

Nr.41

Über Möglichkeiten zur
Verbesserung der Qualität
von Schießgeräusch-Messungen
im Immissionsbereich

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6

D-4300 Essen 1

1983

ISSN 0720-8499

Ueber Moeglichkeiten zur Verbesserung der
Qualitaet von Schiessgeraeusch-Messungen
im Immissionsbereich

R. Hillen
R. Hillen
✓

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung

Summary

1. Einfuehrung
 2. Untersuchung zum Einfluss der Messgeraete auf die Richtigkeit und Reproduzierbarkeit von Messwerten impulsfoermiger Signale kurzer Dauer und geringer Anstiegszeit
 - 2.1. Dynamische Eigenschaften
 - 2.1.1. Laborpruefungen bei der Dynamik FAST
 - 2.1.2. Felduntersuchungen an realen Signalen mit FAST
 - 2.1.3. Ueberpruefung der Dynamik IMPULS
 - 2.2. Probleme bei der Bildung des Mittelungspegels LAx
 - 2.2.1. Problemstellung
 - 2.2.2. Aufgabenstellung
 - 2.2.3. Methodik und Durchfuehrung der Untersuchung
 3. Untersuchung zur Ausbreitung von Schiessgeraeuschen unter besonderer Beruecksichtigung des Windeinflusses
 - 3.1. Anlass
 - 3.2. Aufgabenstellung und Art der Durchfuehrung
 - 3.2.1. Zielsetzung
 - 3.2.2. Methodik der Untersuchung
 - 3.2.3. Messwerte
 - 3.2.4. Messanordnung
 - 3.3. Auswertung und Ergebnisdarstellung
 - 3.3.1. Zeitliche Repraesentanz der Messdaten
 - 3.3.2. Eigenschaften der Emission
 - 3.3.3. Auswertung der Immissionsdaten
 - 3.4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung
 - 3.4.1. Durchfuehrung und Ergebnisse
 - 3.4.2. Schlussfolgerungen
- Schrifttum
Anhang 1,2

An dieser Stelle ist Dank zu sagen dem Deutschen Wetterdienst, Wetteramt Essen, fuer die bereitwillige Ueberlassung von Wetterdaten sowie der Gelsenwasser AG, Gelsenkirchen, fuer die Erlaubnis, ihr Gelaende in Essen fuer Ausbreitungsuntersuchungen zu nutzen.

Die im Kapitel 2.1 zusammenfassend beschriebenen Untersuchungen zu den dynamischen Eigenschaften der Messgeraete wurden massgeblich von den Herren Dipl.Ing. M. Klein und Dipl.Ing. H. Stoewe durchgefuehrt. Eine ausfuehrliche Veroeffentlichung hierueber erscheint demnaechst.

UEBER MOEGLICHKEITEN ZUR VERBESSERUNG DER QUALITAET VON
SCHIESSGERAEUSCHMESSUNGEN IM IMMISSIONSBEREICH

R. Hillen

Z U S A M M E N F A S S U N G

Zur Frage der Qualitaet von Messergebnissen im Immissionbereich bei Schiessgeraeuschen wurden im Jahr 1982 von der Landesanstalt fuer Immissionsschutz des Landes NW Untersuchungen in Bezug auf zwei Problembereiche durchgefuehrt.

Zum einen wurde die Richtigkeit der Anzeige eines vielfach verwendeten Schallpegelmessers bei Beschallung mit kuenstlichen und realen Schussignalen untersucht. Hier zeigte sich, dass durch Geraetemodifikationen im Bereich der Gleichrichtung die Richtigkeit der Anzeige erheblich verbessert werden konnte.

Ausserdem wurden Reproduzierbarkeitsuntersuchungen, soweit es die Messwertbildung betraf, fuer die Messgroesse L_{Ax} durchgefuehrt.

Zum anderen wurde in einem umfangreichen Feldversuch bei freier Schallausbreitung untersucht, welche Massnahmen ergriffen werden sollten, um die Reproduzierbarkeit bei der Messung der Messgroessen L_{AFmax} , L_{AImax} und L_{Ax} zu verbessern. Hierbei wurden Aussagen ueber zu erwartende Streuungen, ueber systematische und unsystematische Einfluesse einiger meteorologischer Parameter und ueber Zusammenhaenge zwischen den o.g. Messgroesen erarbeitet.

Um die gewonnenen Messwerte fuer die Beantwortung hier nicht bearbeiteter Fragestellungen verfuegbar zu machen, werden alle Messdaten im Anhang zusammenfassend mitgeteilt.

S U M M A R Y

The quality of results of shooting noise measurements in the environment of the source was investigated by the "Landesanstalt fuer Immissionsschutz des Landes NW" with regard to two particular aspects.

Firstly, the accuracy of the readings of a frequently used sound level meter at simulated and real shot signals was examined. It was found that modifications of the rectification process considerably improved the accuracy of the readings. Moreover, the reproducibility of the measured L_{Ax} -values was studied.

Secondly, extensive field experiments under conditions of unobstructed sound propagation were conducted to determine the measures to be taken for improving the reproducibility of the measured sound levels expressed by L_{AFmax} , L_{AImax} and L_{Ax} . Findings on the expected scattering of some meteorological parameters and on the relationships between the mentioned sound indices were derived from the experiments.

All obtained results are listed in an annex to provide the opportunity of answering questions not dealt with in this account.

1. EINFUEHRUNG

Die Messung von Geraeuschimmissionswerten bei impulsfoermigen Signalen im allgemeinen und bei Schiessgeraeuschen im Besonderen laesst oftmals bei der naeheren Betrachtung der erhobenen Messwerte Zweifel an ihrer Richtigkeit und Vergleichbarkeit aufkommen, die sich bei weiteren Untersuchungen als durchaus begruendet erweisen; solche Fehler sind wohl in den besonderen Eigenschaften dieser Geraeusche zu suchen.

Denn die durch Schuesse hervorgerufenen Immissionen zeichnen sich durch einen transienten Verlauf des Schallwechseldrucks mit extrem kurzen Signaldauern und Anstiegszeiten aus, welches wohl der Grund dafuer ist, dass im Gegensatz zur Messung stationaerer Signale Ergebnisse festzustellen sind, die erheblich schlechter reproduzierbar sind und neben unsystematischen Fehlern zusaetzlich auch unsystematische Abweichungen zu den Ergebnissen anderer Messungen aufweisen. Die Bereiche, in denen diese Fehler entstehen, lassen sich grob in zwei Gruppen trennen:

Die EMISSION einer Waffe wird sicherlich nicht konstant sein. Hier koennen Schwankungen durch die Munition -selbst bei gleichem Typ- auftreten, die in Fertigungstoleranzen, aber auch in Umgebungsbedingungen wie Temperatur etc. begruendet sein koennen. Auf dem Ausbreitungsweg schon ueber geringe Entfernungen sind Schwankungsursachen zu vermuten, die sowohl die unsystematische Streuung der Werte erhoehen als auch systematische Verschiebungen durch Zusatzdaempfung auf dem Ausbreitungsweg verursachen. Dabei kann man mit gutem Grund von der Annahme ausgehen, dass durch die ueblicherweise geringe Anzahl von Messwerten bei Schuessen (zumindest im Vergleich mit den Messwerten bei stationaeren Geraeuschen) wenige Augenblicksaufnahmen der Transmissionsbedingungen in den Ergebnissen abgebildet werden, die bei stationaeren Signalen durch die Bildung von Mittelungspegeln ausgemittelt werden.

Was die vorgenannten, im Messobjekt begruendeten Schwankungsursachen betrifft, ist deshalb zu fragen, unter welchen Bedingungen es moeglich ist, Messwerte mit einem hohen Grad an Reproduzierbarkeit zu erhalten. Dies ist z.B. dann von Bedeutung, wenn Immissionswerte miteinander verglichen werden sollen. Hier muss ueberlegt werden, ob durch die Wahl geeigneter Randbedingungen (vorwiegend sicherlich im meteorologischen Bereich) und durch die Wahl einer ausreichend grossen Stichprobe in Verbindung mit der Bildung von Mittelwerten zur Verkleinerung der Zufallsschwankungen eine verlaessliche Kennzeichnung moeglich wird.

Als zweite Hauptursache fuer die oftmals inconsistenten Ergebnisse bei Messungen von Schiessgeraechen ist sicherlich anzufuehren, dass die ueblicherweise im Immissionsschutz verwendeten MESSGERAETE den Signaleigenschaften dieser Art von Immissionssignalen nicht ausreichend gerecht werden. Denn wichtige, vorzugsweise dynamische Eigenschaften der Signale werden wegen der in den entsprechenden Normen zugelassenen Streubreiten oder sogar nicht mehr angegebenen Toleranzgrenzen oftmals beliebig ungenau abgebildet. Diese Ueberlegung fuehrt u.a. zu Fragen nach der Gueltigkeit der Zeitbewertungen fuer hohe Anstiegszeiten und kurze Signaldauern.

Hier ist zu untersuchen, wieweit bei Verwendung moderner, im Ausseneinsatz verwendbarer Geraete Abweichungen zwischen wahren Werten der Messgrosse und den ermittelten Werten vorhanden sind und ob es Moeglichkeiten gibt, diese Fehler zu minimisieren.

Dass mit den genannten Problemen nicht alle Schwierigkeiten in Verbindung mit der Messung von Immissionen bei Schuessen aufgezeigt sind, ist sicher. Doch schienen grade die angerissenen Fragestellungen wichtig genug zu sein, sie naeher zu untersuchen, um sicherzustellen, dass die bei zahlreichen Messungen erhobenen Messwerte moeglichst 'richtig' festgestellt werden.

So wird im folgenden ueber zwei getrennte Untersuchungen berichtet: Die erste beschaeftigt sich mit den durch die Messgeraete bedingten Problemen und zeigt Moeglichkeiten, die auftretenden Fehler erheblich einzuschraenken und ihre Groessenordnung abzuschuetzen. Im zweiten Teil wird ueber eine Untersuchung berichtet, die den Einfluss meteorologischer Groessen auf die Transmission beleuchtet mit dem Ziel, Randbedingungen zu nennen, unter denen man vergleichbare Messwerte zu erwarten hat. Um dem Leser die Moeglichkeit zu geben, weitere Fragen auf Grund der Messwerte selbst zu beantworten, werden zur zweiten Untersuchung die vollstaendigen Messdatensaetze mit angegeben. Dies entspricht auch der Intention dieses Berichts, der sicherlich keine generelle Loesung anbietet, jedoch einige und, wie wir meinen, wichtige Aspekte zu diesem Problemkreis beitragen kann.

2. UNTERSUCHUNG ZUM EINFLUSS DER MESSGERAETE AUF DIE RICHTIGKEIT UND REPRODUZIERBARKEIT VON MESSWERTEN IMPULSFOERMIGER SIGNALE KURZER DAUER UND GERINGER ANSTIEGSZEIT

Als ein Grund fuer nicht plausible Messergebnisse wird vermutet, dass durch das eingesetzte Messinstrumentarium Fehler bei der Messung von impulsfoermigen Signalen bei Schuessen entstehen, da die Messgeraete in ihren dynamischen Eigenschaften (z.B. bei FAST) in Uebereinstimmung mit der entsprechenden Norm bei extrem kurzen Schalldrucksignalen nicht definiert sind.

Bei solch kurzen Signalen muss man ausserdem beachten, dass zur Pegelbildung der Effektivwert mit Abtastintervallen, die oftmals gross gegen die Signaldauern sind, abgetastet werden. Auch dies kann moeglicherweise mit zu schlecht reproduzierbaren Ergebnissen beitragen.

Zu diesem Problembereich wurde als vielseitig einsetzbares Geraet moderner Bauart der Schallpegelklassierer B&K 4426 untersucht. Ueber zwei Teile dieser Untersuchung soll im folgenden Kapitel berichtet werden.

Die erste Untersuchung galt den Eigenschaften der Zeitbewertungen FAST und IMPULS bei Signalen kurzer Dauer. Dabei zeigte sich bald die Notwendigkeit von Modifikationen, die in Absprache mit dem Geraetehersteller durchgefuehrt wurden. Danach wurden die modifizierten Geraete sowohl mit synthetischen Signalen als auch mit realen Schiessgeraeuschen ueberprueft.

Die zweite Untersuchung beschaeftigte sich mit Problemen bei der Bildung des energieaeequivalenten Mittelungspegels L_{Ax} , also des Mittelungspegels L_{Am} , bezogen auf die Dauer einer Sekunde, unter Verwendung der Dynamik FAST. Hier ergibt sich eine Diskrepanz zwischen schneller Signalaenderungsgeschwindigkeit im Vergleich zum Abtasttakt des untersuchten Messgeraets von 100 ms. Es wurde untersucht, in welchem Bereich Fehler zu erwarten sind.

2.1. Untersuchung zu den dynamischen Eigenschaften FAST und IMPULS des Schallpegelmessers B&K 4426

Im Rahmen der messtechnischen Erhebung von Schiessgeraueschen verschiedenster Waffen im Emissions- sowie Immissionsbereich von Schiessplaetzen wurden bei Parallelmessungen mit baugleichen Praezisionsschallpegelmessern des Typs B&K 4426 (Klasse 1, DIN/IEC 651) Pegelunterschiede des Messwerts LAFmax beobachtet, die bis zu 8 dB betrugten. Da bei Parallelmessungen in Form von Doppelbestimmungen Angebotsschwankungen weitgehend ohne Einfluss auf die Differenz der Messergebnisse sind, wurde vermutet, dass die beim Schiessen entstehenden Geraeuschimpulse von so kurzer Dauer sind, dass deren exakte Pegelbestimmung durch die Toleranzen der o.g. Norm nicht mehr gewaehrleistet ist.

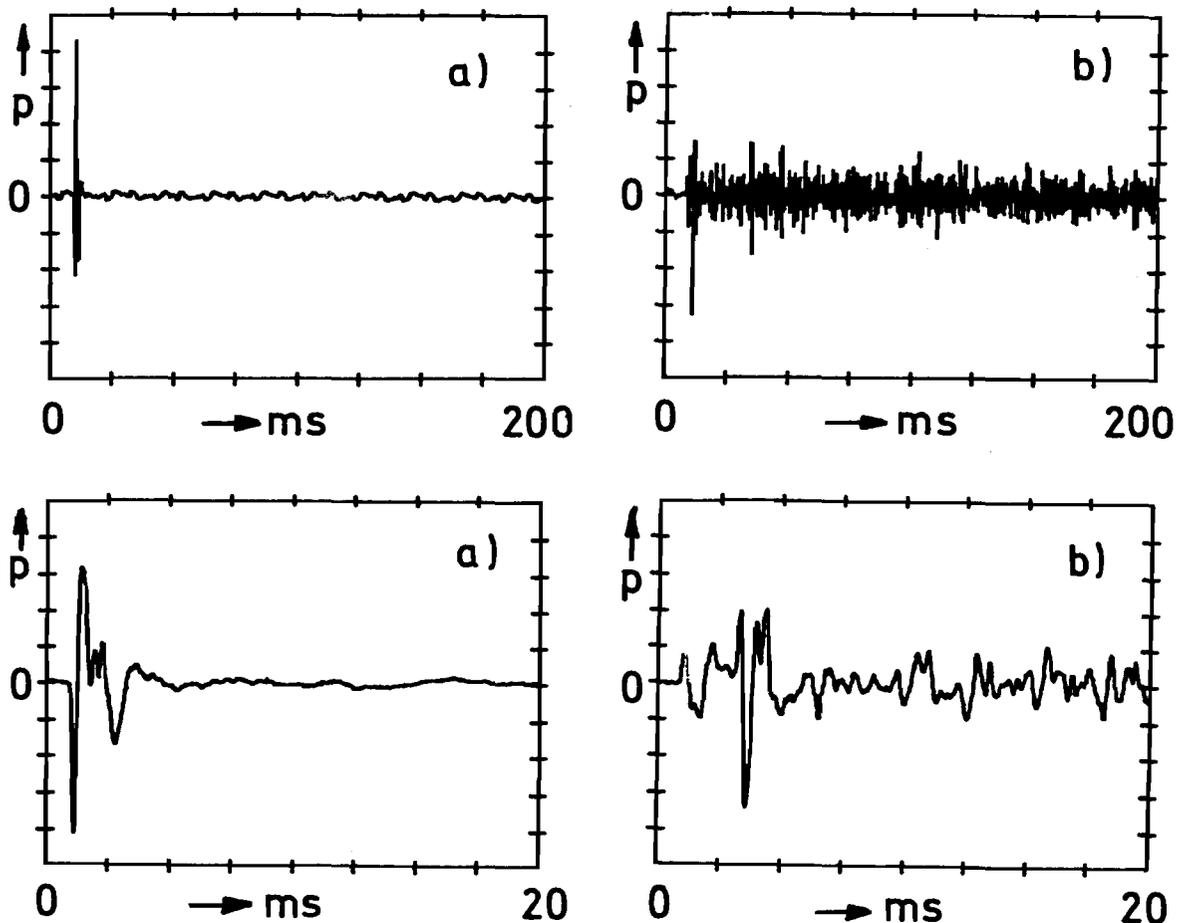


Abb. 2.1: Typische Schalldruckverlaeuftypen von Einzelschuessen im Immissionsbereich mit unterschiedlicher zeitlicher Aufloesung
 a: Schreckschusspistole im freien Gelaende
 b: Jagdflinte mit Vielfachreflexionen

Als Beispiele solcher Geräuschimpulse, wie sie in Immissionsituationen bei Schüssen festzustellen sind, sind in Abb. 2.1 zwei Verläufe des Schallwechseldrucks dargestellt. Beim Geräusch a) handelt es sich um einen Schuss aus einer Schreckschusspistole, gemessen in 200 m Entfernung im ebenen freien Gelände, welcher eine kurze Anstiegszeit verbunden mit einer kurzen Signaldauer aufweist. Im Fall b) ist der Verlauf eines Immissionssignals in der Nähe eines Schiessstandes fuer jagdliches Schiessen aufgezeichnet, das sich infolge vieler Reflexionen an Schallschutzeinrichtungen und Bäumen ueber einen Zeitraum von mehr als 200 ms erstreckt und eine geringere Anstiegszeit bei groesserer Signaldauer im Vergleich zum Fall a) aufweist.

Um die Vergleichbarkeit und Richtigkeit von Immissionsmessungen bei Schiessgeräuschen sicherzustellen, wurde fuer einen hier viel verwendeten Praezisionsschallpegelmesser, das Gerat B&K 4426, die o.g. Problematik im einzelnen untersucht.

2.1.1. Laborpruefung der Messgeraete bei der Dynamik FAST

Die ersten Untersuchungen zu diesem Problem wurden in einem messtechnischen Labor mit der Moeglichkeit, frei von stoerenden Randbedingungen Messwerte mit reproduzierbaren Signalen zu erhalten, durchgefuehrt.

So wurden neun baugleiche Gerate des o.g. Typs in einem Messaufbau nach Abb. 2.2 ueberprueft. Es ergab sich, dass alle Gerate sogar bis zu den kuerzesten der in der Norm fuer Schallpegelmesser der Klasse 0 genannten Pruefimpulsen von 5 ms Dauer Schallpegel LAFmax anzeigten, die auch im Wiederholungsfall um nicht mehr als ± 2 dB voneinander und von der Sollkurve abwichen. Saemtliche Gerate hielten also eindeutig die vorgegebenen Grenzfehlerkurven ein.

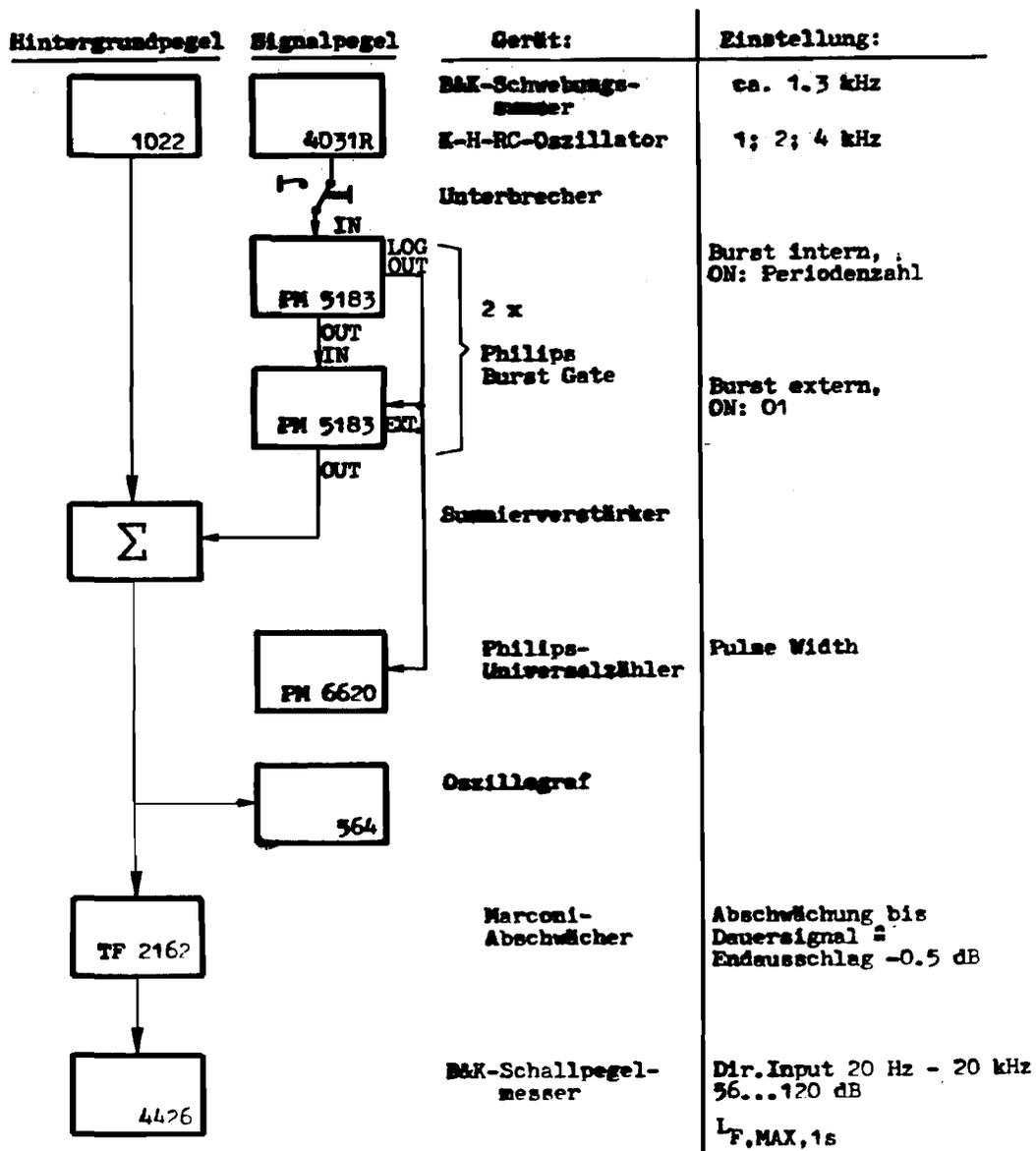


Abb. 2.2: Messaufbau zur Prüfung der dynamischen Eigenschaften von Schallpegelmessern mit Tonimpulsen

Bei einer weiteren Verkürzung der Prüfpulse auf Zeitdauern, wie sie bei Schiessgeräuschen zu erwarten sind und darüber hinaus bis auf 0.25 ms, ergaben sich jedoch die aus der Abb. 2.3 ersichtlichen Anzeigeabweichungen bis zu 20 dB(A) unterhalb der Sollkurve. Da die Anzeigeabweichungen von Gerät zu Gerät stark schwanken, ist hier wohl die Ursache der im Feldversuch beobachteten Fehler zu finden.

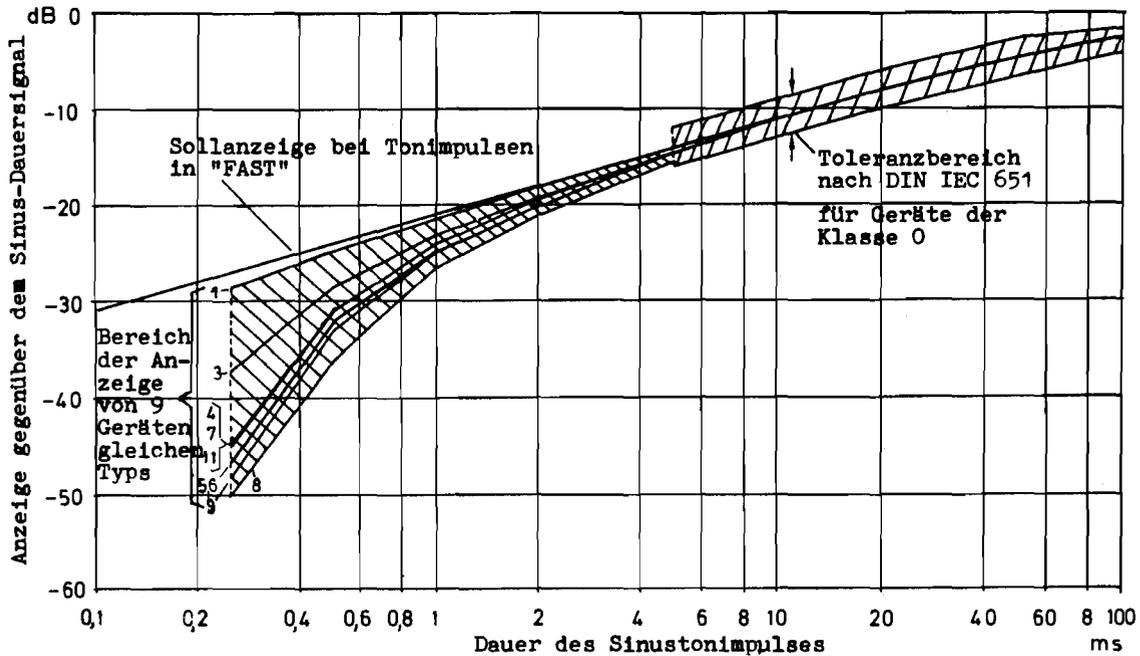


Abb. 2.3: Anzeige des LAFmax von 9 baugleichen Geräeten B&K 4426 bei Tonimpulsen bis zu 100 ms

(Hintergrundpegel 6 dB unter Messbereichsanfang, 0 dB entspricht dem Pegel eines Dauersignals)

Die festgestellten Anzeigeabweichungen legten den Schluss nahe, die Ursache hierfür im Bereich der Gleichrichterschaltung des Schallpegelmessers und deren dynamischen Eigenschaften zu suchen. Bei näherer Prüfung des Gleichrichters konnte der logarithmische Konverter als Ursache der Anzeigeabweichungen ausgeschlossen werden, da dessen Ausgangssignal ohne erkennbare Verzögerung und Abschwächung auch den schnellsten untersuchten Eingangssignalen folgte. Die eigentliche Ursache wurde schließlich in der Dimensionierung der Kapazitäten zur Korrektur des Frequenzgangs der im Integrator eingesetzten Operationsverstärker ermittelt. Hier waren vom Hersteller Werte gewählt worden, die ein stabiles Verhalten bei Einhaltung der Norm gewährleisten; für die in der Norm jedoch nicht vorgesehenen kurzen Pulse ergaben sich die o.g. Fehlanzeigen. Nach Verkleinerung der Kapazitäten auf den vierten Teil des Ursprungswerts konnte auch das Ausgangssignal des Integrators bei Impulsen bis zu 0.25 ms Dauer ohne zusätzliche Abschwächung den Pegel erreichen, der bei einer Zeitkonstanten von FAST und Extrapolation der Sollkurve zu erwarten ist.

Nachdem durch diese Aenderung keine Schwingneigung der Gleichrichterschaltung auftrat und seitens des Geraeteherstellers keine Einwaende gegen die erfolgte Schaltungsänderung erhoben wurden, wurden 12 vorhandene Geraete dieses Typs entsprechend modifiziert. Eine anschliessende Ueberpruefung der Schallpegelmesser zeigte nunmehr auch fuer kurze Schallimpulse nur noch exemplarbedingte Anzeigeabweichungen von der extrapolierten Sollkurve in der Grosseordnung von -5.2 dB bis -1.2 dB bei 0.25 ms-Pulsen und -2.7 dB bis -0.2 dB bei 0.5 ms-Pulsen.

In der Tabelle 2.1 sind die Einzelergebnisse fuer die verwendeten Pruefpulse zusammengefasst; sie machen die Verbesserung gegenueber dem Ausgangszustand der Geraete deutlich.

Tabelle 2.1: Gemessene Anzeigeabweichungen des LAFmax gegenueber der Sollanzeige (extrapoliert bis 0.25 ms) fuer Tonimpulse in der Dynamik FAST nach Modifikation des Integrators
Dauersignalpegel: 120 dB, Hintergrundpegel: 50 dB

Impuls Dauer in ms	Anzeigeabweichung vom Sollwert in dB fuer B&K 4426, Geraete Nr:											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.25	-1.7	-3.5	-2.0	-1.7	-1.7	-2.7	-2.5	-5.2	-2.5	-1.2	-1.7	-2.2
0.50	-1.0	-0.7	-1.0	-0.7	-0.7	-1.5	-1.5	-2.7	-0.7	-0.2	-0.5	-1.0
1	-0.5	0.0	-0.5	-0.2	-0.5	-0.7	-1.0	-1.2	-0.2	0.0	-0.2	-0.5
2	-0.5	0.0	-0.5	-0.5	-0.2	-0.5	-0.7	-1.0	-0.2	+0.3	0.0	0.0
5	-0.6	+0.1	-0.1	-0.1	-0.1	+0.4	-0.4	-0.6	+0.1	+0.1	+0.4	+0.4
10	-0.2	+0.5	+0.5	+0.5	+0.8	+0.5	+0.3	0.0	+0.8	+1.0	+0.8	+0.8
20	-0.4	+0.1	+0.1	+0.1	+0.3	+0.1	-0.2	-0.2	+0.3	+0.3	+0.3	+0.3
50	-0.1	+0.4	-0.6	+0.2	+0.4	+0.4	-0.1	+0.2	+0.4	+0.4	+0.2	+0.4
100	-0.1	+0.4	+0.1	+0.1	+0.4	+0.1	+0.1	+0.1	+0.4	+0.4	+0.1	+0.1
200	-0.2	+0.3	0.0	0.0	+0.3	0.0	0.0	0.0	+0.3	+0.3	0.0	+0.3

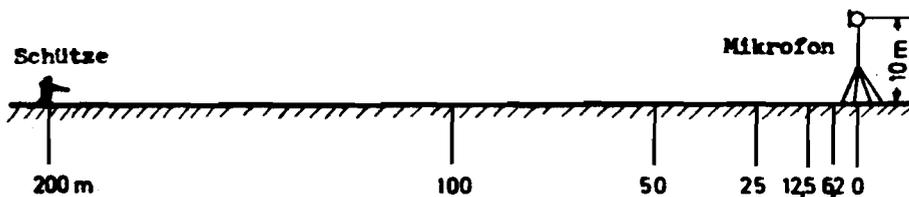
Die Toleranzen nach DIN/IEC 651 betragen bei den Pulsdauern 2 ms, 20 ms und 50 ms ± 2 dB, bei 200 ms ± 0.5 dB.

