

# L I S - Berichte

**Nr. 81**

**Untersuchungen zur Geräuschemission  
und -ausbreitung von Schußsignalen  
bei Kleinkaliberschießständen**

Herausgeber



**Landesanstalt für Immissionsschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen**  
Wallneyer Straße 6 D 4300 Essen 1

ISSN 0720-8499

1988

**Untersuchungen zur Geräuschemission  
und -ausbreitung von Schußsignalen  
bei Kleinkaliberschießständen**

*Karl Heinz Goldberg*

An dieser Stelle sage ich den Staatlichen Gewerbeauf-  
sichtsämtern Hagen und Coesfeld sowie den  
Schießstandbetreibern Dank für die Unterstützung  
des Untersuchungsvorhabens

## I n h a l t s v e r z e i c h n i s

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

## S u m m a r y

## 1. E i n l e i t u n g

## 2. Z i e l s e t z u n g

- 2.1. Ausgewählte Schießart
- 2.2. Untersuchungsmethodik

## 3. M e ß d u r c h f ü h r u n g

- 3.1. Untersuchungsorte
- 3.2. Anordnung und Höhe der Meßpunkte, Mikrofonausrichtung
- 3.3. Anforderungen an die Meßgeräte
- 3.4. Meßgröße
- 3.5. Waffen und Munition
- 3.6. Windeinfluß

4. S t r u k t u r u n t e r s u c h u n g e n i m E m i s s i o n s -  
b e r e i c h

- 4.1. Pegelabnahme entlang der mittleren Längsachse in verschiedenen Höhen
  - 4.1.1. Munitionssorte Typ 2, Eley-Club
  - 4.1.2. Munitionssorte Typ 3, RWS High Velocity
- 4.2. Pegelabnahme entlang der mittleren Längsachse auf verschiedenen Schießständen
- 4.3. Pegelabnahme entlang der mittleren Längsachse bei einem Dauersignal
- 4.4. Pegelverteilung oberhalb des gesamten Schießstandes
- 4.5. Einfluß der Geschosßgeschwindigkeit auf den Emissionspegel
- 4.6. Einfluß der Waffen auf den Emissionspegel
- 4.7. Mehrfachwiederholungen von Messungen in der "Deckfläche" eines Schießstandes
- 4.8. Untersuchungen mit größeren Meßwertkollektiven
  - 4.8.1. Munition Eley-Club
  - 4.8.2. Munition RWS High Velocity
- 4.9. Darstellung der Energieinhalte von Schüssen
- 4.10. Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse von Messungen im Emissionsbereich

5. Ausbreitung von Schußsignalen außerhalb des Schießstandes
  - 5.1. Schallausbreitung in Schußrichtung
    - 5.1.1. Bezugspunkt für die Immissionsmessungen
  - 5.2. Pegelabnahme mit der Entfernung
    - 5.2.1. - In Schußrichtung
    - 5.2.2. - Abweichend von der Schußrichtung
  - 5.3. Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse von Messungen außerhalb des Schießstandes
  
6. Auswirkungen besonderer baulicher Maßnahmen auf den Schießgeräuschpegel
  
7. Hinweise für die Prognose der zu erwartenden Geräuschbelastung durch Kleinkaliber-Schießstände

S c h r i f t t u m

UNTERSUCHUNGEN ZUR GERÄUSCHEMISSION UND -AUSBREITUNG VON SCHUSSIGNALEN BEI  
KLEINKALIBER-SCHIESSSTÄNDEN

Karl Heinz Goldberg

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

Im Rahmen dieser Untersuchung war zu ermitteln, welche Randbedingungen Einfluß auf die Entstehung und Ausbreitung von Schießlärm haben. Die Messungen erfolgten auf sieben verschiedenen Schießplätzen der Waffenart "Kleinkaliber". Durch die Unterschiede in den Abmessungen, den baulichen Gegebenheiten, den teilweise ausgeführten Minderungsmaßnahmen und den orografischen Bedingungen der Umgebung dieser Schießstände wurden aus Meßergebnissen Hinweise darauf erwartet, ob strukturbedingte Besonderheiten die Schallemission beeinflussen. Durch Mehrfachwiederholungen von Messungen unter vergleichbaren Bedingungen wurde Fragen der Richtcharakteristik und der Ausbreitung von Schußsignalen sowie der Reproduzierbarkeit von Meßergebnissen nachgegangen. Es konnte auch ermittelt werden, wie sich der Einsatz verschiedener Waffen- und Munitionssorten auf den Geräuschpegel auswirkt. Nicht vorhersehbar waren dabei die großen Schwankungen, die bei den Einzelschußpegeln innerhalb von Schußserien auftraten. Diese Emissionsschwankungen können bei der Ausbreitung der Schußsignale überlagert werden durch Veränderungen, die durch Wind- und Bodeneinflüsse hervorgerufen werden. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen an Kleinkaliber-Schießständen lassen sich Hinweise über die Pegelabnahme mit der Entfernung, die Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen und über die bei Prognosen von geplanten Schießanlagen erforderlichen Eingangsdaten ableiten.

S u m m a r y

This study was aimed at determining the parameters which influence emission and propagation of shooting noise. Measurements were taken at seven different shooting ranges for subcaliber guns. The results obtained at these shooting ranges characterized by different dimensions, construction, degrees of noise reducing measures and orography where expected to provide evidence of the influence of structural features on noise emission. By repeating the measurements several times under comparable conditions the directivity pattern and the propagation of shooting noise as well as the reproducibility of the measurement results were determined. In addition, the influence of various types of guns and ammunition on the noise level where studied. Surprisingly, highly fluctuating noise levels were obtained for the individual shots in a series. These

fluctuating emissions may be altered during propagating of the shooting noise by the influences of wind and orography. The results of the study of shooting ranges for subcaliber guns may be exploited to determine the decrease of the noise level with increasing distance, the effect of noise reducing measures and the input data for noise predictions for new shooting ranges in the planning stage.

## 1. Einleitung

Schußsignale werden vielfach als eine Geräuschart angesehen, bei der sowohl bezüglich der Erfassung als auch der Beurteilung andere Vorgehensweisen angewendet werden müssen als bei sonstigen Geräuschen. Tatsächlich zeigen nur wenige industrielle Schallquellen - wie z.B. Schlagrammen, Bolzensetz- und Nietwerkzeuge - ein dem Schußsignal vergleichbares akustisches Erscheinungsbild, welches gekennzeichnet ist durch hohe Pegelanstiegsgeschwindigkeiten bei kurzer Signaldauer sowie einer häufig großen Pegeldifferenz zum momentanen Grundgeräusch. Im Hinblick auf die Erfassung solcher Signale ergeben sich aufgrund dieser Merkmale bestimmte Anforderungen an das Meßinstrumentarium.

Sicherlich war in der Vergangenheit das übliche Meßinstrumentarium wenig geeignet zur Erfassung kurzzeitiger Geräuschsignale mit stark ansteigenden Pegeln [1]. Durch die weitergehende Meßgerätenormung und ihre Berücksichtigung bei der Herstellung neuer Meßgeräte sowie durch die zunehmende Verwendung moderner Meßeinrichtungen in der Praxis wird sich dieser Mangel beheben lassen. Auch heute gibt es schon Meßgeräte, deren Spezifikation bezüglich der Zeitkonstanten den besonderen Anforderungen der Schießlärmmessung genügen. Mit diesen Geräten ist man in der Lage, Einflußgrößen mit bestimmten Genauigkeitsanforderungen zu untersuchen.

Erkannt war, daß offenbar die Waffen und die Munitionsart ebenso einen Einfluß auf das Schußsignal haben wie die Meteorologie auf die Ausbreitung dieser Signale. Mögliche andere Einflußgrößen - wie z.B. die Abmessungen und die baulichen Gegebenheiten des Schießstandes, die benutzte Schießbahn, die Schußrichtung, die Richtwirkung u.a.m. - sind bislang kaum untersucht worden. Aufgrund unzureichender Beachtung dieser Einflußgrößen wurden in der Vergangenheit vielfach nicht nachvollziehbare und teilweise unerklärliche Aussagen getroffen, die den Eindruck erweckten, als ob bei Schießgeräuschen andere akustische Verhältnisse vorliegen würden als bei anderen Geräuschen. Um dies näher zu untersuchen, wurden im Rahmen des vorliegenden Vorhabens in realen Beispielen bei KK-Schießständen die wichtigsten Einflußgrößen, die für den Immissionspegel von Bedeutung sein können, untersucht. Wichtig erschien dabei auch zu prüfen, ob - und wenn ja in welchem Maße - unter Beibehaltung bestimmter Randbedingungen die Meßergebnisse bei Wiederholungsmessungen voneinander abweichen. Geringe Streuungen der Meßwerte bei Messungen unter weitgehendst konstant gehaltenen Bedingungen würden sich auf den Erhebungsaufwand und die Interpretation der Ergebnisse von Untersuchungen bestimmter Einflußgrößen auf das Schußsignal auswirken.

## 2. Zielsetzung

Im Rahmen der Gesamtuntersuchungen [2] war zu ermitteln, ob es Randbedingungen gibt, die Einfluß auf die Entstehung und Ausbreitung von Schießlärm haben und ob aufgrund dieser Einflußgrößen bestimmte Vorgehensweisen für die Durchführung von Emissions- und Ausbreitungsmessungen auf Kleinkaliberständen bzw. in deren

Nachbarschaft erforderlich sind oder entwickelt werden sollten. Voraussetzung für alle nachfolgenden Untersuchungen war zunächst die Prüfung, ob ein vorhandenes Meßinstrumentarium für die Ermittlung von Pegeln dieser Geräuschart geeignet ist. Mit der Ausdehnung des Untersuchungsprogrammes auf verschiedene Schießstände - z.T. mit ausgeführten Minderungsmaßnahmen - wurden Hinweise über Besonderheiten erwartet, die durch Strukturen der Schießstände bedingt waren. In weiteren Untersuchungen wurde den Fragen der Richtcharakteristik sowie der Ausbreitung von Schußsignalen auf Schießständen bzw. außerhalb derselben nachgegangen. Messungen beim Einsatz verschiedener Waffen- und Munitionssorten sollten Hinweise darüber geben, ob und in welchem Ausmaß Auswirkungen auf die Emissionssituation durch diese Einflußgrößen zu erwarten sind. Schließlich wurden Mehrfachwiederholungen von Messungen unter vergleichbaren Bedingungen durchgeführt, um Angaben über die Reproduzierbarkeit von Meßergebnissen zu erhalten.

Die angewandten Methoden und die gewonnenen Erkenntnisse können zur Istzustandsbeschreibung innerhalb und außerhalb bestehender Anlagen, zur Verbesserung von Prognosen bei der Planung neuer Anlagen und zur Abschätzung der Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen dienen.

## 2.1. Ausgewählte Schießart

Die vorgesehenen Untersuchungen sollten sich auf Schießstände für jagdliches oder sportliches Schießen beschränken. Die auf diesen Anlagen benutzten Waffen können vom Luftgewehr bis zur großkalibrigen Jagdbüchse reichen; die Waffenart und die damit verschossene Munition hat Einfluß auf den Aufbau und die Abmessungen des Schießstandes. Aus der Vielzahl der Möglichkeiten wurden für die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen die Waffenart "Kleinkaliber" aus folgenden Gründen gewählt:

Das Schießen mit Kleinkaliber erfolgt in der Regel auf offenen Schießständen, die neben den Emissionsmessungen auch Ausbreitungsmessungen ermöglichen.

Die von dieser Waffenart hervorgerufenen Schußknalle ließen sich auch in der Nachbarschaft der Schießstände meßtechnisch noch einwandfrei erfassen.

Die Kosten für die Munition dieses Kalibers lag bei dem vorgesehenen Untersuchungsumfang in noch zu vertretendem Rahmen.

Als Waffen konnten sowohl Gewehre als auch Revolver bzw. Pistolen verwendet werden.

Es ließen sich größere Schußserien in schneller Schußfolge abfeuern, ohne daß Beschädigungen an den Waffen zu befürchten waren.

## 2.2. Untersuchungsmethodik

Auch mit der Beschränkung auf eine Schießart ergab sich immer noch eine Vielzahl von Variationsmöglichkeiten, die bei der Festlegung der Vorgehensweise zu berücksichtigen waren. Um Beschreibungsmöglichkeiten für den Standeinfluß zu erhalten, wurden in Teiluntersuchungen auf verschiedenen Kleinkaliber-Schieß-

ständen die unterschiedlichen Strukturen des Aufbaus, der Abmessungen, der Lage und der Größe der Stände sowie die verwendeten Waffen- und Munitionstypen grob analysiert. Weitere Untersuchungen erfolgten zur Optimierung des Meßinstrumentariums, der Meßorte, der Mikrofonausrichtung und der Kenngröße zur Beschreibung der Schußknalle bei den verschiedenen Betriebszuständen.

Im Anschluß an diese Voruntersuchungen erfolgten die weiteren Ermittlungen ausschließlich auf zwei ausgewählten Kleinkaliber-Schießständen unter festgelegten Bedingungen. Hier standen Fragen der Reproduzierbarkeit von Meßergebnissen bei Wiederholungsmessungen im Vordergrund. Außerdem wurden Ermittlungen zur Schallausbreitung außerhalb der Schießstände mit in die Emissionsmessungen einbezogen.

### 3. M e ß d u r c h f ü h r u n g

Neben der Wahl einer bestimmten Schießart erfolgten weitergehende Festlegungen bezüglich der Untersuchungsorte, der Anordnung und Höhe der Meßpunkte, der Mikrofonausrichtung, der Meßgeräte, der Meß- und Beschreibungsgröße, der Waffen- und Munitionsart sowie bei den Ausbreitungsmessungen im weitesten Sinne auch der Meteorologie. Diese Festlegungen sind in den nachfolgenden Abschnitten näher erläutert; soweit in besonderen Fällen von den Festlegungen abgewichen werden mußte, ist dies bei der Besprechung der jeweiligen Teiluntersuchung angegeben.

#### 3.1. Untersuchungsorte

Die Messungen erfolgten auf Kleinkaliber-Schießständen und in deren Nachbarschaft. Bei dieser Schießart werden randgezündete Patronen verwendet, die einen Durchmesser von 5,6 mm bzw. 0,22 inch haben. Diese Munition wird sowohl aus Gewehren als auch Pistolen und Revolvern verschossen. Soweit die Waffen auf Schießständen eingesetzt werden, beträgt die Zielentfernung für Gewehre 50 m und für Faustfeuerwaffen 25 m. Mit der großen Zielentfernung ist die Länge der Schießstände vorgegeben. Die Schießstände sind in der Regel nach oben hin offene Anlagen; lediglich der Standort der Schützen ist überbaut. Auf einem Schießstand befinden sich meist mehrere nebeneinander liegende Schießbahnen, die Schiebscheiben werden im allgemeinen durch Seilzuganlagen transportiert. Quer zur Schußrichtung sind oberhalb der Schießebeine Blenden errichtet, die, ebenso wie die Wälle oder Mauern entlang der Platzbegrenzungen, verhindern sollen, daß Fehlschüsse außerhalb der Anlage Schäden anrichten können. Hinter den Zielscheiben befinden sich Kugelfänge, in denen die Bleigeschosse der Patronen aufgefangen werden.

Für die Untersuchungen wurden mehrere unterschiedliche Schießstände ausgewählt, um verschiedene Formen der Platzaufbauten und verschiedene orographische Bedingungen in der Umgebung zu erhalten. Zur Übersicht sind in Abb. 1 und Abb. 2 Querschnitte durch die untersuchten 7 Schießstände dargestellt. Zur besseren

Orientierung sind die Platzbegrenzungen in der Längsrichtung, hier meist Erdwälle, nicht eingetragen. Stand 1 hat eine Schützenstandüberbauung von 3,75 m; es sind 3 Schießblenden in den angegebenen Entfernungen aufgestellt. Der Stand 2 ist ähnlich aufgebaut; er hat jedoch eine größere Schützenstandüberbauung von 8 m und 2 Schießblenden. Stand 3 weist in Schußrichtung im Abschubereich einen pergolaähnlichen Vorbau auf; in Platzmitte befindet sich eine Schießblende. Der Stand 4 hatte keine Schützenstandüberbauung, dafür jedoch 3 Schießblenden. Auf dem Stand 5 wurde durch eine ca. 9 m lange Schallschleuse geschossen. Der Stand 6 hatte eine fast 12 m lange Schützenstandüberbauung und eine Schießblende. Auf dem Stand 7 schließlich wurde durch einen ca. 35 m langen Betonkanal geschossen. Die Schießstände 1, 2 und 5 lagen in ebenem Gelände; Hanglage auf einer Längsseite war an den Ständen 3, 4 und 7 gegeben. Der Stand 6 hatte ansteigendes Gelände hinter dem Zielbereich. Wiederholungsmessungen bei bestimmten Untersuchungsreihen wurden auf den Schießständen 1, 2 und 3 ausgeführt.

