergriffen) J. KROCHMANN:
Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: Pfeffer, H.-U.:
(vergriffen) Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions- Meß- und Erhebungsstellen in der
Bundesrepublik Deutschland (STIMES).
Ergebnisse für die Komponenten SO₂, NO_x, O₃ und CO. (1984).
- Berichte-Nr. 53: BEIER, R.:
(vergriffen) Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983. (1985).
- Berichte-Nr. 54: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
Polychlorierte Dibenzodioxine und Furane in den Filterstäuben und Schlacken der
zwölf Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger
Sondermüllverbrennungsanlagen. (1985).
- Berichte-Nr. 55: KÜLSKE, S., J. GIEBEL, H.-U. PFEFFER und R. BEIER:
ANALYSE der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.
Teil 1: Text- und Bildband. (1985).
Teil 2: Meßergebnisse. (1985).
- Berichte-Nr. 56: SPLITTGERBER, H., M. KLEIN und P. NEUTZ:
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von
Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: PRINZ, B., J. HRADEZKY, H.-U. PFEFFER, H.W. ZÖTTL und H.-K. LICHTENTHALER:
(vergriffen) Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden. (1985).
- Berichte-Nr. 58: GIEBEL, J. und W. STRAMPLAT:
Untersuchung über die Eignung des Korrelationsspektrometers Cospec V zur
Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid. (1986).
- Berichte-Nr. 59: PRINZ, B., D. SCHWELA, E. KOCH, S. GANSER und T. EIKMANN:
(vergriffen) Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von
Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen. (1986).
- Berichte-Nr. 60: MANNS, H. und H. GIES:
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH
(1986).
- Berichte-Nr. 61: SPLITTGERBER, H.:
(vergriffen) Messung und Beurteilung von Erschütterungsmissionen - Vergleich verschiedener
Verfahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:
(vergriffen) Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzop-Dioxine und Dibenzofurane in
Nordrhein-Westfalen. (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:
Measurements of Polychlorinated Dibenzop-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor
Air. (Übersetzung des 1986 erschienenen LIS-Berichtes Nr. 62).
(1987).

- Berichte-Nr. 63: GIEBEL, J.:
Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells (K-Modell) für die Praxis der Immissions-Simulation. (1986)
- Berichte-Nr. 64: WINKLER, H.D.:
(vergriffen) Thalliumemissionen bei der Zementherstellung - Ursachen und Minderungsmaßnahmen - (1986).
- Berichte-Nr. 65: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Erschütterungseinwirkung durch Exzenter-Schmiedepressen und ihre Minderung durch Direktabfederung. (1986)
- Berichte-Nr. 66: Viertes Symposium über die Technik der Kernreaktorfernüberwachungssysteme am 8. und 9.10.1986 in der LIS, Essen. (1986).
- Berichte-Nr. 67: ASSMANN, H.:
(vergriffen) Hinweise zur Prognose von Geräuschimmissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz. (1986)
- Berichte-Nr. 68: MANNS, H. und H. GIES:
(vergriffen) Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I 3 m³/h für die automatisierte Immissionsmessung. (1986)
- Berichte-Nr. 69: BEINE, H.:
Phosphorsäureester und verwandte Verbindungen - Umweltrelevanz und luftanalytische Bestimmung. (1987)
- Berichte-Nr. 70: BUCK, M. und H.-U. PFEFFER:
Air quality surveillance in the state North-Rhine-Westphalia (Federal Republic of Germany). (1987)
- Berichte-Nr. 71: WEFERS, H. und H. KATZER:
Zusammenstellung von zusätzlichen sicherheitstechnischen Anforderungen an Anlagen zur Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak in Kraftwerken. (1987)
- Berichte-Nr. 72: BEIER, R., J. KOHLERT und M. BUCK:
(vergriffen) Entwicklung der Immissionsbelastung in der Umgebung der Aluminiumhütte im Essener Norden in den Jahren 1984-1986. (1987)
- Berichte-Nr. 73: SCHADE, H.:
(vergriffen) Erstellung eines Emissionskatasters und einer Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher des Belastungsgebietes Ruhrgebiet Ost. (1987)
- Berichte-Nr. 74: BEIER, R. und M. BUCK:
Möglichkeit und Grenzen der Nutzung von Luftqualitätsdaten aus diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft. (1988)
- Berichte-Nr. 75: KOCH, E. und P. ALTENBECK:
Prinzipien des prophylaktischen Immissionsschutzes. (1988)
- Berichte-Nr. 76: J. GIEBEL:
Eine vereinfachte Methode zur Immissionssimulation. (1988)
- Berichte-Nr. 77: KÜLSKE, S., R. BEIER und H.-U. PFEFFER:
Die Smoglage vom 14. bis 22. Januar 1987 in Nordrhein-Westfalen und ihre Ursachen. (1988)

- Berichte-Nr. 78: GEUFKE, K.-J. und H. NIESENHAUS:
Bestimmung von Benzol in Abgasen. (1988).
- Berichte-Nr. 79: WIETLAKE, K.-H.:
Geräuschkinderung durch Teilkapselung von Schmiedehämmern. (1988).
- Berichte-Nr. 80: KRAUSE, G.H.M. und B. Prinz:
Experimentelle Untersuchungen der LIS zur Aufklärung möglicher Ursachen der
neuartigen Waldschäden. (1988). (in Vorbereitung)
- Berichte-Nr. 81: GOLDBERG, K.H.:
Untersuchungen zur Geräuschemission und -ausbreitung von Schußsignalen bei
Klein-Kaliberschießständen. (1988).
- Berichte-Nr. 82: BUCK, M und K. ELLERMANN:
Die Immissionsbelastung durch Benzol in Nordrhein-Westfalen. (1988).
- Berichte-Nr. 83: WEFERS, H., S. DELLING und T. SCHULZ:
Hinweise zur Erstellung und Prüfung von betrieblichen Alarm- und Gefahrenab-
wehrplänen nach der Störfall-Verordnung. (1988).
- Berichte-Nr. 84: WEFERS, H., T. SCHULZ und R. JOHN:
Hinweise und Suchstrategien zu den Stoffen der Störfall-Verordnung. (1988).