Bei einer weiteren Pruefung, bei der in alle Geraete parallel und wiederholt Einzelschussereignisse von Band eingespeist wurden, betragen die gemessenen Anzeigeabweichungen des jeweils mit neun Geraeten des o.g. Typs gleichzeitig ermittelten Pegelwertes LAFmax hoechstens ± 0.5 dB.

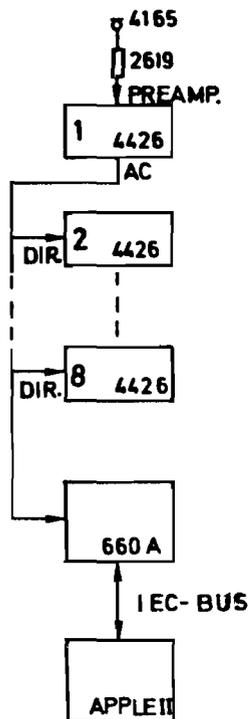
2.1.2. Felduntersuchungen an realen Signalen mit FAST

Nachdem im Labor die Messgeraete modifiziert waren, sollte in einem zweiten Teil bei Beschallung mit Schussignalen die Richtigkeit und Reproduzierbarkeit der Messwerte LAFmax ueberprueft werden. Deshalb wurde mit einem Messaufbau nach Abbildung 2.4 ein Feldversuch durchgefuehrt.

a) Anordnung Schallquelle/Meßort



b) Meßanordnung



Gerät

B&K-Meßmikrofon
B&K-Vorverstärker

8 x
B&K-Schallpegel-
messer

NICOLET-
FFT-Analysator

Apple-Computer
mit 2x Disc und
Monitor

Einstellung

Operate,

$L_A, F, T_m, 5s$

Meßbereiche:
46...110 dB und
56...120 dB

Meßbereiche:
+ 5 V und + 10 V
Grenzfrequenz/Zeitfenster
20 kHz/0.04 s und
50 kHz/0.016 s

Programm zur Abspeiche-
rung des transienten
Vorganges und zur mathe-
matischen Ermittlung des
Pegelverlaufes

Abb. 2.4: Messaufbau zur Ueberpruefung der Anzeigeabweichungen des LAFmax im Feldversuch

- a) Anordnung von Quelle und Mikrophon im Gelaende
b) Verwendete Messgeraete und ihre Einstellung

Ziel des Versuchs war es zum einen, die Reproduzierbarkeit von Messwerten bei Messung mit Schallpegelmessern des gleichen Typs durch Mehrfachbestimmung von Messwerten ein- und desselben Messobjekts festzustellen. Zum andern sollte durch die Anwendung zweier unterschiedlicher Verfahren zur Bildung des LAFmax die Richtigkeit der gebildeten Pegel naeher untersucht werden.

Im ersten Messsystem wurden acht baugleiche, wie oben beschrieben modifizierte Schallpegelmesser gemeinsam an einem in 10 m Hoehe angeordneten Messmikrofon betrieben. An Messorten in horizontaler Entfernung zwischen 6.25 m und 200 m wurde von allen Geraeten gleichzeitig fuer sechs Schuesse je Messort der LAFmax ermittelt. Als Quelle wurde ein KK-Gewehr (Typ Anschuetz 1416) in etwa 1.5 m Hoehe ueber dem Erdboden, gerichtet auf das Mikrofon, benutzt.

Im zweiten Messsystem wurden die vom gleichen Messmikrofon erzeugten Signale in ihrem Echtzeitverlauf in einem Transientenspeicher mit einer Speichertiefe von 2K bei 16 bit Aufloesung abgespeichert. In einem spaeteren Rechenlauf wurden aus den digitalisierten Zeitverlaeufen die Pegel-Zeit-Verlaeufe rechnerisch, wie in 2.2.3.2 ausfuehrlich beschrieben, berechnet und daraus der LAFmax entnommen.

Die in beiden Messanordnungen gewonnenen Einzelmesswerte LAFmax sowie Auswerteergebnisse sind zusammenfassend in der Tabelle 2.2 dargestellt.

Tabelle 2.2: Messergebnisse des Freifeldversuchs mit Schuessen eines KK-Gewehrs,
6 Schuesse, simultan mit acht B&K 4426 gemessen.
Messwert: LAFmax
Je Entfernung und Schussnummer sind eingetragen:
links: Schwankungsbreite ueber acht Anzeigen
rechts: mittlere Differenz der acht Anzeigen
zum Rechenwert

Schuss Nr:	horizontale Entfernung in Metern											
	6.3		12.5		25		50		100		200	
1	1.0	+0.9	1.0	---	1.5	+0.2	2.0	+1.0	0.5	-0.3	1.5	+0.3
2	1.5	+0.9	0.3	+0.2	1.5	+0.5	4.0	+2.2	1.3	+0.1	0.7	-0.2
3	1.8	+0.6	0.3	+0.1	3.2	+0.8	1.3	0.0	2.5	-2.5	1.0	-0.2
4	0.7	+0.2	1.3	+0.3	0.8	+0.3	1.2	+0.1	2.2	+2.2	0.5	-0.5
5	0.7	+0.9	0.5	+0.2	3.3	+1.3	1.5	+0.7	4.0	+1.4	0.8	-0.2
6	1.5	+3.0	---	---	0.7	+0.3	1.5	+0.4	3.0	0.0	0.3	-0.4

Eine Analyse der Werte der Tabelle 2.2 liefert folgendes Bild:

- a) Die maximale Pegeldifferenz aller acht Schallpegelmesser gegeneinander schwankt je Schuss zwischen 0.3 dB und 4.0 dB; Sie betraegt im Mittel 1.4 dB und macht damit die Verbesserung der Reproduzierbarkeit deutlich.
- b) Die ueber die sechs Einzelschuesse einer Messentfernung gemittelten Differenzen zwischen Messung und Rechnung schwanken zwischen -0.2 dB und +1.1 dB. Im Mittel ueber alle Entfernungen betraegt die Differenz 0.35 dB; im Mittel stimmen also Rechnung und Messung bis auf die Groessenordnung der kleinsten Klassenbreite des Schallpegelmessers (0.25 dB) ueberein.
- c) Entgegen der Erwartung liegt der berechnete Pegel im Einzelfall um bis zu 3 dB niedriger als der gemittelte gemessene Pegel. In der Tendenz verringert sich diese Differenz mit wachsender Entfernung und wird in 200 m mit -0.2 dB negativ; dort liegen also die Messwerte unter dem Rechenwert.

Auf Grund einiger Simulationen sowie Zusatzmessungen konnte davon ausgegangen werden, dass der Rechenwert nicht fuer die aufgetretenen Differenzen verantwortlich sein konnte; denn Aufloesungsvermoegen, Abtastgeschwindigkeit, Grenzfrequenz und Speichertiefe des verwendeten Transientenspeichers erwiesen sich bei den ermittelten Signalen als ausreichend. So ergab sich der Verdacht, dass im Gegensatz zu den Messungen im Labor in der Aussensituation noch Einfluesse zu beruecksichtigen waren, die zu den Missweisungen der Messwerte gefuehrt hatten.

Eine daraufhin durchgefuehrte weitere Ueberpruefung der verwendeten Schallpegelmesser im Labor erbrachte schliesslich den Nachweis, dass die Geraete unter bestimmten Randbedingungen um bis zu ca. 3 dB ueberhoechte Pegel anzeigen konnten. Es zeigte sich naemlich, dass bei Einspeisung sehr kurzer Pruefsignale (0.25 ms) und gleichzeitigem Unterlegen eines Hintergrundgeraeuschs, dessen Pegel 20 dB unterhalb des LAF_{max} des Pruefsignals lag, dem zu Beginn des Testsignals exponentiell ansteigenden Pegelverlauf am Geraeteausgang ein oszillierender Anteil additiv ueberlagert war. Infolge der Oszillation stieg der Maximalwert am Ladekondensator der Spitzenwert-Halteschaltung und damit ebenfalls der diesem Signalverlauf folgende Maximalpegel um bis zu 3 dB zu hoch an.

Durch Einfuegen eines Tiefpasses vor der Halteschaltung konnten schliesslich die Oszillationen beseitigt und der ungestoerte exponentielle Verlauf des Pegelsignals auch fuer obige kritische Randbedingungen bewirkt werden.

Nach Durchfuehrung der Modifikation im Bereich der Halteschaltung an allen Geraeten entsprechen deren Anzeigen nunmehr auch fuer kurze Impulse in Anwesenheit von Hintergrundpegeln unter den o.g. Toleranzen dem extrapolierten Sollverlauf der Norm fuer die Dynamik FAST.

2.1.3. Ueberpruefung der Messgeraete bei der Dynamik IMPULS

Die zuvor bei der Dynamik FAST festgestellten Abweichungen der Pegelanzeige von der Sollanzeige fuer sehr kurze Impulse wurden in aehnlicher Groessenordnung auch bei der Dynamik IMPULS beobachtet. Der Grund hierfuer liegt darin, dass auch fuer diese Dynamik die gleichen Funktionsbloecke Integrator und Halteschaltung vom Messsignal durchlaufen werden.

Nach Durchfuehrung der im vorigen Abschnitt beschriebenen Modifikationen und einer zusaetzlichen geringfuegigen Verkuerzung der Zeitkonstanten fuer IMPULS wurden 12 Messgeraete im Labor einer Pruefung mit Tonimpulsen unterzogen. Das Pruefungsergebnis stellt sich zusammengefasst folgendermassen dar:

- a) Mit Ausnahme eines Geraets erfuellen saemtliche Schallpegelmesser in der Dynamik Impuls bei einem Grenzfehler von $\pm 2\text{dB}$ - also entsprechend der Klasse 0 - nunmehr bis zu Pulsdauern von 0.25 ms die vorgegebene zu kuerzeren Pulsdauern extrapolierte Sollkurve der Norm.
- b) Der zuvor bei der Dynamik FAST festgestellte Einfluss des Hintergrundpegels auf die Sollanzeige wurde durch die dort durchgefuehrte Modifikation der Halteschaltung ebenfalls fuer die Dynamik IMPULS ausgeschaltet.

In einem Versuch mit realen, als PCM-Aufzeichnung gespeicherten Signalen wurden 6 Schallpegelmesser mit modifiziertem Integrator, jedoch noch unmodifizierter Halteschaltung auf die Richtigkeit und Reproduzierbarkeit der Anzeige untersucht. Dazu wurde eine Serie von sechs Schusssignalen, wie sie in Abb. 2.1.a dargestellt sind, vertretend fuer Signale kurzer Anstiegszeit verwendet. Als zweite Signalform wurden 10 Schuss entsprechend der Signalform nach Abb. 2.1.b stellvertretend fuer Signale langer Dauer in die Geraete eingespeist.

Die gemessenen Pegelwerte LA_{Imax} wurden wiederum mit Rechenergebnissen, ermittelt aus Abtastwerten der Signale, verglichen. Hierbei zeigte sich, dass sich die Mittelwerte der je Signalform ermittelten Maximalwerte zweier Messgeraete um maximal 0.8 dB fuer die kurzen und 0.4 dB fuer die laengeren Schuesse unterschieden. Der Vergleich mit den Rechenergebnissen erbrachte fuer die kurzen Schuesse im Mittel eine um 0.7 dB zu grosse und bei den laengeren Schuessen eine um 0.7 dB zu niedrige Anzeige. Die Ursache der geringfuegig zu hohen Messergebnisse wird auf die bei den untersuchten Geraeten noch nicht durchgefuehrte Modifikation der Halteschaltung zurueckgefuehrt.

Die Schwankungsbreite der bei Wiederholungsmessungen des gleichen Signals mit dem gleichen Messgeraet sich ergebenden Messwerte betrug maximal 0.2 dB bei jeweils sechs Wiederholungsmessungen.

Zusaetzlich zu den bisher beschriebenen Versuchen mit realen Signalen an dem modifizierten Messgeraet B&K 4426 wurden die gleichen Pruefungen mit nicht modifizierten Geraeten des Typs B&K 2607 durchgefuehrt, ueber die hier der Vollstaendigkeit halber ebenfalls berichtet werden soll. Obwohl es sich bei diesem Geraet eigentlich um ein Geraet fuer den Laborbereich handelt, wird es gegebenenfalls von uns auch im Aussenbereich eingesetzt. So ist auch ein Teil der spaeter im Teil 3 beschriebenen Messungen mit diesem Geraetetyp durchgefuehrt worden.

Im Ergebnis wiesen diese Geraete untereinander erwartungsgemaess grossere Spannweiten der Messergebnisse bei Mehrfachbestimmungsversuchen auf als der Typ B&K 4426. So ergab sich bei Beaufschlaegung von sechs Geraeten mit der Signalform entsprechend Abb. 2.1.a (kurze Schuesse) eine der Tabelle 2.3 zu entnehmende Spannweite der Mittelwerte des LA_{Imax} ueber sechs Schuss von 3.5 dB, bei Signalen entsprechend Abb. 2.1.b (Schuesse laengerer Dauer) eine ebensolche von 1.5 dB. Die gemessenen Ergebnisse wichen im ersten Fall um +1.5 dB, im zweiten Fall um -2 dB vom berechneten Wert ab.

Eine sechsfache Wiederholung der Messung des gleichen Signals mit gleichem Geraet erbrachte keine ablesbare Schwankung der Ergebnisanzeige bei zwei untersuchten Geraeten. Die vorgenannten Spannweiten von 3.5 dB bzw. 1,5 dB erwiesen sich ausserdem noch als abhaengig vom gewaehlten Messbereich. So liess sich die Spannweite durch geeignete Wahl des Messbereichs bei Aenderung um ± 10 dB auf 1.2 dB fuer die kurzen Signale und 0.6 dB fuer die langen Signale verringern.

Tabelle 2.3: Einfluss der exemplarbedingten Ergebnisstreuungen sowie des gewählten Messbereichs auf die Bestimmung des LAFmax von Schiessgeräuschen mit dem Schallpegelmesser B&K 2607

1) Differenzen zwischen gemessenen und berechneten Werten LAFmax						
Geräte-Nr.	Schreckschusspistole LAFmax (6 Schuss)			Jagdflinte LAFmax (10 Schuss)		
	Messung	Rechnung		Messung	Rechnung	
1	89.5	88.4		79.5	81.0	
2	89.5			79.0		
3	88.5			78.0		
4	90.0			79.5		
5	92.0			79.5		
6	90.0			79.0		
Mittelwert	89.9	88.4		79.1	81.0	

2) Einfluss des Messbereichs auf die Anzeige						
Gerät Nr:	Schreckschusspistole LAFmax (6 Schuss)			Jagdflinte LAFmax (10 Schuss)		
	Endausschlag			Endausschlag		
	110 dB	120 dB	130 dB	110 dB	120 dB	130 dB
2	88.3	89.8	89.8	79.3	79.9	80.3
3	87.2	89.8	88.0	78.9	79.4	79.0
5	88.4	88.7	89.8	78.8	79.0	79.0
6	88.4	90.1	89.8	79.3	79.5	79.8
8	88.1	92.3	88.8	79.4	80.2	80.2
9	88.4	90.4	89.6	79.3	79.3	79.8
Mittel	88.1	90.2	89.3	79.2	79.6	79.7

Zusammenfassend lässt sich also aus diesem Untersuchungsteil schliessen, dass die in den weiteren Untersuchungen dieses Berichts benutzten Schallpegelmesser zur Messung des LAFmax und LAImax (und soweit die Problematik in der Realisierung der Zeitkonstanten FAST liegt, auch zur Messung des LAx, ermittelt mit der Zeitkonstanten FAST) bei realen Schussignalen ausreichend richtige Anzeigen liefern.

2.2. Probleme bei der Bildung des Mittelungspegels L_{Ax}

2.2.1. Problemstellung

Zur Einfuehrung in die Problematik soll die Beschreibung eines einfachen Messexperiments dienen:

Im freien Schallfeld wird ein Mikrofon mit kurzen Impulsen, z.B. mit Haendeklatschen beaufschlagt. Das Mikrofonsignal gelangt auf zwei parallelgeschaltete Schallpegelmesser mit eingebautem Integrator vom Typ B&K 4426. Kurz vor dem Impuls wird die Integration gestartet, kurz nach Abklingen des FAST-bewerteten Signals wird die Integration beendet. Der hierbei gewonnene Mittelungspegel L_{AFm} wird unter Einbezug der Abtastzeit, die der Zahl der im 100 ms Abstand gezogenen Samples entnommen wird, in den L_{Ax} umgerechnet. Ausserdem wird der Maximalpegel L_{AFmax} abgelesen. Dies wird fuer beide Geraete zeitgleich durchgefuehrt. Zwischen beiden Geraeten werden die Differenzen

$$D(L_{Ax}) = L_{Ax} (\text{Geraet 1}) - L_{Ax} (\text{Geraet 2}) \quad \text{und}$$

$$D(L_{AFmax}) = L_{AFmax} (\text{Geraet 1}) - L_{AFmax} (\text{Geraet 2}) \quad \text{gebildet.}$$

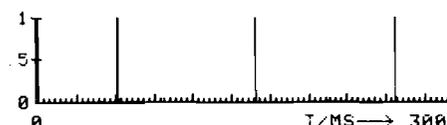
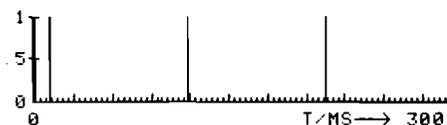
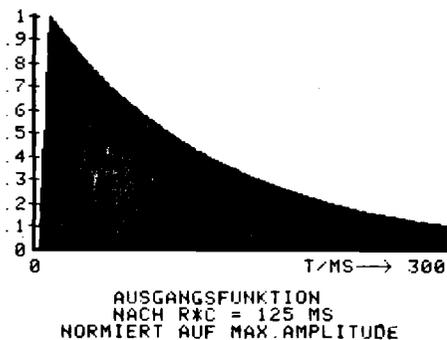
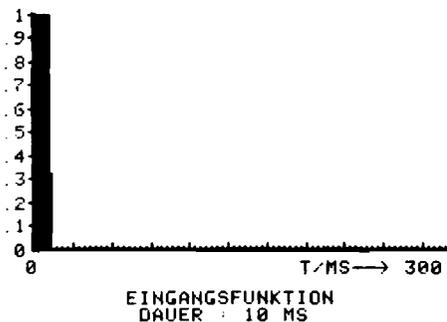
Ein solcher Messversuch wurde mehrfach mit jeweils neuer Anregung wiederholt. Nach 10 Wiederholungen ergaben sich fuer die Differenzen folgende Kenngruessen:

Tabelle 2.4: Streubereiche bei der Ermittlung von L_{Ax} und L_{AFmax}

N=10	Messwert:	
	D(L _{Ax})/dB	D(L _{AFmax})/dB
Mittelwert	0.1 dB	0.0 dB
Maximum	1.7 dB	0.3 dB
Minimum	-1.2 dB	-0.2 dB

Man erkennt, dass die Doppelbestimmung beim L_{Ax} zu erheblich groesseren Fehlern fuehrt als beim L_{AFmax}. Der Grund dafuer liegt vermutlich nicht in unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften beider Geraete; sonst wuerde sich dies beim L_{AFmax} auch auswirken. Hierfuer muss vielmehr eine andere Ursache vorliegen.

Bei weiteren Ueberlegungen wird klar, dass die Ursache fuer die schlechtere Reproduzierbarkeit des LAX in der zusaetzlichen Verarbeitung des Signals durch die Abtastung mit 100 ms begruendete sein muss. Dies soll mit Hilfe der Abb. 2.5 verdeutlicht werden:



EINIGE MOEGICHE ZEITLICHE LAGEN
DES ABTASTKAMMS BEI EINEM
ABTASTINTERVALL VON 100 MS

Abb. 2.5:

Probleme bei der
Abtastung eines impuls-
foermigen Signals

In der oberen Abbildung wird ein Signal der Dauer 10 ms gezeigt, welches am Ausgang des Quadrierers im Schallpegelmesser vorliegen soll. Dieses Signal gelangt nun auf ein RC-Glied mit der Zeitkonstanten $FAST = 125$ ms. Am Ausgang dieses Netzwerks ergibt sich das in der zweiten Abbildung dargestellte Signal waehrend der ersten 300 ms nach Beaufschlagung mit dem Eingangssignal. Dieses Signal wird nun mit einem Abtastintervall von 100 ms abgetastet. Drei moegliche zeitliche Lagen des Abtastkamms gegenueber dem Signal - die einzelnen Linien zeigen den Zeitpunkt der Abtastung - sind in den unteren drei Verlaeufen gezeigt.

Der erste Abtastkamm liegt so, dass ein Abtastwert grade zu Beginn des Signals gezogen wird, der naechste folgt nach 100 ms zu einem Zeitpunkt, zu dem das Signal schon auf etwa 50% vom Maximalwert abgeklungen ist. Die weiteren Zeitpunkte sollen nicht mehr betrachtet werden.

Der zweite Abtastkamm liegt so, dass der erste Abtastwert grade das Maximum des Signals trifft, der zweite Abtastwert ist fast so gross wie beim ersten Abtastkamm. Der dritte Abtastkamm zeigt eine beliebige andere Lage.

Sicherlich ist das Integrationsergebnis beim ersten Abtastkamm am geringsten und beim zweiten Abtastkamm am hoechsten. Das Ergebnis der dritten Abtastung wird in der Mitte liegen. So stellt sich die Frage, wie sich die durch Abtastung gewonnenen Integrationsergebnisse zum wahren Wert verhalten. Diesen Wert kann man sich vorstellen als den Wert, den man bei kontinuierlicher Integration, ersatzweise bei Summierung nach sehr dichter Abtastung erhaelt. Sicherlich sind sowohl positive als auch negative Abweichung vom wahren Wert zu erwarten.

2.2.2. Aufgabenstellung

Zur Beantwortung der oben dargelegten Problematik soll folgende Aufgabenstellung untersucht werden:

- a) Wie gross sind die systematischen und unsystematischen Fehler bei der Bestimmung des L_{Ax} , die durch die variante Lage des Abtastkamms gegenueber dem Signal verursacht werden ?
- b) Welchen Einfluss spielen Signalform, Signaldauer und Signahoehe?

Diese Fragen wurden mit der im folgenden Kapitel geschilderten Methodik untersucht.

2.2.3. Methodik und Durchfuehrung der Untersuchung

Ziel war es, Abweichungen vom wahren Wert bei der Bestimmung des L_{Ax} zu untersuchen. Hier wurde der Weg ueber eine Rechnersimulation gewaehlt. Denn die einzelnen Vorgaenge, denen das Signal im Schallpegelmessers unterzogen wird, sind Teile eines Systems, welches mit den Hilfsmitteln der Systemtheorie berechnet werden kann. Dazu wurde die Zeit, in der sich der Impuls abspielt, in kleine Zeitabschnitte von 0.1 ms diskretisiert und durch eine Folge von 6000 solcher Zeitabschnitte eine Zeitdauer von 600 ms ersetzt. Auf der Folge der Punkte wurde das Eingangssignal dargestellt, das Ausgangssignal berechnet und danach mittels Integration ueber alle Elemente der Folge der wahre Wert gebildet. Dazu parallel wurde aus Werten der Folge, die an den Abtaststellen lagen, der L_{Ax} berechnet so, wie es auch im Messgeraet geschieht. Diese Berechnung des L_{Ax} wurde fuer alle auf Grund der Diskretisierung der Zeit moeglichen Startpunkte der Abtastung wiederholt.

2.2.3.1. Anregungssignale

Als Anregungssignale wurden die zwei in der Abb.2.2 dargestellten Signale gewaehlt.

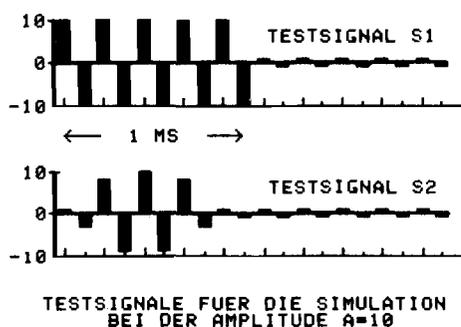


Abb. 2.6:
Abtastwerte der beiden
verwendeten Testsignale

Das Testsignal S1 kann z.B. aus Abtastwerten eines Sinussignals mit $f = 5$ KHz, Amplitude $A=10$, Dauer = 1ms, abgetastet mit 10 KHz, entstanden sein. Aufgetragen in der Abb.2.6 sind die dabei entstandenen Abtastwerte. Im Anschluss an die 10 Abtastwerte des Sinuspulses sind Abtastwerte zur Simulation eines Hintergrundgeraueuschs, aus dem der Puls herausragen soll, im weiteren zeitlichen Verlauf enthalten.

Dieses Signal hat die Amplitude $A=1$. Dargestellt sind die ersten 20 Punkte des Signals (entsprechend einer Signaldauer von 2 ms), die restlichen 5980 Punkte (fuer die weiteren 598 ms) sind gleich den letzten 10 Punkten der Darstellung, beinhalten also nur das Hintergrundgeraueusch.

Das Testsignal S2 entspricht dem Testsignal S1 mit einer Aenderung an den Pulsflanken, die eine geringere Steilheit aufweisen.

Bezeichnet man die max. Amplitude des Signals mit A , so springt das Signal von einem Ausgangswert 1, der das Hintergrundgeraueusch darstellt, auf die Amplitude A . Benutzt wurden die beiden vorgestellten Signalformen mit den Amplitudenwerten $A=3, 10, 30, 100, 300, 1000$, was Pegelspruengen von 10 dB bis 60 dB entspricht.

2.2.3.2. Ausgangssignal nach RC-Filterung

Da es sich beim RC-Glied um einen Tiefpass erster Ordnung handelt, laesst sich das Ausgangssignal $g(t)$ als Funktion vom Eingangssignal $s(t)$ und der Stossantwort des Systems $h(t)$ beschreiben:

$$g(t) = s(t) \# h(t)$$

$$\text{mit } h(t) = 1 - \exp(-t/T)$$

$$T = R * C$$

$$\# : \text{Faltungsoperator}$$

Diese Form der Berechnung ist jedoch fuer die Darstellung in einem Rechner nur beschraenkt geeignet. Statt dessen laesst sich fuer eine Eingangsfolge $s(n)$ die Ausgangsfolge $g(n)$ fuer einen Tiefpass erster Ordnung mit der Zeitkonstanten $T=RC$ und dem Abtastintervall der Folge t_i wie folgt berechnen:

$$g(n) = K1 * s(n) + K2 * g(n-1) \quad n: 1 \dots N_{max}$$

mit $K1 = 1 - (\exp(-t_i/T))$

$$K2 = \exp(-t_i/T)$$

$$T = R * C$$

$$g(1) = 0$$

$$N_{max} = 6000$$

Diese Gleichung laesst sich folgendermassen interpretieren:

Das n -te Element der Ausgangsfolge $g(i)$ ergibt sich aufgrund der linearen Eigenschaften des Systems 'Tiefpass' aus der Ueberlagerung zweier entgegengesetzter Vorgaenge:

Zum einen existiert ein durch den ersten Term beschriebener Einschwingvorgang ausgehend von der Amplitude 0 mit dem Ziel, das Eingangssignal zum Zeitpunkt n , naemlich $s(n)$ zu erreichen. Zum anderen wird durch den zweiten Term ein Ausschwingvorgang beschrieben, in dem das Ausgangssignal $g(i)$ ausgehend von seinem $(n-1)$ ten Wert versucht, auf den Endwert 0 zuzustrebt.

Betrachtet man die oben dargestellten Signale $S1$ und $S2$ als Eingangssignalfolge am Eingang des Schallpegelmessers, so entsteht das Eingangssignal fuer das RC-Glied $s(n)$ gemaess obigen Gleichungen durch Quadrierung (analog zu Schallpegelmesser) der Signale $S1$ bzw $S2$:

$$s(n) = S1(n) * S1(n)$$

Mit diesen quadrierten Eingangssignalfolgen wurden die Ausgangsfolgen berechnet und standen danach zur Integration zur Verfuegung.

2.2.3.3. Abtastung und Integration

Aus der Ausgangsfolge $g(n)$ wurde der 'wahre' Mittelungspegel als energetischer Mittelwert aus Abtastwerten mit einem Abtastabstand von 0.1 ms entsprechend

$$L_m = 10 * \log \left(\frac{1}{6000} \sum_{i=1}^{6000} g(i) \right).$$

gebildet.

Der Mittelungspegel nach Abtastung mit 100 ms (entsprechend der Abtastung im Messgeraet) beginnend beim Punkt j der Ausgangsfolge errechnet sich zu

$$L_{m,ab}(j) = 10 * \log \left(\frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 f(i,j) \right).$$

$$\text{mit } f(i,j) = g((i-1) * 1000 + j)$$

So ergibt sich beispielsweise

fuer $j=1$	der 1.,	1001.,	2001. ..	5001. Punkt,
fuer $j=10$	der 10.,	1010.,	2010. ..	5010. Punkt,
fuer $j=999$	der 999.,	1999.,	2999. ..	5999. Punkt

als Abtastwerte der Folge $g(n)$.

Da sicherlich die Lage des Abtastkamms gegenueber dem Signal als unabhaengig anzusehen ist, ist von einer Gleichverteilung der Lagen des Abtastkamms auszugehen. Deshalb wurden alle j zwischen 1 und 1000 als moegliche Abtast-Startzeitpunkte benutzt und ihr Mittelungspegel berechnet. Zu beachten ist, dass $j=1000$ einer Zeit von 100 ms entspricht. In dieser Zeit ist der Abtastkamm periodisch, so dass $j = 1001$ mit $j = 1$ gleichzusetzten ist.