### 3.2. Anordnung und Höhe der Meßpunkte; Mikrofonausrichtung

Der von der Waffe emittierte Mündungsknall und der Geschoßknall (bei  $v_{\text{Kugel}} > v_{\text{Schall}}$ ) werden durch die Schießstandstrukturen, durch Reflexionen, Abschirmungen und Beugungseffekte beeinflußt. Diese Einflußgrößen lassen sich nicht mehr im Einzelnen erfassen. Sieht man den gesamten Schießstand als Quelle an, so kann der Schall den Schießplatz direkt nur nach oben hin verlassen. Zu allen anderen Seiten befinden sich, schon als Schutzmaßnahme gegen Fehlschüsse, abschirmende Bauten. Es lag also nahe, Meßpunkte für platzbezogene Emissionsmessungen nur in diesem Abstrahlraum anzuordnen.

In der Abb. 3 ist die Lage der Meßpunkte bei den Emissionsmessungen eingetragen. Die mittlere Meßpunktreihe (Mp. 1 .... Mp. 4) befand sich entlang der mittleren Schießbahn des jeweiligen Schießstandes. Die Abstände der Meßpunkte vom Standort des Schützen betragen 6,25 m, 18,75 m, 31,25 m und 43,75 m. Zwei weitere Meßpunktzeilen befanden sich entlang der beiden äußeren Schießbahnen des jeweiligen Schießstandes (Mp. 5 .... Mp. 8) bzw. (Mp. 9 .... Mp. 12). Wegen der unterschiedlichen Breite der einzelnen Schießstände war der Abstand der äußeren Meßpunktzeilen zur mittleren Meßpunktzeile nicht immer gleich.

Die Messungen erfolgten jeweils an den 4 Meßpunkten einer Meßpunkt-Längsreihe gleichzeitig. Geschossen wurde bei allen Untersuchungen grundsätzlich nur auf der mittleren Schießbahn des betreffenden Schießstandes, d.h. unterhalb der Mp. 1 .... 4.

Für bestimmte Untersuchungen, wie z.B. der Vergleich von Waffen und Munition, wurde die Zahl der Meßpunkte im Emissionsbereich reduziert; die Pegel der Schußknalle wurden dann nur an den Meßpunkten 1 .... 4 ermittelt.

Eine weitere Reduzierung der Meßpunkte im Emissionsbereich wurde bei allen Messungen vorgenommen, die der Ermittlung der Schallausbreitung und der Richt-

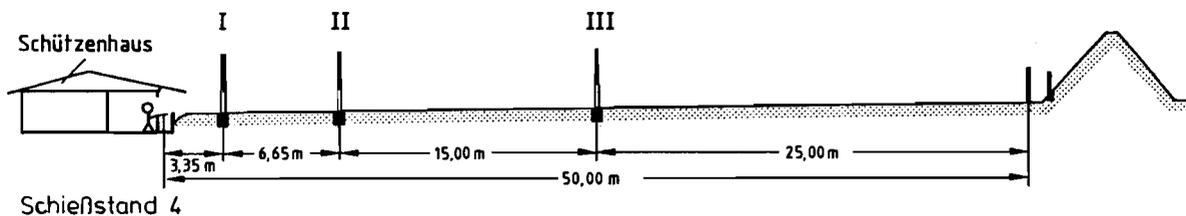
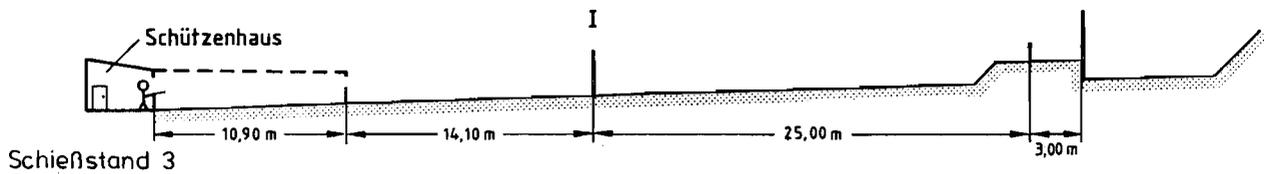
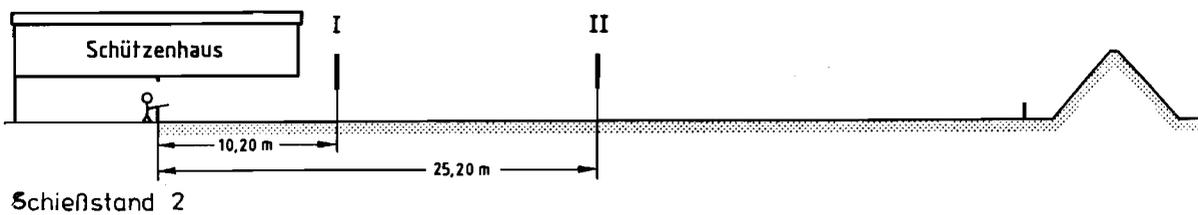
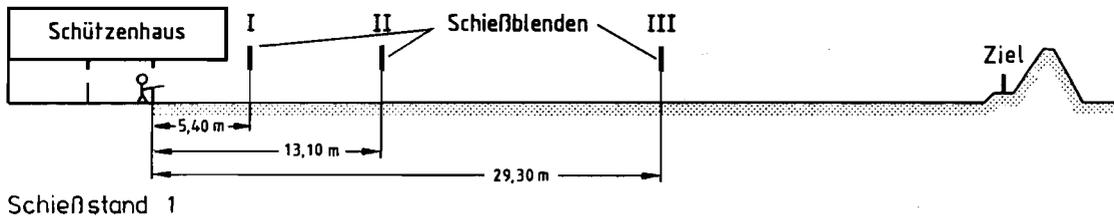


Abb. 1:

Querschnitte der untersuchten Schießstände; Schießstand 1 ... 4

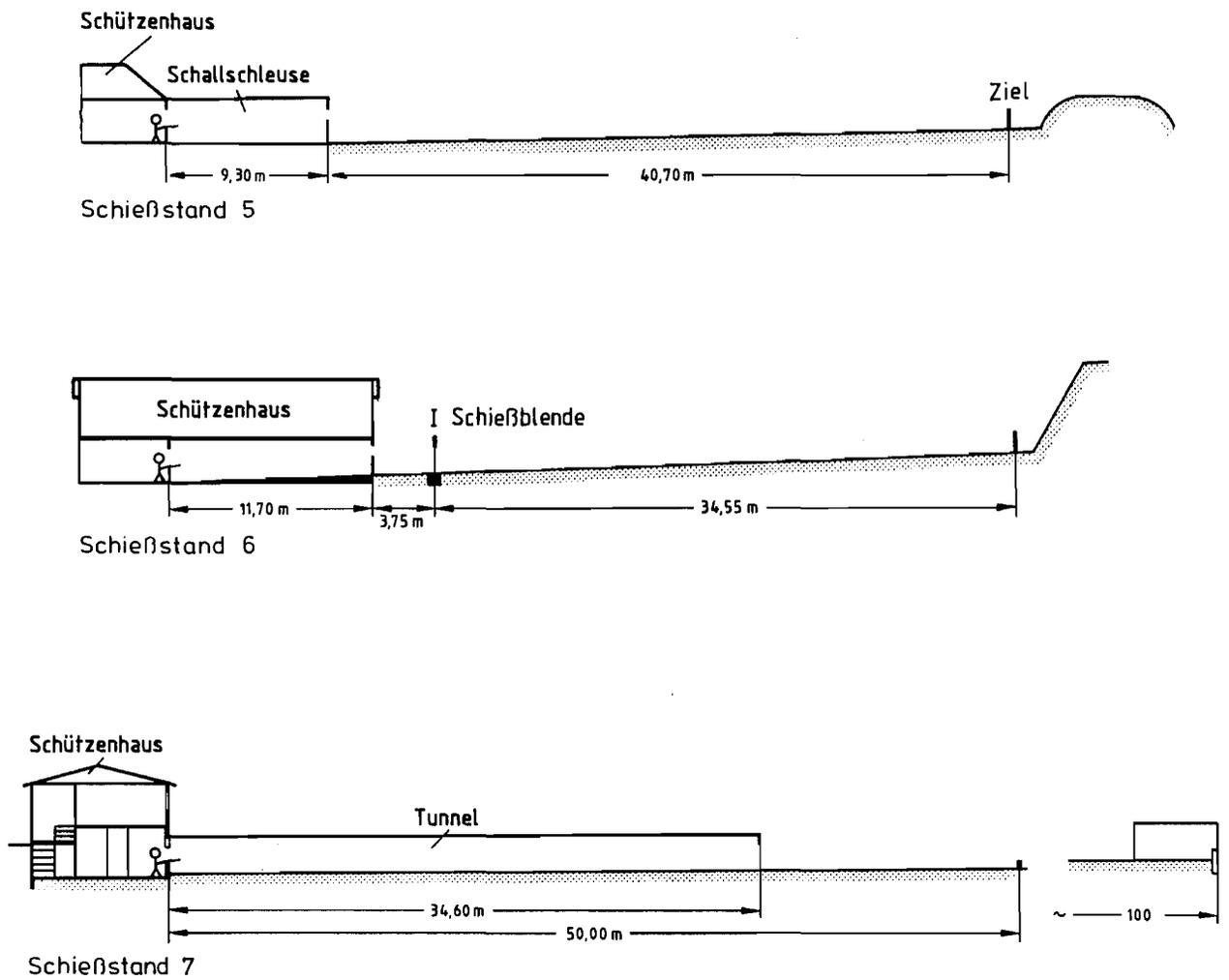


Abb. 2:

Querschnitte der untersuchten Schießstände; Schießstand 5 ... 7

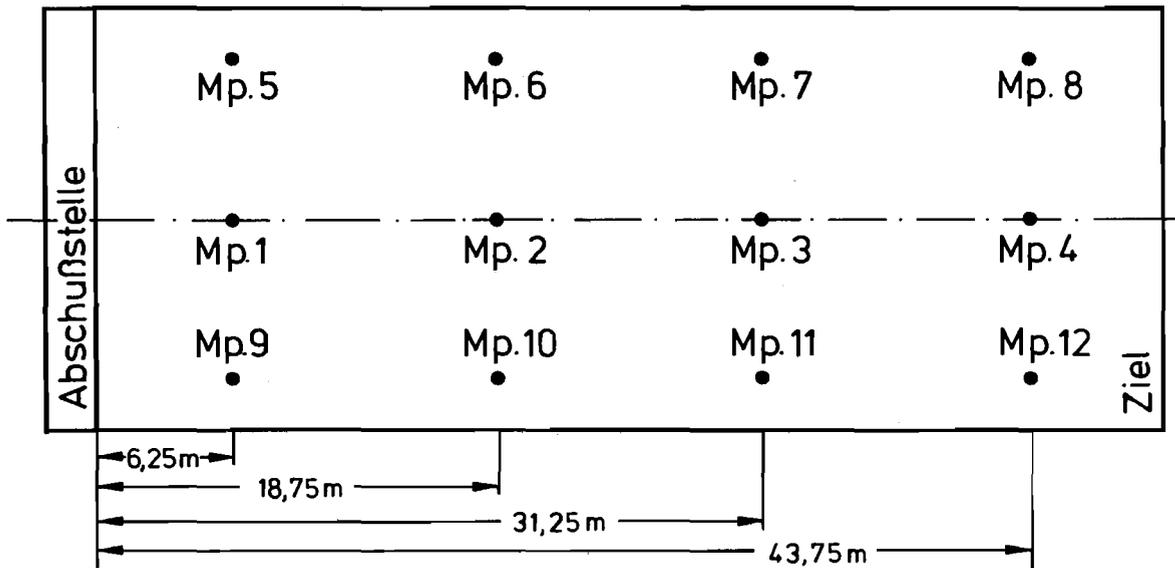


Abb. 3:  
Lage der Meßpunkte bei den Emissionsmessungen

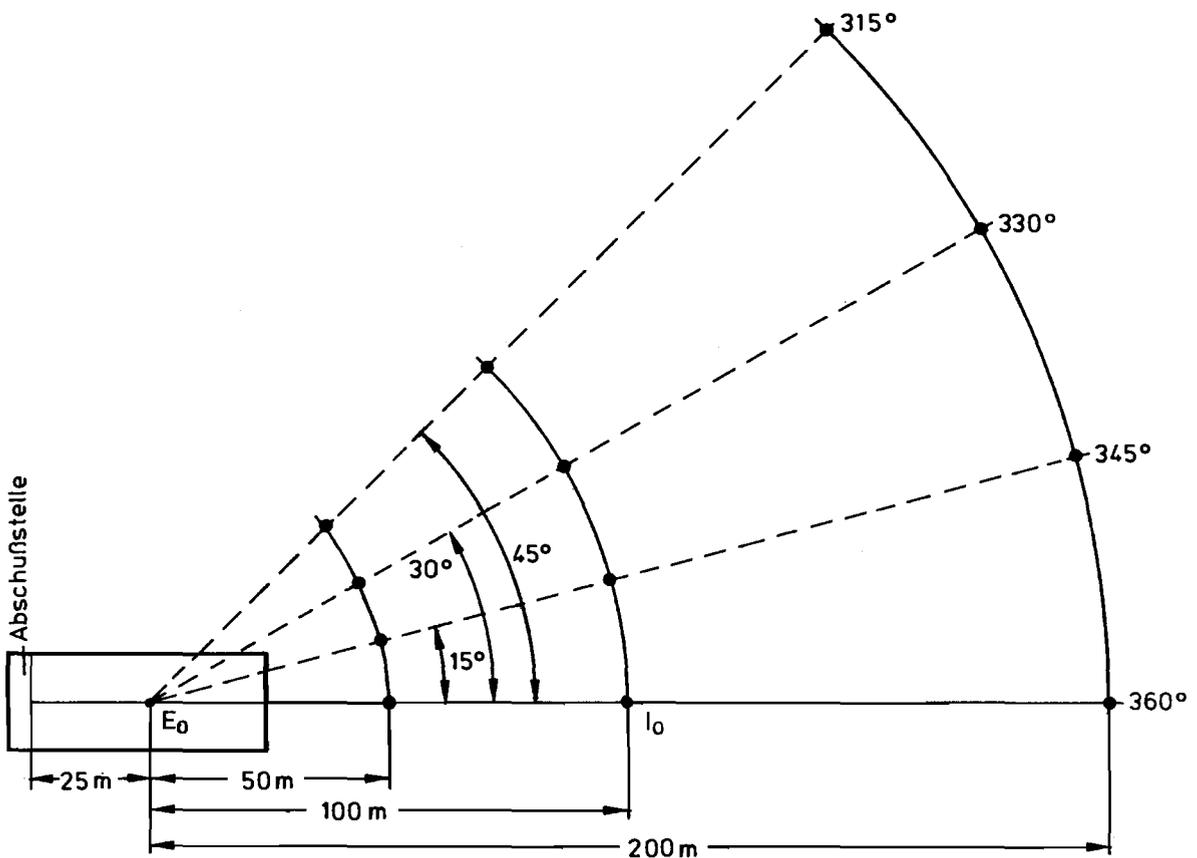


Abb. 4:  
Lage der Meßpunkte bei den Ausbreitungsmessungen

charakteristik der Schallabstrahlung dienten. Abb. 4 zeigt die hierfür gewählte Meßpunktanordnung.