Als Ergebnis standen nun neben dem wahren Wert L_m ein Kollektiv von $L_{m,ab}(j)$ zur Verfuegung, welches als repraesentativ im statistischen Sinn fuer alle moeglichen aus Abtastung ermittelbaren Pegel angesehen werden darf. Die Lage der Einzelwerte dieses Kollektivs zum wahren Wert gibt Aufschluss ueber die auftretenden Fehler.

Auf die Bildung des L_x aus L_m , also auf den Bezug des Mittelungspegels auf eine Sekunde anstelle der Simulationsdauer von 600 ms wurde verzichtet, da sich dies nur in einer additiven Konstante im Pegelbereich ausgewirkt haette.

2.2.4. Ergebnisse

Das oben beschriebene Rechenexperiment wurde fuer die beiden Signale S1 und S2 und fuer diese wiederum mit den o.g. Amplitudenwerten A zwischen 3 und 1000, entsprechend Pegelspruengen zwischen 10 dB und 60 dB, durchgefuehrt. Die Abweichungskollektive, die die Differenz

$$\Delta = (\text{Abtastwert} - \text{wahrer Wert})$$

enthalten, sind mit einigen Kenngrößen in der Tabelle 2.5 beschrieben:

Tabelle 2.5: Fehler durch Abtastung
(Die oberen Werte beziehen sich auf S1,
die unteren auf S2.)

=====						
Messwert: Delta/dB						

Amplitude A:	3	10	30	100	300	1000
Pegelsprung/dB:	10	20	30	40	50	60

Mittelwert	0.000	-0.002	-0.040	-0.100	-0.111	-0.113
	0.000	0.000	-0.016	-0.086	-0.110	-0.114
Stand.abw.	0.013	0.138	0.587	0.935	0.987	0.993
	0.005	0.062	0.373	0.866	0.982	0.997
Minimum	-0.2	-0.4	-1.2	-1.8	-2.0	-2.0
	-0.2	-0.2	-0.8	-1.6	-2.0	-2.0
Maximum	0.2	0.4	1.2	1.6	1.6	1.8
	0.2	0.2	0.8	1.6	1.6	1.8
=====						

Man erkennt, dass im Mittel geringe systematische Abweichungen auftreten, die jedoch sicherlich vernachlaessigt werden duerfen, da sie klein gegen die sonstigen Fehler des Messsystems sind. Im Einzelfall jedoch treten abhaengig vom Pegelsprung Abweichungen bis zu ± 2 dB auf. Ausserdem zeigt sich eine leichte Abhaengigkeit von der Signalform, aus der man schliessen kann, dass das Signal S1 mit seiner sehr steilen Flanke wohl als worst-case Abschaetzung der auftretenden Fehler dienen kann.

Zum Einfluss der Signaldauer ist als Ergebnis nicht weiter beschriebener Versuche mitzuteilen, dass die Fehler solange in der Grossenordnung lt. Tab. 2.5 bleiben, solange das Signal kurz gegen die Zeitkonstante ist. Da in der Realitaet Signale kuerzer als 1 ms im Immissionsbereich in der Regel nicht zu erwarten sind, kann man allgemein schliessen, dass Fehler von bis zu ± 2 dB bei der Bildung des L_{Ax} durch Abtastung mit 100ms kalkuliert werden muessen.

Betrachtet man die Standardabweichung der Fehler, so laesst sich grob abschaetzen, dass bei einer zehnfachen Wiederholung der Messung der Mittelwert des L_{Ax} mit einem 90%-Vertrauensbereich von ± 0.5 dB angegeben werden kann. Da auch aus anderen Gruenden bei den Geraeuschen von Schuessen eine mehrfache Messwiederholung notwendig ist, wie im Teil 3 dargestellt wird, ergibt sich also aus der fuer die Ermittlung des L_{Ax} notwendigen Abtastung keine besondere Erschwernis der Messung.

3. UNTERSUCHUNG ZUR AUSBREITUNG VON SCHIESSGERAEUSCHEN UNTER BESONDERER BERUECKSICHTIGUNG DES WINDEINFLUSSES

3.1. Anlass

Beim Vergleich von Messergebnissen an Schiessplaetzen ist immer wieder zu beobachten, dass die Ergebnisse einer Reihe von Messungen selbst bei Einschraenkung auf gleiche Emissionsquellen und vergleichbare Witterungsbedingungen durchaus bedeutsamen Schwankungen unterliegen. Dies legt nahe - natuerlich unter sorgfaeltiger Beachtung der Auswirkungen auf die Repraesentanz -, zu Verbesserung der Vergleichbarkeit die meteorologischen Randbedingungen noch weiter einzugrenzen. Eine zu starke Eingrenzung jedoch hat letztendlich zur Folge, dass die moeglichen Messtermine immer geringer werden, was der Forderung nach Praktikabilitaet entgegensteht und die Repraesentanz auf eine Aussage fuer eine geringe Schicht moeglicher Zustaende zurueckgedraengt wird.

Eine als besonders wichtig angesehene Randbedingung stellt der Wind dar, vor allem dann, wenn im Immissionsbereich nur eine geringe Schusszahl vermessen werden soll und so der einzelne Immissionswert stark von der zur Zeit des Schusses vorliegenden momentanen Windsituation gepraeagt ist. Welch starke Schwankungen der Augenblickswerte bei makroskopisch gesehen gleichen Windsituationen innerhalb kurzer Zeitintervalle zu erwarten sind, kann den Beobachtungen von KLEIN /1/ entnommen werden.

Aus diesen Ueberlegungen heraus lag es nahe, zu untersuchen, wie der Wind, sowohl Windrichtung als auch Windgeschwindigkeit, die Immissionswerte bei konstanter Emission systematisch als auch un-systematisch beeinflusst.

Dem lag die Idee zugrunde, einfache, mit praktikablen Geraeten feststellbare Masse fuer den Wind angeben zu koennen, bei denen in der Regel eine etwa gleich gute Reproduzierbarkeit zu erwarten ist.

Neben Ergebnissen zu diesem Fragenbereich ergab sich noch eine Vielzahl weiterer Ergebnisse aus den im folgenden beschriebenen Daten, die auch mit diskutiert werden, da sie sicherlich geeignet sind, weiteres Licht in die Problematik der Messung von Schiessgeraeuschen zu bringen.

3.2. Aufgabenstellung und Art der Durchfuehrung

3.2.1. Zielsetzung

Fuer die Entfernungen bis zu 400 m von der Quelle bei freier Schallausbreitung in ebenem Gelaende sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- a) Wie aendert sich die Hoehe der Immissionsmesswerte mit der Entfernung im allgemeinen und besonders in Abhaengigkeit von der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit; kann man hier kritische Grenzen angeben, ab denen besondere Effekte einsetzen?
- b) Wie aendert sich die Schwankungsbreite der Messwerte aufeinanderfolgender Schuesse in Abhaengigkeit von Windrichtung und Windgeschwindigkeit; lassen sich hier Grenzen finden, oberhalb derer die Schwankungen so zunehmen, dass sie die Qualitaet von Kenngruessen deutlich verschlechtern?

3.2.2. Methodik der Untersuchung

Um diese o.g. Fragen zu beantworten, wurde ein Experiment durchgefuehrt, welches den Einfluss von Entfernung und Wind auf die Lage und Schwankung beschreiben sollte.

Entlang eines Strahls in einem ebenen freien Gelaende wurden in mehreren Entfernungen von der Quelle fuer eine Folge von 10 Schuss Messwerte verschiedener Messgruessen, die ueblicherweise zur Beschreibung von Schiessgeraeuschen herangezogen werden, ermittelt.

In der Naehe der Quelle (25 m Entfernung) wurden Werte stellvertretend fuer die Emission gemessen; auf sie wurden die Messwerte an den Immissionsmesspunkten justiert.

Als Ergebniss stand ein Kollektiv von Messwerten, zufaellig ermittelt ueber den Zeitraum eines halben Jahres an mehreren Entfernungen, zur Verfuegung, aus welchem der Einfluss von Windrichtung und Windgeschwindigkeit analysiert werden konnte.

Ein Colt, Smith + Wesson K38 (Abb. 3.1), wurde als Quelle benutzt. Geschossen wurde mit Platzpatronen, Dynamit Nobel, 380/9mm. Hier ist zu bedenken, dass das emittierte Spektrum zwar sicherlich Abweichungen von dem anderer Waffen, die mit scharfer Munition geschossen werden, zeigt; jedoch liegen die Anstiegszeiten des Signals und dessen Dauer in etwa der gleichen Groessenordnung. Moeglicherweise entstehen noch zusaetzliche Einfluesse bei der Verwendung von Munition mit Ueberschallgeschwindigkeit; diese Effekte werden jedoch im Immissionsbereich von untergeordneter Bedeutung bei der untersuchten Fragestellung sein.

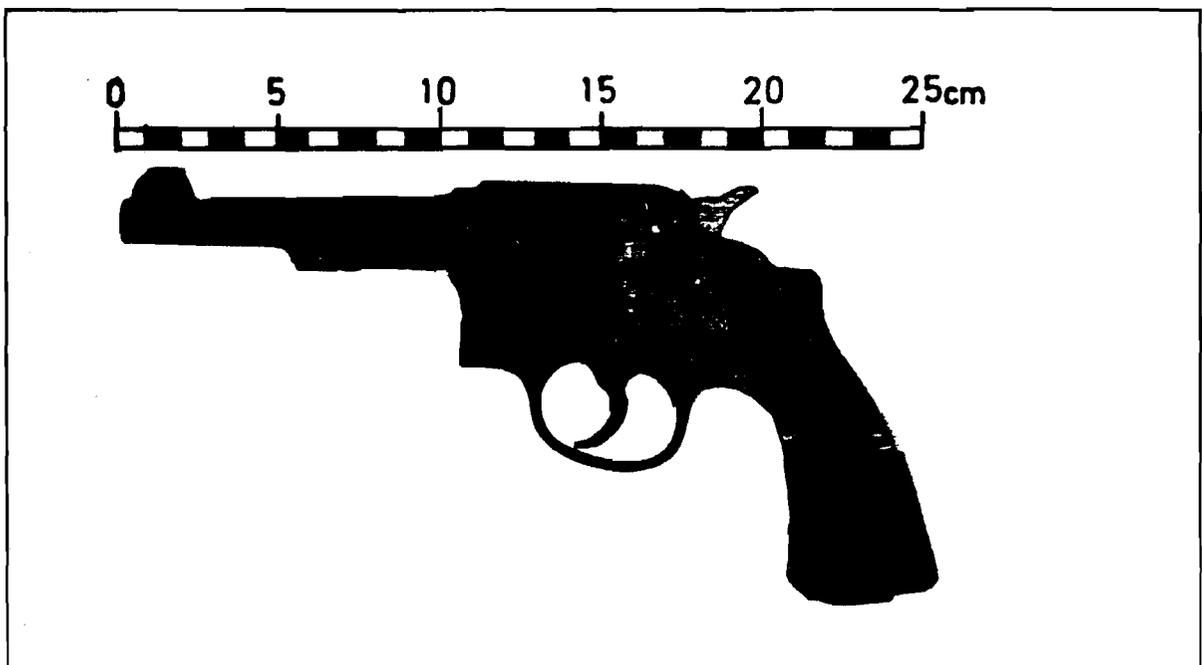


Abb. 3.1: Verwendete Waffe S+W, K38

Ergaenzend zu den bisher beschriebenen Messungen wurde etwa 20 Minuten nach Beginn der ersten Schuss-Serie das gleiche Experiment wiederholt. So sollten Informationen ueber die kurzzeitigen Aenderungen der Ausbreitungsbedingungen gewonnen werden. Im Folgenden werden die beim ersten Experiment erhobenen Daten als Kollektiv 'A', die Daten des zweiten Experiments als Kollektiv 'B' bezeichnet.

3.2.3. Messwerte

Untersucht werden sollten die o.g. Fragen fuer die zur Zeit in der Diskussion und in der Anwendung sich befindenden Messgroessen

LAFmax, LAImax, LAX.

Waehrend der LAFmax als Eingangsgroesse fuer die Beurteilung nach TA-Laerm von Bedeutung ist und der LAImax vereinzelt auch hierzu herangezogen wird, ist der LAX (Mittelungspegel eines Schusses, bezogen auf eine Sekunde) diejenige Groesse, mit der ohne Hilfsannahmen eine physikalisch einwandfreie Ermittlung des energieaequivalenten Pegels nach VDI 2058 und DIN 45645 moeglich ist.

Ausserdem wurde vermutet, dass sich fuer den LAX tendenziell andere Ergebnisse zeigen wuerden als fuer die restlichen zwei Groessen, da der LAX ein integrales Mass, die anderen zwei punktuelle Masse des Pegelverlaufs eines Einzelereignisses sind und bekanntlich punktuelle Masse anfaelliger auf Zufallsschwankungen reagieren als integrale oder, was dasselbe ist, mittlere Masse.

Voruntersuchungen hatten gezeigt, dass sich eine gute Stabilisierung der Kennzeichnung aufeinanderfolgender Schuesse dadurch erreichen liess, dass man auf die Angaben der Einzelwerte verzichtete und statt dessen den Mittelwert als Erwartungswert des Kollektivs angab. Diese Vorgehensweise wird gerechtfertigt durch die Tatsache, dass letztendlich ja auch nur mittlere Masse fuer die Beurteilung relevant werden. Die notwendige Anzahl ist sicherlich nicht allgemein angebbar, jedoch hat sich eine Zahl von 10 Schuss als einerseits praktikabel, andererseits ausreichend wirkungsvoll fuer die Stabilisierung der Kennzeichnung erwiesen. Mit dieser Zahl werden in der Regel Vertrauensbereiche der Mittelwerte erreicht, die in der Groessenordnung der sonstigen, noch zu beschreibenden Genauigkeiten liegen. Um diese Vertrauensbereiche auf die Haelfte zu verringern, muesste man - ueberschlaegig geschaezt- die Zahl der Stichprobenwerte auf 40 Schuss erhoehen. Dies ist sicherlich nicht mehr sehr praktikabel, vor allem dann, wenn eine Reihe verschiedenster Waffen an einem Schiessplatz untersucht werden sollen.

Gegenstand der Untersuchung entsprechend den o.g. Fragestellungen waren daher nicht die Werte einzelner Schuesse selbst, sondern folgende Messwerte, gebildet aus einem Kollektiv von jeweils 10 Schuss, die in einem zeitlichen Abstand von jeweils einer Minute abgegeben wurden:

- a) Der arithmetisch gebildete Mittelwert ueber die Pegelmesswerte als Erwartungswert des Kollektivs, zur Beschreibung der Lage (im folgenden MITTEL genannt)
- b) Die Standardabweichung ueber die Pegelmesswerte als Schwankungsmass (im folgenden STANDA genannt)
- c) Die Extremwerte der Pegelmesswerte zur Beschreibung der vorgefundenen Wertebereiche (im folgenden MAX und MIN genannt)

3.2.4. Messanordnung

3.2.4.1. Raeumliche Anordnung

Die Lage der Quelle und der Messorte ist der Abb. 3.2 zu entnehmen.

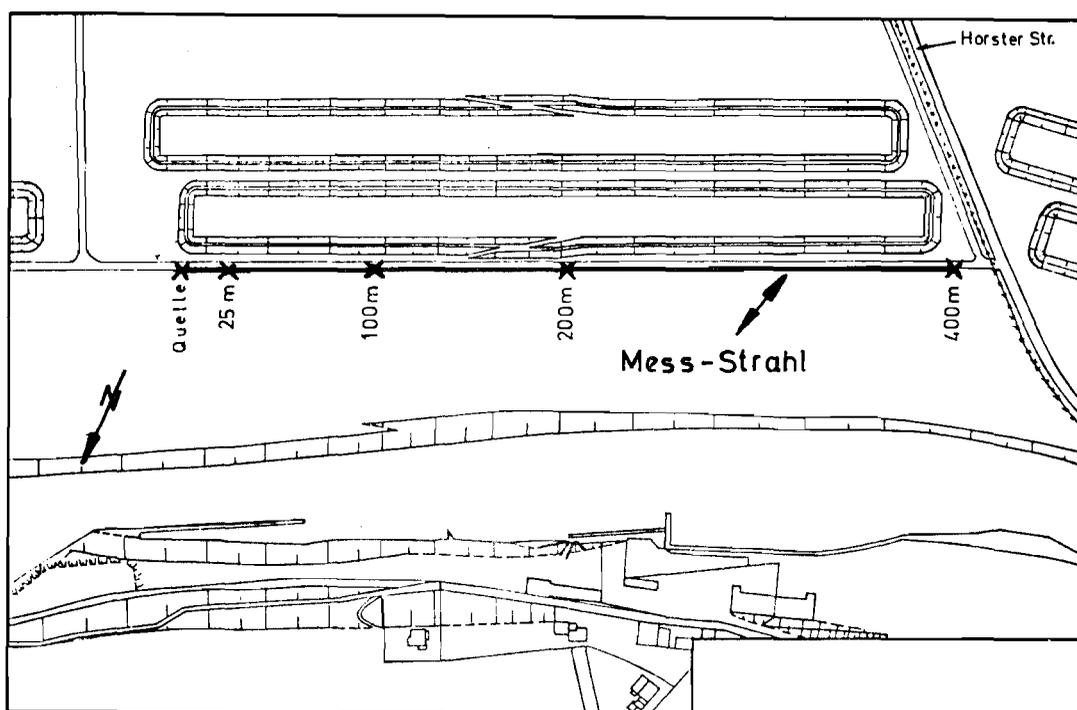


Abb. 3.2: Lage der Messpunkte und der Quelle

Durchgefuehrt wurden die Untersuchungen in einem ebenen, weithin freien Gelaende einer Wassergewinnungsanlage in Essen, Burgaltendorf.

Noerdlich von zwei Aufbereitungsbecken war der Messstrahl entlang eines Fahrwegs angeordnet. In 25 m Entfernung war der Emissionsmesspunkt, in 100 m, 200 m, 400 m waren die Immissionsmesspunkte eingerichtet. Die Quelle befand sich in 1.5 m Hoehe, die Messhoehe betrug 10 m. Hiermit sollte der Einfluss der Bodenabsorption moeglichst eliminiert werden, da dieser durch sich aendernden Bewuchs evtl. zeitabhaengig variierte. Die niedrige Anordnung der Quelle wurde in Uebereinstimmung mit den ueblichen Quellenhoehen gewaehlt. In der Mitte des Strahls, am 200m-Punkt, wurden die Windmesswerte ermittelt.

Der Strahl liegt etwa in Richtung der Vorzugswindrichtungen in dieser Gegend, d.h. Suedwest und Nordost, so dass vorwiegend Mit- und Gegenwind-, aber nur wenig Querwindsituationen erwartet wurden.

3.2.4.2. Zeitliche Anordnung

Wie schon oben angedeutet, wurden die Messungen ueber einen laengeren Zeitraum verteilt. Dabei wurden, was die zeitliche Lage der Messungen angeht, folgende Einschraenkungen festgelegt:

- a) Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schuessen war eine Zeitspanne von einer Minute einzuhalten. Der Messwert MITTEL beschreibt so den mittleren Wert ueber 10 Einzelwerte innerhalb eines Zeitraums von 10 Minuten.
- b) Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Experimenten (die Doppelmessung der Kollektive 'A' und 'B' ausgenommen, die in 20 Minuten Abstand nacheinander folgten) war ein zeitlicher Abstand von mindestens 48 Stunden einzuhalten. Dies hatte das Ziel, die Abhaengigkeit der Messwerte untereinander zu minimieren.
- c) Die Messungen sollten in der Zeit zwischen (Sonnenaufgang + 2 h) und Sonnenuntergang - 2 h) stattfinden, um so den Einfluss von Temperaturinversionslagen auszuschalten.
- d) Als Untersuchungszeitrum wurden die Monate Mai - November festgelegt. In dieser Zeit ist nach Feststellungen des Deutschen Wetterdienstes fuer diese Gegend die Auftretenswahrscheinlichkeit von Tagesinversionen sehr gering.
- e) Bei Niederschlag und bei Wind mit Dauergeschwindigkeiten ueber 8 m/s wurden keine Messungen durchgefuehrt.

3.2.4.3. Messinstrumentarium

Folgende Messkette wurde fuer den Schallpegel benutzt:

Als Mikrofon wurde ein B&K 4165 mit Kathodenfolger B&K 2619 bei lotrecht nach oben ausgerichtetem Mikrofon benutzt, dessen Signal ueber ein 30 m langes Kabel einem B&K 4426 Pegelstatistikgeraet zugefuehrt wurde, das die Vorverstaerkung, die A-Bewertung und die Anzeige des FAST-Maximalpegels (Anzeige in Stellung Takt-Max, 1 sec) uebernahm. Aus dem AC-Ausgang des B&K 4426 gelangte das Signal einerseits auf den AC-Eingang eines weiteren Pegelstatistikgeraets B&K 4426, welches ueber eine Zeitspanne (Schuss +- 2 sec) den Mittelungspegel mit FAST nach Abtastung mit 100ms bildete. Dieser wurde anschliessend auf 1 sec als LAX bezogen. Andererseits wurde das Signal dem AC-Eingang eines B&K 2607 Messverstaerkers zugefuehrt, welcher die Anzeige des IMPULS-Maximalpegels auf einer logarithmischen Skala durchfuehrte.

Die Windmesswerte wurden mit einem Anemometer und einer Windfahne der Fa. Lambrecht erfasst und auf einem zugehoerigen Schreiber geschrieben. Beide Messschriebe wurden visuell ueber die 10-min Dauer des Experiments gemittelt, die Windgeschwindigkeit auf ganzzahlige Werte, die Windrichtung auf ganzzahlige Vielfache von 30 Grad gerundet und den Messwerten zugeordnet.

3.2.4.4. Messergebnisse

In der Zeit vom 27.04.82 bis 30.11.82 wurden die Erhebungen wie oben beschrieben durchgefuehrt. Die Messtermine selbst wie auch die vollstaendigen erhobenen Daten sind im Anhang 1 zusammengefasst. Fuer jede Messentfernung ist dort angegeben:

Lfd. Nr. der Messung als durchgehendes Identifikationsmerkmal
Datum der Messung und Uhrzeit des Messbeginns

Windgeschwindigkeits-Mittel

Windrichtungs-Mittel bezogen auf den Strahl (180 = Gegenwind)

Fuer die Messgroessen LAFmax, LAImax, LAX aus 10 Schuss:

Mittelwert (MITTEL)

Standardabweichung (STANDA)

Maximalwert (MAX)

Minimalwert (MIN)

Fehlende Werte sind mit 0 gekennzeichnet. Fuer die Windrichtung bedeutet 0 = Calme, waehrend NORD mit 360 angegeben ist.

Die Messgroessen LAFmax, LAImax, LAX sind in den Anhang und auch in allen weiteren Darstellungen der Kuerze halber mit LAF, LAI, LAX bezeichnet.

3.3. Auswertung und Ergebnisdarstellung

Auf Grund der im Anhang 1 zusammengefassten Ausgangsdaten wurden erste Auswertungen ueber das Datenkollektiv vorgenommen.

Nach Darstellung des zeitlichen Rahmens, der sich a posteriori ergab, werden im folgenden Eigenschaften der Emission dargestellt, die zu einer bereinigten Darstellung der Immissionsdaten fuehrten. Diesen Immissionsdaten wird dann das letzte Kapitel der Ergebnisdarstellung gewidmet sein.

3.3.1. Zeitliche Repraesentanz der Messdaten

Abb. 3.3 zeigt in der linken Grafik die Verteilung der Messungen ueber den Untersuchungszeitraum, im rechten Teil die Verteilung ueber die Tagesstunden.

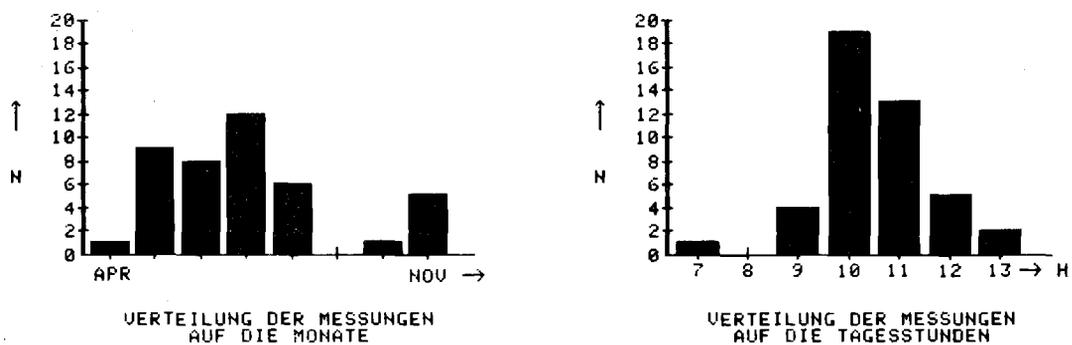


Abb. 3.3: Zeitliche Verteilung der Messungen

Man erkennt, dass durchaus bevorzugte Zeitbereiche vorliegen und zwar der Fruhsommer im Jahresverlauf bzw. die Zeit zwischen 10 Uhr und 11 Uhr im Tagesverlauf. So muss darauf hingewiesen werden, dass die Ergebnisse sicher auch nur die Eigenschaften dieser Zeiten abdecken und sicherlich nicht als Zufallsstichprobe mit ihren Eigenschaften bzgl. der Repraesentanz von vorneherein angesehen werden koennen.

3.3.2. Eigenschaften der Emission

Stellvertretend fuer die Emission der Waffe wurden Messungen am 25m-MP durchgefuehrt.

3.3.2.1. Kenngroessen

Tabelle 3.1 enthaelt eine Tabelle von Kenngroessen der Emissionswerte fuer beide untersuchten Kollektive:

Tabelle 3.1: Kenngroessen der Emissionsmesswerte

=====						
Messwert:	MITTEL aus 10 Schuss /dB					N = 42

Kenn- groesse	Kollektiv 'A'			Kollektiv 'B'		
	LAF	LAI	LAX	LAF	LAI	LAX

Mittelwert	101.9	107.3	92.5	102.4	107.6	93.1
Stand.abw.	1.2	1.9	1.1	1.0	1.8	0.9
Max.wert	104.2	110.7	94.4	104.4	110.6	94.5
Min.wert	99.2	103.3	89.5	99.4	103.2	91.0
=====						
=====						
Messwert:	STANDA aus 10 Schuss /dB					N = 42

Kenn- groesse	Kollektiv 'A'			Kollektiv 'B'		
	LAF	LAI	LAX	LAF	LAI	LAX

Mittelwert	1.2	1.1	1.6	0.8	0.7	1.2
Stand.abw.	0.7	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3
Max.wert	3.1	1.1	1.6	0.8	0.7	1.2
Min.wert	0.4	0.3	0.7	0.3	0.2	0.7
=====						

Zusammenfassend lassen sich aus den dargestellten Daten folgende Folgerungen ziehen:

- a) Die Wiederholungsversuche fuehren zu gut uebereinstimmenden Ergebnissen, soweit es die Lage der Werte, also die Mittel angeht.

- b) Die Standardabweichungen sind im Wiederholungsversuch deutlich besser reproduzierbar; der Grund hierfuer kann eigentlich nur in Eigenschaften der Quelle liegen. Vielleicht fuehrt eine eingeschossene Waffe zu konstanteren Emissionen.
- c) Die Messwertarten LAF und LAX zeigen ueber die 42 Versuche deutlich konstantere Werte als der LAI, dessen Standardabweichung ueber die 42 Versuche fast doppelt so gross ist. Das laesst den Schluss zu, dass zwar die Energien (gemessen durch LAF und LAX) im Mittel wenig schwanken, die Signalspitzen, die durch den LAI deutlicher abgebildet werden, groesseren Schwankungen im Mittel unterliegen.
- d) Was die Schwankungen innerhalb einer 10er Serie betrifft, zeigen sich LAF und LAI etwa gleichwertig; hier ist der LAX mit groesseren Schwankungen behaftet. Dies entspricht auch der Erwartung, wenn man die Abtastproblematik und die damit verbundenen Fehlermoeglichkeiten, wie im Teil 2 erlaeutert, mit einkalkuliert.

3.3.2.2. Zusammenhaenge

Eine weitere Analyse der Emissionsdaten diente der Beschreibung von Zusammenhaengen zwischen den drei Messgroessen einerseits und den Ergebnissen der Kollektive 'A' und 'B' andererseits.

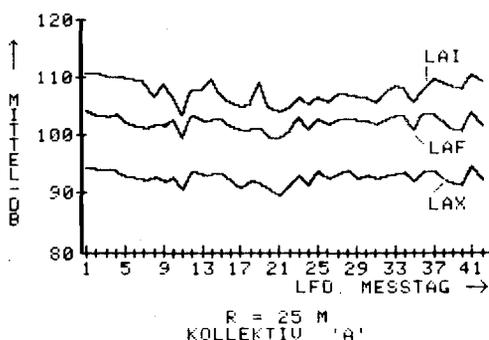


Abb. 3.4:
Verlauf der MITTEL im
Untersuchungszeitraum

Die Abb. 3.4 zeigt den Verlauf der untersuchten Werte ueber die Folge der 42 Messtermine. Man sieht deutlich, dass alle drei Arten miteinander schwanken, was sich zahlenmaessig im Korrelationsfaktor r ausdruecken laesst. So ergeben sich folgende Werte fuer den Messwert MITTEL:

$$\begin{aligned} r(\text{LAF}, \text{LAX}) &= 0.96 \\ r(\text{LAX}, \text{LAI}) &= 0.64 \\ r(\text{LAF}, \text{LAI}) &= 0.64 \end{aligned}$$

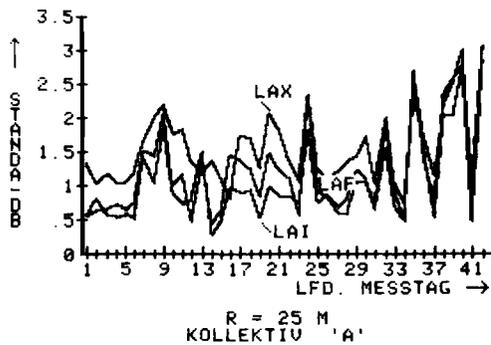


Abb. 3.5:
Verlauf der STANDA ueber
den Untersuchungszeitraum

Aehnliches zeigt sich auch fuer den Verlauf der STANDA ueber die Untersuchungszeit. Einerseits erkennt man starke Schwankungen von Termin zu Termin, aber andererseits sind dann alle Messgroessen gleichen Einfluessen unterworfen; ein Hinweis darauf, dass hier ein praegerender Einfluss der Emission und nicht der Messanordnung vorliegt. Fuer die Korrelationsfaktoren des Messwerts STANDA ergab sich:

$$r(\text{LAF}, \text{LAX}) = 0.72$$

$$r(\text{LAX}, \text{LAI}) = 0.57$$

$$r(\text{LAF}, \text{LAI}) = 0.65$$

Die Zusammenhaenge der Ergebnisse zeitlich eng aufeinanderfolgender Messungen wurden durch Vergleich der MITTEL der Kollektive 'A' und 'B' ermittelt. Hier ergaben sich folgende Korrelationsfaktoren:

$$r('A', 'B') = 0.72 \text{ fuer den LAF}$$

$$= 0.65 \text{ fuer den LAX}$$

$$= 0.93 \text{ fuer den LAI}$$

Bei der Bewertung dieser Werte ist zu beachten, dass der LAI deutlich staerker als LAF und LAX ueber alle 42 Versuche schwankten, so dass beim LAI die langzeitlichen Schwankungen deutlich oberhalb der kurzzeitigen Wiederholungsschwankungen lagen. Dagegen waren die kurzzeitigen Schwankungen von LAF, LAX etwa in der gleichen Groessenordnung wie die langzeitlichen Schwankungen. Dies fuehrt dazu, dass sich fuer den LAI ein hoeherer Korrelationsgrad ergibt als fuer die anderen Messgroessen, was jedoch nicht als hoehere Reproduzierbarkeit interpretiert werden darf.

3.3.2.3. Langzeitlicher Verlauf der Emission

In Abb. 3.6 ist stellvertretend fuer alle Bewertungsarten der Verlauf des LAI ueber den Untersuchungszeitraum dargestellt. Dazu wurden die Messwerte MITTEL einem gleitenden Mittelwertbildungsprozess mit einem Intervall von 5 Messungen unterzogen, um so den Trend, dem die Werte unterliegen, deutlicher zu machen.

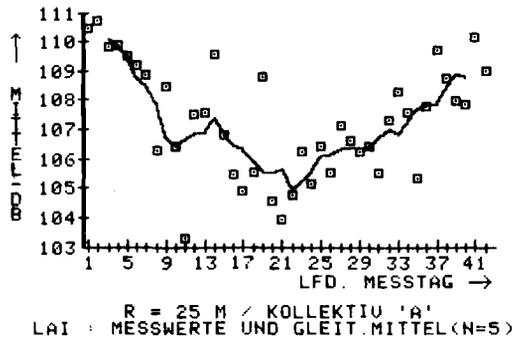


Abb. 3.6:
Trend des LAI im
Untersuchungszeitraum

Es zeigt sich hier ein Trend abnehmender Pegel zum Sommer hin, die gegen Jahresende wieder ansteigen. Um diesen Verlauf erklaren zu koennen, wurden Analysen auf die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung durchgefuehrt, die jedoch keine Begrueendung lieferten. Erst der Vergleich mit der Lufttemperatur, die auf Grund von Daten des Deutschen Wetterdienstes zur Verfuegung stand, liess eine Erklarerung zu.

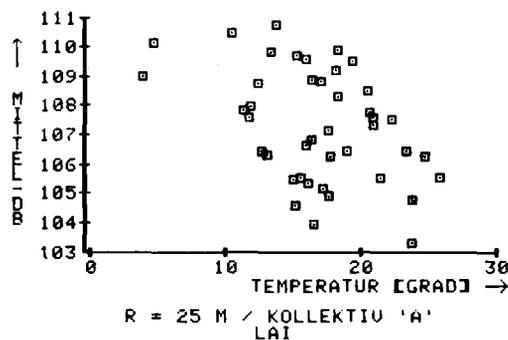


Abb. 3.:
Korrelogramm zwischen
LAI und Temperatur

Dazu ist in der Abb. 3.7 ein Korrelogramm der LAI-MITTEL mit der Lufttemperatur LTEM angegeben. Als Korrelationskoeffizient ergibt sich zwar nur $r=0.12$; da jedoch dieser Wert signifikant negativ ist, sollte bei weiteren Untersuchungen die Moeglichkeit des Einflusses der Temperatur auf die Emission mit bedacht werden. Dies gilt vor allem dann, wenn Vergleiche ueber laengere Zeiten erfolgen; denn die hier festgestellte Aenderung mit 4 dB je 10 Grad ist sicherlich nicht unerheblich.

3.3.2.4. Justierung der Immissionswerte auf die Emission

Da in der Untersuchung nur der Einfluss des Windes auf die Immission, also bei konstanter Emission, erfasst werden sollte, die Emission jedoch, wie bisher dargestellt, deutlichen Wiederholungsschwankungen unterlag, wurden die Immissionswerte auf die Emission getrennt fuer jede Messgroesse nach folgender Vorschrift justiert:

$$\text{Justierter Immissionswert} = \text{Immissionswert} - \text{Delta}$$

mit

$$\text{Delta} = \text{Emissionswert} - \text{mittlerer Emissionswert.}$$

Der mittlere Emissionswert wurde ueber alle Messtermine des gleichen Kollektivs, getrennt fuer die drei Bewertungsarten, gebildet.

So ergaben sich justierte Werte, die sich schon bei der Messung ergeben haetten, falls dabei die Emission ihrem Langzeit-Erwartungswert entsprochen haette.

Justiert wurden die Messwerte MITTEL, MAX, MIN, nicht jedoch die Standardabweichung STANDA. Hier zeigte eine genauere Analyse, dass wegen der Art, in der sich Standardabweichungen addieren, der Einfluss der Emissionsstandardabweichung auf die Gesamtschwankung der Immission als gering anzusehen war.

Neben der Justage wurden alle diejenigen Messwertsaeetze eliminiert, die entweder nicht vollstaendig belegt waren oder bei denen Querwind (+45 Grad bezogen auf die Querachse) vorlag. Wie schon in der Planung erwartet, hatten sich naemlich wegen der Vorzugswindrichtungen nur wenige Querwindsituationen ergeben, so dass kein ausreichendes Datenmaterial hierfuer vorlag.

Danach wurden die Messdatensaeetze nach Mitwind bzw. Gegenwind (jeweils 90-Grad-Sektoren symmetrisch zur Achse) sortiert und innerhalb dieser Klassen nach aufsteigender Windgeschwindigkeit geordnet. Windgeschwindigkeiten bei Gegenwind wurden mit einem negativen Vorzeichen versehen. Diese Daten sind in den Tabellen des Anhangs 2 enthalten. Sie bilden die Grundlage fuer die weiteren Auswertungen.

3.3.3. Auswertung der Immissionsdaten

Grundsätzlich fuer das Kollektiv 'A' und bei der Untersuchung von Kurzzeiteffekten auch fuer das Kollektiv 'B' wurden die Immissionsdaten ausgewertet. Die folgenden Darstellungen beziehen sich so, falls nicht gesondert vermerkt, auf die Daten von 'A'.

Als erste Uebersicht werden im folgenden die Kollektive beschrieben:

3.3.3.1. Kenngroessen

In der gleichen Form wie bei der Emission werden im folgenden in der Tabelle 3.2 Kenngroessen fuer die Immissionswerte angegeben, deren zeitliche Abfolge in der Abb. 3.8 wiedergegeben ist.

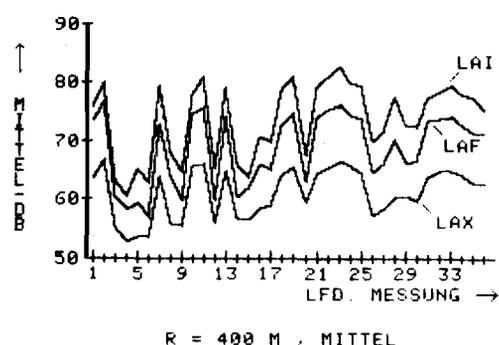
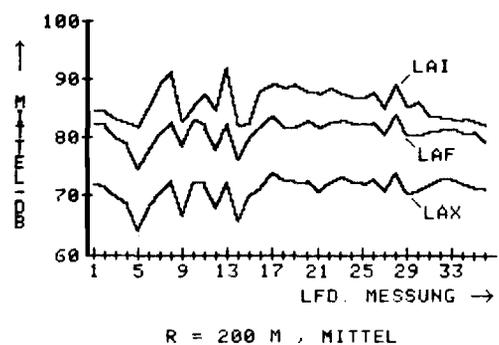
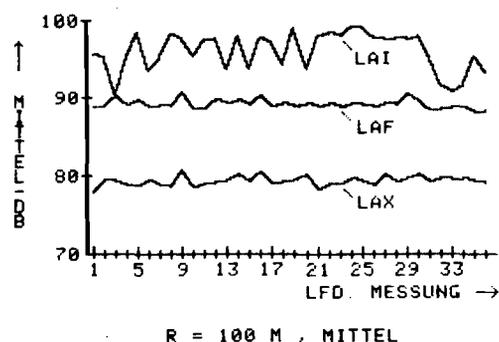


Abb. 3.8:
Zeitlicher Verlauf der
Immissionswerte

Aus den nebenstehenden Abbildungen sieht man deutlich, wie mit wachsender Entfernung die synchronen Schwankungen der Messgroessen zunehmen. Auffaellig hierbei ist, dass fuer 100 m Entfernung die Groessen LAF und LAX eine hohe Reproduzierbarkeit zeigen, wenn man bedenkt, dass hier alle Witterungssituationen vertreten sind. Der LAI dagegen zeigt starke Schwankungen, die entweder schon auf Ausbreitungseffekten beruhen oder aber daher ruehren, dass fuer diese kurze Zeitkonstante die Justierung auf den Emissionswert nicht gerechtfertigt war und so noch Emissionsschwankungen durchschlagen. Fuer den Einfluss des Windes spricht, dass in der Zeit zwischen den Messungen 21 - 30 kaum Gegenwind vorlag und so vielleicht die hohen konstanten Pegel des LAI in 100 m erklart werden koennen.

Tabelle 3.2: Kenngrößen der Immission

=====						
Entfernung	100 m					N = 35

Kenn- größe	Messwert: MITTEL/dB			Messwert: STANDA/dB		
	LAF	LAI	LAX	LAF	LAI	LAX

Mittelwert	89.2	95.9	79.3	3.4	3.8	3.2
Stand.abw.	0.6	2.5	0.6	0.7	0.9	0.6
Max.wert	90.9	99.2	80.6	3.4	3.8	3.2
Min.wert	88.2	90.2	77.9	0.6	0.4	1.0
=====						

Entfernung	200 m					N = 35

Kenn- größe	Messwert: MITTEL/dB			Messwert: STANDA/dB		
	LAF	LAI	LAX	LAF	LAI	LAX

Mittelwert	80.9	85.7	71.1	2.7	2.5	2.7
Stand.abw.	2.0	2.8	2.2	1.3	1.2	1.1
Max.wert	83.9	91.9	74.1	6.3	5.4	5.1
Min.wert	74.6	81.5	63.9	1.0	0.5	1.3
=====						

Entfernung	400 m					N = 35

Kenn- größe	Messwert: MITTEL/dB			Messwert: STANDA/dB		
	LAF	LAI	LAX	LAF	LAI	LAX

Mittelwert	68.7	73.6	61.0	3.3	3.7	2.6
Stand.abw.	6.2	6.5	4.3	1.0	1.1	0.8
Max.wert	76.7	82.6	66.9	6.0	6.1	4.7
Min.wert	56.8	60.4	52.6	2.0	2.2	1.0
=====						

3.3.3.2. Zusammenhaenge zwischen den Messgroessen

Enge Zusammenhaenge zwischen den drei untersuchten Messgroessen wuerden zulassen, diejenige zu messen, die einer Messung am einfachsten zugaenglich ist, und dann, falls notwendig, die Werte der anderen daraus abzuleiten. Deshalb wurde der Frage nach den Zusammenhaengen nachgegangen.

Hierzu wurden die zeitgleich gewonnenen Werte je Entfernung miteinander korreliert. Als Korrelationskoeffizienten ergaben sich die Werte der Tabelle 3.3.

Tabelle 3.3: Korrelationskoeffizienten
der Messgroessen

```

=====
Messwerte: MITTEL aus 10 Schuss
-----

```

Korr.koeff. zwischen	Entfernung			
	100m	200m	400m	
LAF - LAX	0.49	0.94	0.98	
LAF - LAI	0.25	0.67	0.98	* : nicht
LAX - LAI	*	0.58	0.96	signifikant

```

=====

```

Waehrend in 100 m die Zusammenhaenge noch sehr schwach sind, werden sie mit zunehmender Entfernung sehr hoch. Sicherlich liegt die Erklaerung hierfuer einerseits darin begruendet, dass fuer grosse Entfernungen bei allen Messgroessen grosse meterologisch bedingte Schwankungen vorliegen, die Signale geglaettet werden und so gemessen an der Schwankungsbreite ein guter Zusammenhang entsteht. In kleinen Entfernungen dagegen sind die Werte bei LAF und LAX noch sehr stabil, wie ja dem vorigen Kapitel zu entnehmen ist. So ergeben sich fuer diese Groessen Schwankungen des Signals in der Groessenordnung des zufaelligen Rauschens dieser Werte gegeneinander, was die Zusammenhaenge natuerlich schwaecht. Tritt dann noch der LAI hinzu, der ja schon in 100 m groessere Schwankungen aufweist, wird die Korrelation noch weiter verschlechtert.

Der Einfluss des LAI wird auch bei 200 m deutlich. So kann allgemein gesagt werden, dass fuer die Groessen LAX und LAF eher feste Abhaengigkeiten angebbar sind als fuer den LAI mit einem dieser Messwerte.

Fuer die Anwendung in der Praxis ist ausserdem zu bedenken, dass

bei Bebauung auf dem Ausbreitungsweg mit ihren Schirm- und Reflexionseffekten eher mit einer Verschlechterung der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Messgrößen zu rechnen ist. Aus diesem Grund ist es nicht zu erwarten, auf viele Situationen übertragbare Abbildungsvorschriften gerade bei Verfahren mit kurzer Integrationszeit angeben zu können. Denn diese machen über das gesamte, durch Reflexionen vielleicht auf 100 ms und mehr auseinandergezogene Signal nur noch eine punktuelle Aussage, während Verfahren mit längeren Integrationszeiten größere Bereiche des Signals, beim LAX sogar das gesamte Signal beschreiben.

3.3.3.3. Einfluss der Entfernung auf die Immissionswerte

Wie die Entfernung bei konstanter Emission, was ja den vorliegenden Daten zugrunde zu legen ist, die Immissionen beeinflusst, soll im Folgenden dargestellt werden. Betrachtet wird dabei die Lage der Werte, beschrieben durch den mittleren Wert aller MITTEL je Entfernung und dessen Schwankungsbereich sowie die Schwankung der 10 Einzelwerte je Experiment, vertreten durch den mittleren Wert von STANDA mit seinem Schwankungsbereich je Entfernung. Da zwischen der Gegenwind- und der Mitwindsituation ein deutlicher Unterschied feststellbar ist, wird die Darstellung nach Mit- und Gegenwind geschichtet vorgenommen (siehe Abb. 3.9 und 3.10).

Die wichtigsten Daten sind im Vergleich mit dem Kollektiv aller Daten in der Tabelle 3.4 zusammengefasst:

Tabelle 3.4: Mittlere Abnahme der MITTEL
pro Entfernungsverdopplung

Messwert: MITTEL		Mittlere Abnahme				
Windrichtung	Mitwind		Gegenwind		Alle	
Entfernung	100m	200m	100m	200m	100m	200m
von...bis:	-200m	-400m	-200m	-400m	-200m	-400m
Messgröße						
LAI/dB	9.5	7.4	11.1	17.7	10.3	12.1
LAF/dB	7.3	7.5	9.5	17.3	8.3	12.2
LAX/dB	7.2	7.0	9.5	13.1	8.3	10.1

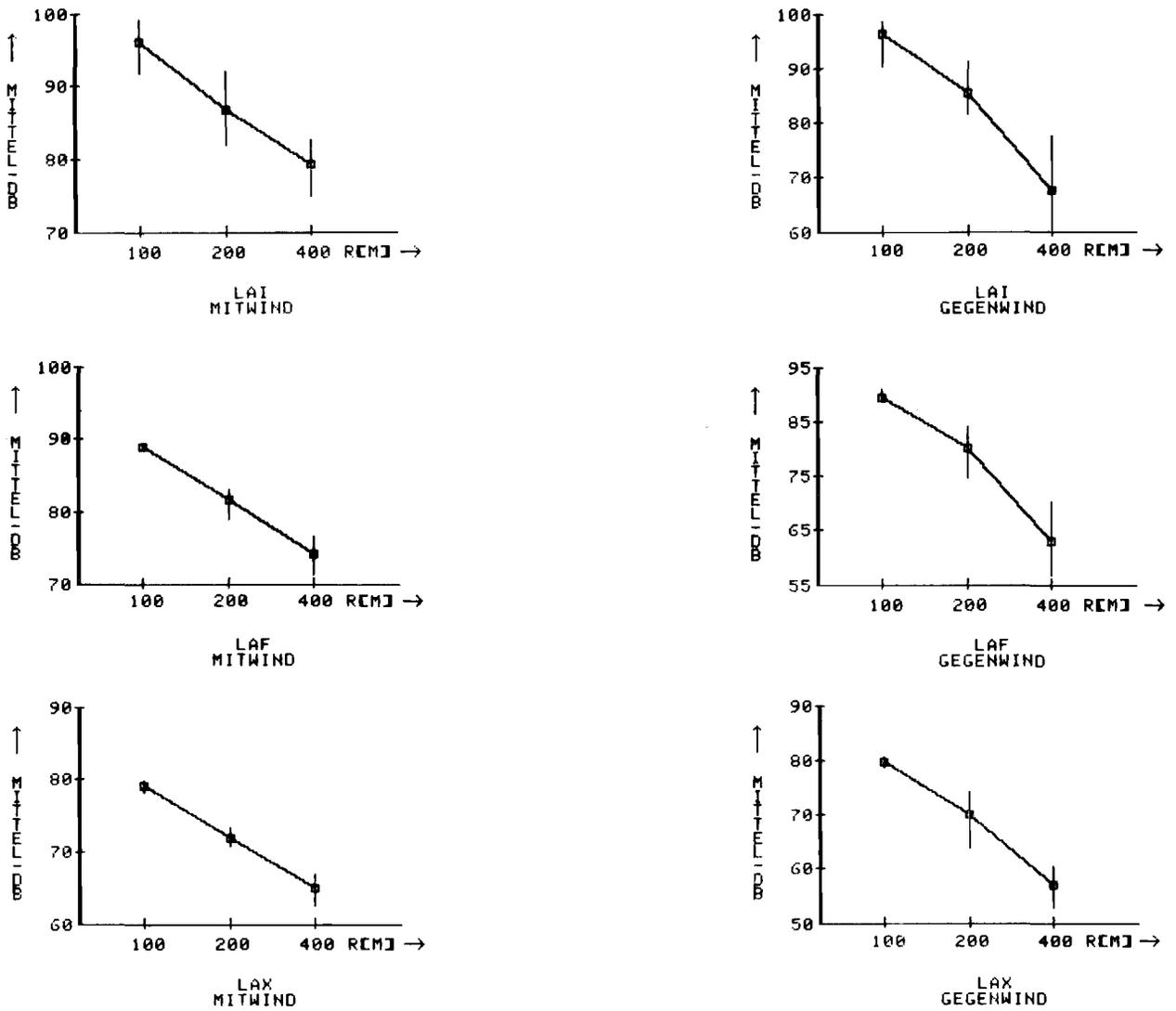


Abb. 3.9: Mittelwert und Schwankungsbereich der MITTEL in Abhaengigkeit von der Entfernung

Im Mitwindbereich zeigt sich bei den Groessen LAF und LAX eine konstante Abnahme mit der Entfernung. Beim LAI dagegen ergibt sich von 100 m auf 200 m neben der auch fuer den LAX und LAF geltenden Abnahme noch eine Zusatzdaempfung, die mit einer Abnahme der Signalspitzen im Nahbereich erklart werden kann. Denn diese hochfrequenten Anteile beinhalten, bezogen auf das gesamte Signal, nicht viel Energie. Im Gegenwindbereich ergibt sich neben einer hoeheren Grunddaempfung eine entfernungsabhaengige Zusatzdaempfung.

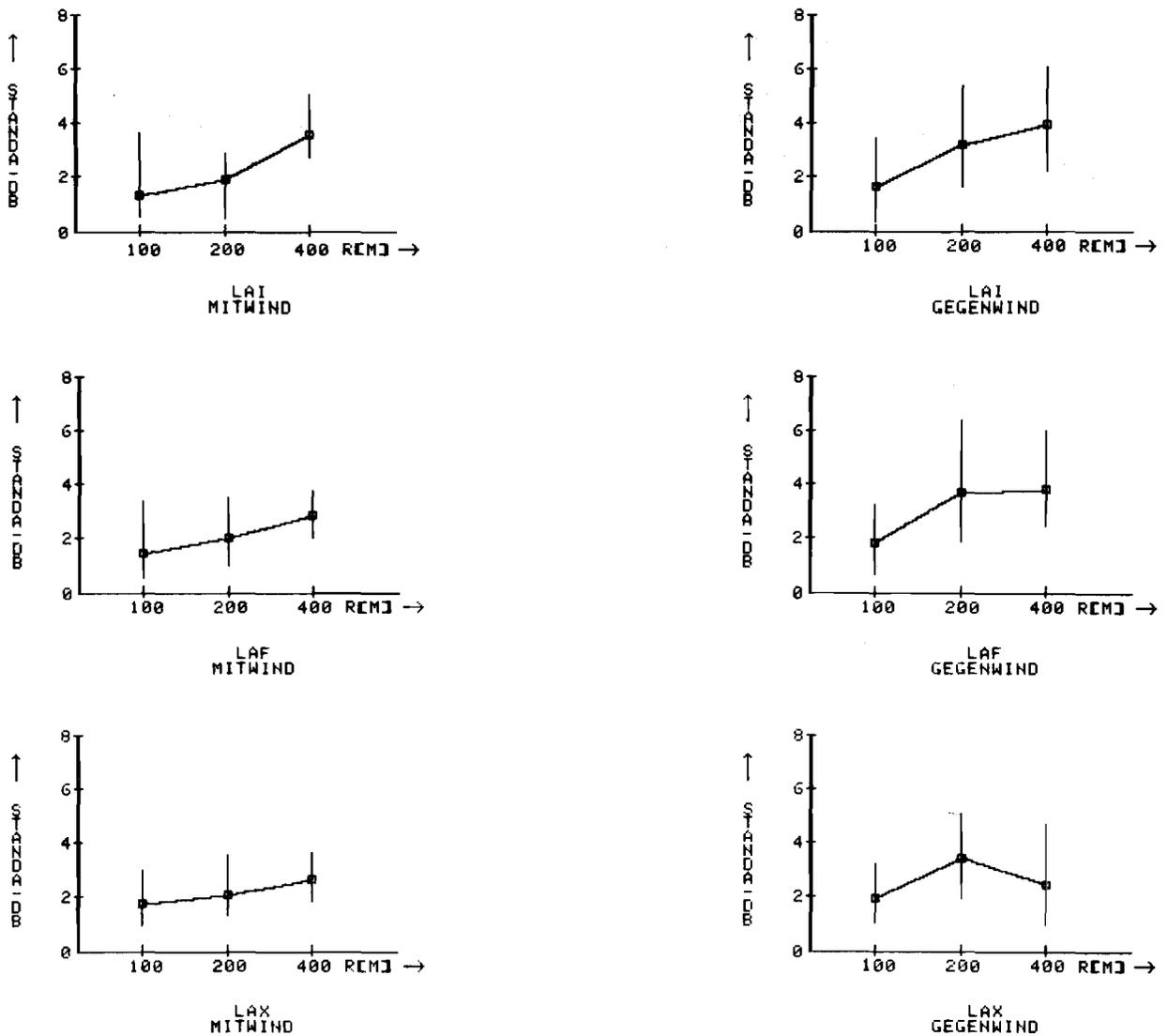


Abb. 3.10: Mittelwert und Schwankungsbereich der Standardabweichung in Abhaengigkeit von der Entfernung

Im Mitwindbereich steigt die Streuung mit wachsender Entfernung an. Jedoch ist diese Aenderung nur so gering, dass eine Beruecksichtigung bei der Messplanung bezueglich der notwendigen Zahl von Einzelmessungen nicht gefordert werden braucht. Dies gilt umso mehr, als sich die Schwankungsbereiche ueber alle Entfernungen gesehen breit ueberlappen. Im Gegenwindbereich sind die Schwankungen deutlich groesser mit verbreiterten Wertebereichen. Wenn auch der Verlauf grade zwischen 200 m und 400 m uneinheitlich ist, deutet sich jedoch eine Saettigungsgrenze fuer die Standardabweichung an, die man vielleicht bei einer Messplanung bezueglich der notwendigen Stichprobenzahl als Worst-case Abschaetzung zugrundelegen kann.

Zur Verdeutlichung der Beziehungen zwischen den drei Messgroessen und ihrer Entfernungsabhaengigkeit sind in der nachstehenden Abbildung ihre Verlaeuft ueber der Entfernung noch einmal vergleichend dargestellt.

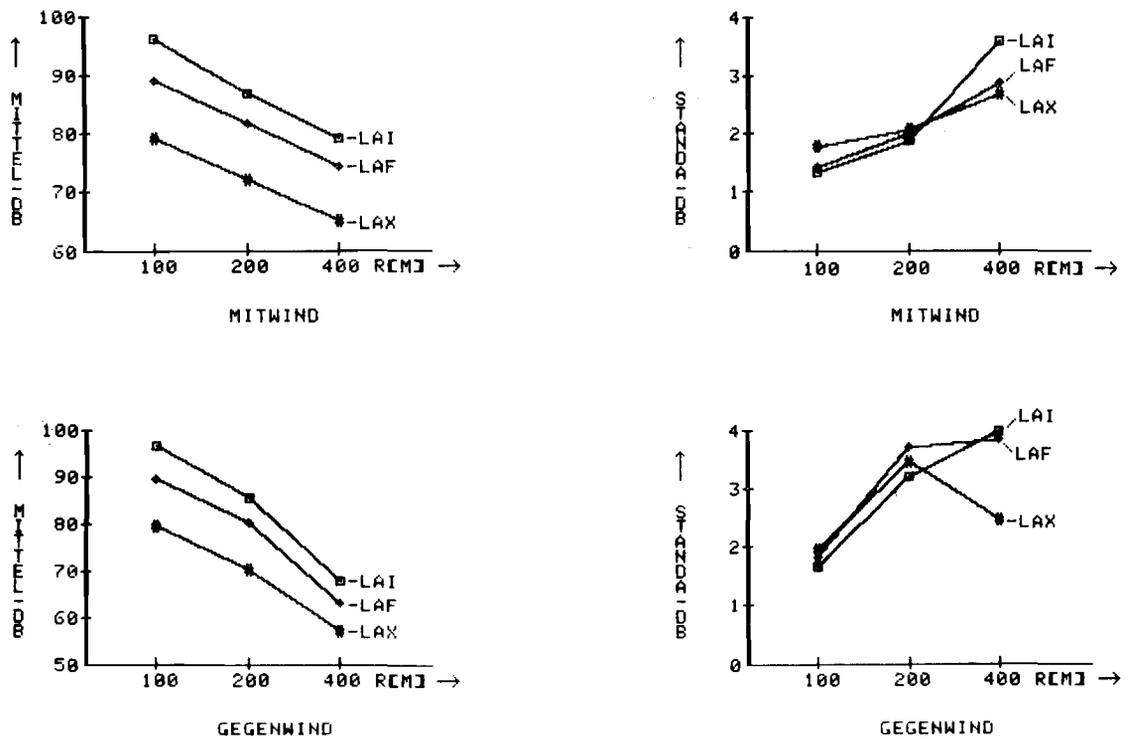


Abb. 3.11: Vergleich der Messgroessen

Man sieht einen fast parallelen Verlauf der Pegel fuer die dargestellten Werte und kann fuer die untersuchte Situation als mittlere Differenz etwa angeben:

- | | | |
|--------------|---------|-----------|
| a) Mitwind | LAI-LAF | 5 - 7 dB |
| | LAF-LAI | 9 dB |
| b) Gegenwind | LAI-LAF | 5 - 7 dB |
| | LAF-LAX | 6 - 10 dB |

mit der Tendenz, dass mit wachsender Entfernung die Unterschiede abnehmen.

Fuer die STANDA zeigt sich eine entfernungsabhaengige Zunahme mit einer Ausnahme: Der LAX bei Gegenwind zeigt eine bisher noch nicht erklarte Abnahme oberhalb 200 m.

Auf ein Detail soll noch gesondert hingewiesen werden: Waehrend die Standardabweichung des LAX fuer 100m die der anderen uebertrifft, waechst sie schwaecher als die uebrigen mit wachsender Entfernung und ist in 400 m die kleinste der drei untersuchten Messgroessen. Als wahrscheinliche Erklaerung soll auf die in Kapitel 2.2 beschriebene grundsaeztliche Unsicherheit bei der Ermittlung des LAX, verursacht durch das Abtastverfahren, hingewiesen werden, die vermutlich im Nahbereich die Schwankungsbreite mit bestimmt. Mit wachsender Entfernung jedoch wachsen die ausbreitungsbedingten Schwankungen schwaecher als bei den beiden nur den Maximalwert betrachtenden Verfahren, die gegen kurzfristige Schwankungen auf dem Ausbreitungsweg natuerlich empfindlicher reagieren muessen, so dass insgesamt fuer groessere Entfernungen kleinere Schwankungsbreiten auftreten.

An dieser Stelle soll noch einmal wiederholt werden, welche Randbedingungen fuer die o.g. Zusammenhaenge gelten:

- a) Die Daten wurden bei freier Schallausbreitung ermittelt.
- b) Querwind und Calmesituationen sind nicht enthalten.
- c) Inversionslagen waren mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht vorhanden.
- d) Die Angaben betreffen Mittelwerte ueber eine Vielzahl von Messungen. Die individuellen Streuungen von Experiment zu Experiment, wie sie in den Abb. 3.10 und 3.11 dargestellt sind, muessen bei Einzelmessungen mit einkalkuliert werden.

3.3.3.4. Einfluss des Windes auf die Pegel

Der Einfluss der Windgeschwindigkeit, gebildet wie in 3.3.2.4 beschrieben, war das eigentliche Untersuchungsziel.