Auf dem Schießstand wurde ein Bezugspunkt  $E_0$  in 25 m Abstand von der Abschußstelle gewählt. Weitere Meßpunkte lagen in Abständen von 50 m, 100 m und 200 m vom Bezugspunkt  $E_0$ . Der Winkelbereich von  $315^\circ$  bis  $360^\circ$  war, ausgehend von  $E_0$ , in  $15^\circ$ -Abschnitte unterteilt. Gemessen wurde jeweils an den Schnittpunkten der Radien mit den Winkelschenkeln. Bei den Ausbreitungsmessungen ist mit den Meßpunkten  $E_0$  und  $I_0$  an allen Meßpunkten eines Abstandes von  $E_0$  gleichzeitig gemessen worden.

Die Mikrofonhöhe lag bei allen Untersuchungen 5 m oder 10 m oberhalb der Standsole, die Mikrofone waren stets senkrecht nach oben ausgerichtet.

### 3.3. Anforderungen an die Meßgeräte

Schußknalle zeichnen sich durch steile Druckanstiege bei kurzer Signaldauer aus. Mit größer werdendem Abstand von der Schallquelle vermindern sich diese Merkmale durch Reflexion, Streuungen und Absorption, so daß im Immissionsbereich die korrekte Erfassung des Schalldruckpegels mit Präzisionsschallpegelmessern neuerer Bauart in der Regel unproblematisch ist. Bei Messungen auf den Schießständen, d.h. im Nahbereich der Waffen, ist es jedoch angebracht, die Meßgeräte auf ihre Eignung und Zuverlässigkeit zur Messung von Schußknallen hin zu überprüfen.

Die hier beschriebenen Messungen wurden mit Pegelstatistikgeräten des Typs 4426 der Firma Brüel & Kjaer durchgeführt. Untersuchungen im Labor bei Beaufschlagung dieser Geräte mit Tonimpulsen kurzer Dauer hatten ergeben, daß die Spezifikationen des Herstellers und die Anforderungen der DIN 45633 sowie der DIN/IEC 651 eingehalten werden. Selbst bei Impulsen von 5 ms Dauer - dem kürzesten Prüfpuls für Schallpegelmessers der Präzisionsklasse 0 - entsprach die Anzeige dem Sollwert dieser Geräte; der zulässige Toleranzbereich von  $\pm 2$  dB wurde bei dieser Impulsdauer bei weitem nicht ausgenutzt.

Der Sollwert kurzzeitiger Tonimpulse in den Anzeigegeschwindigkeiten slow, fast und impuls errechnet sich als Pegeldifferenz  $\Delta L$  gegenüber einem Dauersignal gleicher Amplitude nach

$$\Delta L = 10 \lg \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

mit  $\tau = 1000$  ms für slow  
 $\tau = 125$  ms für fast und  
 $\tau = 35$  ms für impuls.

Bei der Prüfung der hier vorhandenen Geräte mit Tonimpulsen von 5 ms Dauer, d.h. außerhalb des genormten Bereiches, ergaben sich sowohl bei der Meßgröße

$L_{AF}$  als auch  $L_{AI}$  mit kürzer werdenden Prüfpulsen zunehmend deutlichere Abweichungen von den Sollkurven [3]. Bei dem kürzesten hier gewählten Prüfpuls von  $t = 0,25$  ms lag die Anzeige um bis zu ca. 20 dB unter dem Sollwert, wobei diese Abweichungen von Gerät zu Gerät sehr unterschiedlich waren, vgl. Abb. 5.

Die festgestellten Abweichungen ließen vermuten, daß die Ursache im Bereich der Gleichrichterschaltung des Schallpegelmessers und in deren dynamischen Eigenschaften zu suchen sei. Wie sich herausstellte, war in den Geräten der für die Frequenzkompensation im Integrator eingesetzte Operationsverstärker unterschiedlich bestückt. Nach Rücksprache mit dem Hersteller der Geräte wurden alle Geräte in gleicher Weise bestückt, mit dem Ergebnis, daß

- alle hier vorhandenen Geräte auch bei Prüfpulsen bis zu 0,25 ms Dauer auf nahezu gleiche Anzeige gebracht werden konnten,
- die Anzeige bei diesen kurzen Prüfpulsen nur wenig von der Sollanzeige abwich, vgl. Abb. 6.

#### Hinweis:

Zur Zeit wird an einer Ergänzung zur DIN IEC 651 gearbeitet, die u.a. diese erweiterten Anforderungen beinhaltet.

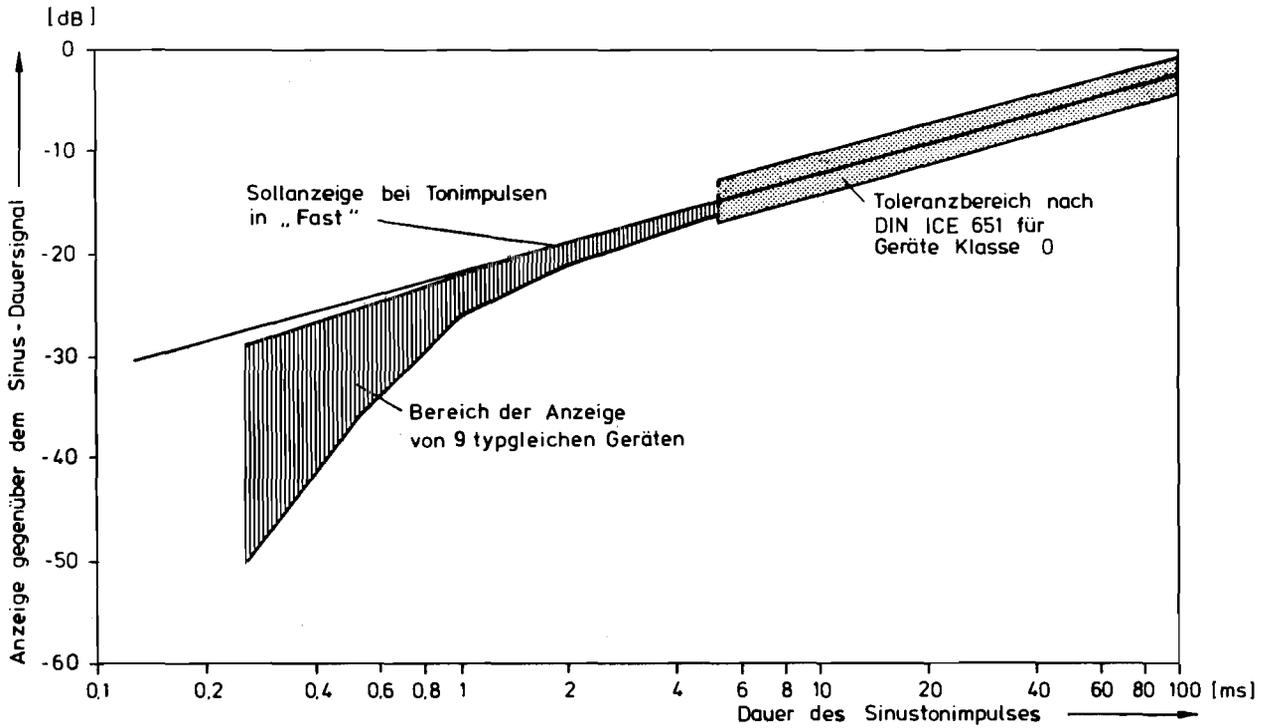
### 3.4. Meßgröße

Bei der Diskussion über die Ermittlung von Schießgeräuscheinwirkungen wird immer wieder die Frage aufgeworfen, mit welcher Pegelgröße die Schallpegel von Schußsignalen ermittelt werden sollen. Mit den unterschiedlichsten Argumenten werden die Meßgrößen  $L_{ASmax}$ ,  $L_{AFmax}$ ,  $L_{AImax}$  oder ein auf eine Sekunde normierter  $L_{AFm}$ -Pegel des einzelnen Schußereignisses  $L_{1s}$  favorisiert.

Nach der TA Lärm [4] wird der  $L_{AFmax}$ -Pegel als Taktmaximalpegel in einer Taktzeit von 5 Sekunden Dauer ermittelt. Die vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen herausgegebene "Richtlinie für die Messung und Beurteilung von Schießlärmmmissionen in der Nachbarschaft" [5] sieht die Messung des  $L_{AImax}$ -Pegels vor; nach der z.Zt. beratenen VDI 3745 Blatt 1 [6] wird der  $L_{AFmax}$ -Pegel des Einzelschusses gemessen. Der Einzelereignispegel  $L_{1s}$  stellt die konsequente Anwendung des Konzeptes der energetischen Mittelung nach DIN 45645 Bl. 1 [7] für den einzelnen Schuß dar, um z.B. den Beurteilungspegel aus dem Mittelungspegel nach VDI 2058 Bl. 1 [8] zu bilden.

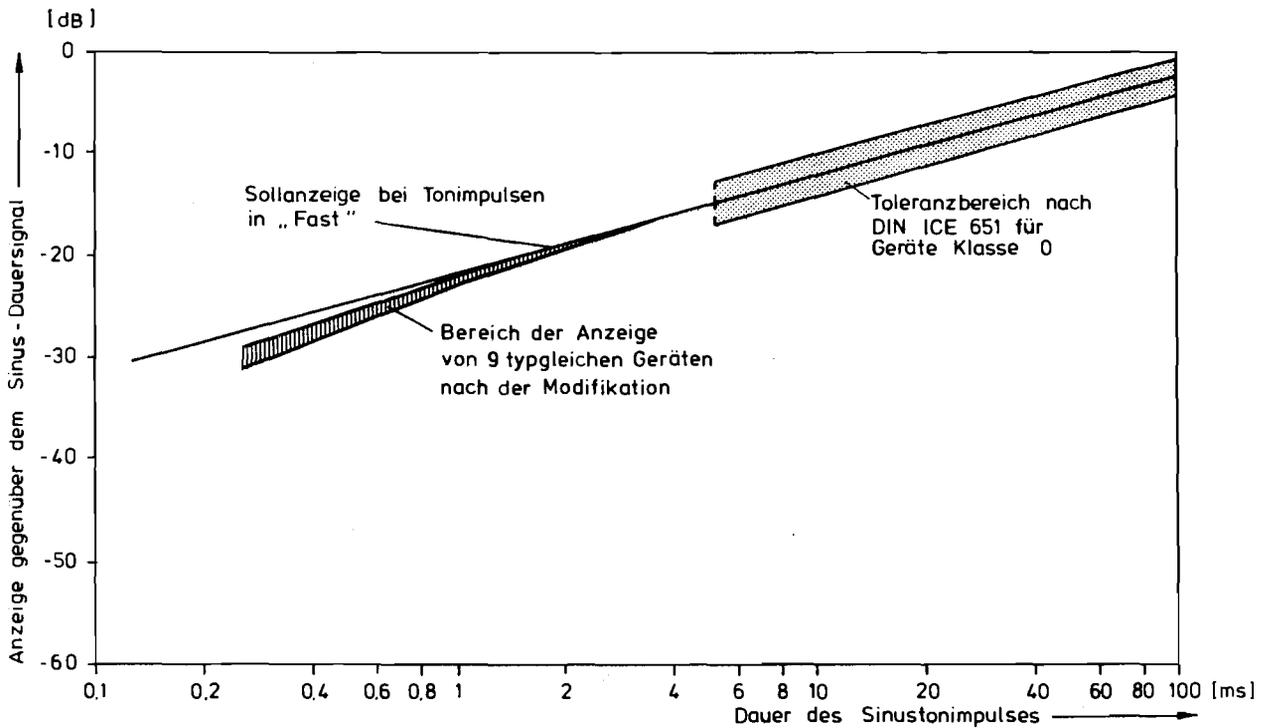
Bezüglich der Ermittlung des  $L_{1s}$ -Pegels von Schießgeräuschen sind in [3] umfangreiche Voruntersuchungen beschrieben.

In der praktischen Anwendung im Immissionsschutz hat die Erfassung der  $L_{1s}$ -Pegels mehrere Nachteile:



Unterschiedliche Anzeigen gleichartiger Meßgeräte bei der Prüfung mit Tonimpulsen 0,25 ms Dauer

Abb. 5:  
Geräte im Originalzustand



Unterschiedliche Anzeigen gleichartiger Meßgeräte bei der Prüfung mit Tonimpulsen 0,25 ms Dauer

Abb. 6:  
Nach Modifikation durch die LIS

Weil kurz vor dem Schußsignal die Integration des Meßgerätes gestartet werden muß, ist in der Regel eine Verständigung mit dem Schützen notwendig. Messungen ohne Wissen des Betreibers sind nur mit erhöhtem gerätetechnischen Aufwand möglich.

Weiterhin muß der Hintergrundpegel besonders aufmerksam beachtet werden, weil bei der Integration sowohl eine Zeitspanne vor als auch nach dem Schuß mit erfaßt wird, in der Fremdgeräusche einwirken können, die das Meßergebnis u.U. verfälschen.

Untersuchungen [9] an 6 unterschiedlichen Schießständen (Kleinkaliber, Büchsen oder Flinten) in freier und auch bewaldeter Umgebung und in Entfernungen von 50 m bis 350 m von der Standmitte in Schußrichtung sowie quer dazu wurden durchgeführt, um u.a. die Korrelation zwischen den Pegeln  $L_{AI\max}$  und  $L_{AF\max}$  zu ermitteln. Von insgesamt 21 Meßpunkten wurden jeweils 40 Schüsse aus nichtgesteuerten Schießveranstaltungen mit verschiedenen Waffen ausgewählt und die Mittelwerte von jeweils 10 Schüssen für den Vergleich herangezogen. Als Regressionsgerade über alle Meßpunkte ergab sich  $L_{AI\max} = 1,05 \cdot L_{AF\max}$ . Aus diesem Ergebnis läßt sich ableiten, daß die Diskussion über die "richtige" Meßgröße ziemlich überflüssig ist, da alle Meßgrößen sehr eng miteinander korrelieren und damit ineinander umrechenbar sind.

In diesem Bericht werden in Anlehnung an die TA Lärm und im Hinblick auf den gegenwärtigen Stand der Diskussion in [6] nur die  $L_{AF\max}$ -Pegel dargelegt.

#### Beschreibungsgröße:

Zur Verringerung des Einflusses kurzzeitiger Schwankungen der Emission und Transmission ist für jede Untersuchungsreihe eine Serie von 10 Schüssen abgegeben worden, s.a. [3]. Die Schüsse erfolgten in einem Abstand von etwa 30 Sekunden; zur Beschreibung der Lokalisation der gemessenen Pegel diente der arithmetische Mittelwert der Pegel jeder Schußserie. Alle in diesem Bericht angegebenen Zahlenwerte sind arithmetische Mittelwerte einer Schußserie von 10 Schüssen; darüber hinaus sind bei einigen Untersuchungsreihen die Standardabweichungen über die einzelnen Meßwerte als Maß für die Schwankungen sowie die Extremwerte der Schußserie zur Beschreibung der vorgefundenen Wertebereiche angegeben.

### 3.5. Waffen und Munition

Um auch im Hinblick auf die Schallquelle eine größtmögliche Vergleichbarkeit zu erzielen, wurden sowohl die Waffen als auch die verwendete Munition weitgehendst standardisiert. In der Regel wurde mit folgenden Waffen geschossen:

#### Gewehr:

Typ 1: KK-Gewehr, Marke Anschütz, Lauflänge 55 cm

Typ 2: KK-Gewehr, Marke Walter, Lauflänge 65 cm

Pistole:

Typ 1: KK-Pistole, Marke High Standard, Lauflänge 14 cm

Typ 2: KK-Pistole, Marke Hämmerli 208, Lauflänge 14 cm

Munition:

Typ 1: Kaliber 0.22 lfB, Marke RWS Standard,  $v_0 = 330$  m/s

Typ 2: Kaliber 0.22 lfB, Marke Eley-Club,  $v_0 = 325$  m/s

Typ 3: Kaliber 0.22 lfB, Marke RWS High Velocity,  $v_0 = 400$  m/s.

Die Angaben über die Anfangsfluggeschwindigkeit  $v_0$  der Geschosse beziehen sich auf Herstellerangaben.

Für eine spezielle Untersuchung der Munitionsabhängigkeit wurden auch andere Munitionssorten in die Untersuchung einbezogen.

Zur Vermeidung unterschiedlicher Schußrichtungen wurden die Waffen

- stets auf der gleichen Schießbahn des betreffenden Schießstandes eingesetzt,
- beim Schießen aufgelegt,
- schießstandgemäß, d.h. mit Anvisieren eines Zieles, betrieben.