Als Ueberblick ueber die erhobenen Messwerte bezueglich dieser Fragestellung werden auf den naechsten drei Seiten die Kollektive der Messwerte MITTEL und STANDA (aus 10 Schuss) in ihrer Abhaengigkeit von der Windgeschwindigkeit vorgestellt. Dabei ist erkennbar, dass nicht jede Windgeschwindigkeitsklasse gleich haeufig besetzt ist. Zum Teil, vor allem bei extremen Geschwindigkeiten, ist nur eine geringe Anzahl an Werten vorhanden. Man kann jedoch davon ausgehen, dass die Natur auch hier keine Spruenge macht, und so begruendet einen visuellen Ausgleich ueber die dargestellten Messwerte durchfuehren.

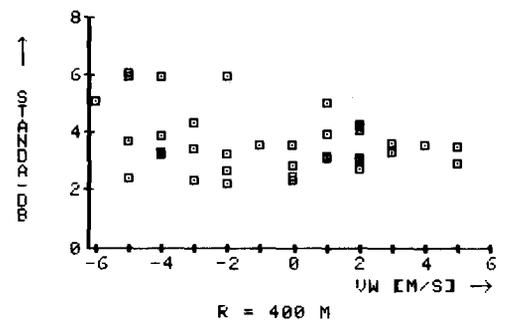
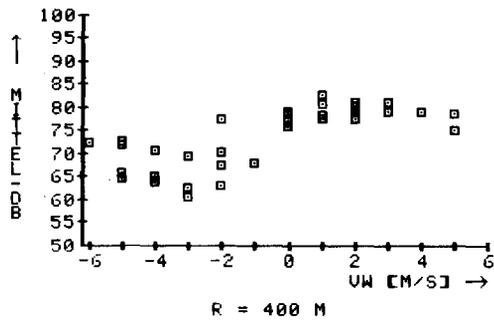
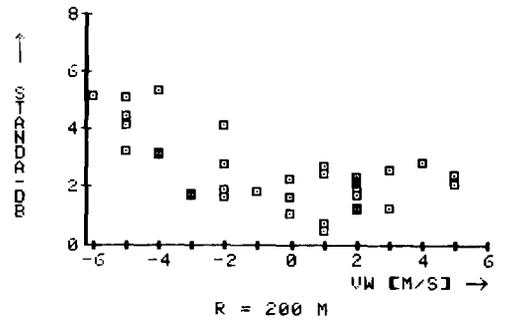
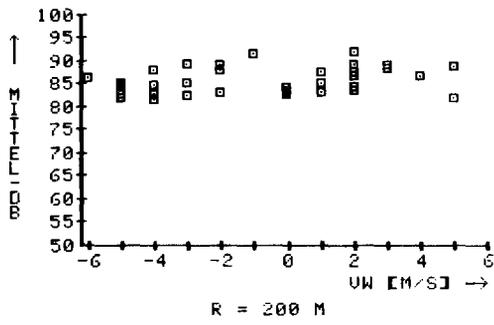
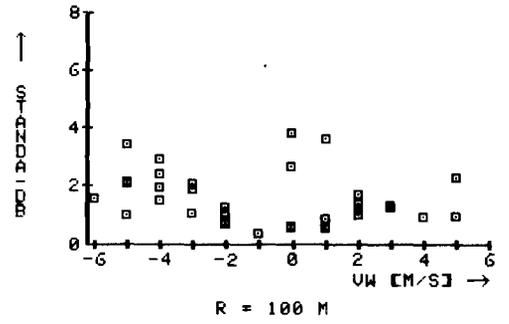
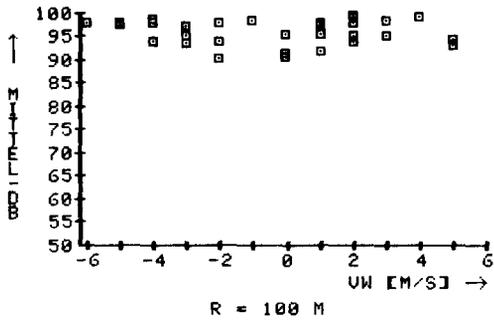


Abb. 3.12: Messwerte des LAI in Abhaengigkeit von der Windgeschwindigkeit ($v > 0$ - Mitwind, $v < 0$ - Gegenwind)

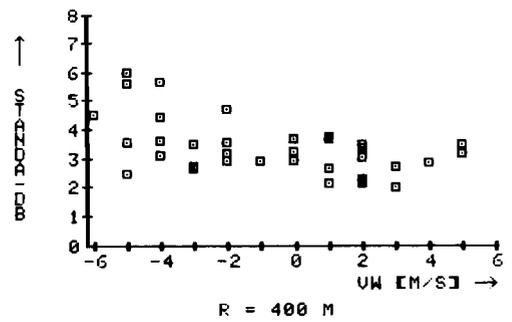
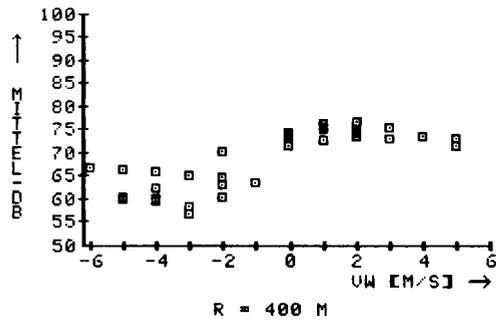
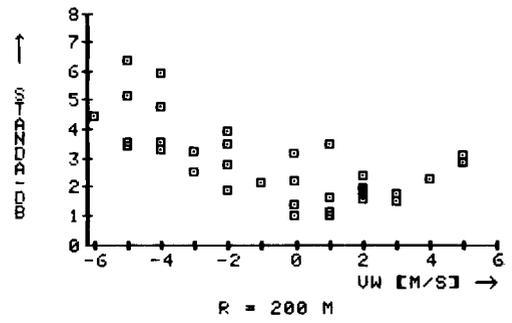
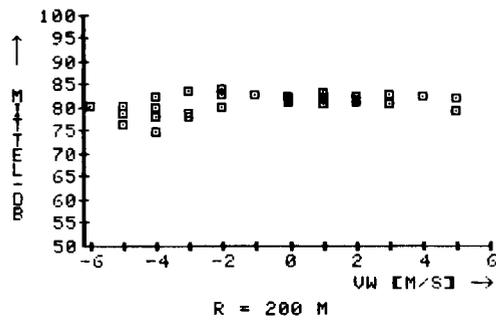
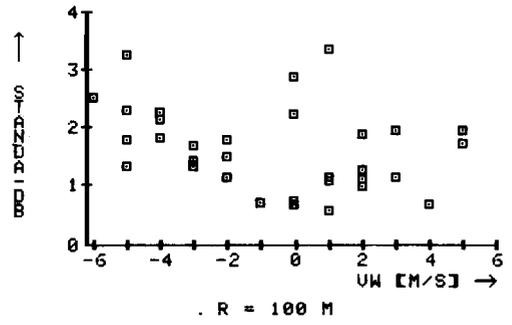
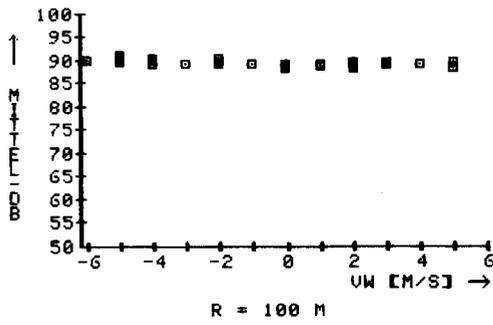


Abb. 3.13: Messwerte des LAF in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit ($v > 0$ - Mitwind, $v < 0$ - Gegenwind)

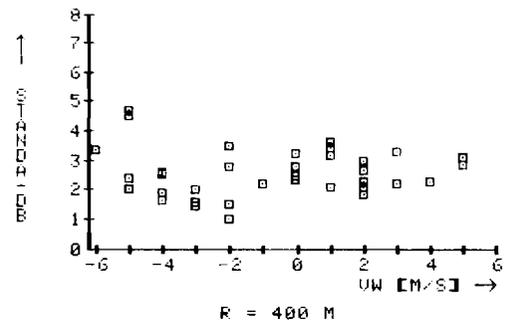
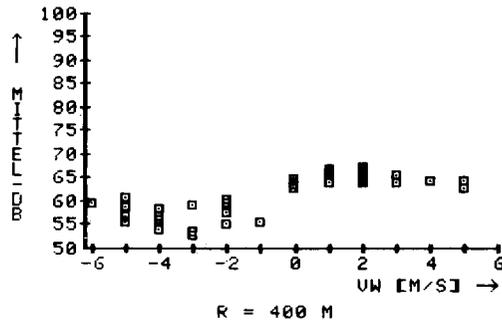
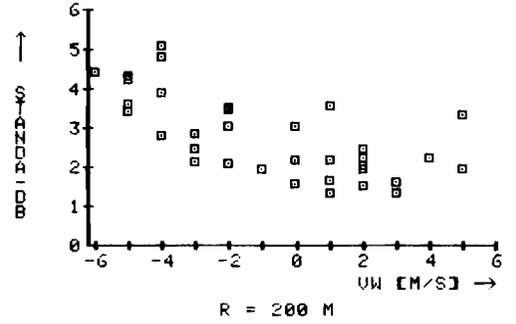
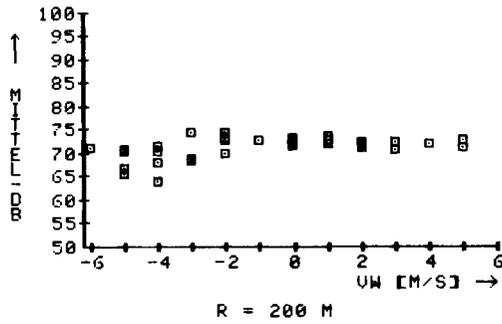
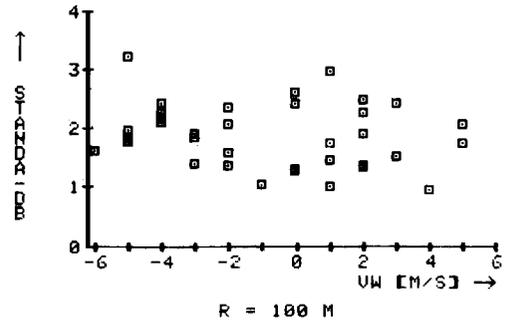
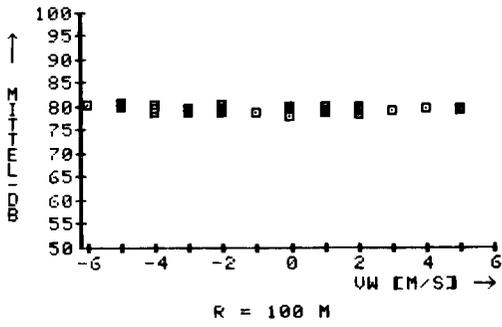


Abb. 3.14: Messwerte des LAX in Abhaengigkeit von der Windgeschwindigkeit ($v > 0$ - Mitwind, $v < 0$ - Gegenwind)

In den Abbildungen der letzten Seiten waren die Einzelwerte aufgefuehrt, um einen Eindruck darueber zu geben, dass eine Schichtung nach der Windgeschwindigkeit die Schwankungen der Pegel zwar zum Teil erkluert, jedoch noch grosse Restschwankungen uebrig bleiben. Um den Trend, der in diesen Daten liegt, deutlich zu machen, wurde je Windgeschwindigkeitsklasse das Mittel als Schaetzer fuer den Wert, der bei dieser Windgeschwindigkeit zu erwarten ist, gebildet und parametrisiert nach der Entfernung in die untenstehenden Abbildungen eingetragen.

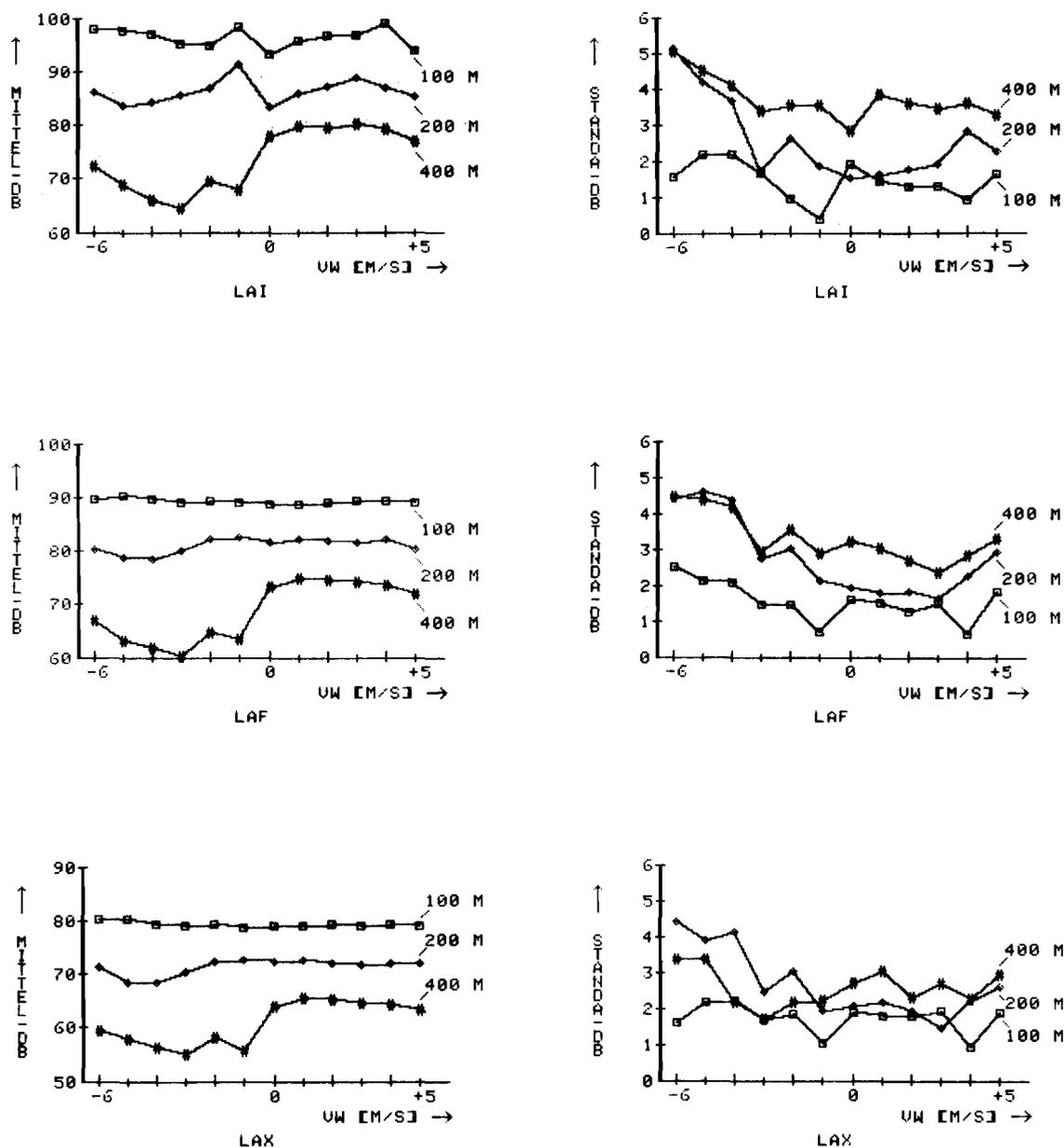


Abb. 3.15: Mittlerer Verlauf der Messgroessen ueber der Windgeschwindigkeit ($v > 0$ - Mitwind, $v < 0$ - Gegenwind)

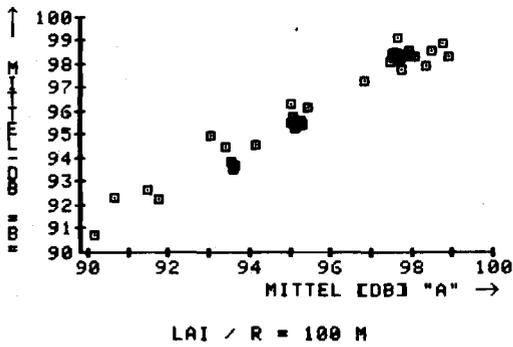
Aus den vorstehenden Abbildungen laesst sich zusammenfassend feststellen:

- a) Der Einfluss des Windes auf die MITTEL beginnt bei 200 m, waehrend bei 100 m noch kein Einfluss erkennbar ist.
- b) Im Mitwindbereich sind die Pegel kaum von der Windgeschwindigkeit beeinflusst.
- c) Im Gegenwindbereich sind die Pegelabnahmen deutlich, ohne dass sich eine stetige Abhaengigkeit von der Windgeschwindigkeit zeigt.
- d) Bei Mitwind zeigt STANDA keinen Einfluss der Windgeschwindigkeit.
- e) Bei Gegenwind zeigt sich ein deutlicher Trend anwachsender Streuung mit der Windgeschwindigkeit. Wieweit dies von der Entfernung abhaengig ist, laesst sich aus den Daten nicht gut erkennen. Hier kann man die globale Schichtung nach Gegenwind und Mitwind, wie sie in Abb. 3.10 gegeben ist, heranziehen. Auch dort zeigen sich keine deutlich trennbaren Kollektive.

3.3.3.5. Vergleich kurzzeitig aufeinanderfolgender Messungen

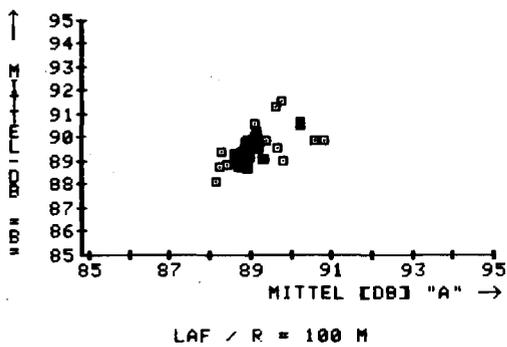
In einem letzten Untersuchungsteil wurden die Ergebnisse der jeweils an einem Tag mit kurzem zeitlichen Abstand nacheinander gewonnenen Werte der Kollektive 'A' und 'B' paarweise miteinander verglichen. Auf diese Weise sollten Informationen ueber die Kurzzeitfluktuation der Immissionswerte gewonnen werden.

Die folgenden Darstellungen beziehen sich auf alle Messungen, fuer die in beiden Kollektiven ein vollstaendiger Datensatz vorhanden ist. Zum Vergleich sind auf den folgenden Seiten Korrelogramme der Bewertungsarten je Entfernung sowie dazugehoerige Statistiken angegeben. Insgesamt kann man feststellen, dass die Kurzzeitfluktuationen gering sind gegenueber den langzeitlichen Aenderungen. Eine Ausnahme zeigt sich bei den Groessen LAF und LAX in 100 m Entfernung; bei diesen liegen Kurzzeit- und Langzeitaenderungen in der gleichen Groessenordnung, was auch die Begrueendung fuer den geringen Korrelationskoeffizienten liefert.



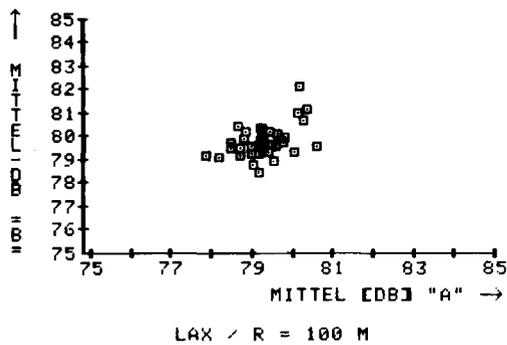
Korr.koeff. ('A' - 'B') = 0.97

DELTA ('A'-'B'): Mittel = -0.48
 Stand.abw. = 0.54
 Maximum = 0.60
 Minimum = -1.87



Korr.koeff. ('A' - 'B') = 0.57

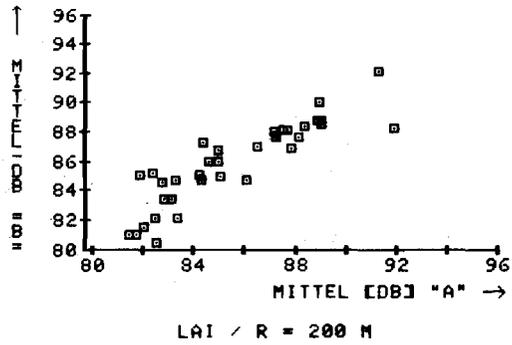
DELTA ('A'-'B'): Mittel = -0.33
 Stand.abw. = 0.65
 Maximum = 0.99
 Minimum = -1.75



Korr.koeff. ('A' - 'B') = 0.47

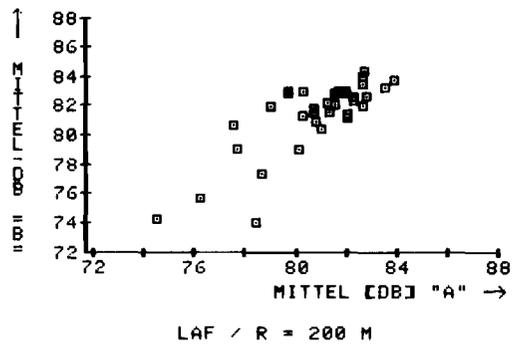
DELTA ('A'-'B'): Mittel = -0.43
 Stand.abw. = 0.69
 Maximum = 1.07
 Minimum = -1.89

Abb. 3.16: Korrelogramme zwischen den beiden Kollektiven mit Angabe des Korrelationskoeffizienten und einiger Kenngrößen der Differenz DELTA zwischen den paarweisen Messungen beider Kollektive
 Entfernung: 100 m



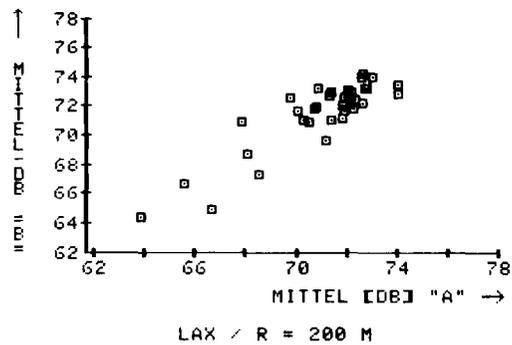
Korr.koeff. ('A' - 'B') = 0.88

DELTA ('A'-'B'): Mittel = -0.23
 Stand.abw. = 1.36
 Maximum = 3.60
 Minimum = -3.07



Korr.koeff. ('A' - 'B') = 0.80

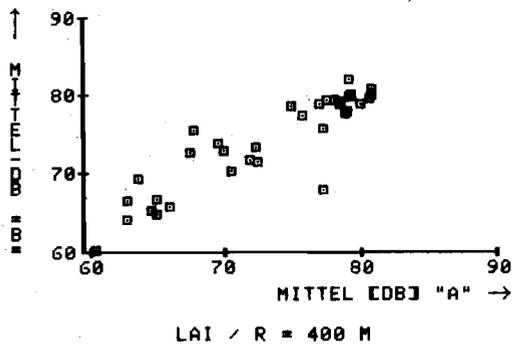
DELTA ('A'-'B'): Mittel = -0.47
 Stand.abw. = 1.53
 Maximum = 4.54
 Minimum = -3.18



Korr.koeff. ('A' - 'B') = 0.88

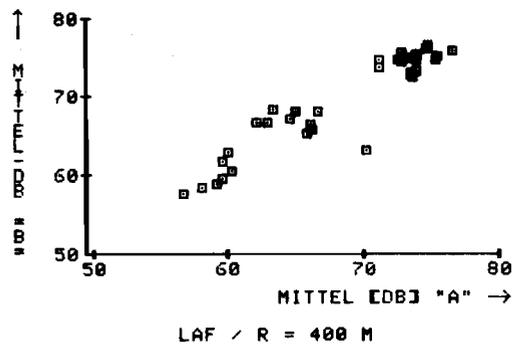
DELTA ('A'-'B'): Mittel = -0.46
 Stand.abw. = 1.15
 Maximum = 1.84
 Minimum = -3.04

Abb. 3.17: Korrelogramme zwischen den beiden Kollektiven mit Angabe des Korrelationskoeffizienten und einiger Kenngrößen der Differenz DELTA zwischen den paarweisen Messungen beider Kollektive
 Entfernung: 200 m



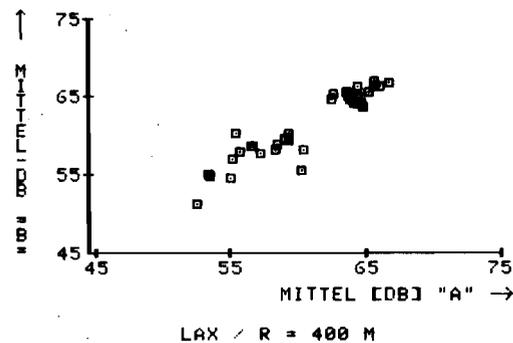
Korr.koeff. ('A' - 'B') = 0.89

DELTA ('A'-'B'): Mittel = -0.85
 Stand.abw. = 2.86
 Maximum = 9.43
 Minimum = -7.46



Korr.koeff. ('A' - 'B') = 0.93

DELTA ('A'-'B'): Mittel = -0.85
 Stand.abw. = 2.20
 Maximum = 7.23
 Minimum = -4.93



Korr.koeff. ('A' - 'B') = 0.92

DELTA ('A'-'B'): Mittel = -0.57
 Stand.abw. = 1.65
 Maximum = 4.94
 Minimum = -4.82

Abb. 3.18: Korrelogramme zwischen den beiden Kollektiven mit Angabe des Korrelationskoeffizienten und einiger Kenngrößen der Differenz DELTA zwischen den paarweisen Messungen beider Kollektive
 Entfernung: 400 m

Fuer die Vergleichbarkeit aufeinanderfolgender Messungen und der dabei aus 10 Schuss ermittelten Mittelwerte der Pegel LAI, LAF, LAX laesst sich zusammenfassend feststellen:

- a) Fuer die o.g. Messwerte ergibt eine mit zunehmender Entfernung drastisch abnehmende Reproduzierbarkeit. Zwei Messungen in 200 m Entfernung bei gleicher Windsituation und gleicher Emission unterschieden sich um bis zu 4 dB, in 400 m sogar um bis zu 9 dB. Daraus folgt zwingend, dass eine einzige Messung der beschriebenen Art durchaus beträchtliche Abweichungen vom Erwartungswert haben kann und deshalb eine grössere Zahl von unabhaengigen Messungen zur Beschreibung der Immission heranzuziehen ist.
- b) Die Reproduzierbarkeit ist abhaengig von der gewaehlten Messgroesse. Hier ist der LAX diejenige Groesse mit der besten Reproduzierbarkeit, sicherlich wiederum wegen seines integralen Verhaltens.
- c) Die Wiederholungsstreuung zeitlich eng aufeinanderfolgender Messungen ist jedoch gering im Vergleich zu Streuungen, die innerhalb eines laengeren Zeitraums auftreten, wie man den Korrelogrammen entnehmen kann. Dies gilt zumindest wiederum mit Ausnahme der Ergebnisse fuer LAF und LAX bei 100 m.

3.4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

3.4.1. Durchfuehrung und Ergebnisse

Das Untersuchungsverfahren sowie die Ergebnisse zur Ausbreitung von Schiessgeraeuschen bei freier Schallausbreitung und die hierbei angefallenen weiteren Ergebnisse werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt:

- a) Untersucht wurden Immissionspegel der Messgroessen LAImax (LAI), LAFmax (LAF) und LAX (LAX) bei freier Schallausbreitung in 25 m, 100 m, 200 m und 400 m von der Quelle, einem Colt. Die Untersuchung erstreckte sich ueber den Zeitraum mehrerer Monate. Als Messwerte wurden der Mittelwert (MITTEL), die Standardabweichung (STANDA) sowie der Minimalwert und Maximalwert (MIN,MAX) einer Schussfolge von 10 Schuss verwendet. Neben den Pegelmesswerten wurden auch mittlere Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen waehrend der Messung erfasst.
- b) Die Untersuchung der in 25 m Entfernung als Emission erhobenen Messwerte zeigte einen langzeitlichen Gang mit einer Schwankungsbreite von 5 dB fuer LAF, LAX und 7 dB fuer LAI, der vermutlich auf den Temperaturgang des Jahres zurueckzufuehren ist. Die STANDA der Einzelschuesse zeigte Werte bis zu 3 dB, im Mittel etwa 0.5 dB. Fuer die weitere Untersuchung wurden die Immissionswerte der uebrigen Entfernungen auf die Emission justiert.
- c) Ohne Schichtung nach Windgroessen schwankte die auf konstante Emission bezogene Immission messgroessen- und entfernungsabhaengig um bis zu 20 dB ueber alle Messtermine. Fuer die Groessen LAF und LAX in 100 m Entfernung waren die Schwankungen vernachlaessigbar klein. Insgesamt zeigte der LAX die beste Reproduzierbarkeit.
- d) Der Zusammenhang zwischen den untersuchten Messgroessen wuchs mit wachsender Entfernung an. LAF und LAX korrelierten bereits bei 200 m mit $r = 0.94$. In 400 m Entfernung korrelierten alle Groessen mit $r > 0.95$.
- e) Die Abnahme der MITTEL mit der Entfernung lag bei 7 - 9 dB pro Verdopplung fuer die Mitwindsituation. Bei Gegenwind war sie hoeher und betrug entfernungsabhaengig 9 - 17 dB pro Verdopplung. Die STANDA verdoppelte sich zwischen 100 m und 400 m.

- f) Die mittlere Differenz zwischen den Werten der Messgroessen blieb bei Mitwind konstant ueber der Entfernung und betrug dabei etwa 6 dB fuer LAI-LAF und 9 dB fuer LAF-LAX.
- g) Ein Einfluss von Windrichtung und -staerke zeigte sich ab 200 m. Im Mitwindbereich blieben die Werte unabhaengig von der Windgeschwindigkeit, im Gegenwindbereich zeigten sich deutliche Einfluesse bereits bei kleinen Windgeschwindigkeiten.
- h) Die kurzzeitige Reproduzierbarkeit der Messwerte wurde mittels einer zweiten Messung im Anschluss an die erste Messung untersucht. Innerhalb einer Zeitspanne von 20 min wurden maximal Unterschiede von 2 dB (100m) bis zu 9 dB (400m) fuer den LAI, 7 dB fuer den LAF und 5dB fuer den LAX beobachtet. Hierbei wurden die Messwerte MITTEL zugrundegelegt.

3.4.2. Schlussfolgerungen

Um beim Vergleich von Geraeuschimmissionen bei Schiesslaerm moeglichst vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wird folgende Vorgehensweise auf Grund der in dieser Untersuchung festgestellten Fakten empfohlen:

- a) Zur Verringerung des Einflusses kurzzeitiger Schwankungen der Emission und Transmission zwischen aufeinanderfolgenden Schuessen sollte der Mittelwert einer Schussfolge herangezogen werden. Eine Anzahl von 10 Schuss laesst auf Grund einer groben Abschaetzung unter Beruecksichtigung der festgestellten STANDA einen statistischen Fehler dieses Mittelwertes von etwa ± 2 dB erwarten.
- b) Bei Entfernungen ueber 100 m (LAI schon bei 100 m) sollte eine wiederholte Messung ueber einen laengeren Zeitraum vorgesehen werden, um die langfristigen Schwankungen mit einzubeziehen.
- c) Die Messungen sollen auf die Mitwindsituation beschraenkt bleiben. So erzielt man eine gute Reproduzierbarkeit der MITTEL in Verbindung mit einer kleinen STANDA je Messung, welches wiederum die Qualitaet der MITTEL verbessert. Eine Beschraenkung auf kleine Windgeschwindigkeiten hat sich als nicht erforderlich gezeigt.

- d) Als Ersatzverfahren fuer die Messung des LAX scheint vorwiegend der LAF geeignet zu sein. In der konkreten Situation mit zwischenliegender Schirmung und Reflexion sollte der Unterschied zwischen LAF und LAX zumindest stichprobenweise festgestellt werden.

Bei der Anwendung dieser Schlussfolgerungen sollte jedoch immer bedacht werden, dass es sich bei der Messung von Schiessgeraueschen um ein komplexes Problem handelt, welches durch die vorgeschlagene Art der Vorgehensweise sicherlich nicht von allen Schwierigkeiten befreit wird.

Dies gilt vor allem bei zusaetzlichen Schwierigkeiten, verursacht z.B. durch Mehrwegeausbreitungen, komplizierte orografische Situationen oder Ueberschallknallanregung, um nur einige zu nennen. So ist es sicherlich notwendig, nach durchgefuehrter Messung die Qualitaet der Daten a posteriori genau zu sichten, um Missdeutungen zu vermeiden.

S C H R I F T T U M

- 217 Klein, M.:
Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien.
LIS-Berichte der Landesanstalt fuer Immissionsschutz
des Landes NW (in Vorbereitung)

A N H A N G

Der nachfolgende Anhang enthaelt die im Laufe der Untersuchung angefallenen Daten in tabellarischer Form.

Anhang 1: In diesem Teil sind fuer die Entfernungen 25 m bis 400 m und fuer die Kollektive 'A' und 'B' die bei den Messungen angefallenen Daten geordnet nach dem Datum der Messung zusammengefasst. Die Windgeschwindigkeit ist in m/s, die Windrichtung bezogen auf den Strahl in Altgrad angegeben. Alle Pegel sind in dB(A) zu lesen. Das Datum enthaelt jeweils zweistellig den Tag, den Monat, das Jahr. Die Uhrzeit enthaelt entsprechend Stunde und Minute des Messbeginns. Fehlende Pegelwerte sind mit 0 codiert. Bei der Windrichtung ist NORD mit 360 angegeben. Ein Wert von 0 steht fuer Calme.

Anhang 2: Dieser Teil enthaelt die aus den Urdaten lt. Anhang 1 berechneten Daten der auf den Messpunkt in 25 m Entfernung bezogenen Pegel fuer die Untersuchung an den Immissionspunkten. Die Daten sind nach aufsteigender Windgeschwindigkeit, beginnend bei Gegenwind (neg. Vorzeichen) sortiert. Werte bei Querwind sind nicht enthalten. Ausserdem ist fuer jede Messwertart zur Kollektivbeschreibung der Mittelwert ueber alle Messungen sowie der Mittelwert geschichtet nach Mitwind, Calme, Gegenwind aufgefuehrt. Zu beachten ist die geringe Zahl von Calme-Messungen.

Hinweis: Die laufende Numerierung der Messungen ist consistent jeweils fuer die Daten im Anhang 1 und Anhang 2; jedoch sind die Numerierungen beider Anhaenge untereinander nicht vergleichbar. Als Identifikationsmerkmal sollte der Messtermin benutzt werden.

Messung Nr.:	Datum:	Beginn:	VW:	ALPHA:	LAI	LAF			LAX							
					MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN				
1	270482	13.23	3	240	110.45	0.55	111.00	109.50	104.19	0.54	105.00	103.30	94.39	1.32	96.40	92.40
2	60582	10.55	3	120	110.70	0.79	111.50	109.00	103.25	0.63	104.00	102.80	94.03	1.02	95.60	92.50
3	100582	11.20	0	0	109.80	0.54	111.00	109.00	102.92	0.67	103.80	102.30	93.94	1.16	95.30	93.20
4	120582	12.17	2	270	109.90	0.52	111.00	109.00	103.52	0.71	104.80	102.30	93.75	1.03	95.50	91.90
5	140582	10.52	2	360	109.50	0.58	110.00	108.50	101.90	0.63	103.30	101.30	92.59	1.01	93.90	90.90
6	180582	10.42	2	180	109.20	0.48	110.00	108.50	101.22	0.74	102.00	100.30	92.45	1.19	93.90	90.60
7	210582	10.30	3	180	108.87	1.42	109.50	105.00	101.08	1.49	102.50	97.30	92.14	1.67	93.60	87.80
8	240582	10.30	4	180	106.28	1.02	108.00	105.00	101.61	1.41	103.50	98.50	92.74	2.00	95.80	89.60
9	260582	11.08	4	60	108.48	1.83	109.50	104.00	101.18	2.06	103.00	96.80	91.52	2.21	94.10	86.90
10	280582	10.40	3	180	106.40	0.88	107.50	103.30	102.49	0.99	103.50	100.00	92.66	1.74	95.30	89.30
11	20682	10.58	3	360	103.30	0.71	104.50	102.00	99.27	1.16	100.80	96.50	90.37	1.83	92.30	85.90
12	80682	10.56	1	180	107.53	0.81	108.80	106.00	103.07	0.45	103.80	102.50	93.57	1.33	96.20	92.20
13	140682	10.32	5	180	107.55	1.50	110.00	105.50	102.22	1.34	104.00	99.00	92.92	1.19	94.40	90.90
14	180682	11.20	1	330	109.59	0.27	110.00	109.20	102.71	0.43	103.30	102.00	93.34	1.35	95.30	91.60
15	210682	11.03	1	360	106.80	0.48	107.50	106.00	102.58	0.62	103.30	101.50	93.29	1.09	94.80	91.40
16	230682	9.35	4	150	105.45	0.96	106.50	103.50	101.12	1.44	103.30	98.80	91.92	0.79	92.80	90.10
17	250682	10.03	2	360	104.90	0.88	106.00	103.00	100.60	1.36	102.00	97.50	90.80	1.73	93.10	86.90
18	290682	10.38	5	180	105.50	0.94	107.00	104.50	101.10	1.21	102.80	99.80	92.05	1.68	94.30	89.70
19	10782	11.17	4	150	108.82	0.49	109.30	107.60	100.88	0.84	102.00	99.50	91.49	1.24	93.20	89.60
20	50782	10.16	4	150	104.55	0.96	106.00	103.00	99.50	1.46	101.80	97.80	90.38	2.06	92.80	87.30
21	70782	9.59	3	210	103.90	0.84	105.00	102.50	99.23	1.23	101.00	97.30	89.53	1.81	91.90	86.20
22	120782	11.06	5	360	104.75	0.62	106.50	103.50	100.68	1.08	102.30	99.00	91.30	1.32	93.10	89.60
23	140782	11.14	2	30	106.25	0.72	108.00	105.50	102.77	0.55	103.80	102.00	93.00	1.04	94.70	91.60
24	160782	7.12	2	180	105.15	1.81	107.00	102.00	100.59	2.33	103.00	96.50	91.20	2.34	93.70	87.80
25	190782	10.50	2	360	106.40	0.74	107.50	105.50	102.53	0.87	104.00	101.30	93.48	1.23	95.10	91.00
26	210782	11.02	3	330	105.50	0.85	107.00	104.50	101.55	0.84	102.80	100.50	92.22	1.10	93.90	90.30
27	230782	10.08	1	330	107.10	0.66	108.00	106.00	102.70	0.58	103.50	101.80	93.20	1.22	95.50	91.90
28	260782	11.08	1	270	106.60	0.84	108.00	105.50	102.71	0.60	103.80	102.00	93.80	1.36	95.80	91.60
29	280782	10.47	2	360	106.25	1.21	108.00	104.00	102.26	1.06	103.50	100.00	92.39	1.44	94.90	89.90
30	300782	10.00	4	360	106.45	1.07	108.00	105.00	102.23	1.07	103.50	100.30	92.96	1.71	95.60	90.60
31	20882	12.00	1	360	105.55	0.72	107.00	104.50	101.59	0.62	102.80	100.80	92.38	1.01	93.90	90.40
32	60882	11.18	2	180	107.30	1.89	109.50	104.50	102.61	1.56	104.30	100.00	93.10	1.99	95.90	89.70
33	90882	11.05	5	180	108.25	0.86	110.00	107.00	103.33	0.67	104.50	102.00	93.16	1.00	94.60	91.70
34	110882	11.45	2	180	107.60	0.52	108.50	107.00	102.84	0.47	103.50	102.00	93.46	0.71	94.60	92.60
35	130882	10.47	5	180	105.35	2.42	108.50	102.00	100.52	2.69	103.50	96.30	91.72	2.64	95.70	88.10
36	180882	12.50	6	180	107.75	1.57	110.50	105.00	103.42	1.43	105.50	100.50	93.65	1.72	96.50	91.20
37	281082	12.10	2	360	109.72	0.53	110.50	109.00	103.06	0.73	104.00	102.00	93.57	1.13	95.10	92.10
38	31182	9.58	0	0	108.70	2.04	110.00	103.00	101.90	2.36	103.50	95.80	92.01	2.19	93.90	87.10
39	41182	10.00	0	0	107.95	2.05	110.00	104.50	100.52	2.58	104.00	96.30	91.25	2.52	94.70	86.50
40	51182	9.56	1	360	107.80	2.75	110.00	103.00	100.42	2.80	103.00	95.50	91.08	3.00	93.90	85.20
41	291182	13.20	0	0	110.15	0.47	111.00	109.50	103.86	0.72	104.80	102.50	94.40	1.03	96.30	92.60
42	301182	12.05	5	360	109.00	2.84	112.00	102.50	101.30	3.05	104.50	95.30	91.95	3.06	96.10	86.90

Anhang 1 Kollektiv 'A' 100m

Messung Nr.	Datum	Beginn	VW	ALPHA	LAI	LAF			LAX							
					MITTEL	STANDA	MAX	MIN	MITTEL	STANDA	MAX	MIN				
1	270482	13.23	3	240	94.15	2.86	100.00	92.00	90.87	2.29	95.00	87.80	80.33	2.02	84.30	76.80
2	60582	10.55	3	120	96.86	1.89	98.50	92.00	89.76	1.97	90.50	84.80	79.19	1.54	80.90	75.90
3	100582	11.20	0	0	97.95	0.55	98.50	97.00	89.90	0.64	90.80	88.80	79.33	1.30	81.80	77.80
4	120582	12.17	2	270	98.10	1.10	99.00	95.50	89.61	0.97	90.50	87.80	79.52	1.44	81.60	77.50
5	140582	10.52	2	360	97.30	1.36	98.50	95.00	89.05	1.26	91.30	87.30	79.68	1.90	82.80	76.60
6	180582	10.42	2	180	92.10	1.05	94.00	90.50	89.60	1.50	91.50	87.30	79.21	1.59	81.80	76.80
7	210582	10.30	3	180	96.65	2.11	99.00	92.50	88.34	1.68	90.30	84.50	78.31	1.91	81.10	75.10
8	240582	10.30	4	180	97.50	1.51	99.00	94.00	89.43	2.13	93.00	85.80	78.98	2.42	82.00	74.10
9	260582	11.08	4	60	91.65	1.42	93.50	89.00	87.94	2.26	90.50	83.00	78.20	2.55	82.00	72.50
10	280582	10.40	3	180	92.55	1.04	93.50	90.50	89.56	1.34	92.00	87.00	79.63	1.39	81.30	77.40
11	20682	10.58	3	360	91.15	1.23	92.50	88.50	86.57	1.94	89.00	82.50	76.71	2.42	80.40	72.00
12	80682	10.56	1	180	98.31	0.37	99.00	97.90	90.14	0.68	91.80	89.30	79.56	1.03	82.20	78.70
13	140682	10.32	5	180	97.76	2.10	99.00	92.00	91.20	2.29	94.80	86.00	81.02	1.97	83.30	76.90
14	180682	11.20	1	330	97.60	0.54	98.20	96.40	89.54	0.57	90.30	88.30	79.34	1.01	80.30	77.60
15	210682	11.03	1	360	97.05	0.89	98.70	96.00	89.32	1.08	91.50	88.30	79.82	1.45	81.80	77.00
16	230682	9.35	4	150	95.93	2.41	98.60	91.50	89.10	2.25	92.80	86.50	78.72	2.09	81.60	75.40
17	250682	10.03	2	360	91.20	1.16	92.50	88.50	88.10	1.25	89.50	86.50	77.80	2.27	80.30	73.70
18	290682	10.38	5	180	96.15	2.12	98.00	92.00	89.02	1.77	91.50	85.80	79.77	1.85	82.90	77.00
19	10782	11.17	4	150	95.17	1.95	98.40	91.50	87.96	1.80	92.30	85.80	78.20	2.26	83.60	75.90
20	50782	10.16	4	150	94.92	2.93	98.30	90.10	87.87	2.25	90.50	84.00	78.26	2.16	80.80	74.40
21	70782	9.59	3	210	93.47	1.88	97.50	91.40	86.20	1.41	89.50	84.50	76.09	1.83	79.50	73.30
22	120782	11.06	5	360	91.65	0.91	93.00	90.50	88.22	1.94	91.30	85.30	78.09	1.74	80.30	75.50
23	140782	11.14	2	30	97.85	1.00	99.00	96.50	89.83	0.97	91.00	88.50	80.04	1.37	81.80	78.50
24	160782	7.12	2	180	91.55	0.72	92.50	90.50	87.95	1.79	98.80	84.80	78.78	2.34	81.10	74.00
25	190782	10.50	2	360	97.00	1.72	99.00	93.00	89.51	1.87	93.50	86.50	79.20	2.49	83.80	75.20
26	210782	11.02	3	330	96.55	1.34	98.50	94.50	88.98	1.12	90.50	87.50	78.75	1.51	81.10	76.40
27	230782	10.08	1	330	97.70	0.63	98.50	97.00	89.70	1.12	92.00	88.50	79.70	1.73	83.10	77.30
28	260782	11.08	1	270	97.85	0.97	99.50	96.00	89.95	1.05	91.50	88.00	79.82	2.22	84.80	77.30
29	280782	10.47	2	360	98.18	1.35	100.00	96.00	89.78	1.27	91.50	87.50	79.59	1.33	82.00	77.80
30	300782	10.00	4	360	97.95	0.90	99.00	96.00	89.48	0.66	90.30	88.00	79.73	0.95	80.90	77.50
31	20882	12.00	1	360	97.99	0.37	98.50	97.50	0.00	0.00	0.00	0.00	79.97	0.73	80.80	78.80
32	60882	11.18	2	180	97.64	1.26	99.00	94.50	89.67	1.50	92.80	87.30	79.34	2.07	82.80	76.10
33	90882	11.05	5	180	98.47	1.00	99.50	96.50	90.66	1.32	92.30	88.30	80.84	1.77	83.80	78.90
34	110882	11.45	2	180	98.04	0.64	99.00	97.00	90.09	1.12	92.80	89.00	80.15	1.35	82.00	78.40
35	130882	10.47	5	180	95.63	3.43	99.00	89.00	89.24	3.24	93.50	83.80	79.05	3.21	84.00	75.50
36	180882	12.50	6	180	98.29	1.56	100.00	95.60	91.20	2.51	94.80	86.50	81.46	1.61	83.80	79.20
37	281082	12.10	2	360	97.46	0.98	99.00	96.50	89.46	1.11	91.50	88.30	80.35	1.33	82.80	78.70
38	31182	9.58	0	0	92.90	2.65	95.00	86.00	88.50	2.21	90.30	82.80	79.32	2.42	81.40	72.70
39	41182	10.00	0	0	91.35	3.79	96.00	85.00	87.37	2.87	90.80	82.50	78.19	2.60	81.60	73.70
40	51182	9.56	1	360	92.30	3.60	97.00	85.00	87.36	3.36	90.50	80.30	78.24	2.97	82.20	75.50
41	291182	13.20	0	0	98.20	0.59	99.00	97.00	90.18	0.72	91.30	88.80	81.12	1.26	82.60	78.70
42	301182	12.05	5	360	94.78	2.27	98.00	91.00	87.75	1.72	90.50	85.00	78.34	2.05	80.90	74.90

Messung Nr.	Datum	Beginn	VW	ALPHA	LAI	LAF			LAX							
					MITTEL	STANDA	MAX	MIN	MITTEL	STANDA	MAX	MIN				
1	270482	13.23	3	240	88.75	2.50	91.50	84.50	85.03	2.63	87.50	80.30	74.92	2.88	77.50	69.70
2	60582	10.55	3	120	0.00	0.00	0.00	0.00	83.93	3.12	86.80	78.00	72.96	3.29	76.50	67.40
3	100582	11.20	0	0	86.84	1.04	88.50	85.50	83.36	1.40	85.00	80.50	73.54	1.54	75.80	71.00
4	120582	12.17	2	270	89.07	1.29	91.20	87.00	84.02	1.20	85.50	82.00	74.17	1.52	77.30	72.40
5	140582	10.52	2	360	86.44	1.23	88.50	85.00	82.07	1.95	85.50	80.00	71.55	2.05	74.20	68.70
6	150582	10.42	2	180	84.71	1.89	86.30	81.80	79.08	2.80	83.50	74.80	69.76	3.53	75.50	64.10
7	210582	10.30	3	180	83.64	1.74	86.00	80.50	77.91	2.53	81.30	74.30	68.20	2.48	71.60	64.70
8	240582	10.30	4	180	80.45	3.13	84.00	75.00	74.32	3.27	78.00	69.50	64.15	2.81	68.00	60.30
9	260582	11.08	4	60	86.36	1.48	88.20	84.00	81.21	2.58	85.50	77.80	71.36	2.60	76.60	67.90
10	280582	10.40	3	180	84.13	1.76	87.00	82.50	78.36	3.20	82.80	74.80	68.30	2.85	72.90	65.30
11	20682	10.58	3	360	84.95	2.58	88.50	81.00	78.17	1.78	81.00	75.50	68.61	1.31	69.80	66.70
12	80682	10.56	1	180	91.55	1.85	93.00	86.50	83.86	2.15	88.30	79.80	73.74	1.95	76.60	70.20
13	140682	10.32	5	180	82.80	4.15	90.00	76.00	78.85	5.13	86.80	70.50	67.12	4.35	75.10	61.90
14	180682	11.20	1	330	87.35	0.75	89.00	86.50	83.65	0.99	85.50	82.30	73.26	1.67	76.00	71.20
15	210682	11.03	1	360	86.70	0.48	87.50	86.00	82.64	1.12	84.30	80.80	72.74	1.32	75.10	70.90
16	230682	9.35	4	150	82.60	5.35	93.00	72.50	76.86	5.91	87.30	67.30	67.33	5.09	77.80	60.60
17	250682	10.03	2	360	89.50	2.17	93.00	86.50	81.00	2.40	85.30	77.00	70.60	2.49	75.80	65.60
18	290682	10.38	5	180	80.00	5.07	85.50	70.50	75.50	6.34	85.30	65.80	65.14	4.26	70.80	59.00
19	10782	11.17	4	150	83.95	3.12	88.00	78.50	78.76	4.78	84.80	71.80	69.08	4.84	76.10	62.30
20	50782	10.16	4	150	85.10	3.14	91.00	80.00	79.68	3.58	85.80	74.80	69.33	3.93	74.90	63.40
21	70782	9.59	3	210	85.50	1.68	88.50	83.00	80.90	2.53	85.30	77.50	71.08	2.14	74.60	68.60
22	120782	11.06	5	360	85.88	2.08	89.20	83.00	80.54	3.08	84.50	76.50	71.55	3.32	76.30	67.40
23	140782	11.14	2	30	88.04	1.72	90.60	85.50	82.48	1.55	84.30	80.00	72.72	1.50	76.30	70.80
24	160782	7.12	2	180	85.47	1.65	87.60	82.50	81.48	3.46	85.30	75.00	71.33	3.06	74.50	66.30
25	190782	10.50	2	360	86.40	1.18	89.00	84.80	82.21	1.74	85.80	79.80	71.84	1.50	74.10	70.20
26	210782	11.02	3	330	86.41	1.22	88.50	85.00	82.38	1.53	85.00	79.30	71.88	1.60	74.80	69.40
27	230782	10.08	1	330	87.20	2.44	91.00	85.00	83.80	1.61	86.30	80.50	74.10	2.17	76.80	69.20
28	260782	11.08	1	270	86.92	1.64	89.80	84.60	83.91	1.32	85.50	81.80	73.68	1.26	75.10	71.60
29	280782	10.47	2	360	85.56	2.34	90.40	83.80	82.48	1.91	86.00	79.50	72.10	2.22	76.30	68.50
30	300782	10.00	4	360	85.73	2.83	89.50	81.50	82.44	2.28	85.50	78.30	72.44	2.24	76.80	69.10
31	20882	12.00	1	360	88.08	2.71	91.80	84.80	84.32	1.96	87.60	81.80	73.75	2.21	76.70	70.50
32	60882	11.18	2	180	87.72	4.10	93.00	82.00	83.44	3.94	88.50	76.50	73.44	3.50	78.60	68.60
33	90882	11.05	5	180	85.60	4.46	91.00	79.00	81.76	3.54	85.80	75.80	71.23	3.61	75.10	65.80
34	110882	11.45	2	180	89.38	2.76	92.50	82.50	84.87	1.91	87.30	82.00	75.02	2.08	77.70	72.30
35	130882	10.47	5	180	83.08	3.20	87.50	79.00	78.97	3.45	83.00	73.00	69.54	3.45	74.30	63.60
36	180882	12.50	6	180	86.58	5.16	93.00	81.00	81.70	4.42	87.30	75.80	72.34	4.45	79.60	66.30
37	281082	12.10	2	360	85.80	1.92	89.80	83.80	82.23	1.54	84.80	80.80	72.91	1.96	75.90	70.80
38	31182	9.58	0	0	84.73	1.63	87.30	81.00	81.30	2.18	83.50	75.50	72.53	2.20	75.60	67.80
39	41182	10.00	0	0	83.51	2.24	87.00	80.00	80.00	3.18	83.50	74.30	71.45	3.07	75.40	66.60
40	51182	9.56	1	360	83.64	2.72	87.50	79.20	79.33	3.47	84.00	73.80	70.47	3.56	74.70	64.10
41	291182	13.20	0	0	85.38	1.05	87.00	83.80	82.85	1.02	84.50	81.30	73.26	1.57	75.70	71.60
42	301182	12.05	5	360	83.62	2.37	86.50	79.50	78.52	2.85	82.80	73.80	70.40	1.94	73.00	67.10

Messung: Nr.:	Datum:	Beginn:	VW:	ALPHA: LAI			LAF			LAX						
				MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN	
1	270482	13.23	3	240	72.90	3.91	79.50	68.00	67.58	2.96	73.00	64.00	60.38	2.09	64.70	57.80
2	60582	10.55	3	120	76.15	4.66	83.50	69.50	70.38	4.51	79.30	63.30	63.65	2.96	68.50	59.90
3	100582	11.20	0	0	78.26	3.56	85.00	74.00	74.44	2.89	79.50	70.50	65.03	2.48	68.30	61.10
4	120582	12.17	2	270	78.70	4.00	84.50	70.00	72.95	4.73	80.50	64.80	64.26	3.72	70.70	57.90
5	140582	10.52	2	360	82.20	4.28	89.00	77.00	76.71	3.47	82.30	72.00	66.97	2.63	71.40	63.50
6	180582	10.42	2	180	64.70	3.25	69.40	60.00	59.47	3.54	66.80	55.30	55.05	0.98	56.00	52.90
7	210582	10.30	3	180	62.00	3.42	69.00	55.50	57.38	2.74	61.30	51.30	52.22	1.46	54.20	49.10
8	240582	10.30	4	180	64.02	3.87	72.50	60.50	59.07	4.42	63.00	54.00	53.86	1.64	57.00	51.20
9	260582	11.08	4	60	78.35	4.74	85.40	71.30	73.89	4.09	79.50	68.20	64.51	4.07	70.40	59.80
10	280582	10.40	3	180	61.83	2.33	64.30	58.00	57.40	2.63	60.50	52.80	53.58	1.57	56.10	50.10
11	20682	10.58	3	360	75.14	3.28	80.80	65.80	70.33	2.02	74.30	68.30	61.71	2.19	65.40	58.50
12	80682	10.56	1	180	68.00	3.54	73.20	63.00	64.63	2.92	68.80	60.80	56.53	2.23	59.10	53.10
13	140682	10.32	5	180	64.76	3.67	73.50	62.00	60.07	3.58	68.30	57.00	55.67	2.37	60.60	52.60
14	180682	11.20	1	330	80.43	5.00	90.20	74.80	75.72	3.66	82.80	72.00	66.58	3.62	74.20	62.70
15	210682	11.03	1	360	80.26	3.14	85.40	75.20	76.32	2.13	80.00	73.50	66.89	2.06	70.00	63.20
16	230682	9.35	4	150	63.18	3.32	69.50	59.00	58.88	3.62	64.50	53.80	55.24	1.90	57.60	51.80
17	250682	10.03	2	360	76.70	4.09	87.20	72.00	72.80	3.33	79.50	67.00	63.18	2.29	68.30	60.00
18	290682	10.38	5	180	64.13	2.40	67.50	60.50	59.57	2.44	63.30	55.50	56.26	1.99	60.50	53.60
19	10782	11.17	4	150	65.18	3.24	71.00	61.00	61.15	3.08	65.80	56.00	55.57	2.58	60.90	51.90
20	50782	10.16	4	150	67.78	5.94	79.00	58.60	63.58	5.69	71.80	54.00	56.24	2.54	60.60	52.60
21	70782	9.59	3	210	66.16	4.35	74.50	60.50	62.38	3.47	68.30	56.30	56.18	2.04	59.60	53.60
22	120782	11.06	5	360	75.95	2.94	79.50	70.00	71.72	3.19	75.80	65.80	62.91	3.08	67.60	57.90
23	140782	11.14	2	30	79.85	4.16	87.50	73.00	75.63	3.01	80.30	69.50	66.16	2.99	70.60	59.60
24	160782	7.12	2	180	65.30	2.23	69.50	62.50	61.71	2.90	68.30	58.00	58.03	1.48	59.90	55.70
25	190782	10.50	2	360	78.45	2.72	83.50	75.00	74.69	2.22	78.30	71.50	65.50	2.09	69.20	62.70
26	210782	11.02	3	330	79.10	3.60	84.00	73.00	75.06	2.74	79.30	69.80	65.09	3.27	69.60	58.90
27	230782	10.08	1	330	82.40	3.95	88.50	76.00	76.90	2.64	81.80	73.30	67.20	3.16	72.60	62.40
28	260782	11.08	1	270	74.15	2.49	77.50	70.00	69.98	2.75	74.30	65.00	61.01	2.56	63.70	55.80
29	280782	10.47	2	360	78.50	3.12	82.50	73.00	74.60	2.13	77.00	70.50	65.41	1.80	68.80	62.80
30	300782	10.00	4	360	78.10	3.57	85.50	73.00	73.91	2.86	79.30	69.80	64.65	2.30	69.40	61.70
31	20882	12.00	1	360	80.65	3.54	85.00	76.50	76.09	2.52	79.80	73.30	65.54	3.14	70.40	61.90
32	60882	11.18	2	180	70.00	5.93	80.50	62.50	65.33	4.68	73.30	58.80	57.84	3.49	64.30	52.80
33	90882	11.05	5	180	72.83	6.07	88.00	65.00	67.60	5.99	80.50	58.80	59.19	4.51	69.30	53.20
34	110882	11.45	2	180	77.60	2.65	82.00	74.00	71.28	3.19	77.80	67.50	61.35	2.78	67.00	58.10
35	130882	10.47	5	180	70.45	5.95	85.00	65.00	64.92	5.59	77.30	60.30	59.74	4.69	68.90	54.10
36	180882	12.50	6	180	72.75	5.06	82.00	67.00	68.27	4.48	77.00	63.00	60.52	3.39	66.80	56.60
37	281082	12.10	2	360	79.75	3.02	84.50	75.00	74.76	2.25	78.50	70.50	64.97	2.08	68.40	61.70
38	31182	9.58	0	0	79.84	2.86	82.50	72.00	73.74	3.24	77.30	66.00	64.23	2.79	67.20	58.60
39	41182	10.00	0	0	79.83	2.49	82.00	75.00	72.68	3.65	76.50	67.00	63.23	3.25	67.30	57.60
40	51182	9.56	1	360	78.08	3.10	82.00	73.50	71.15	3.72	77.00	66.30	62.45	3.43	67.70	58.50
41	291182	13.20	0	0	79.85	2.33	82.00	74.00	73.32	3.25	77.80	67.50	64.58	2.34	68.90	60.70
42	301182	12.05	5	360	76.65	3.50	83.00	71.50	70.72	3.47	78.00	66.30	62.02	2.86	67.40	58.60