## 3.6. Windeinfluß

Schußsignale werden - wie andere Schallereignisse auch - auf ihrem Ausbreitungsweg u.a. in Abhängigkeit von der Weglänge durch meteorologische Einflüsse verändert. Bei den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen im Emissionsbereich, d.h. auf den Schießständen, blieben meteorologische Parameter außer Betracht. Bei den Ausbreitungsmessungen außerhalb der Schießstände durfte der Windeinfluß nicht vernachlässigt werden.

In einer Feldmessung außerhalb eines Schießstandes in ebenem Gelände bei freier Schallausbreitung von Schußsignalen, die durch Platzpatronen hervorgerufen wurden, ist ermittelt worden, durch welche Methoden sich die Reproduzierbarkeit bei der Ermittlung von Pegelwerten dieser Schußsignale verbessern läßt [3]. Dabei wurden Aussagen über die zu erwartenden Streuungen sowie über systematische und unsystematische Einflüsse einiger meteorologischer Parameter erarbeitet. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, daß

- bei Schallausbreitungswegen über 100 m zwischen Schallquelle und Meßort die Messungen über einen längeren Zeitraum hinweg mehrmals wiederholt werden sollten,
- die Messungen bei Mitwindsituationen auszuführen seien.

Für die hier beschriebenen Untersuchungen zur Schallausbreitung unter Einbezug von Schießplätzen sind deshalb die Messungen mehrfach wiederholt worden. Die Ermittlungen erfolgten bei unterschiedlichen Windrichtungen und -geschwindigkeiten. Die Winddaten wurden in Schußrichtung in 10 m Höhe und 125 m Entfernung von der Abschußstelle ermittelt.

#### 4. Strukturuntersuchungen im Emissionsbereich

Über die Ausbreitung der Schußsignale auf den Kleinkaliber-Schießplätzen liegen bislang kaum Ergebnisse vor. Es ist zu vermuten, daß die unterschiedlichen Abmessungen und Aufbauten der Stände sowie die verwendeten Waffen- und Munitionssorten einen Einfluß auf die Schallausbreitung im Emissionsbereich haben.

Um Hinweise über einzelne Einflußgrößen zu erhalten, ist zunächst untersucht worden, welche Meßpunkthöhe für die Emissionsmessungen zweckmäßig ist. Es wurden zwei Meßpunkthöhen - 5 m und 10 m oberhalb der Standsohle - gewählt. Dabei ist anzumerken, daß auch die Meßpunkte in 5 m Höhe schon oberhalb der Schießblendenoberkante lagen. Sodann wurde die Pegelabnahme auf verschiedenen Schießständen mit unterschiedlichen Aufbauten ermittelt. Die Pegelabnahme der Schußsignale wurde verglichen mit der Pegelabnahme eines Dauersignales in gleicher Meßpunkthöhe. Zur Darstellung der Pegelverteilung oberhalb des gesamten Schießstandes wurde die Zahl der Meßpunkte - siehe hierzu auch den Abschnitt "Anordnung der Meßpunkte" - auf 12 erhöht. Weitere auf einem Stand unter vergleichbaren Bedingungen durchgeführte Messungen sollten Hinweise geben zum Einfluß von Waffen- und Munitionssystemen. Abschließende Untersuchungen mit größeren Meßwertkollektiven sollten Aussagen zur Streuung der Pegelwerte ermöglichen.

Sollten durch die Strukturuntersuchungen im Emissionsbereich Einflußgrößen erkennbar werden und sich durch entsprechende Meßanordnungen berücksichtigen lassen, so könnten die Meßwerte sowohl zur Kennzeichnung der Emission als auch für Ausbreitungsrechnungen herangezogen werden.

##### 4.1. Pegelabnahme entlang der mittleren Längsachse in verschiedenen Höhen

Auf den Schießständen 1 und 2 sind in 5 m und 10 m Höhe die Schußsignale gleichzeitig an den oberhalb der benutzten Schießbahn angeordneten Meßpunkten 1 ... 4 gemessen worden. Als Waffen wurden das KK-Gewehr Typ 2 und die Pistole Typ 2 eingesetzt.

##### 4.1.1. Munitionssorte Typ 2, Eley-Club (Abb. 7)

Die Darstellung der Ergebnisse, hier Mittelwerte aus Schußserien von jeweils 10 Schuß, lassen erkennen, daß die Pistolenschüsse auf dem Platz durchweg lauter waren als die Gewehrschüsse. Beim Pistolenschießen nahmen die Schall-

pegel mit wachsender Entfernung von der Schallquelle ab. Beim Gewehrschießen war diese Abnahme gar nicht oder nur schwach ausgeprägt. Auf einem Schießstand stieg der Pegel im Zielbereich sogar an, was später auch an weiteren Schießständen beobachtet werden konnte. Im Vergleich der beiden Meßhöhen läßt sich feststellen, daß die Pegel in 5 m Meßhöhe nahe der Abschußstelle deutlich höher lagen als in 10 m Meßhöhe. Am Mp. 2 - d.h. in 18,75 m Entfernung von der Schallquelle - waren diese Unterschiede jedoch schon stark vermindert; manchmal traten ab hier in 10 m Höhe sogar höhere Pegel auf als in 5 m Meßhöhe.

#### 4.1.2. Munitionssorte Typ 3, RWS High Velocity (Abb. 8)

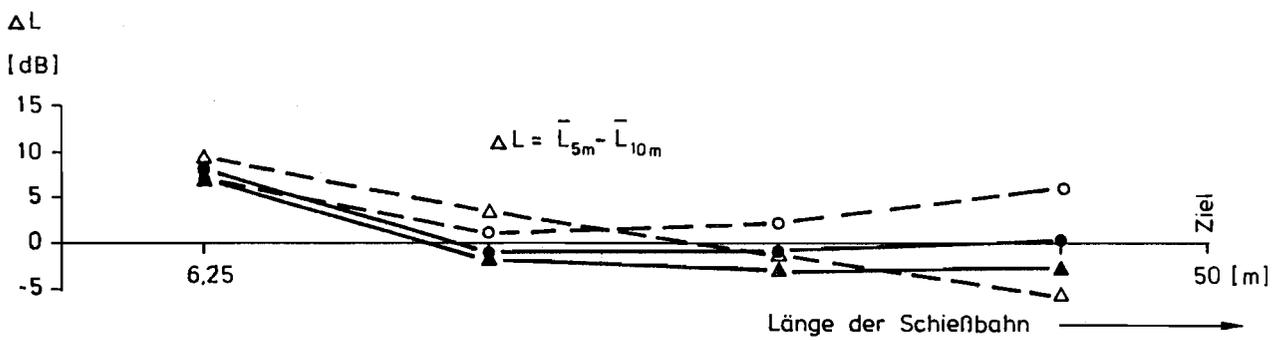
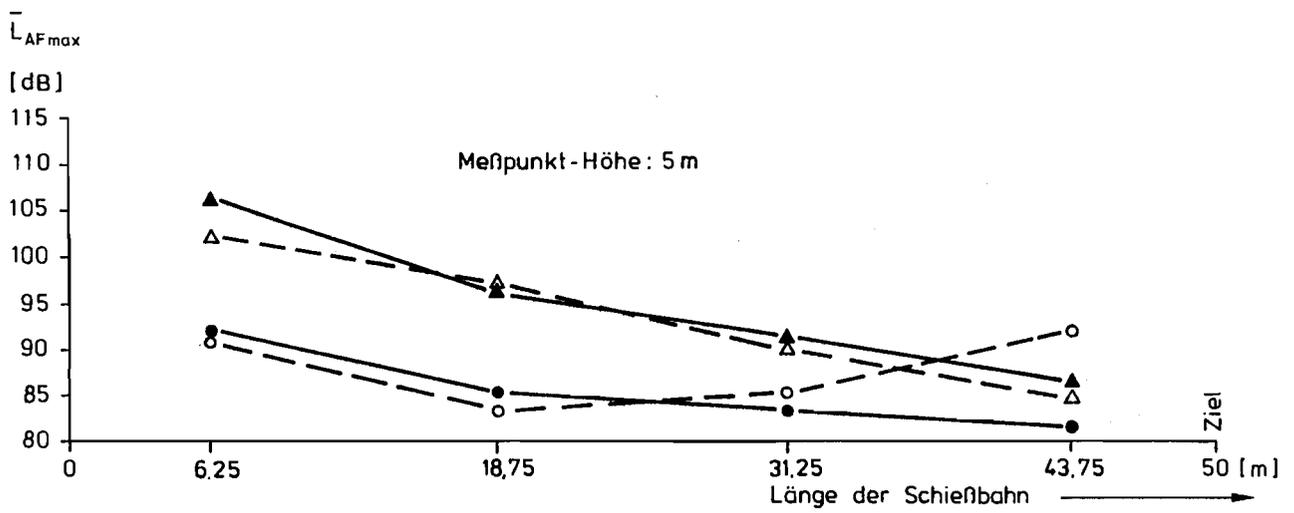
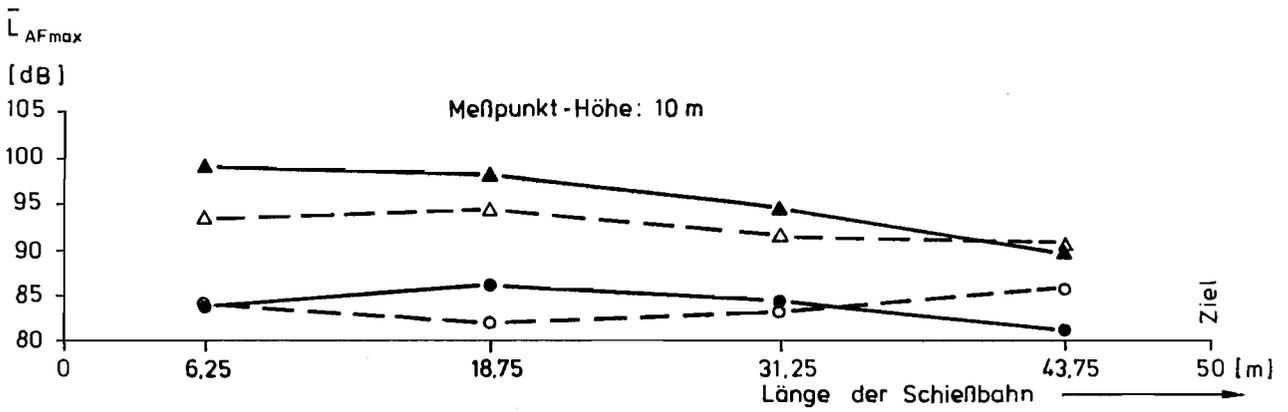
Wie zu erwarten, lag das Pegelniveau bei diesen - zumindest in der Anfangsphase mit Überschallgeschwindigkeit fliegenden Geschossen - über dem der Munitionssorte Eley-Club. Es waren jedoch keine großen Pegelunterschiede zwischen Gewehr- und Pistolknall zu beobachten. Auch der Abfall der Pegel mit wachsendem Abstand von der Schallquelle war beim Pistolenschießen erst im letzten Drittel der Geschößflugbahn zu erkennen. Die gegenüber der Meßhöhe von 10 m in 5 m Höhe größeren Schallpegel lagen bei dieser Munitionssorte praktisch über der gesamten Bahnlänge vor.

Die in den Abbildungen 7 und 8 für die beiden Meßhöhen 5 m und 10 m dargestellten Pegelverläufe lassen keine zwingende Notwendigkeit für die Wahl einer bestimmten Meßhöhe erkennen. Es entsteht lediglich der Eindruck, daß in 10 m Meßhöhe der Pegelverlauf insgesamt etwas gleichförmiger erfolgte, so daß diese Meßhöhe bei den nachfolgenden Untersuchungen vorwiegend benutzt wurde.

#### 4.2. Pegelabnahme entlang der mittleren Längsachse auf verschiedenen Schießständen

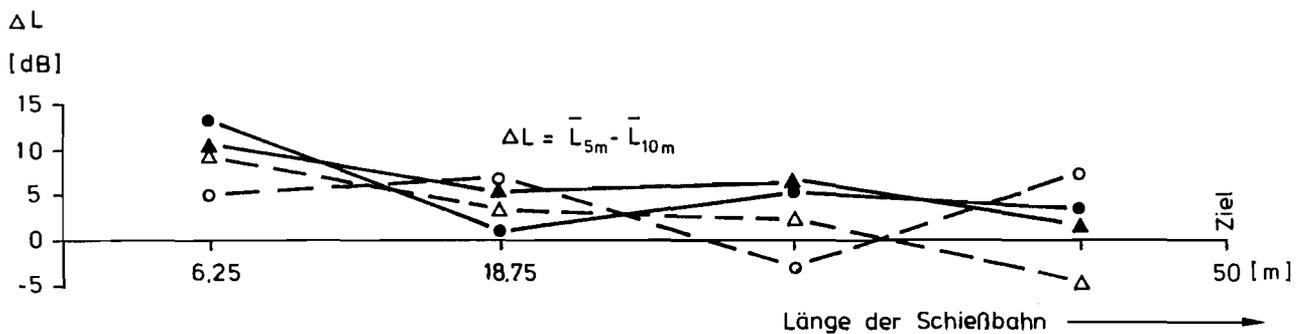
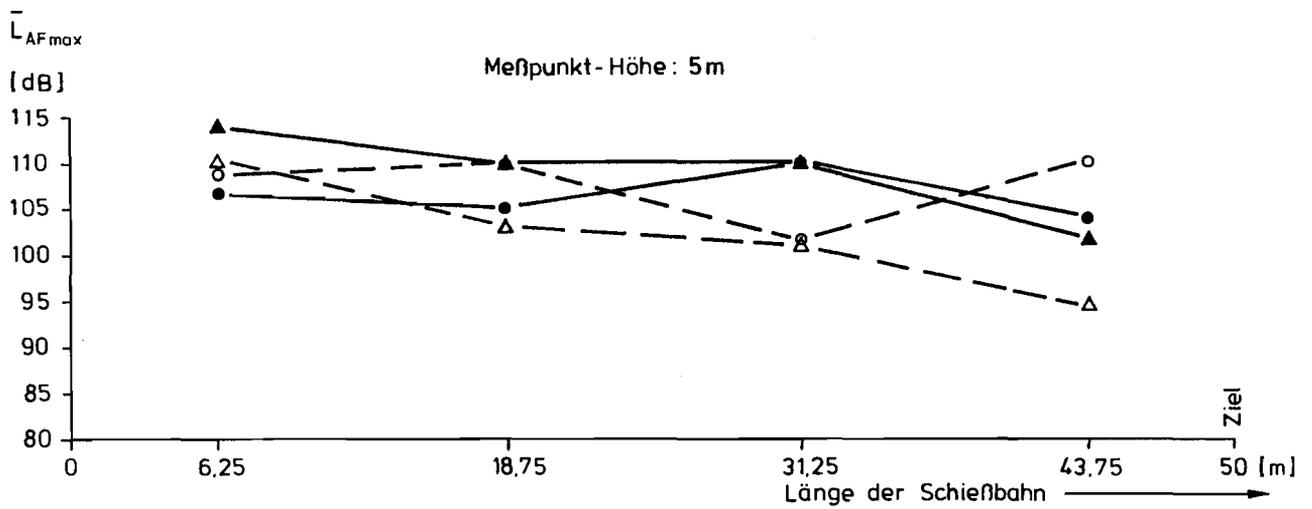
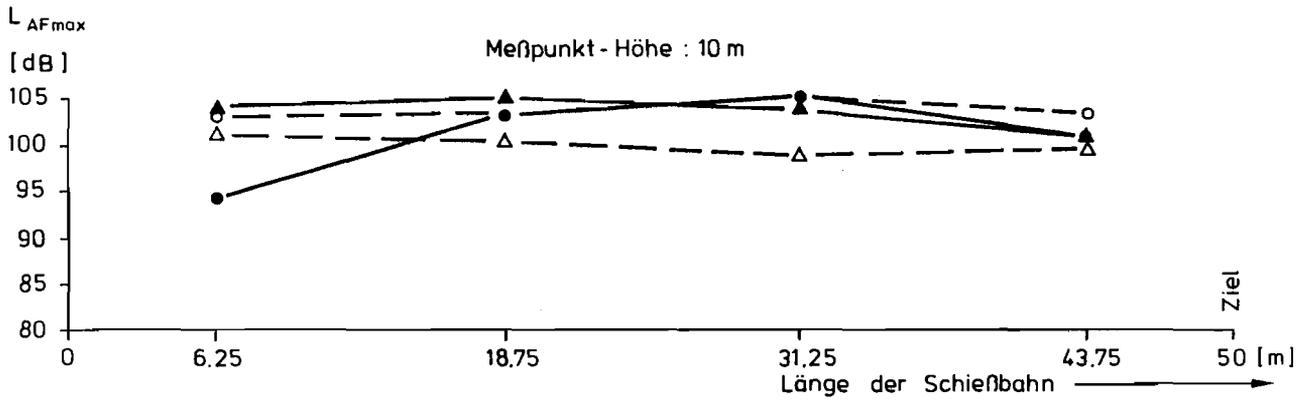
Wie die Abbildungen 7 und 8 erkennen lassen, ist die Pegelabnahme der Schußsignale in Abhängigkeit von der Entfernung zur Schallquelle in der Regel wesentlich geringer als die Pegelabnahme nach dem Abstandsgesetz. Um zu prüfen, ob dieser Effekt u.U. durch die baulichen Gegebenheiten der Schießständen selbst hervorgerufen wird, sind unter Beibehaltung von Waffen und Munition Untersuchungen an den Schießplätzen 1, 2 und 4 ausgeführt worden, bei denen im Hinblick sowohl auf die Schützenstandüberbauung als auch die Zahl und Anordnung der Schießblenden in gewissem Maße Unterschiede bestanden. Die Plätze 5, 6 und 7 zeichnen sich demgegenüber durch große Schützenstandüberbauungen bzw. eine Schallschleuse aus, sie sind deshalb mit den o.g. Plätzen nicht vergleichbar und wurden hier nicht betrachtet.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist in Abb. 9 dargestellt. Man erkennt, daß trotz andersartiger baulicher Gegebenheiten im Trend die Pegelverläufe gleich bleiben. Beim Pistolenschießen ergab sich eine geringe Pegelabnahme zum Platzen. Größere Unterschiede in den Pegelwerten waren hier nur deshalb im Nahbereich der Quelle festzustellen, weil sich der Mp. 1 am Schießstand 2 noch