Messung Nr.:	Datum:	Beginn:	VM:	ALPHA:			LAF:			LAX:						
				ALPHA:	LAI	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN
1	270482	13.46	4	240	110.25	0.42	111.00	110.00	103.92	0.84	105.30	102.80	94.35	1.48	96.50	91.60
2	60582	11.16	2	90	110.59	0.73	111.50	109.00	103.15	0.65	104.00	102.50	93.95	1.01	95.30	92.30
3	100582	11.41	1	360	109.45	0.44	110.00	109.00	102.88	0.58	103.80	102.00	93.63	0.87	94.60	92.10
4	120582	12.40	2	270	109.52	0.48	110.00	109.00	103.04	0.75	104.00	101.80	93.30	1.19	95.60	91.70
5	140582	11.19	2	360	109.25	0.35	110.00	109.00	102.18	0.48	103.00	101.50	92.89	0.99	94.30	91.20
6	180582	11.15	2	150	109.40	0.52	110.00	108.50	101.86	0.99	103.30	100.00	92.85	1.33	94.90	90.50
7	210582	11.03	3	180	109.40	0.57	110.00	108.50	101.87	0.83	103.00	100.00	92.53	0.82	94.10	91.60
8	240582	10.50	4	180	106.95	0.90	108.00	105.00	102.95	0.57	103.80	101.80	94.00	1.03	95.40	92.60
9	260582	11.29	6	60	108.83	1.02	109.40	106.00	100.87	1.02	102.30	98.50	92.04	1.16	93.60	90.40
10	280582	11.05	3	180	105.15	1.18	107.50	103.50	101.50	1.17	103.50	99.30	92.04	1.33	93.70	88.90
11	20682	11.25	3	360	103.15	0.58	104.00	102.50	99.40	1.08	100.80	98.00	90.95	1.02	92.80	89.30
12	80682	11.19	0	0	107.42	0.56	108.50	106.50	103.01	0.40	103.80	102.30	93.11	1.08	95.00	91.90
13	140682	10.56	5	180	106.74	1.10	108.40	104.50	102.63	1.10	104.30	100.30	93.43	1.04	95.30	92.00
14	160682	11.58	1	330	109.52	0.30	110.20	109.00	102.70	0.43	103.50	102.00	93.58	0.76	94.80	92.10
15	210682	11.25	2	360	106.00	0.85	107.50	105.00	101.88	0.93	103.30	100.50	92.46	0.97	93.60	90.20
16	230682	10.00	4	180	105.45	1.42	107.00	102.50	101.54	1.91	103.30	97.80	91.82	2.20	94.40	87.20
17	250682	10.21	2	360	105.20	1.06	106.50	103.50	101.20	1.22	102.50	98.50	91.90	1.83	94.10	89.00
18	290682	11.01	7	180	106.35	0.91	108.50	105.00	102.10	1.03	104.00	100.00	92.04	2.29	93.80	86.60
19	10782	11.40	3	150	108.98	0.47	109.50	108.00	101.22	0.87	102.50	99.80	92.62	0.98	93.80	90.90
20	50782	10.36	4	150	105.35	0.67	106.00	104.00	100.96	0.87	101.80	98.80	91.33	1.22	93.20	89.20
21	70782	10.22	1	210	104.90	1.24	106.50	102.50	100.56	1.74	102.50	97.30	91.39	1.76	93.80	87.90
22	120782	11.33	6	360	105.60	0.66	106.50	104.50	101.49	0.86	102.50	100.30	92.51	1.28	94.40	90.80
23	140782	12.00	3	360	105.65	0.63	106.50	104.50	102.09	0.66	103.00	100.50	92.40	0.92	93.60	90.10
24	160782	7.35	1	150	106.80	0.67	108.00	105.50	102.78	0.52	103.50	101.80	93.48	0.96	95.10	92.10
25	190782	11.18	3	360	106.40	0.81	107.50	105.00	102.54	0.67	103.50	101.50	92.94	0.97	94.60	91.90
26	210782	11.29	3	330	105.95	0.69	107.00	105.00	102.09	0.58	102.80	101.00	92.66	0.99	94.50	91.50
27	230782	10.30	2	240	107.30	0.95	108.50	105.00	102.80	0.76	103.50	100.80	93.80	1.16	95.60	92.00
28	260782	11.42	1	240	107.10	0.94	108.00	105.50	102.90	0.67	103.50	101.80	93.79	1.27	95.50	92.10
29	280782	11.10	2	330	107.15	0.85	109.00	105.50	103.10	0.51	104.00	102.00	94.30	1.04	95.50	92.40
30	300782	11.08	5	360	106.80	0.67	107.50	105.50	102.60	0.64	103.30	101.30	93.50	0.99	94.80	91.80
31	20882	12.21	1	30	105.90	0.21	106.00	105.50	101.92	0.28	102.30	101.50	92.61	0.90	93.80	91.20
32	60882	11.55	1	180	107.30	1.14	108.50	105.00	102.73	0.85	103.50	101.00	93.65	1.41	95.30	92.00
33	90882	11.30	5	180	107.70	0.63	108.50	106.50	103.14	0.47	103.50	102.30	93.61	0.72	94.90	92.60
34	110882	12.12	2	180	108.00	0.71	108.50	106.50	103.39	0.50	103.80	102.30	94.49	1.18	95.80	92.80
35	130882	11.12	5	180	107.45	0.96	108.50	106.00	102.89	0.89	103.80	101.50	93.64	1.33	95.60	91.80
36	180882	13.10	7	150	108.25	0.92	110.00	107.00	103.77	0.74	105.00	102.80	94.53	1.26	96.40	92.20
37	281082	12.37	3	360	109.65	0.42	110.50	109.00	103.10	0.78	104.50	101.80	93.46	1.08	95.00	91.60
38	31182	10.23	0	0	109.40	0.57	110.00	108.50	103.48	0.67	104.30	102.30	93.67	0.74	94.80	92.60
39	41182	10.28	0	0	109.35	0.58	110.00	108.50	103.16	0.58	103.80	102.30	93.95	0.89	95.80	92.90
40	51182	10.19	3	360	109.55	0.50	110.00	108.50	102.59	1.11	103.80	100.00	93.09	1.31	94.10	89.70
41	291182	13.43	0	0	110.40	0.46	111.00	109.50	104.40	0.74	105.50	103.00	93.96	1.25	96.30	92.40
42	301182	12.23	5	360	110.20	0.63	111.00	109.50	103.16	0.82	104.50	102.00	93.81	1.33	96.10	91.30

Anhang 1 Kollektiv 'B' 100m

Messung: Nr.:	Datum:	Beginn:	VW:	ALPHA:	LAI	LAF			LAX							
					MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN				
1	270482	13.46	4	240	94.00	2.20	99.50	91.50	91.23	1.76	95.30	88.50	81.21	2.05	84.90	77.10
2	60582	11.16	2	90	97.24	1.61	99.00	93.50	89.57	1.38	92.50	88.00	79.35	1.76	82.10	76.90
3	100582	11.41	1	360	98.00	0.47	98.50	97.50	89.77	0.60	90.50	89.00	79.63	0.80	81.30	78.90
4	120582	12.40	2	270	98.15	0.75	99.00	97.00	89.79	0.90	90.80	88.30	79.50	1.43	81.80	77.30
5	140582	11.19	2	360	97.40	0.52	98.00	96.50	88.88	0.42	89.50	88.30	79.32	1.10	81.00	77.50
6	180582	11.15	2	150	92.50	0.82	94.00	91.50	90.05	1.17	91.80	88.80	80.03	1.63	82.50	78.30
7	210582	11.03	3	180	98.05	0.64	98.50	96.50	89.97	1.22	92.50	88.30	79.83	1.70	83.20	76.80
8	240582	10.50	4	180	97.85	1.96	100.00	94.50	90.07	2.10	93.80	86.50	80.06	2.94	85.20	74.70
9	260582	11.29	6	60	91.65	1.16	93.50	90.00	87.85	2.13	91.50	84.30	77.67	2.57	82.00	74.50
10	280582	11.05	3	180	92.00	0.97	94.00	90.50	88.96	1.32	90.50	86.50	79.10	1.85	81.10	75.80
11	20682	11.25	3	360	90.80	0.42	91.50	90.00	86.83	1.45	89.30	84.80	77.67	1.34	79.20	75.30
12	80682	11.19	0	0	98.08	0.73	99.00	96.90	89.89	0.93	91.50	88.50	79.68	1.73	82.20	77.20
13	140682	10.56	5	180	97.21	1.64	99.50	94.80	90.08	2.59	94.80	87.00	79.86	2.98	85.50	75.80
14	180682	11.58	1	330	97.51	0.53	98.20	96.40	89.32	0.63	90.30	88.30	79.94	1.06	81.80	78.80
15	210682	11.25	2	360	96.78	0.72	98.00	95.90	88.74	0.85	90.30	87.80	78.87	1.06	80.70	77.20
16	230682	10.00	4	180	95.58	2.57	98.30	89.50	88.05	1.97	90.80	83.50	78.31	2.25	81.10	73.20
17	250682	10.21	2	360	91.40	1.05	93.00	89.50	87.80	1.66	89.80	85.00	78.40	1.48	80.50	76.20
18	290682	11.01	7	180	97.25	3.16	99.50	88.50	91.23	2.89	94.50	84.30	81.05	2.92	83.60	73.50
19	10782	11.40	3	150	94.85	2.22	98.30	90.50	87.42	1.63	90.30	84.50	77.96	2.15	81.60	74.70
20	50782	10.36	4	150	96.80	1.45	99.10	94.50	89.01	1.34	90.80	86.80	79.35	1.46	81.10	76.60
21	70782	10.22	1	210	94.53	2.35	97.20	89.70	86.89	1.83	89.00	83.30	77.05	2.22	80.30	72.30
22	120782	11.33	6	360	92.50	0.91	94.00	91.00	88.89	1.57	90.80	86.30	79.07	1.37	81.80	76.40
23	140782	12.00	3	360	96.35	1.20	98.50	95.00	88.64	1.27	91.30	87.30	78.19	1.79	81.80	76.60
24	160782	7.35	1	150	92.80	0.79	94.00	91.50	89.91	0.91	91.00	88.30	79.68	1.74	81.80	77.10
25	190782	11.18	3	360	97.05	1.40	99.00	94.50	89.08	1.23	91.00	87.60	78.90	1.22	80.70	77.40
26	210782	11.29	3	330	96.20	1.42	98.00	93.00	88.72	1.24	90.50	86.30	78.74	1.57	81.50	75.70
27	230782	10.30	2	240	97.80	0.68	99.00	97.00	90.00	0.90	91.50	89.00	79.70	1.25	82.00	78.10
28	260782	11.42	1	240	98.00	0.82	99.00	97.00	89.96	1.06	91.30	88.50	80.07	1.94	82.60	77.10
29	280782	11.10	2	330	98.52	1.02	100.00	97.00	90.39	1.41	93.50	88.50	80.27	1.90	83.80	76.80
30	300782	11.08	5	360	98.05	1.04	99.50	96.50	90.21	1.29	92.00	88.00	80.68	1.33	83.00	78.80
31	20882	12.21	1	30	98.10	0.46	99.00	97.50	0.00	0.00	0.00	0.00	79.63	0.95	81.10	78.50
32	60882	11.55	1	180	98.13	0.66	99.00	97.00	90.05	0.77	91.30	88.80	80.03	1.06	81.80	78.20
33	90882	11.30	5	180	98.42	1.50	101.50	96.00	90.99	2.34	94.00	88.50	81.44	2.75	86.80	78.30
34	110882	12.12	2	180	98.57	0.53	99.50	98.00	90.65	0.98	92.80	89.50	80.55	1.30	83.70	78.60
35	130882	11.12	5	180	98.30	0.87	99.40	97.00	90.29	0.92	91.50	89.00	80.44	0.56	81.40	79.40
36	180882	13.10	7	150	99.03	1.45	101.00	96.00	92.66	2.47	97.00	89.00	82.05	2.30	85.30	78.80
37	281082	12.37	3	360	97.52	1.30	100.00	95.00	89.37	1.20	92.00	87.50	80.30	1.18	81.60	78.50
38	31182	10.23	0	0	94.35	0.85	95.50	93.00	89.87	0.61	90.80	89.00	80.22	1.03	81.70	79.20
39	41182	10.28	0	0	94.00	0.97	95.00	92.00	89.45	0.68	90.30	88.00	80.14	0.91	81.30	78.90
40	51182	10.19	3	360	94.15	2.10	97.50	90.00	89.55	1.36	91.50	86.50	80.05	1.45	82.80	78.20
41	291182	13.43	0	0	98.17	0.46	99.10	97.50	90.04	0.65	91.30	89.30	80.65	0.72	81.30	79.40
42	301182	12.23	5	360	97.55	1.48	99.00	94.20	90.08	1.22	92.00	87.80	80.88	1.51	83.50	78.80

Messung: Nr.:	Datum:	Beginn:	VW:	ALPHA:	LAI			LAF			LAX					
					MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN
1	270482	13.46	4	240	87.95	3.76	93.00	81.00	83.58	4.54	88.50	74.50	72.95	3.56	76.40	64.90
2	60582	11.16	2	90	0.00	0.00	0.00	0.00	82.65	1.81	86.30	80.30	72.87	1.62	74.70	69.40
3	100582	11.41	1	360	86.45	0.44	87.20	85.80	82.81	0.99	84.30	81.30	73.61	0.96	74.70	72.20
4	120582	12.40	2	270	87.76	2.26	92.00	85.50	83.34	2.01	87.00	81.30	73.29	2.04	76.00	70.60
5	140582	11.19	2	360	86.65	0.95	88.50	85.30	82.70	1.35	84.50	80.00	72.72	1.75	75.50	70.60
6	180582	11.15	2	150	86.37	2.02	90.00	83.00	82.36	3.29	86.80	76.00	72.36	3.29	78.00	66.40
7	210582	11.03	3	180	83.30	1.71	87.60	81.00	76.75	3.23	84.80	73.80	66.75	3.00	74.20	64.00
8	240582	10.50	4	180	80.36	4.87	88.80	74.50	74.71	5.50	85.00	69.50	65.25	5.49	75.50	60.80
9	260582	11.29	6	60	85.75	2.02	88.60	81.50	79.62	2.71	84.30	74.50	70.20	2.37	72.00	66.30
10	280582	11.05	3	180	83.43	2.90	89.50	79.00	78.00	3.86	86.00	72.30	67.62	3.81	74.50	63.10
11	20682	11.25	3	360	85.65	2.86	91.00	82.00	78.72	1.98	82.80	76.00	69.63	2.24	74.00	65.80
12	80682	11.19	0	0	91.85	1.18	93.00	89.50	84.50	1.84	86.30	81.00	74.27	1.85	76.80	71.60
13	140682	10.56	5	180	79.55	4.30	84.50	72.50	74.18	4.03	79.00	67.50	65.19	3.56	70.10	60.50
14	180682	11.58	1	330	86.85	0.71	88.00	86.00	82.85	0.75	84.30	81.80	72.91	1.37	75.60	71.90
15	210682	11.25	2	360	86.35	0.47	87.00	85.50	82.28	1.04	83.80	80.50	71.98	0.71	73.00	71.00
16	230682	10.00	4	180	85.10	1.79	87.50	83.00	79.78	3.30	83.30	74.50	69.67	3.54	74.10	64.20
17	250682	10.21	2	360	85.90	0.82	87.00	84.20	81.30	1.52	83.00	78.00	70.60	1.69	72.90	66.30
18	290682	11.01	7	180	79.75	6.10	87.00	69.00	75.34	6.77	84.80	64.50	65.60	4.50	73.50	58.20
19	10782	11.40	3	150	86.50	2.93	92.00	82.50	81.66	3.67	85.50	74.80	71.22	3.47	75.30	65.80
20	50782	10.36	4	150	84.65	3.03	90.00	78.50	79.73	4.47	86.50	71.80	69.31	4.19	76.70	63.00
21	70782	10.22	1	210	86.00	0.82	87.00	85.00	81.32	1.47	83.30	79.50	71.75	1.48	74.10	69.80
22	120782	11.33	6	360	86.35	1.57	89.50	84.00	81.96	2.18	85.30	78.00	72.56	2.26	76.50	70.20
23	140782	12.00	3	360	86.52	0.97	88.00	85.20	82.54	1.54	84.50	79.00	72.24	1.46	74.50	70.40
24	160782	7.35	1	150	87.37	1.42	90.50	85.20	84.74	1.56	86.80	81.80	74.41	1.66	77.10	71.80
25	190782	11.18	3	360	86.38	1.02	87.80	84.60	82.15	1.25	84.30	80.50	71.74	1.60	74.10	69.20
26	210782	11.29	3	330	85.95	0.87	87.50	85.00	81.60	1.21	83.80	79.80	71.73	1.59	74.10	69.50
27	230782	10.30	2	240	88.10	2.22	90.80	84.50	84.20	1.66	86.50	81.50	74.20	1.80	76.60	71.00
28	260782	11.42	1	240	89.12	1.39	91.00	87.00	85.14	1.26	87.30	83.00	74.93	1.00	76.10	72.90
29	280782	11.10	2	330	87.55	1.96	91.20	84.00	68.25	2.12	70.00	64.40	74.22	2.07	76.10	70.40
30	300782	11.08	5	360	86.16	2.00	88.40	83.50	81.65	1.67	83.80	79.30	72.06	1.57	73.90	69.40
31	20882	12.21	1	30	89.39	2.18	93.50	86.50	84.70	1.10	86.80	83.50	74.33	1.06	75.70	72.00
32	60882	11.55	1	180	87.86	2.26	92.00	84.50	83.82	2.07	87.00	81.00	73.78	2.06	77.30	71.40
33	90882	11.30	5	180	86.07	5.34	95.00	79.50	82.01	4.28	89.00	75.60	71.35	4.58	79.00	65.10
34	110882	12.12	2	180	89.10	2.80	92.50	84.00	84.62	2.04	87.50	80.50	74.20	2.46	77.90	69.90
35	130882	11.12	5	180	86.51	3.09	92.00	82.50	83.39	2.63	86.50	78.50	71.54	2.45	75.80	67.70
36	180882	13.10	7	150	85.37	3.99	91.50	80.00	80.30	3.87	85.30	75.00	71.07	3.40	75.60	66.10
37	281082	12.37	3	360	84.18	0.97	86.20	82.50	81.03	0.71	82.30	80.00	71.46	1.07	73.30	70.20
38	31182	10.23	0	0	86.52	2.01	91.50	84.50	83.20	1.13	85.80	82.30	74.48	1.73	78.00	72.30
39	41182	10.28	0	0	85.18	0.89	86.80	83.50	82.23	0.89	83.50	80.30	73.02	0.74	74.20	72.00
40	51182	10.19	3	360	85.39	1.44	88.40	83.50	81.71	1.67	84.30	78.80	72.04	1.47	74.00	69.20
41	291182	13.43	0	0	84.87	0.54	85.80	83.80	82.84	0.58	83.90	82.00	73.61	0.91	74.90	72.40
42	301182	12.23	5	360	87.59	2.58	93.00	84.80	82.60	2.40	87.50	79.80	73.90	2.70	77.20	70.10

Messung: Nr.:	Datum:	Beginn:	VW:	ALPHA:	LAI	LAF			LAX							
					MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN
1	270482	13.46	4	240	72.00	5.45	79.50	64.50	66.46	5.40	72.80	58.30	58.80	3.91	64.40	53.40
2	60582	11.16	2	90	80.05	2.40	84.00	76.50	74.66	3.67	80.00	68.50	66.80	2.74	69.50	62.90
3	100582	11.41	1	360	79.15	1.99	82.00	75.50	75.38	1.36	77.50	73.00	66.07	0.97	68.00	65.30
4	120582	12.40	2	270	77.80	5.42	82.50	66.50	72.57	5.77	78.30	62.00	63.91	3.52	68.90	58.20
5	140582	11.19	2	360	80.60	4.22	86.00	75.00	75.57	3.09	79.30	71.50	66.51	2.70	69.70	61.50
6	180582	11.15	2	150	68.15	2.67	71.70	63.50	62.23	2.46	66.30	58.50	54.21	2.51	57.60	51.40
7	210582	11.03	3	180	61.85	1.16	64.00	61.00	57.73	1.08	59.30	55.30	50.56	1.88	52.50	48.00
8	240582	10.50	4	180	64.00	2.89	71.40	60.10	59.20	2.81	66.30	55.00	55.58	1.48	57.40	53.30
9	260582	11.29	6	60	76.58	3.01	82.80	72.40	72.46	2.45	76.80	68.30	63.13	1.79	66.60	60.50
10	280582	11.05	3	180	61.42	1.98	65.00	59.50	56.76	2.32	60.80	53.30	53.91	1.80	56.00	50.40
11	20682	11.25	3	360	77.43	3.35	81.50	70.60	72.43	2.84	77.80	68.50	62.87	2.01	65.70	60.50
12	80682	11.19	0	0	75.23	5.43	81.20	63.80	68.96	4.57	75.50	59.30	60.29	3.32	64.70	53.00
13	140682	10.56	5	180	64.19	3.34	72.50	60.00	59.76	3.31	67.80	56.00	57.29	1.80	60.90	55.10
14	180682	11.58	1	330	81.20	2.23	84.00	77.40	76.79	1.28	78.30	74.80	67.38	1.54	69.60	65.40
15	210682	11.25	2	360	77.97	1.74	80.60	75.60	74.64	1.48	76.80	72.80	65.70	1.04	67.10	64.00
16	230682	10.00	4	180	64.56	2.55	68.00	60.00	60.75	3.12	64.50	55.80	56.63	1.15	58.20	54.80
17	250682	10.21	2	360	75.40	1.32	77.20	73.20	71.90	1.60	74.00	68.80	62.46	1.81	64.30	59.30
18	290682	11.01	7	180	64.42	2.46	68.50	61.00	60.17	2.65	63.50	55.80	57.58	1.23	59.50	56.00
19	10782	11.40	3	150	70.70	5.86	79.50	63.00	65.48	4.85	72.30	58.50	58.12	3.65	64.40	53.30
20	50782	10.36	4	150	67.94	4.98	75.60	62.00	63.87	5.67	72.00	57.80	56.28	3.28	61.60	52.50
21	70782	10.22	1	210	71.17	3.60	77.00	66.20	66.26	2.61	70.50	62.50	57.89	2.49	61.50	54.60
22	120782	11.33	6	360	77.00	2.72	82.00	73.00	73.33	2.33	76.80	69.80	64.12	2.05	66.50	61.10
23	140782	12.00	3	360	78.88	3.85	83.00	72.00	75.69	3.10	79.50	69.50	65.58	3.28	69.00	59.30
24	160782	7.35	1	150	71.85	4.19	79.00	68.00	67.12	2.70	72.30	64.00	59.69	1.79	63.10	56.80
25	190782	11.18	3	360	78.75	2.18	82.00	75.00	75.40	1.74	77.50	71.80	65.96	2.05	69.50	63.00
26	210782	11.29	3	330	78.45	2.33	81.00	74.00	74.27	2.21	77.30	70.50	65.01	2.44	68.20	60.20
27	230782	10.30	2	240	76.70	4.22	84.00	71.00	74.00	2.83	78.00	70.00	63.90	1.90	66.90	60.70
28	260782	11.42	1	240	76.35	3.29	81.00	71.50	71.83	3.08	74.80	66.00	62.34	3.33	66.10	55.30
29	280782	11.10	2	330	84.30	4.04	89.00	77.50	78.75	2.98	82.50	73.80	68.46	3.31	72.60	63.10
30	300782	11.08	5	360	76.95	0.83	78.50	75.50	72.77	1.13	74.80	71.00	64.47	1.31	66.40	62.10
31	20882	12.21	1	30	81.35	3.67	86.50	76.00	76.56	2.51	80.00	72.50	65.97	2.28	69.20	62.40
32	60882	11.55	1	180	72.45	4.26	78.00	65.50	67.35	3.84	72.00	61.80	58.26	2.22	62.20	55.70
33	90882	11.30	5	180	71.85	6.86	88.00	64.00	67.10	7.09	83.40	59.00	59.30	4.77	69.90	54.10
34	110882	12.12	2	180	68.27	2.73	72.50	63.00	64.06	2.02	66.80	60.50	56.84	1.62	58.70	54.20
35	130882	11.12	5	180	71.15	2.14	75.00	68.00	66.10	2.98	71.30	62.50	58.56	1.64	60.80	55.80
36	180882	13.10	7	150	74.00	5.81	82.50	67.00	69.56	5.69	79.00	62.80	61.75	4.03	68.20	56.10
37	281082	12.37	3	360	77.65	1.40	80.00	76.00	73.66	1.15	75.00	72.30	64.91	1.11	66.60	63.00
38	31182	10.23	0	0	80.67	0.72	81.50	79.70	73.62	2.16	77.50	71.30	64.65	2.11	68.20	62.20
39	41182	10.28	0	0	81.43	0.75	82.20	79.80	75.35	1.19	76.80	72.80	65.56	1.77	67.90	62.50
40	51182	10.19	3	360	81.26	1.22	82.50	78.40	74.82	2.00	78.00	71.30	65.19	1.47	67.40	62.70
41	291182	13.43	0	0	81.55	0.80	83.00	80.00	75.74	1.20	77.50	73.00	66.10	1.37	68.60	64.30
42	301182	12.23	5	360	81.25	3.25	85.50	73.00	75.26	3.10	79.30	67.80	65.21	2.10	69.30	60.80

Messung: Nr.:	Datum:	Beginn:	VW:	ALPHA:	LAI	LAF			LAX							
					MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN
36	180882	12.50	-6	180	97.85	1.56	96.81	97.91	89.66	2.51	91.18	87.88	80.31	1.61	79.80	80.50
13	140682	10.32	-5	180	97.52	2.10	96.31	93.81	90.86	2.29	92.68	88.88	80.60	1.97	81.40	78.50
18	290682	10.38	-5	180	97.96	2.12	98.31	94.81	89.80	1.77	90.58	87.88	80.22	1.85	81.10	79.80
33	90882	11.05	-5	180	97.53	1.00	96.81	96.81	89.21	1.32	89.68	88.18	80.18	1.77	81.70	79.70
35	130882	10.47	-5	180	97.59	3.43	97.81	94.31	90.60	3.24	91.88	89.38	79.83	3.21	80.80	79.90
20	50782	10.16	-4	150	97.68	2.93	99.61	94.41	90.25	2.25	90.58	88.08	80.38	2.16	80.50	79.60
19	10782	11.17	-4	150	93.66	1.95	96.41	91.21	88.96	1.80	92.18	88.18	79.21	2.26	82.90	78.80
16	230682	9.35	-4	150	97.79	2.41	99.41	95.31	89.86	2.25	91.38	89.58	79.30	2.09	81.30	77.80
8	240582	10.30	-4	180	98.53	1.51	98.31	96.31	89.70	2.13	91.38	89.18	78.74	2.42	78.70	77.00
21	70782	9.59	-3	210	96.88	1.88	99.81	96.21	88.85	1.41	90.38	89.08	79.06	1.83	80.10	79.60
10	280582	10.40	-3	180	93.46	1.04	93.31	94.51	88.95	1.34	90.38	88.88	79.47	1.39	78.50	80.60
7	210582	10.30	-3	180	95.09	2.11	96.81	94.81	89.14	1.68	89.68	89.08	78.67	1.91	80.00	79.80
34	110882	11.45	-2	180	97.75	0.64	97.81	97.31	89.13	1.12	91.18	88.88	79.19	1.35	79.90	78.30
32	60882	11.18	-2	180	97.65	1.26	96.81	97.31	88.94	1.50	90.38	89.18	78.74	2.07	79.40	78.90
24	160782	7.12	-2	180	93.71	0.72	92.81	95.81	89.24	1.79	97.68	90.18	80.08	2.34	79.90	78.70
6	180582	10.42	-2	180	90.21	1.05	91.31	89.31	90.26	1.50	91.38	88.88	79.26	1.59	80.40	78.70
12	80682	10.56	-1	180	98.09	0.37	97.51	99.21	88.95	0.68	89.88	88.68	78.49	1.03	78.50	79.00
3	100582	11.20	0	0	95.46	0.55	94.81	95.31	88.86	0.64	88.88	88.38	77.89	1.30	79.00	77.10
38	31182	9.58	0	0	91.51	2.65	92.31	90.31	88.48	2.21	88.68	88.88	79.81	2.42	80.00	78.10
39	41182	10.00	0	0	90.71	3.79	93.31	87.81	88.73	2.87	88.68	88.08	79.44	2.60	79.40	79.70
41	291182	13.20	0	0	95.36	0.59	95.31	94.81	88.20	0.72	88.38	88.18	79.22	1.26	78.80	78.60
14	180682	11.20	1	330	95.32	0.54	95.51	94.51	88.71	0.57	88.88	88.18	78.50	1.01	77.50	78.50
15	210682	11.03	1	360	97.56	0.89	98.51	97.31	88.62	1.08	90.08	88.68	79.03	1.45	79.50	78.10
27	230782	10.08	1	330	97.91	0.63	97.81	98.31	88.88	1.12	90.38	88.58	79.00	1.73	80.10	77.90
40	51182	9.56	1	360	91.81	3.60	94.31	89.31	88.82	3.36	89.38	86.68	79.66	2.97	80.80	82.80
5	140582	10.52	2	360	95.11	1.36	95.81	93.81	89.03	1.26	89.88	87.88	79.59	1.90	81.40	78.20
17	250682	10.03	2	360	93.61	1.16	93.81	92.81	89.38	1.25	89.38	90.88	79.50	2.27	79.70	79.30
23	140782	11.14	2	30	98.91	1.00	98.31	98.31	88.94	0.97	89.08	88.38	79.54	1.37	79.60	79.40
25	190782	10.50	2	360	97.91	1.72	98.81	94.81	88.86	1.87	91.38	87.08	78.22	2.49	81.20	76.70
29	280782	10.47	2	360	99.24	1.35	99.31	99.31	89.40	1.27	89.88	89.38	79.70	1.33	79.60	80.40
37	281082	12.10	2	360	95.05	0.98	95.81	94.81	88.28	1.11	89.38	88.18	79.28	1.33	80.20	79.10
11	20682	10.58	3	360	95.16	1.23	95.31	93.81	89.18	1.94	90.08	87.88	78.84	2.42	80.60	78.60
26	210782	11.02	3	330	98.36	1.34	98.81	97.31	89.31	1.12	89.58	88.88	79.03	1.51	79.70	78.60
30	300782	10.00	4	360	98.81	0.90	98.31	98.31	89.13	0.66	88.68	89.58	79.27	0.95	77.80	79.40
22	120782	11.06	5	360	94.21	0.91	93.81	94.31	89.42	1.94	90.88	88.18	79.29	1.74	79.70	78.40
42	301182	12.05	5	360	93.09	2.27	93.31	95.81	88.33	1.72	87.88	91.58	78.89	2.05	77.30	80.50
Mittel alle					95.95	1.54	96.37	95.01	89.19	1.62	90.33	88.71	79.32	1.86	79.91	79.02
Mittel Gegenwind					96.41	1.65	96.82	95.26	89.55	1.80	91.32	88.83	79.52	1.93	80.29	79.13
Calme					93.26	1.90	93.94	92.06	88.57	1.61	88.66	88.38	79.09	1.90	79.30	78.38
Mitwind					96.14	1.33	96.50	95.52	88.95	1.42	89.65	88.67	79.16	1.77	79.65	79.06

Messung: Nr.:	Datum:	Beginn:	VW:	ALPHA:	LAI	LAF			LAX							
					MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN
36	180882	12.50	-6	180	86.14	5.16	89.81	83.31	80.16	4.42	83.68	77.18	71.19	4.45	75.60	67.60
13	140682	10.32	-5	180	82.56	4.15	87.31	77.81	78.51	5.13	84.68	73.38	66.70	4.35	73.20	63.50
18	290682	10.38	-5	180	81.81	5.07	85.81	73.31	76.28	6.34	84.38	67.88	65.59	4.26	69.00	61.80
33	90882	11.05	-5	180	84.66	4.46	88.31	79.31	80.31	3.54	83.18	75.68	70.57	3.61	73.00	66.60
35	130882	10.47	-5	180	85.04	3.20	86.31	84.31	80.33	3.45	81.38	78.58	70.32	3.45	71.10	68.00
20	50782	10.16	-4	150	87.86	3.14	92.31	84.31	82.06	3.58	85.88	78.88	71.45	3.93	74.60	68.60
19	10782	11.17	-4	150	82.44	3.12	86.01	78.21	79.76	4.78	84.68	74.18	70.09	4.84	75.40	65.20
16	230682	9.35	-4	150	84.46	5.35	93.81	76.31	77.62	5.91	85.88	70.38	67.91	5.09	77.50	63.00
8	240582	10.30	-4	180	81.48	3.13	83.31	77.31	74.59	3.27	76.38	72.88	63.91	2.81	64.70	63.20
21	70782	9.59	-3	210	88.91	1.68	90.81	87.81	83.55	2.53	86.18	82.08	74.05	2.14	75.20	74.90
10	280582	10.40	-3	180	85.04	1.76	86.81	86.51	77.75	3.20	81.18	76.68	68.14	2.85	70.10	68.50
7	210582	10.30	-3	180	82.08	1.74	83.81	82.81	78.71	2.53	80.68	78.88	68.56	2.48	70.50	69.40
34	110882	11.45	-2	180	89.09	2.76	91.31	82.81	83.91	1.91	85.68	81.88	74.06	2.08	75.60	72.20
32	60882	11.18	-2	180	87.73	4.10	90.81	84.81	82.71	3.94	86.08	78.38	72.84	3.50	75.20	71.40
24	160782	7.12	-2	180	87.63	1.65	87.91	87.81	82.77	3.46	84.18	80.38	72.63	3.06	73.30	71.00
6	180582	10.42	-2	180	82.82	1.89	85.61	80.61	79.74	2.80	83.38	76.38	69.81	3.53	74.10	66.00
12	80682	10.56	-1	180	91.33	1.85	91.51	87.81	82.67	2.15	86.38	79.18	72.67	1.95	72.90	70.50
3	100582	11.20	0	0	84.35	1.04	84.81	83.81	82.32	1.40	83.08	80.08	72.10	1.54	73.00	70.30
38	31182	9.58	0	0	83.34	1.63	84.61	85.31	81.28	2.18	81.88	81.58	73.02	2.20	74.20	73.20
39	41182	10.00	0	0	82.87	2.24	84.31	82.81	81.36	3.18	81.38	79.88	72.70	3.07	73.20	72.60
41	291182	13.20	0	0	82.54	1.05	83.31	81.61	80.87	1.02	81.58	80.68	71.36	1.57	71.90	71.50
14	180682	11.20	1	330	85.07	0.75	86.31	84.61	82.82	0.99	84.08	82.18	72.42	1.67	73.20	72.10
15	210682	11.03	1	360	87.21	0.48	87.31	87.31	81.94	1.12	82.88	81.18	71.95	1.32	72.80	72.00
27	230782	10.08	1	330	87.41	2.44	90.31	86.31	82.98	1.61	84.68	80.58	73.40	2.17	73.80	69.80
40	51182	9.56	1	360	83.15	2.72	84.81	83.51	80.79	3.47	82.88	80.18	71.89	3.56	73.30	71.40
5	140582	10.52	2	360	84.25	1.23	85.81	83.81	82.05	1.95	84.08	80.58	71.46	2.05	72.80	70.30
17	250682	10.03	2	360	91.91	2.17	94.31	90.81	82.28	2.40	85.18	81.38	72.30	2.49	75.20	71.20
23	140782	11.14	2	30	89.10	1.72	89.91	87.31	81.59	1.55	82.38	79.88	72.22	1.50	74.10	71.70
25	190782	10.50	2	360	87.31	1.18	88.81	86.61	81.56	1.74	83.68	80.38	70.86	1.50	71.50	71.70
29	280782	10.47	2	360	86.62	2.34	89.71	87.11	82.10	1.91	84.38	81.38	72.21	2.22	73.90	71.10
37	281082	12.10	2	360	83.39	1.92	86.61	82.11	81.05	1.54	82.68	80.68	71.84	1.96	73.30	71.20
11	20682	10.58	3	360	88.96	2.58	91.31	86.31	80.78	1.78	82.08	80.88	70.74	1.31	70.00	73.30
26	210782	11.02	3	330	88.22	1.22	88.81	87.81	82.71	1.53	84.08	80.68	72.16	1.60	73.40	71.60
30	300782	10.00	4	360	86.59	2.83	88.81	83.81	82.09	2.28	83.68	79.88	71.98	2.24	73.70	71.00
22	120782	11.06	5	360	88.44	2.08	90.01	86.81	81.74	3.08	84.08	79.38	72.75	3.32	75.70	70.30
42	301182	12.05	5	360	81.93	2.37	81.81	84.31	79.10	2.85	80.18	80.38	70.95	1.94	69.40	72.70
Mittel alle					85.66	2.45	87.87	83.81	80.91	2.79	83.42	78.74	71.08	2.71	73.04	69.74
Mittel Gegenwind					85.36	3.19	88.33	82.07	80.09	3.70	83.76	76.64	70.03	3.43	73.00	67.73
Calmé					83.28	1.49	84.26	83.39	81.46	1.95	81.98	80.56	72.30	2.10	73.08	71.90
Mitwind					86.64	1.87	88.31	85.90	81.71	1.99	83.41	80.64	71.95	2.06	73.08	71.43

Messung/ Nr.:	Datum/Beginn/ :	VW/ :	ALPHA/ :	LAI MITTEL	STANDA MAX	LAF MIN:MITTEL	STANDA MAX	LAX MIN:MITTEL	STANDA MAX	MIN						
36	180882	12.50	-6	180	72.31	5.06	78.81	69.31	66.73	4.48	73.38	64.38	59.37	3.39	62.80	57.90
13	140682	10.32	-5	180	64.52	3.67	70.81	63.81	59.73	3.58	66.18	59.88	55.25	2.37	58.70	54.20
18	290682	10.38	-5	180	65.94	2.40	67.81	63.31	60.35	2.44	62.38	57.58	56.71	1.99	58.70	56.40
33	90882	11.05	-5	180	71.89	6.07	85.31	65.31	66.15	5.99	77.88	58.68	58.53	4.51	67.20	54.00
35	130882	10.47	-5	180	72.41	5.95	83.81	70.31	66.28	5.59	75.68	65.88	60.52	4.69	65.70	58.50
20	50782	10.16	-4	150	70.54	5.94	80.31	62.91	65.96	5.69	71.88	58.08	58.36	2.54	60.30	57.80
19	10782	11.17	-4	150	63.67	3.24	69.01	60.71	62.15	3.08	65.68	58.38	56.58	2.58	60.20	54.80
16	230682	9.35	-4	150	65.04	3.32	70.31	62.81	59.64	3.62	63.08	56.88	55.82	1.90	57.30	54.20
8	240582	10.30	-4	180	65.05	3.87	71.81	62.81	59.34	-4.42	61.38	57.38	53.62	1.64	53.70	54.10
21	70782	9.59	-3	210	69.57	4.35	76.81	65.31	65.03	3.47	69.18	60.88	59.15	2.04	60.20	59.90
10	280582	10.40	-3	180	62.74	2.33	64.11	62.01	56.79	2.63	58.88	54.68	53.42	1.57	53.30	53.30
7	210582	10.30	-3	180	60.44	3.42	66.81	57.81	58.18	2.74	60.68	55.88	52.58	1.46	53.10	53.80
34	110882	11.45	-2	180	77.31	2.65	80.81	74.31	70.32	3.19	76.18	67.38	60.39	2.78	64.90	58.00
32	60882	11.18	-2	180	70.01	5.93	78.31	65.31	64.60	4.68	70.88	60.68	57.24	3.49	60.90	55.60
24	160782	7.12	-2	180	67.46	2.23	69.81	67.81	63.00	2.90	67.18	63.38	59.33	1.48	58.70	60.40
6	180582	10.42	-2	180	62.81	3.25	66.71	58.81	60.13	3.54	66.68	56.88	55.10	0.98	54.60	54.80
12	80682	10.56	-1	180	67.78	3.54	71.71	64.31	63.44	2.92	66.88	60.18	55.46	2.23	55.40	53.40
3	100582	11.20	0	0	75.77	3.56	81.31	72.31	73.40	2.89	77.58	70.08	63.59	2.48	65.50	60.40
38	31182	9.58	0	0	78.45	2.86	79.81	76.31	73.72	3.24	75.68	72.08	64.72	2.79	65.80	64.00
39	41182	10.00	0	0	79.19	2.49	79.31	77.81	74.04	3.65	74.38	72.58	64.48	3.25	65.10	63.60
41	291182	13.20	0	0	77.01	2.33	78.31	71.81	71.34	3.25	74.88	66.88	62.68	2.34	65.10	60.60
14	180682	11.20	1	330	78.15	5.00	87.51	72.91	74.89	3.66	81.38	71.88	65.74	3.62	71.40	63.60
15	210682	11.03	1	360	80.77	3.14	85.21	76.51	75.62	2.13	78.58	73.88	66.10	2.06	67.70	64.30
27	230782	10.08	1	330	82.61	3.95	87.81	77.31	76.08	2.64	80.18	73.38	66.50	3.16	69.60	63.00
40	51182	9.56	1	360	77.59	3.10	79.31	77.81	72.61	3.72	75.88	72.68	63.87	3.43	66.30	65.80
5	140582	10.52	2	360	80.01	4.28	86.31	75.81	76.69	3.47	80.88	72.58	66.88	2.63	70.00	65.10
17	250682	10.03	2	360	79.11	4.09	88.51	76.31	74.08	3.33	79.38	71.38	64.88	2.29	67.70	65.60
23	140782	11.14	2	30	80.91	4.16	86.81	74.81	74.74	3.01	78.38	69.38	65.66	2.99	68.40	60.50
25	190782	10.50	2	360	79.36	2.72	83.31	76.81	74.04	2.22	76.18	72.08	64.52	2.09	66.60	64.20
29	280782	10.47	2	360	79.56	3.12	81.81	76.31	74.22	2.13	75.38	72.38	65.52	1.80	66.40	65.40
37	281082	12.10	2	360	77.34	3.02	81.31	73.31	73.58	2.25	76.38	70.38	63.90	2.08	65.80	62.10
11	20682	10.58	3	360	79.15	3.28	83.61	71.11	72.94	2.02	75.38	73.68	63.84	2.19	65.60	65.10
26	210782	11.02	3	330	80.91	3.60	84.31	75.81	75.39	2.74	78.38	71.18	65.37	3.27	68.20	61.10
30	300782	10.00	4	360	78.96	3.57	84.81	75.31	73.56	2.86	77.68	71.38	64.19	2.30	66.30	63.60
22	120782	11.06	5	360	78.51	2.94	80.31	73.81	72.92	3.19	75.38	68.68	64.11	3.08	67.00	60.80
42	301182	12.05	5	360	74.96	3.50	78.31	76.31	71.30	3.47	75.38	72.88	62.57	2.86	63.80	64.20
Mittel alle					73.55	3.66	78.64	70.15	68.70	3.36	72.82	66.01	61.02	2.57	63.28	59.84
Mittel Gegenwind					67.62	3.95	73.71	64.53	62.81	3.82	67.89	59.83	56.91	2.45	59.16	55.95
Calm					77.61	2.81	79.69	74.56	73.13	3.26	75.63	70.41	63.87	2.72	65.38	62.15
Mitwind					79.19	3.56	83.95	75.35	74.18	2.86	77.65	71.85	64.91	2.66	67.39	63.63

Messung: Nr.:	Datum:	Beginn:	VW:	ALPHA:	LAI			LAF			LAX					
					MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN
36	180882	13.10	-7	150	98.39	1.45	98.61	96.61	91.31	2.47	94.42	88.62	80.62	2.30	82.00	79.70
18	290682	11.01	-7	180	98.51	3.16	98.61	91.11	91.55	2.89	92.92	86.72	82.11	2.92	82.90	80.00
35	130882	11.12	-5	180	98.46	0.87	98.51	98.61	89.82	0.92	90.12	89.92	79.90	0.56	78.90	80.70
33	90882	11.30	-5	180	98.33	1.50	100.61	97.11	90.27	2.34	92.92	88.62	80.93	2.75	85.00	78.80
13	140682	10.56	-5	180	98.08	1.64	98.71	97.91	89.87	2.59	92.92	89.12	79.53	2.98	83.30	76.90
16	230682	10.00	-4	180	97.74	2.57	98.91	94.61	88.93	1.97	89.92	88.12	79.59	2.25	79.80	79.10
20	50782	10.36	-4	150	99.06	1.45	100.71	98.11	90.47	1.34	91.42	90.42	81.12	1.46	81.00	80.50
8	240582	10.50	-4	180	98.51	1.96	99.61	97.11	89.54	2.10	92.42	87.12	79.16	2.94	82.90	75.20
19	10782	11.40	-3	150	93.48	2.22	96.41	90.11	88.62	1.63	90.22	87.12	78.44	2.15	80.90	76.90
10	280582	11.05	-3	180	94.46	0.97	94.11	94.61	89.88	1.32	89.42	89.62	80.16	1.85	80.50	80.00
7	210582	11.03	-3	180	96.26	0.64	96.11	95.61	90.52	1.22	91.92	90.72	80.40	1.70	82.20	78.30
34	110882	12.12	-2	180	98.18	0.53	98.61	99.11	89.68	0.98	91.42	89.62	79.16	1.30	81.00	78.90
6	180582	11.15	-2	150	90.71	0.82	91.61	90.61	90.61	1.17	90.92	91.22	80.28	1.63	80.70	80.90
32	60882	11.55	-1	180	98.44	0.66	98.11	99.61	89.74	0.77	90.22	90.22	79.48	1.06	79.60	79.30
24	160782	7.35	-1	150	93.61	0.79	93.61	93.61	89.55	0.91	89.92	88.92	79.30	1.74	79.80	78.10
21	70782	10.22	-1	210	97.24	2.35	98.31	94.81	88.75	1.83	88.92	88.42	78.76	2.22	79.60	77.50
38	31182	10.23	0	0	92.56	0.85	93.11	92.11	88.81	0.61	88.92	89.12	79.65	1.03	80.00	79.70
12	80682	11.19	0	0	98.27	0.73	98.11	98.01	89.30	0.93	90.12	88.62	79.67	1.73	80.30	78.40
39	41182	10.28	0	0	92.26	0.97	92.61	91.11	88.71	0.68	88.92	88.12	79.29	0.91	78.60	79.10
41	291182	13.43	0	0	95.38	0.46	95.71	95.61	88.06	0.65	88.22	88.72	79.79	0.72	78.10	80.10
3	100582	11.41	1	360	96.16	0.47	96.11	96.11	89.31	0.60	89.12	89.42	79.10	0.80	79.80	79.90
14	180682	11.58	1	330	95.60	0.53	95.61	95.01	89.04	0.63	89.22	88.72	79.46	1.06	80.10	79.80
5	140582	11.19	2	360	95.76	0.52	95.61	95.11	89.12	0.42	88.92	89.22	79.53	1.10	79.80	79.40
15	210682	11.25	2	360	98.39	0.72	98.11	98.51	89.28	0.85	89.42	89.72	79.51	1.06	80.20	80.10
17	250682	10.21	2	360	93.81	1.05	94.11	93.61	89.02	1.66	89.72	88.92	79.60	1.48	79.50	80.30
11	20682	11.25	3	360	95.26	0.42	95.11	95.11	89.85	1.45	90.92	89.22	79.82	1.34	79.50	79.10
23	140782	12.00	3	360	98.31	1.20	99.61	98.11	88.97	1.27	90.72	89.22	78.89	1.79	81.30	79.60
25	190782	11.18	3	360	98.26	1.40	99.11	97.11	88.96	1.23	89.92	88.52	79.06	1.22	79.20	78.60
26	210782	11.29	3	330	97.86	1.42	98.61	95.61	89.05	1.24	90.12	87.72	79.18	1.57	80.10	77.30
37	281082	12.37	3	360	95.48	1.30	97.11	93.61	88.69	1.20	89.92	88.12	79.94	1.18	79.70	80.00
40	51182	10.19	3	360	92.21	2.10	95.11	89.11	89.38	1.36	90.12	88.92	80.06	1.45	81.80	81.60
30	300782	11.08	5	360	98.86	1.04	99.61	98.61	90.03	1.29	91.12	89.12	80.28	1.33	81.30	80.10
42	301182	12.23	5	360	94.96	1.48	95.61	92.31	89.34	1.22	89.92	88.22	80.17	1.51	80.50	80.60
22	120782	11.33	6	360	94.51	0.91	95.11	94.11	89.82	1.57	90.72	88.42	79.66	1.37	80.50	78.70
Mittel alle					96.28	1.21	96.92	95.24	89.53	1.33	90.47	88.90	79.75	1.60	80.60	79.21
Mittel Gegenwind					96.84	1.47	97.57	95.58	89.94	1.65	91.25	89.03	79.93	1.99	81.26	78.80
Calme					94.62	0.75	94.89	94.21	88.72	0.72	89.05	88.65	79.60	1.10	79.25	79.33
Mitwind					96.10	1.04	96.75	95.15	89.28	1.14	89.99	88.82	79.59	1.30	80.24	79.65

Messung: Nr.:	Datum:	Beginn:	VW:	ALPHA:	LAI	LAF			LAX							
:	:	:	:	:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN:	MITTEL	STANDA	MAX	MIN				
36	180882	13.10	-7	150	84.73	3.99	89.11	80.61	78.95	3.87	82.72	74.62	69.64	3.40	72.30	67.00
18	290682	11.01	-7	180	81.01	6.10	86.11	71.61	75.66	6.77	83.22	66.92	66.66	4.50	72.80	64.70
35	130882	11.12	-5	180	86.67	3.09	91.11	84.11	82.92	2.63	85.12	79.42	71.00	2.45	73.30	69.00
33	90882	11.30	-5	180	85.98	5.34	94.11	80.61	81.29	4.28	87.92	75.72	70.84	4.58	77.20	65.60
13	140682	10.56	-5	180	80.42	4.30	83.71	75.61	73.97	4.03	77.12	69.62	64.86	3.56	67.90	61.60
16	230682	10.00	-4	180	87.26	1.79	88.11	88.11	80.66	3.30	82.42	79.12	70.95	3.54	72.80	70.10
20	50782	10.36	-4	150	86.91	3.03	91.61	82.11	81.19	4.47	87.12	75.42	71.08	4.19	76.60	66.90
8	240582	10.50	-4	180	81.02	4.87	88.41	77.11	74.18	5.50	83.62	70.12	64.35	5.49	73.20	61.30
19	10782	11.40	-3	150	85.13	2.93	90.11	82.11	82.86	3.67	85.42	77.42	71.70	3.47	74.60	68.00
10	280582	11.05	-3	180	85.89	2.90	89.61	83.11	78.92	3.86	84.92	75.42	68.68	3.81	73.90	67.30
7	210582	11.03	-3	180	81.51	1.71	85.21	80.11	77.30	3.23	84.22	76.22	67.32	3.00	73.20	65.50
34	110882	12.12	-2	180	88.71	2.80	91.61	85.11	83.65	2.04	86.12	80.62	72.81	2.46	75.20	70.20
6	180582	11.15	-2	150	84.58	2.02	87.61	82.11	82.92	3.29	85.92	78.42	72.61	3.29	76.20	69.00
32	60882	11.55	-1	180	88.17	2.26	91.11	87.11	83.51	2.07	85.92	82.42	73.23	2.06	75.10	72.50
24	160782	7.35	-1	150	88.18	1.42	90.11	87.31	84.38	1.56	85.72	82.42	74.03	1.66	75.10	72.80
21	70782	10.22	-1	210	88.71	0.82	88.11	90.11	83.18	1.47	83.22	84.62	73.46	1.48	73.40	75.00
38	31182	10.23	0	0	84.73	2.01	89.11	83.61	82.14	1.13	83.92	82.42	73.91	1.73	76.30	72.80
12	80682	11.19	0	0	92.04	1.18	92.11	90.61	83.91	1.84	84.92	81.12	74.26	1.85	74.90	72.80
39	41182	10.28	0	0	83.44	0.89	84.41	82.61	81.49	0.89	82.12	80.42	72.17	0.74	71.50	72.20
41	291182	13.43	0	0	82.08	0.54	82.41	81.91	80.86	0.58	80.82	81.42	72.75	0.91	71.70	73.10
3	100582	11.41	1	360	84.61	0.44	84.81	84.41	82.35	0.99	82.92	81.72	73.08	0.96	73.20	73.20
14	180682	11.58	1	330	84.94	0.71	85.41	84.61	82.57	0.75	83.22	82.22	72.43	1.37	73.90	72.90
5	140582	11.19	2	360	85.01	0.95	86.11	83.91	82.94	1.35	83.92	80.92	72.93	1.75	74.30	72.50
15	210682	11.25	2	360	87.96	0.47	87.11	88.11	82.82	1.04	82.92	82.42	72.62	0.71	72.50	73.90
17	250682	10.21	2	360	88.31	0.82	88.11	88.31	82.52	1.52	82.92	81.92	71.80	1.69	71.90	70.40
11	20682	11.25	3	360	90.11	2.86	94.61	87.11	81.74	1.98	84.42	80.42	71.78	2.24	74.30	69.60
23	140782	12.00	3	360	88.48	0.97	89.11	88.31	82.87	1.54	83.92	80.92	72.94	1.46	74.00	73.40
25	190782	11.18	3	360	87.59	1.02	87.91	87.21	82.03	1.25	83.22	81.42	71.90	1.60	72.60	70.40
26	210782	11.29	3	330	87.61	0.87	88.11	87.61	81.93	1.21	83.42	81.22	72.17	1.59	72.70	71.10
37	281082	12.37	3	360	82.14	0.97	83.31	81.11	80.35	0.71	80.22	80.62	71.10	1.07	71.40	71.70
40	51182	10.19	3	360	83.45	1.44	86.01	82.61	81.54	1.67	82.92	81.22	72.05	1.47	73.00	72.60
30	300782	11.08	5	360	86.97	2.00	88.51	85.61	81.47	1.67	82.92	80.42	71.66	1.57	72.20	70.70
42	301182	12.23	5	360	85.00	2.58	89.61	82.91	81.86	2.40	85.42	80.22	73.19	2.70	74.20	71.90
22	120782	11.33	6	360	88.36	1.57	90.61	87.11	82.89	2.18	85.22	80.02	73.15	2.26	75.20	72.50
Mittel alle					85.82	2.11	88.33	83.96	81.29	2.37	83.83	79.11	71.44	2.37	73.61	70.12
Mittel Gegenwind					85.31	3.09	89.11	82.31	80.35	3.50	84.42	76.78	70.20	3.31	73.93	67.91
Calme					85.57	1.16	87.01	84.69	82.10	1.11	82.95	81.35	73.27	1.31	73.60	72.73
Mitwind					86.47	1.26	87.81	85.64	82.13	1.45	83.40	81.12	72.34	1.60	73.24	71.91

Anhang 2 Kollektiv 'B' 400m

Messung Nr.	Datum	Beginn	VW	ALPHA	LAI MITTEL	STANDA	MAX	LAF MIN	MITTEL	STANDA	MAX	LAX MIN	MITTEL	STANDA	MAX	MIN
36	180882	13.10	-7	150	73.36	5.81	80.11	67.61	68.21	5.69	76.42	62.42	60.32	4.03	64.90	57.00
18	290682	11.01	-7	180	65.68	2.46	67.61	63.61	60.49	2.65	61.92	58.22	58.64	1.23	58.80	62.50
35	130882	11.12	-5	180	71.31	2.14	74.11	69.61	65.63	2.98	69.92	63.42	58.02	1.64	58.30	57.10
33	90882	11.30	-5	180	71.76	6.86	87.11	65.11	66.38	7.09	82.32	59.12	58.79	4.77	68.10	54.60
13	140682	10.56	-5	180	65.06	3.34	71.71	63.11	59.55	3.31	65.92	58.12	56.96	1.80	58.70	56.20
16	230682	10.00	-4	180	66.72	2.55	68.61	65.11	61.63	3.12	63.62	60.42	57.91	1.15	56.90	60.70
20	50782	10.36	-4	150	70.20	4.98	77.21	65.61	65.33	5.67	72.62	61.42	58.05	3.28	61.50	56.40
8	240582	10.50	-4	180	64.66	2.89	71.01	62.71	58.67	2.81	64.92	55.62	54.68	1.48	55.10	53.80
19	10782	11.40	-3	150	69.33	5.86	77.61	62.61	66.68	4.85	72.22	61.12	58.60	3.65	63.70	55.50
10	280582	11.05	-3	180	63.88	1.98	65.11	63.61	57.68	2.32	59.72	56.42	54.97	1.80	55.40	54.60
7	210582	11.03	-3	180	60.06	1.16	61.61	60.11	58.28	1.08	58.72	57.72	51.13	1.88	51.50	49.50
34	110882	12.12	-2	180	67.88	2.73	71.61	64.11	63.09	2.02	65.42	60.62	55.45	1.62	56.00	54.50
6	180582	11.15	-2	150	66.36	2.67	69.31	62.61	62.79	2.46	65.42	60.92	54.46	2.51	55.80	54.00
32	60882	11.55	-1	180	72.76	4.26	77.11	68.11	67.04	3.84	70.92	63.22	57.71	2.22	60.00	56.80
24	160782	7.35	-1	150	72.66	4.19	78.61	70.11	66.76	2.70	71.22	64.62	59.31	1.79	61.10	57.80
21	70782	10.22	-1	210	73.88	3.60	78.11	71.31	68.12	2.61	70.42	67.62	59.60	2.49	60.80	59.80
38	31182	10.23	0	0	78.88	0.72	79.11	78.81	72.56	2.16	75.62	71.42	64.08	2.11	66.50	62.70
12	80682	11.19	0	0	75.42	5.43	80.31	64.91	68.37	4.57	74.12	59.42	60.28	3.32	62.80	54.20
39	41182	10.28	0	0	79.69	0.75	79.81	78.91	74.61	1.19	75.42	72.92	64.71	1.77	65.20	62.70
41	291182	13.43	0	0	78.76	0.80	79.61	78.11	73.76	1.20	74.42	72.42	65.24	1.37	65.40	65.00
3	100582	11.41	1	360	77.31	1.99	79.61	74.11	74.92	1.36	76.12	73.42	65.54	0.97	66.50	66.30
14	180682	11.58	1	330	79.29	2.23	81.41	76.01	76.51	1.28	77.22	75.22	66.90	1.54	67.90	66.40
5	140582	11.19	2	360	78.96	4.22	83.61	73.61	75.81	3.09	78.72	72.42	66.72	2.70	68.50	63.40
15	210682	11.25	2	360	79.58	1.74	80.71	78.21	75.18	1.48	75.92	74.72	66.34	1.04	66.60	66.90
17	250682	10.21	2	360	77.81	1.32	78.31	77.31	73.12	1.60	73.92	72.72	63.66	1.81	63.30	63.40
11	20682	11.25	3	360	81.89	3.35	85.11	75.71	75.45	2.84	79.42	72.92	65.02	2.01	66.00	64.30
23	140782	12.00	3	360	80.84	3.85	84.11	75.11	76.02	3.10	78.92	71.42	66.28	3.28	68.50	62.30
25	190782	11.18	3	360	79.96	2.18	82.11	77.61	75.28	1.74	76.42	72.72	66.12	2.05	68.00	64.20
26	210782	11.29	3	330	80.11	2.33	81.61	76.61	74.60	2.21	76.92	71.92	65.45	2.44	66.80	61.80
37	281082	12.37	3	360	75.61	1.40	77.11	74.61	72.98	1.15	72.92	72.92	64.55	1.11	64.70	64.50
40	51182	10.19	3	360	79.32	1.22	80.11	77.51	74.65	2.00	76.62	73.72	65.20	1.47	66.40	66.10
30	300782	11.08	5	360	77.76	0.83	78.61	77.61	72.59	1.13	73.92	72.12	64.07	1.31	64.70	63.40
42	301182	12.23	5	360	78.66	3.25	82.11	71.11	74.52	3.10	77.22	68.22	64.50	2.10	66.30	62.60
22	120782	11.33	6	360	79.01	2.72	83.11	76.11	74.26	2.33	76.72	71.92	64.71	2.05	65.20	63.40
Mittel alle					73.95	2.88	77.44	70.80	69.16	2.73	72.42	66.58	61.29	2.11	62.82	60.13
Mittel Gegenwind					68.47	3.59	73.54	65.32	63.52	3.45	68.23	60.69	57.16	2.33	59.16	56.30
Calme					78.19	1.93	79.71	75.19	72.33	2.28	74.90	69.05	63.58	2.14	64.98	61.15
Mitwind					79.01	2.33	81.26	75.80	74.71	2.03	76.50	72.60	65.36	1.85	66.39	64.21

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. Einzelexemplare werden Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt.

Anforderungen sind zu richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6
4300 E s s e n 1

- 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: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.:
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsmissionen (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.:
Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern (1980).
- Berichte-Nr. 9: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: HILLEN, R.:
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:
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 Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B.:
(In Vorbereitung) Umweltpolitik in der VR China und technologische Entwicklung.
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
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.:
Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:
Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:
Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITTGERBER, H.:
Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmisionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:
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.:
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:
Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:
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.:
Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).
- Berichte-Nr. 30: MANNS, 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:
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.:
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:
Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:
Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahmerate des IRMA-Gerätes bei verschiedenen Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIEFLAKE, K.H.:
Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:
Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene Wärmepumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: BRÖKER, G. und B. SCHILLING:
Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).

Anmerkung:

Die LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in vielen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Ausleihe bzw. Einsichtnahme zur Verfügung.