Stand 1 : Munition Eley-Club, ●—● Gewehr, ▲—▲ Pistole  
 Stand 2 : Munition Eley-Club, ○- - -○ Gewehr, △- - -△ Pistole

Abb. 7:  
 Pegelverlauf entlang der mittleren Längsachse von Schießständen in verschiedenen Höhen oberhalb der Standsohle; Munition: Eley-Club



Stand 1 : Munition RWS HV, ●—● Gewehr, ▲—▲ Pistole  
 Stand 2 : Munition RWS HV, ○- - -○ Gewehr, △- - -△ Pistole

Abb. 8:  
 Pegelverlauf entlang der mittleren Längsachse von Schießständen in verschiedenen Höhen oberhalb der Standsohle; Munition: RWS HV

oberhalb der Schützenstandüberbauung und damit im teilweise abgeschirmten Bereich befand. Bei den Ergebnissen des Gewehrschießens ist ebenfalls zu erkennen, daß die Pegel zum Platzende hin kaum abnahmen. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung kann geschlossen werden, daß die baulichen Gegebenheiten der betrachteten Schießstände 1, 2 und 4 keinen nennenswerten Einfluß auf die Pegelverläufe in der gewählten Meßhöhe haben.

#### 4.3. Pegelabnahme entlang der mittleren Längsachse bei einem Dauersignal

In einer weiteren Untersuchungsreihe sollte geprüft werden, ob die Zeitstruktur der Signale oder die Richtwirkung der Quellen dazu beitragen, daß keine bzw. nur geringe Pegelabnahmen auf dem Schallausbreitungsweg innerhalb der Schießstände erfolgen. Auf mehreren KK-Schießständen wurden deshalb die Pegelabnahmen entlang der Längsachse bei Abstrahlung und Messung eines Dauergeräusches ermittelt. Für diese Versuche wurde an den Abschubstellen ein Lautsprecher installiert, mit dem ein Oktavrauschen mit der Mittenfrequenz 1000 Hz abgestrahlt wurde. Der Pegel dieses Dauergeräusches wurde in Abständen von 2 m entlang der Längsachse des jeweiligen Standes in 10 m Höhe gemessen. Abb. 10 zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchungen auf den Schießständen 3 und 4, die sich bezüglich der Platzaufbauten (Zahl und Anordnung der Schießblenden) deutlich unterschieden. Wie die Ergebnisse erkennen lassen, ergab sich ein gleichmäßiger Abfall der Schallpegel mit zunehmendem Abstand von der Schallquelle, die Schießblenden haben offenbar keinen großen Einfluß auf die Pegelverläufe. Über die gesamte Standlänge von 50 m wurde in diesen beiden Fällen eine Pegelabnahme von 10 bzw. 16 dB(A) beobachtet; bei Schießknallen waren die Pegelabnahmen deutlich geringer, siehe hierzu z.B. Schießstand 4 in Abb. 9.

Bei den Lautsprecherversuchen waren die Zeitstruktur und die Richtwirkung der Quellen gegenüber den Schußsignalen verändert. Obwohl beide Einflußgrößen experimentell nicht weiter getrennt wurden, wird vermutet, daß insbesondere die Richtwirkung der Waffen dafür verantwortlich ist, daß sich die Pegel der Schußsignale auf den Schießständen mit wachsendem Abstand von der Quelle nicht nennenswert vermindern.

#### 4.4. Pegelverteilung oberhalb des gesamten Schießstandes

Bislang sind die Schußsignale immer nur entlang der mittleren Längsachse der Schießstände betrachtet worden. Es wurde aber auch geprüft, mit welchen Pegeln an anderen Stellen einer in 10 m Höhe angenommenen Deckfläche zu rechnen ist, wenn auf der mittleren Schießbahn des Standes geschossen wird. Als Ergebnisse sind nachfolgend beispielhaft diejenigen Meßwerte dargelegt, die am Stand 4 ermittelt worden sind. Dieser Stand hatte bei einer Breite von 7,3 m insgesamt sechs nebeneinander liegende Schießbahnen. Geschossen wurde hier immer auf der Bahn 4, die verwendeten Waffen und die Munitionssorte sowie die Meßpunkthöhe wurden bei allen Schußserien beibehalten. Zunächst ist gleichzeitig an den Meßpunkten 1 ... 4 oberhalb der benutzten Schießbahn gemessen worden. Für die

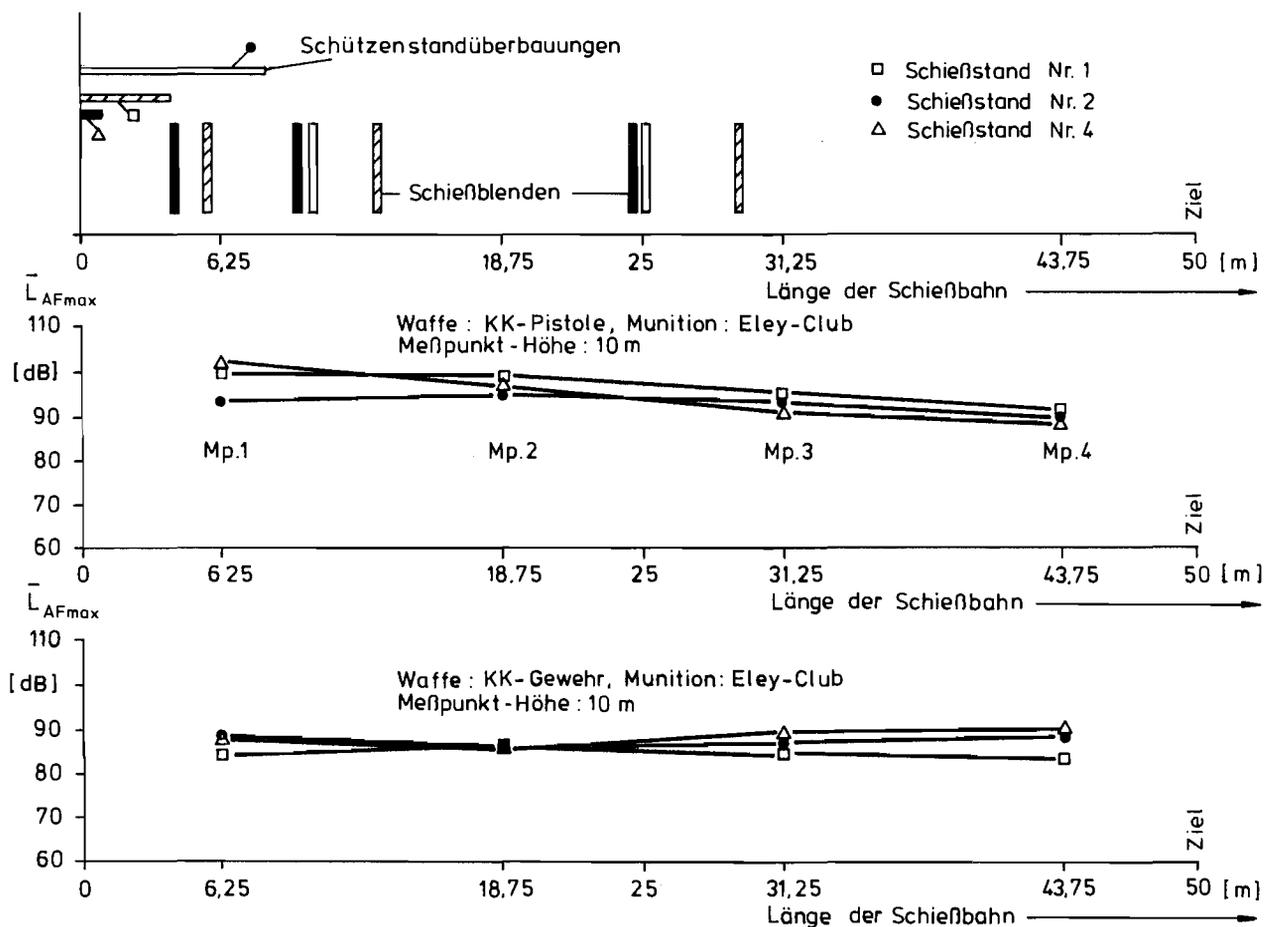


Abb. 9:  
 Pegelverlauf entlang der mittleren Längsachse und in 10 m Höhe oberhalb der Standsohle auf verschiedenen Schießständen mit unterschiedlichen baulichen Gegebenheiten unter Beibehaltung der Waffen und der Munition

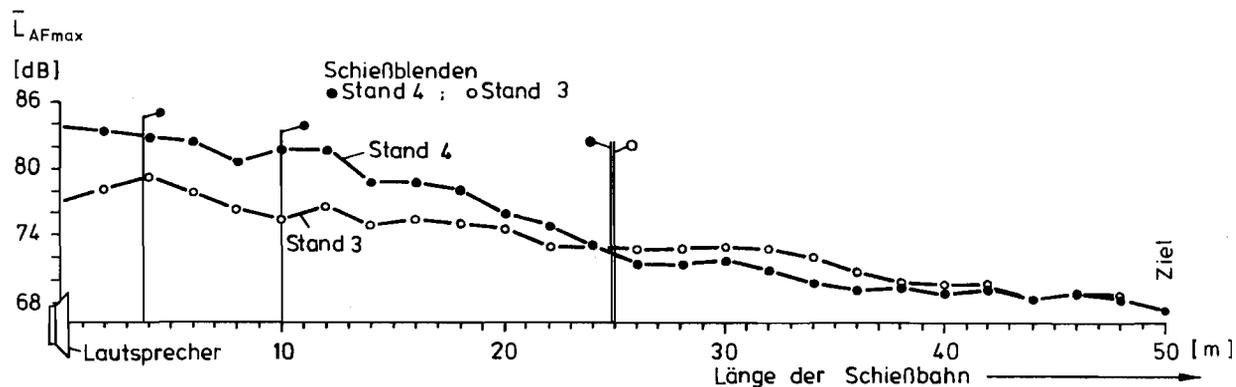


Abb. 10:  
 Pegelverlauf entlang der mittleren Längsachse und in 10 m Höhe oberhalb der Standsohle auf verschiedenen Schießständen mit unterschiedlichen Aufbauten bei Abstrahlung eines Dauergeräusches

weiteren Schußserien wurden die Mikrofone oberhalb der Schießbahn 1 mit gleichzeitiger Messung an den Meßpunkten 5 ... 8 bzw. oberhalb der Schießbahn 6 mit gleichzeitiger Messung an den Meßpunkten 9 ... 12 angeordnet. Abb. 3 zeigt die Lage der Meßpunkte für diese Untersuchungsreihe. In der nachfolgenden Tabelle sind die Mittelwerte der Schußserien zusammengestellt.

Pistole: Typ 1; Munition: Typ 1

Mp.	$L_{AFmax}$ [dB]	Mp.	$L_{AFmax}$ [dB]	Mp.	$L_{AFmax}$ [dB]
12	88,5	4	88,1*	8	87,5
11	89,6	3	89,2*	7	89,2
10	98,6	2	97,5*	6	99,7
9	98,8	1	102,1*	5	100,4

Gewehr: Typ 1; Munition: Typ 1

Mp.	$L_{AFmax}$ [dB]	Mp.	$L_{AFmax}$ [dB]	Mp.	$L_{AFmax}$ [dB]
12	98,3	4	99,2*	8	99,6
11	101,1	3	100,0*	7	100,8
10	96,9	2	97,1*	6	97,4
9	95,0	1	98,8*	5	96,6

\* oberhalb der benutzten Schießbahn

Die in Abb. 11 auf der Basis vorstehender Pegelwerte kariert angelegte "Deckfläche" soll die Pegelverteilung 10 m oberhalb der Standsohle des Schießstandes 4 beim Schießbetrieb mit beiden Waffen verdeutlichen.

Vergleicht man die Mittelwerte an den quer zur Schußrichtung gelegenen Meßpunkten miteinander, so zeigen sich nur geringe Abweichungen; die größten Unterschiede traten an den der Abschußstelle nächstliegenden Meßpunkten auf; sie betragen hier beim Gewehrschießen 3,8 dB. Die Tabellenwerte lassen weiterhin erkennen, daß die an der Abschußstelle lautereren Pistolenknalle zum Ende der Flugbahn hin leiser werden. Beim Gewehrschießen traten die höchsten Pegel in der dritten Meßpunktreihe - d.h. in ca. 31 m Abstand von der Abschußstelle - auf; sie waren am Ende der Schießbahn auch auf diesem Stand immer noch höher als in der Nähe der Abschußstelle.

Obwohl vorstehend nur die am Stand 4 gewonnenen Ergebnisse dargestellt sind, zeigen die Untersuchungen an den anderen KK-Schießständen den gleichen Trend. Insgesamt läßt sich aus den Ergebnissen ableiten, daß die Pegelverteilung über dem Platz sehr gleichmäßig ist, wenn nur auf der mittleren Bahn geschossen

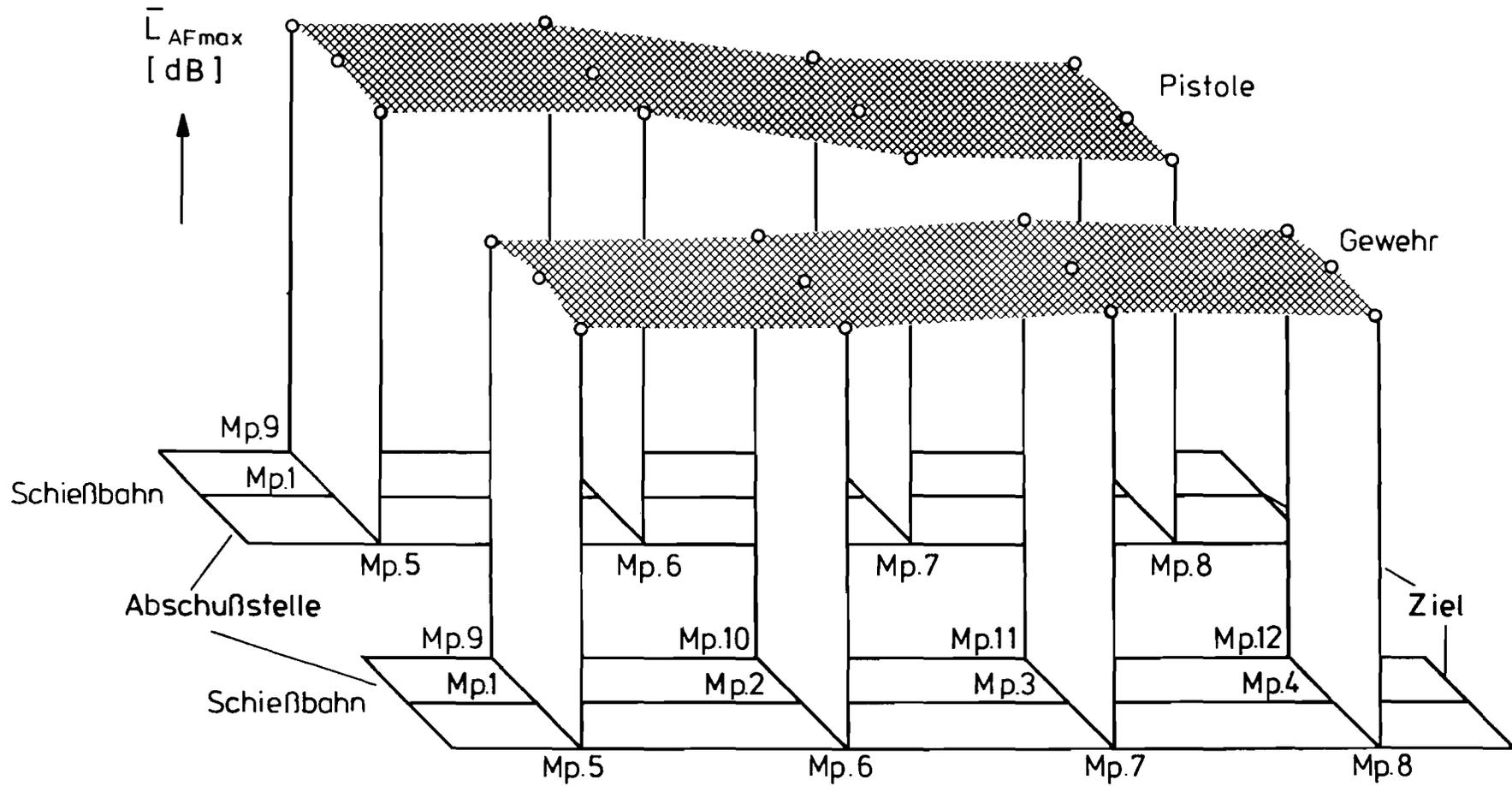


Abb. 11:  
Pegelverteilung in 10 m Höhe oberhalb der Standsohle eines Schießstandes beim  
Pistolen- bzw. Gewehrschießen; Munition: RWS Standard

wird. Dieses Ergebnis rechtfertigt auch die in nachfolgenden Untersuchungen vorgenommene Reduzierung der Meßpunkte auf die mittlere Meßpunktreihe.

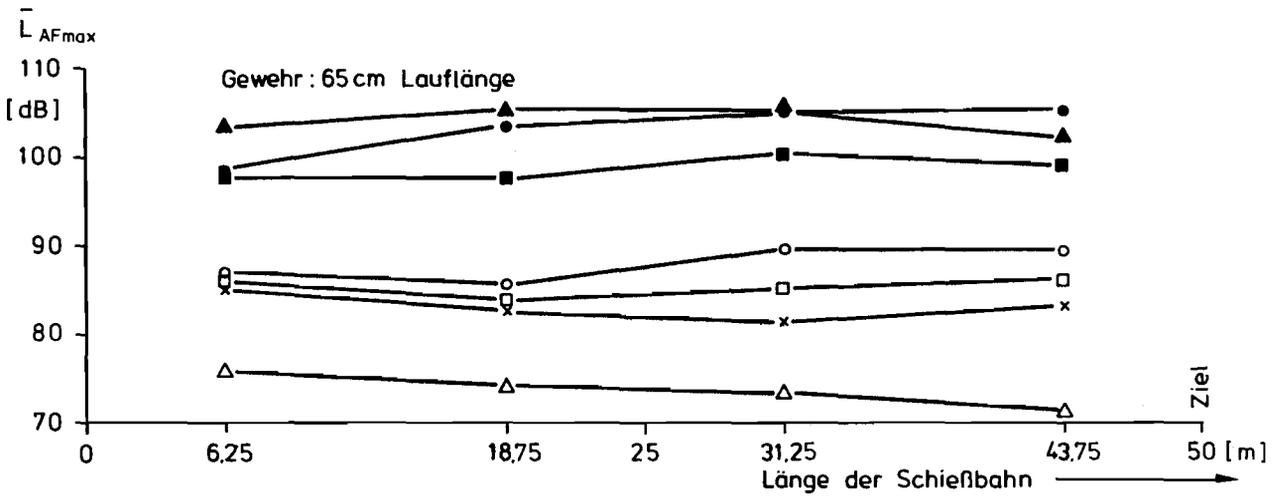
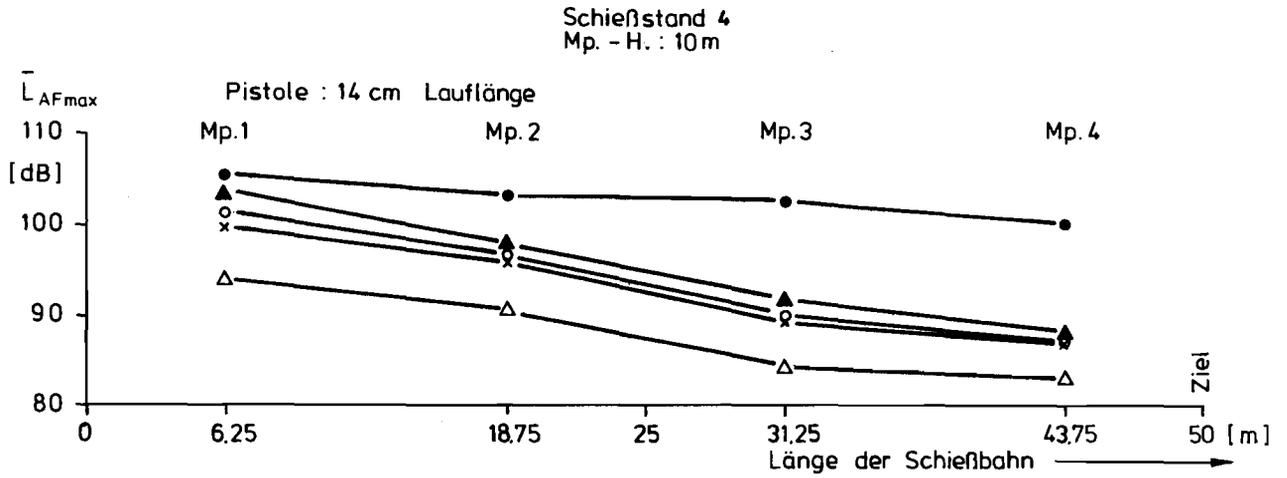
#### 4.5. Einfluß der Geschosßgeschwindigkeit auf den Emissionspegel

Die Ergebnisse in den Abbildungen 7 und 8 weisen auf eine Abhängigkeit der Emissionspegel von der Fluggeschwindigkeit der Geschosse hin. Da auf den KK-Schießständen die unterschiedlichsten Munitionssorten verschossen werden, ergab sich aufgrund vorstehender Erkenntnisse die Frage, in welchem Umfang die Anfangsfluggeschwindigkeit  $v_0$  der Geschosse den Emissionspegel überhaupt beeinflusst. Untersuchungen hierzu wurden auf dem Schießstand 4 durchgeführt. Geschossen wurde wiederum auf der mittleren Bahn des Standes; gemessen wurde gleichzeitig an den Meßpunkten 1 ... 4 der mittleren Längsachse in 10 m Höhe. Die Waffen - Gewehr Typ 2, Pistole Typ 1 - wurden bei allen Versuchen beibehalten; die verwendete Munition dagegen variierte bezüglich der Geschosßgeschwindigkeit. Die tatsächlichen Anfangsfluggeschwindigkeiten  $v_0$  der Geschosse wurde nicht überprüft; die genannten Geschosßgeschwindigkeiten in der nachfolgenden Auflistung basieren auf Herstellerangaben.

Für die Untersuchungsreihe wurde folgende Munition mit den angegebenen Typ-Bezeichnungen der Hersteller verschossen:

Munitionssorte	$v_0$ (m/s)
RWS Z	220
RWS Subs.	305
RWS R50	325
Eley-Club	325
RWS Standard	330
RWS High Velocity	400
Remington Yellow Jacket	500

In der Abb. 12 sind die Mittelwerte der Schallpegel aus Schußserien von jeweils 10 Schuß an den vier Meßpunkten der mittleren Längsreihe aufgetragen. Bei beiden Waffen erkennt man eine deutliche Abhängigkeit der Schallpegel von der Anfangsfluggeschwindigkeit der Geschosse, die wiederum abhängig war von der Art und Menge der Pulverladung. Betrachtet man die Ergebnisse beim Pistolenschießen, so fallen die deutlich höheren Pegel beim Verschießen der Munition Remington auf. Offenbar fliegt das Geschosß, selbst aus dieser Waffe verschossen, bis zum Ende des Schießstandes noch mit Überschallgeschwindigkeit. Die übrigen Munitionssorten zeigen zum Platzende hin die schon früher festgestellten Pegelabnahmen. Im Gegensatz hierzu bleiben beim Gewehrschießen wegen der größeren Richtwirkung dieser Waffe die Pegel nahezu konstant. Deutlich abgesetzt von den mittleren Pegelwerten der anderen Munitionssorten sind hier die Schallpegel der Geschosse, deren Anfangsfluggeschwindigkeit im Bereich oder



**Munitionsorte / v<sub>0</sub> [m/s]**

Remington / 500 ●—●  
 RWS Sub./305 x—x  
 RWS Sta./330 ■—■

RWS HV/400 ▲—▲  
 RWS Z / 220 △—△

Eley-Club/325 ○—○  
 RWS R50/325 □—□

Abb. 12:

Pegelverlauf entlang der mittleren Längsachse und in 10 m Höhe oberhalb der Standsole auf einem Schießstand unter Beibehaltung der Waffen und Verwendung unterschiedlicher Munitionsorten

oberhalb der Schallgeschwindigkeit liegen. Im Überschallbereich wird von dem Geschoß an jedem Punkt der Flugbahn der Überschallknall hervorgerufen und - wie bei den Flugzeugen - als Schleppe hinter dem Geschoß hergezogen. Zusammen mit dem üblicherweise vorhandenen Mündungsknall kann der Geschoßknall zu einer Erhöhung des gemessenen Schallpegels führen.

In den Abbildungen 13 und 14 sind die Ergebnisse an den Meßpunkten 3 und 4 über der Anfangsfluggeschwindigkeit aufgetragen. Es ist deutlich zu erkennen, daß in dem Bereich, in dem die Geschosse mit geringerer Geschwindigkeit als der Schallgeschwindigkeit fliegen, der Schallpegel offenbar von der Ladung (Art und Menge) abhängig ist. Fliegen die Geschosse jedoch mit Überschallgeschwindigkeit - siehe hierzu die Ergebnisse an den Mp. 3 und 4 beim Gewehrschießen - so ist diese Abhängigkeit nicht mehr erkennbar.

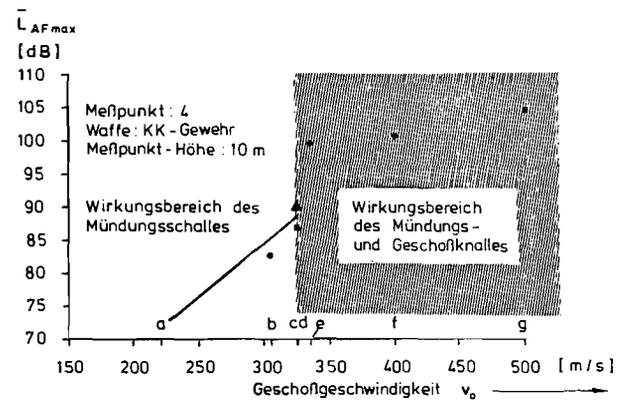
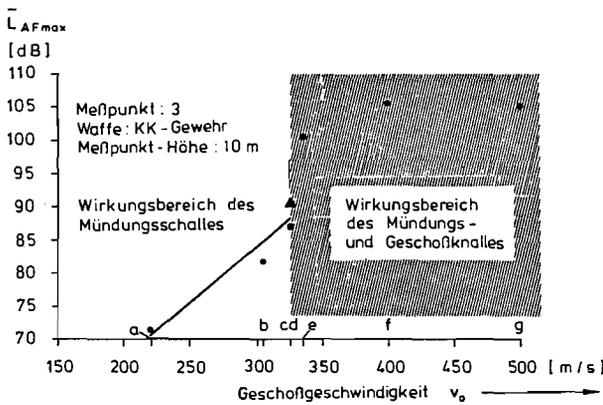
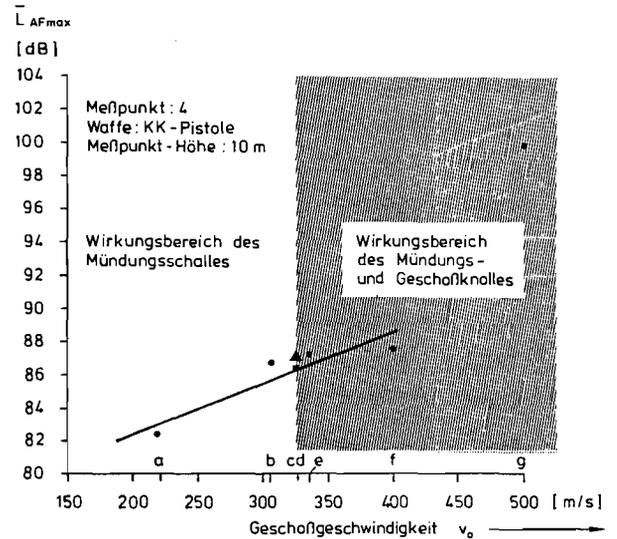
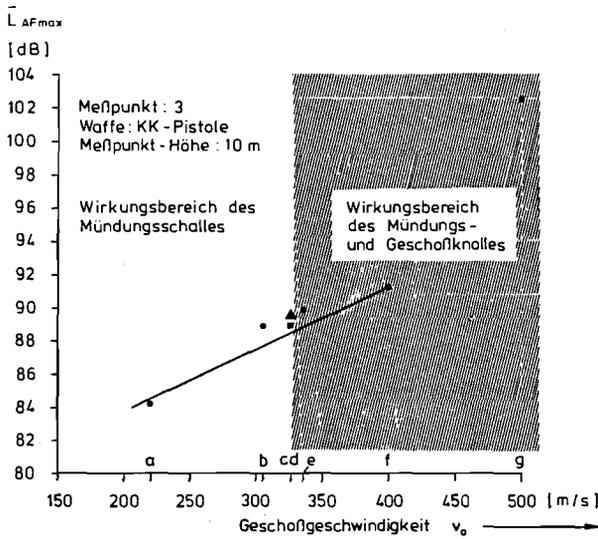
Die Firmenangaben über die Anfangsfluggeschwindigkeiten der Geschosse basieren auf Messungen beim Verschießen dieser Munition aus Waffen mit bestimmter Lauflänge. Aus den vorliegenden Ergebnissen beim Pistolenschießen ist zu entnehmen, daß bei kurzläufigen Waffen diese Fluggeschwindigkeit nicht erreicht wird, vgl. hierzu die Ergebnisse bei Verwendung der Munitionssorten RWS Standard und RWS High Velocity.

#### 4.6. Einfluß der Waffen auf den Emissionspegel

Wenn die Lauflänge die Fluggeschwindigkeit der Geschosse und damit auch den Schallpegel der Schußsignale beeinflusst, müßten unterschiedliche Waffen bei Verwendung einer Munitionssorte ebenfalls unterschiedliche Pegel hervorrufen. Auf dem Schießstand 4 wurden deshalb in einer weiteren Untersuchungsreihe Waffen mit verschiedenen Lauflängen eingesetzt. Als Munition wurde gleichbleibend die Sorte RWS Standard ( $v_0$  nach Herstellerangaben 330 m/s) verwendet. Bei den KK-Gewehren, die im üblichen Schießstandbetrieb eingesetzt werden, variiert die Lauflänge nur in begrenztem Maße; im allgemeinen haben die Turniergewehre Lauflängen von 65 ... 70 cm. Im vorliegenden Fall konnte jedoch auch ein Gewehr mit einer Lauflänge von 55 cm in die Untersuchung einbezogen werden. Bei den KK-Faustfeuerwaffen sind unterschiedliche Lauflängen üblich. Die hier untersuchten Waffen hatten Lauflängen von 10 cm bis 25 cm.

Abb. 15 zeigt die Ergebnisse als Mittelwerte von Schußserien mit jeweils 10 Schuß. Bei den Faustfeuerwaffen zeigte sich zunächst, daß Pistolenschüsse einen höheren Schallpegel hervorrufen als Schüsse, die aus einem Revolver abgefeuert werden. Bei beiden Waffenarten sind die Schallpegel mit größer werdender Lauflänge geringer. Die Ergebnisse beim Schießbetrieb mit der "Freien Pistole" (Lauflänge 25 cm) sprechen nur im ersten Augenschein dagegen. Hier wird das Geschoß, bedingt durch die größere Lauflänge, vermutlich schon Überschallgeschwindigkeit erreicht haben, so daß sich hierbei Mündungs- und Geschoßknall zu höheren Pegeln hin addiert haben.

Beim Gewehrschießen fällt zunächst auf, daß bei allen Gewehrtypen die Pegel-



gewählte Munition a: RWS Z; b: RWS Sub; c: Eley - Club ▲;  
für beide Waffen: d: RWS R50 ●; e: RWS St.; f: RWS HV; g: Remington

Schallpegel in 10 m Höhe oberhalb der Standsohle in Abhängigkeit von der Anfangsfluggeschwindigkeit verschiedener Munitionssorten

Abb. 13:  
Meßpunkt 3

Abb. 14:  
Meßpunkt 4

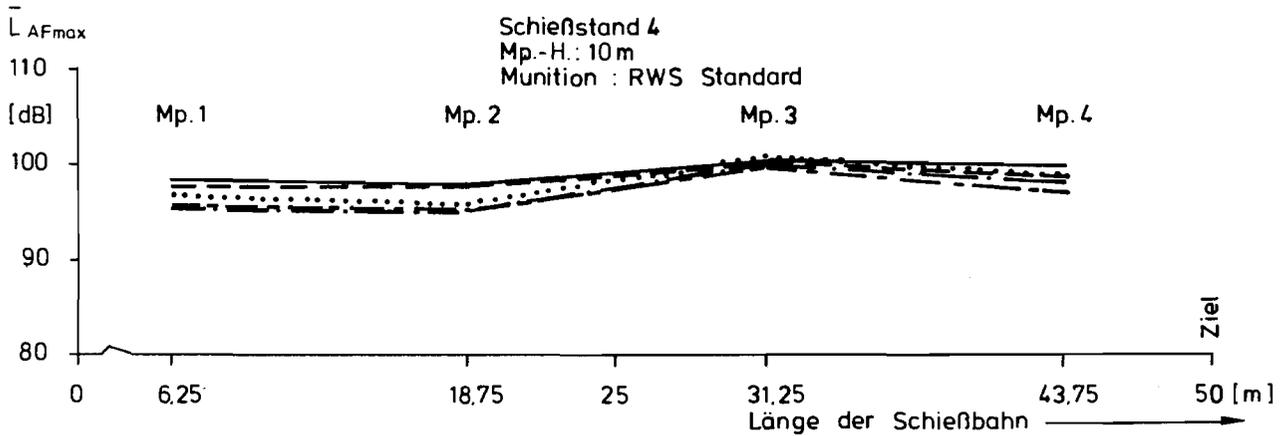
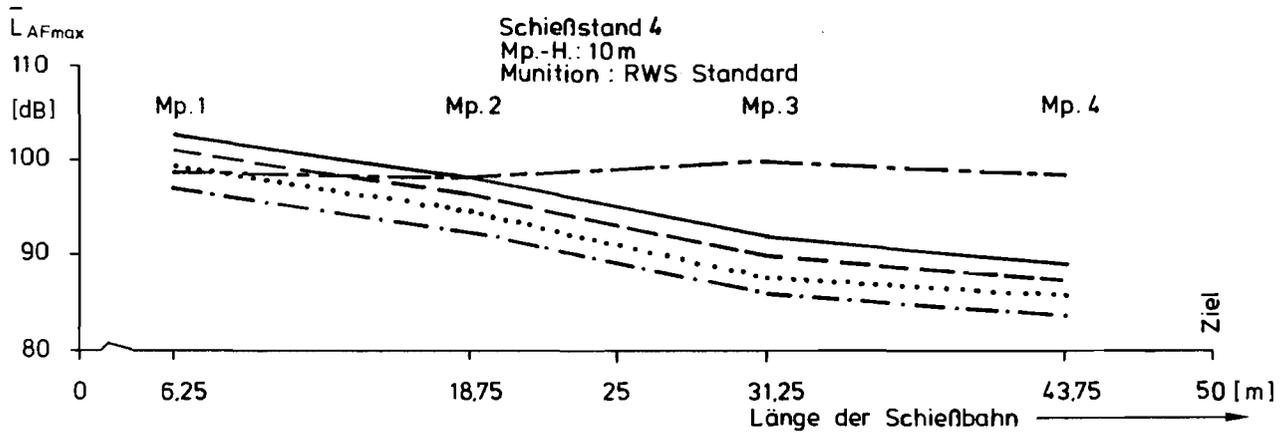


Abb. 15:

Pegelverlauf entlang der mittleren Längsachse und in 10 m Höhe oberhalb der Standsohle unter Beibehaltung der Munitionssorte und Verwendung von Waffen mit unterschiedlichen Lauflängen

werte zum Standende hin eher zunehmen - vgl. dazu auch Abb. 9. Die höchsten Pegelwerte wurden aber im Bereich des Meßpunktes 3 festgestellt. Vermutlich ist dies auf eine Eigentümlichkeit des Standes in Verbindungen mit der Richtcharakteristik beim Gewehrschießen zurückzuführen. Als Untersuchungsergebnis bleibt festzuhalten, daß bei dieser Waffe keine deutliche Abhängigkeit der Pegel von der Lauflänge besteht. Insgesamt lassen die beiden letzten Untersuchungen jedoch einen Einfluß der Waffen- und Munitionssysteme erkennen.

In [2] ist ein Vergleich unterschiedlicher Schrotmunitionssorten beschrieben. Die dazu wiedergegebenen Meßwerte zeigten allerdings bei kleinerer Stichprobenzahl keine sortenbedingten Pegelunterschiede. Dagegen war bei der KK-Munition eine deutliche Abhängigkeit der Schallpegel von der Anfangsfluggeschwindigkeit  $v_0$  der Geschosse festzustellen

#### 4.7. Mehrfachwiederholung von Messungen in der "Deckfläche" eines Schießstandes

Auf dem KK-Schießstand 3 sind unter weitgehendst konstant gehaltenen Randbedingungen bezüglich der Meßgeräte, der Meßorte, der Waffen, der Munition, der Schußzahl, der benutzten Schießbahn und des Bewuchszustandes Emissionsmessungen 5fach wiederholt worden. Zwischen den einzelnen Messungen lag ein Zeitraum von mindestens 48 Stunden. Die Meßpunktanordnung entsprach derjenigen des Abschnittes "Pegelverteilung oberhalb des gesamten Schießstandes". Geschossen wurde auch hier auf der mittleren Bahn des Schießstandes, als Munition wurde die Sorte RWS Standard verwendet. An den jeweils 4 Meßpunkten einer Längsreihe ist gleichzeitig gemessen worden, die Meßhöhe betrug 10 m.

In Abb. 16 sind die Meßergebnisse zusammengestellt. Wiedergegeben sind die Mittelwerte und Standardabweichungen für jede Schußserie von 10 Schuß je Meßtag sowohl beim Schießen mit der Pistole Typ 1 über alle Meßtage als auch mit dem Gewehr Typ 1; weiter sind die Mittelwerte und die Spannweite, hier als Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten  $L_{AFmax}$ -Wert, aufgetragen.

Aus den Meßergebnissen läßt sich folgendes ableiten:

Die Schwankungen der Pegelwerte innerhalb einer Schußserie - s. h. die Standardabweichungen  $s$  - sind beim Pistolenschießen geringer als beim Gewehrschießen. Die Schwankungsbreite der Mittelwerte aus den Wiederholungsmessungen ist beim Pistolenschießen - siehe Spalte M - ebenfalls geringer als beim Gewehrschießen. Insgesamt ergaben sich demnach bei diesen Untersuchungen für die Faustfeuerwaffe stabilere Meßwerte als für die Langwaffen. Im Hinblick auf die Pegelverteilung in der "Deckfläche" zeigten auch die an diesem Stand gewonnenen Ergebnisse, daß beim Pistolenschießen die höchsten Schallpegel an den der Abschußstelle nächstliegenden Meßpunkten auftraten und sich zum Standende hin verminderten. Der Pegelabfall - bezogen auf die Mittelwerte über alle Meßtage - betrug in Abhängigkeit von der jeweils betrachteten Meßpunkt-Längsreihe 5 bis 8 dB.

Schießstand 3  
 Mp. - Höhe: 10 m; Munition: RWS Standard  
 ● Gewehr; X Pistole

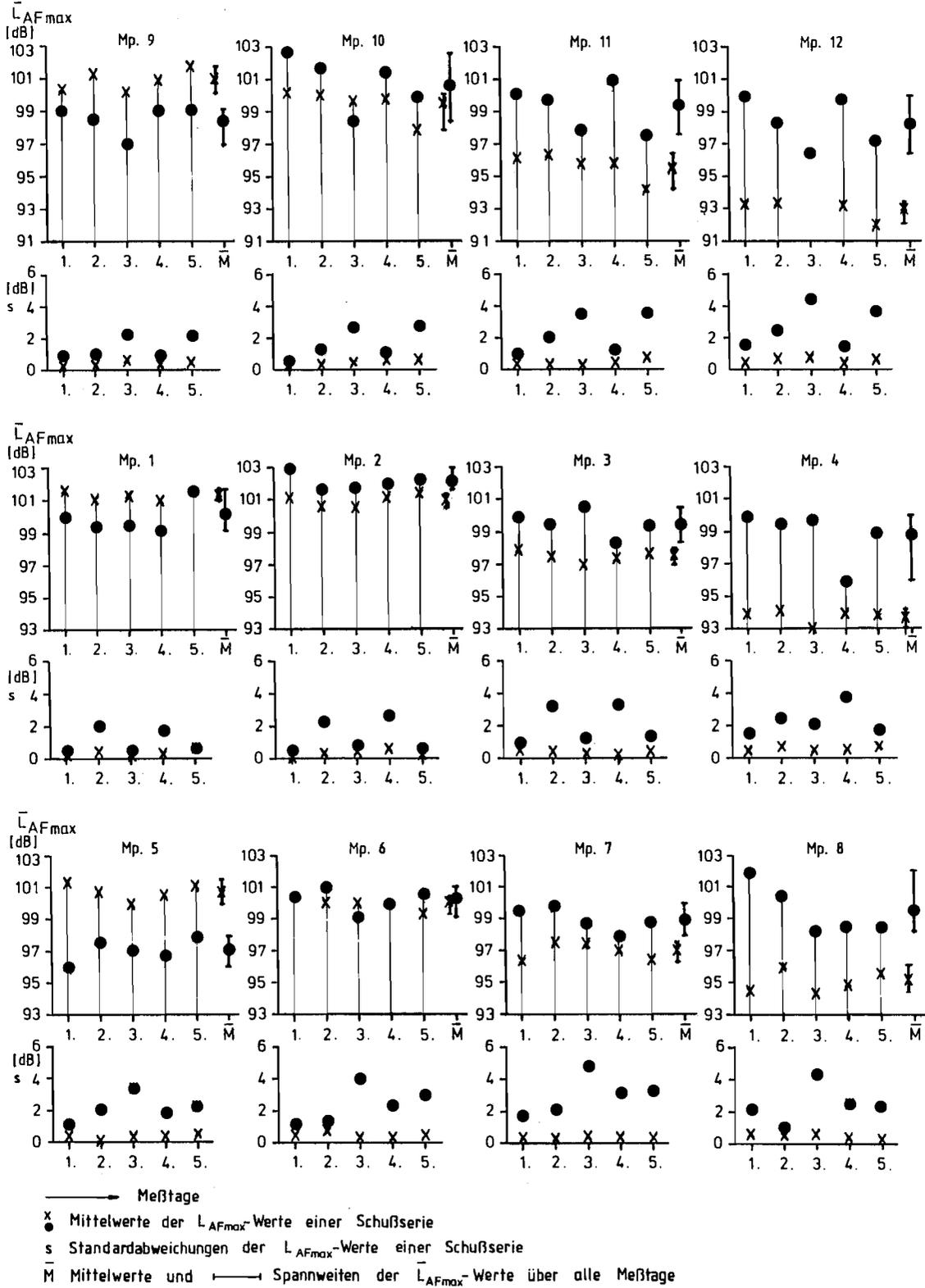


Abb. 16:  
 Mittelwerte und Standardabweichungen von Schußserien bei Mehrfachwiederholungen von Messungen in 10 m Höhe oberhalb der Standsole unter vergleichbaren Bedingungen

Auch beim Gewehrschießen zeigte sich das aus früher beschriebenen Untersuchungen schon bekannte Bild. Die höchsten Schallpegel traten auf diesem Stand nicht in der ersten, sondern in der zweiten Meßpunktreihe - d.h. in ca. 19 m Entfernung von der Abschußstelle - auf. Im Vergleich der Mittelwerte über alle Meßtage zwischen der Meßpunktreihe in Abschuß- und Zielnähe ergaben sich in Abhängigkeit von der betrachteten Meßpunkt-Längsreihe Pegeländerungen im Bereich von -1 bis +2 dB. Das bedeutet, daß es in der betrachteten Meßebe im Zielbereich ebenso laut war wie in der Nähe der Quelle.

Betrachtet man die Ergebnisse an den einzelnen Meßpunkten, so fallen insbesondere beim Gewehrschießen Eigentümlichkeiten auf, die zunächst noch nicht erklärbar waren. So wurden zum Beispiel in einer Schußserie am 4. Meßtag am Mp. 12 verhältnismäßig hohe Pegelwerte bei geringer Schwankungsbreite der Einzelwerte - s.h. die Standardabweichung  $s$  - ermittelt. Nach Umbau des Mikrofons auf die mittlere Längsachse des Schießstandes lagen bei der nächsten Schußserie dieses Meßtages an den vergleichbaren Meßpunkten 4 verhältnismäßig niedrige Schallpegel bei großer Schwankungsbreite innerhalb der Serie vor. Die Munition für die beiden aufeinander folgenden Schußserien stammte aus einer Packung; die beobachteten Pegelunterschiede können nach unserer Meinung nur durch offenbar unvermeidliche Unregelmäßigkeiten bei der Herstellung der einzelnen Patronen - wie z.B. geringfügig schwankende Ladungsmengen oder nicht gleichbleibende Mischungsverhältnisse der Ladung - erklärt werden.

#### 4.8. Untersuchungen mit größeren Meßwertkollektiven

Auf den Schießständen 1 und 2, die - abgesehen von einer größeren Schützenstandüberbauung im Fall 2 - in ihren sonstigen Gegebenheiten vergleichbar waren, sind über einen längeren Zeitraum hinweg Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt worden, aus den Meßwerten bei größeren Meßwertkollektiven weitere Erkenntnisse über die Ursache der beobachteten Pegelschwankungen zu erhalten.

Die Messungen an den zwölf Meßpunkten in der "Deckfläche" hatten gezeigt, daß in dieser Ebene eine monotone Pegelverteilung vorliegt. Aufgrund dieses Ergebnisses war eine Reduzierung der Zahl der Meßpunkte auf nur noch einen Punkt in der Deckfläche möglich. Bezüglich der Lage dieses Punktes wurden folgende Erkenntnisse berücksichtigt:

Die Pistolenschüsse hatten am Anfang der Schießbahn ihre höchsten Pegel; mit größer werdendem Abstand von der Abschußstelle verminderten sich die Pegelwerte. Bei den Gewehrschüssen lagen die höchsten Pegel etwa in 30 m Abstand von der Abschußstelle; in dieser Entfernung waren auch - vgl. hierzu Abb. 16 - relativ geringe Pegelschwankungen zu beobachten.

Es lag also nahe, bei einer notwendigen Reduzierung der Meßpunktzahl im Emissionsbereich den Meßort in die Zone möglichst geringer Pegelschwankungen für beide Schießarten zu legen. Für diesen Bezugspunkt  $E_0$  bezeichneten Meßpunkt wurde ein Abstand von 25 m von der Abschußstelle gewählt. Der Meßort lag

oberhalb der benutzten mittleren Schießbahn, er markiert, bezogen auf die "Deckfläche", die Mitte des Schießstandes.

Die Messungen erfolgten in Abständen von mehreren Tagen. An jedem Meßtag wurden drei Schußserien mit jeweils 10 Schuß abgegeben. Die Schüsse erfolgten in einem Abstand von ca. 30 Sekunden. Zwischen den Schußserien lag ein Zeitraum von mindestens 2 Stunden. Die benutzten Waffen - Gewehr Typ 2, Pistole Typ 2 - und die verwendeten Munitionssorten - Typ 2 und Typ 3 - wurden über alle Versuche beibehalten.

#### 4.8.1. Munition Eley-Club

In der Abb. 17 sind für das Gewehr- und Pistolenschießen die Ergebnisse als Schwankungsbreiten je Schußserie mit ihrem Mittelwert und ihrer Standardabweichung angegeben. Außerdem wurden für beide Waffenarten und beide Schießstände die Spannweiten der Mittelwerte aller Schußserien dargelegt. Wie schon früher festgestellt, verursachen auf beiden Ständen die Pistolenknalle die höheren Pegelwerte. Allerdings war die Differenz zu den Gewehrknallen auf dem Schießstand 1 mit ca. 14 dB deutlich höher als am Stand 2, auf dem eine Differenz von nur ca. 8 dB ermittelt wurde. Die Standardabweichung der einzelnen Schußserien war beim Pistolenschießen kleiner als beim Gewehrschießen. Betrachtet man jedoch die Schwankungsbreite aller Mittelwerte, so beträgt diese 2 bis 3 dB beim Gewehrschießen, aber 5 dB beim Pistolenschießen. Dies steht im Gegensatz zu den Untersuchungen mit der Munition RWS Standard am Schießstand 3; s. Abb. 16. Die Ergebnisdarstellung läßt weiterhin erkennen, daß am Schießstand 2 - vermutlich wegen der größeren Schützenstandüberbauung - das Pegelniveau allgemein niedriger ist als am Schießstand 1. Dies zeigte sich besonders deutlich beim Pistolenschießen.

#### 4.8.2. Munition RWS High Velocity

Bei der Munitionssorte RWS HV, deren Geschosse zumindest beim Gewehrschießen mit Überschallgeschwindigkeit fliegen, ergaben sich, wie Abb. 18 zeigt, sowohl in den einzelnen Schußserien als auch bei den Wiederholungsmessungen größere Schwankungsbreiten bei insgesamt höherem Pegelniveau. Bedingt durch den Überschallknall lagen bei dieser Munitionssorte die Schallpegel beim Gewehrschießen in der Regel deutlich über denen beim Pistolenschießen.

Zusammenfassend lassen die Ergebnisse bei den hier benutzten Munitionssorten erkennen, daß Pegelschwankungen innerhalb einer Schußserie nicht zufällig auf eine Messung beschränkt waren, sondern auch bei größeren Meßwertkollektiven immer wieder auftraten. Vergleicht man die Spannweiten der Mittelwerte von Schußserien bei der Munition RWS-Standard (Abb. 16, Mp. 2 bzw. Mp. 3) mit denjenigen der Munition Eley-Club (Abb. 17, an dem lagemäßig in etwa vergleichbaren Meßpunkt  $E_0$ ), so scheinen die Schwankungen von Serie zu Serie bei der RWS-Standard geringer zu sein; dies könnte auf Unterschiede bei der Herstellung dieser Munitionssorten hinzuweisen.

Munition: Eley - Club  
 Mp. - Höhe: 10 m  
 Waffen: x = Pistole  
 o = Gewehr

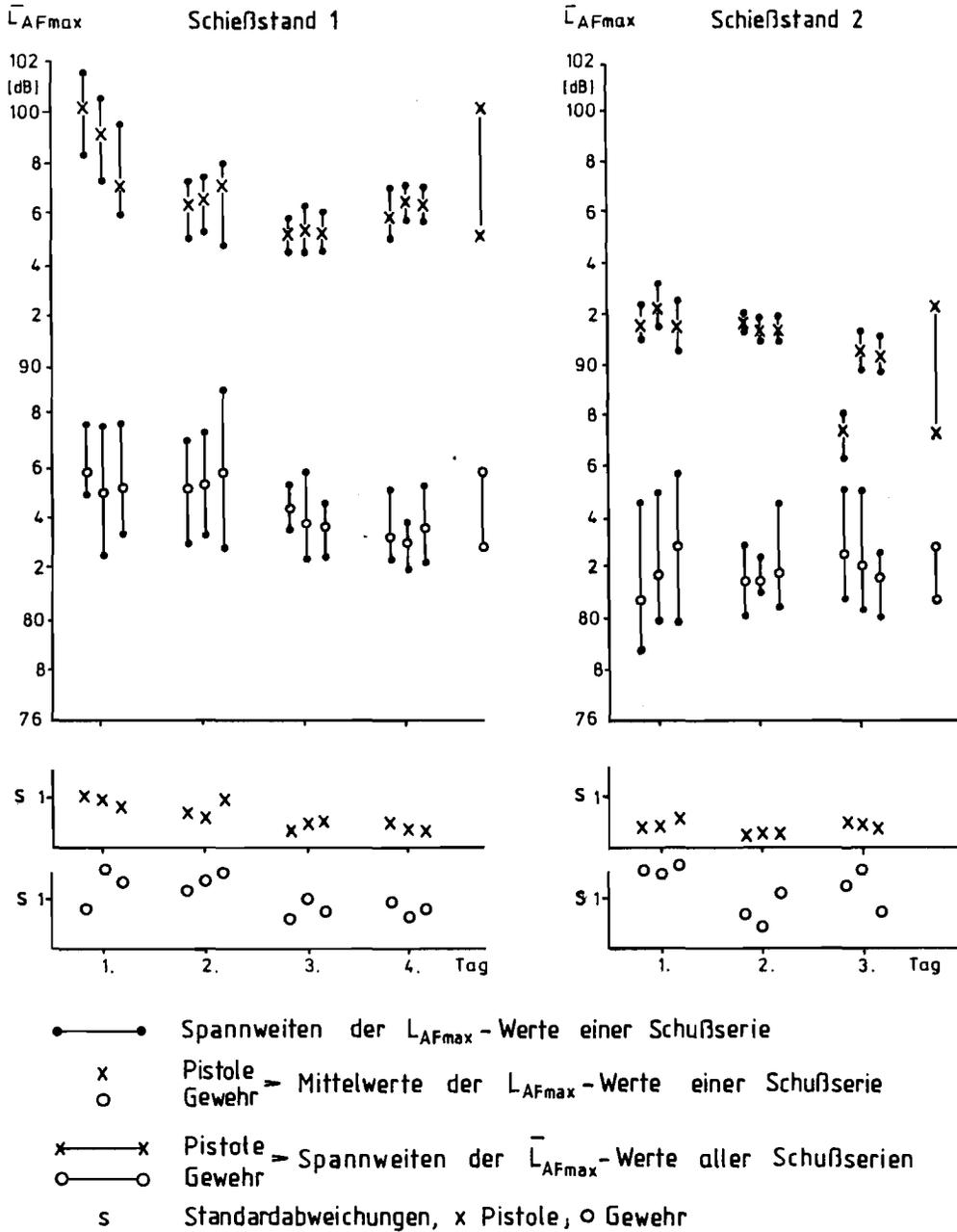


Abb. 17:  
 Spannweiten, Mittelwerte und Standardabweichungen bei Mehrfachwiederholungen bei Messungen (3 bzw. 5 Meßtage mit jeweils 3 Schußserien) in 25 m Abstand von der Abschußstelle und in 10 m Höhe oberhalb der benutzten Schießbahn auf 2 verschiedenen Schießständen; Munition: Eley-Club

Munition: RWS HV  
 Mp. - Höhe: 10 m  
 Waffen: x = Pistole  
 o = Gewehr

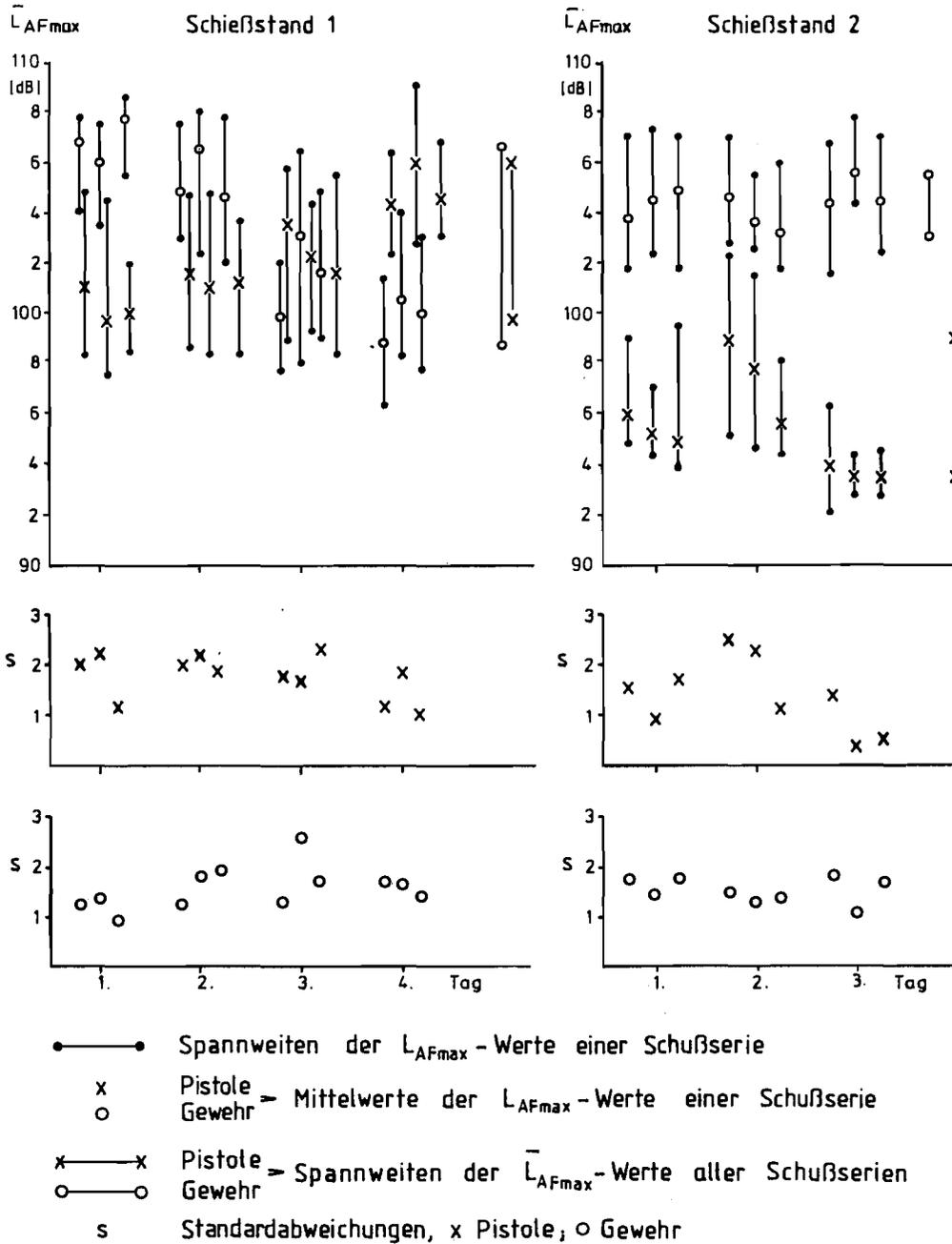


Abb. 18:

Schwankungsbreiten, Mittelwerte und Standardabweichungen bei Mehrfachwiederholungen von Messungen (3 bzw. 4 Meßtage mit jeweils 3 Schußserien) in 25 m Abstand von der Abschußstelle und in 10 m Höhe oberhalb der benutzten Schießbahn auf 2 verschiedenen Schießplätzen; Munition: RWS HV

#### 4.9. Darstellung der Energieinhalte von Schüssen

Pegelunterschiede weisen auf Veränderungen bzw. Verlagerungen der Energieinhalte der Schußsignale hin. Um diese Veränderungen sichtbar zu machen, sind die Schußsignale mittels PCM-Verfahren gespeichert und im Labor über einen digitalen Transientenrekorder ausgewertet worden. Mit dem Transientenrekorder ließen sich jeweils 1000 Abtastwerte darstellen. Die Abtastfrequenz wurde so gewählt, daß bei allen Schüssen sowohl der Mündungsknall als auch Reflexionen erkennbar sind; dies war mit dem wiedergegebenen Zeitraum von 80 ms möglich. Mit der Wahl der Abtastfrequenz ergab sich gerätebedingt eine obere Grenzfrequenz von 5 kHz. Diese Beschränkung ist aber für den hier vorgesehenen Relativvergleich unbedeutend. Bezüglich des Amplitudenmaßstabes ist bei den wiedergegebenen Schallwechseldruckverläufen darauf geachtet worden, daß gleiche Endausschläge eingestellt wurden. Somit lassen sich sowohl im Amplituden- als auch Zeitmaßstab die nachfolgend wiedergegebenen Abbildungen der jeweils 10 Schüsse einer Serie unmittelbar miteinander vergleichen.

In den Abbildungen 19 bis 22 sind für beide Waffen- und Munitionssorten die Schallwechseldruckverläufe von jeweils einer Schußserie zusammengestellt. Um einen Anhalt zu geben, wie sich die Schwankungen des Schallwechseldrucks im Pegelmaß auswirken, ist in jedes Schußbild der gemessene  $L_{AFmax}$ -Wert eingetragen. Die Schüsse mit den jeweils höchsten und niedrigsten Pegeln innerhalb einer Serie sind mit (x) bzw. (o) besonders gekennzeichnet. Die Veränderungen der Energieinhalte bei den Schüssen einer Serie lassen sich aus den Aufzeichnungen unmittelbar ersehen.

Abb. 19 zeigt die Schallwechseldruckverläufe beim Gewehrschießen mit der Munition Eley-Club. Man erkennt etwa 10 ms nach Auslösung des Schusses einen herausragenden Ausschlag, dessen unterschiedliche Stärke bei dieser Schießart offenbar den Schalldruckpegel beeinflusst. Etwa 50 ms nach Auslösung des Schusses sind nochmals Ausschläge zu erkennen, die vermutlich durch Reflexionen hervorgerufen werden, auf dem Schalldruckpegel jedoch keinen nennenswerten Einfluß haben.

Wird die gleiche Munition aus einer Pistole verschossen, so lassen die Aufzeichnungen - Abb. 20 - einen völlig anderen Zeitverlauf erkennen. Hier sind zum Beginn des Signals zwei fast gleichgroße Ausschläge zu beobachten. Der gemessene Schalldruckpegel wird vermutlich durch diese Ausschläge bestimmt.

Beim Verschießen der mit Überschallgeschwindigkeit fliegenden Geschosse RWS HV aus dem Gewehr - Abb. 21 - werden zu Signalbeginn starke Ausschläge hervorgerufen. Es ist anzunehmen, daß diese Ausschläge durch den vom Geschos hervorgerufenen Überschallknall erzeugt werden. Die Annahme wird bestärkt durch den Vergleich mit den Schallwechseldruckverläufen, die sich dann ergeben, wenn die gleiche Munition aus einer Pistole verschossen wird (Abb. 22).

Auch der Überschallknall kann erhebliche Pegelunterschiede aufweisen, wie man aus den Aufzeichnungen der Schüsse 3 und 8 in Abb. 21 entnehmen kann. Darüber

## Waffe: Gewehr, Munition: Eley-Club

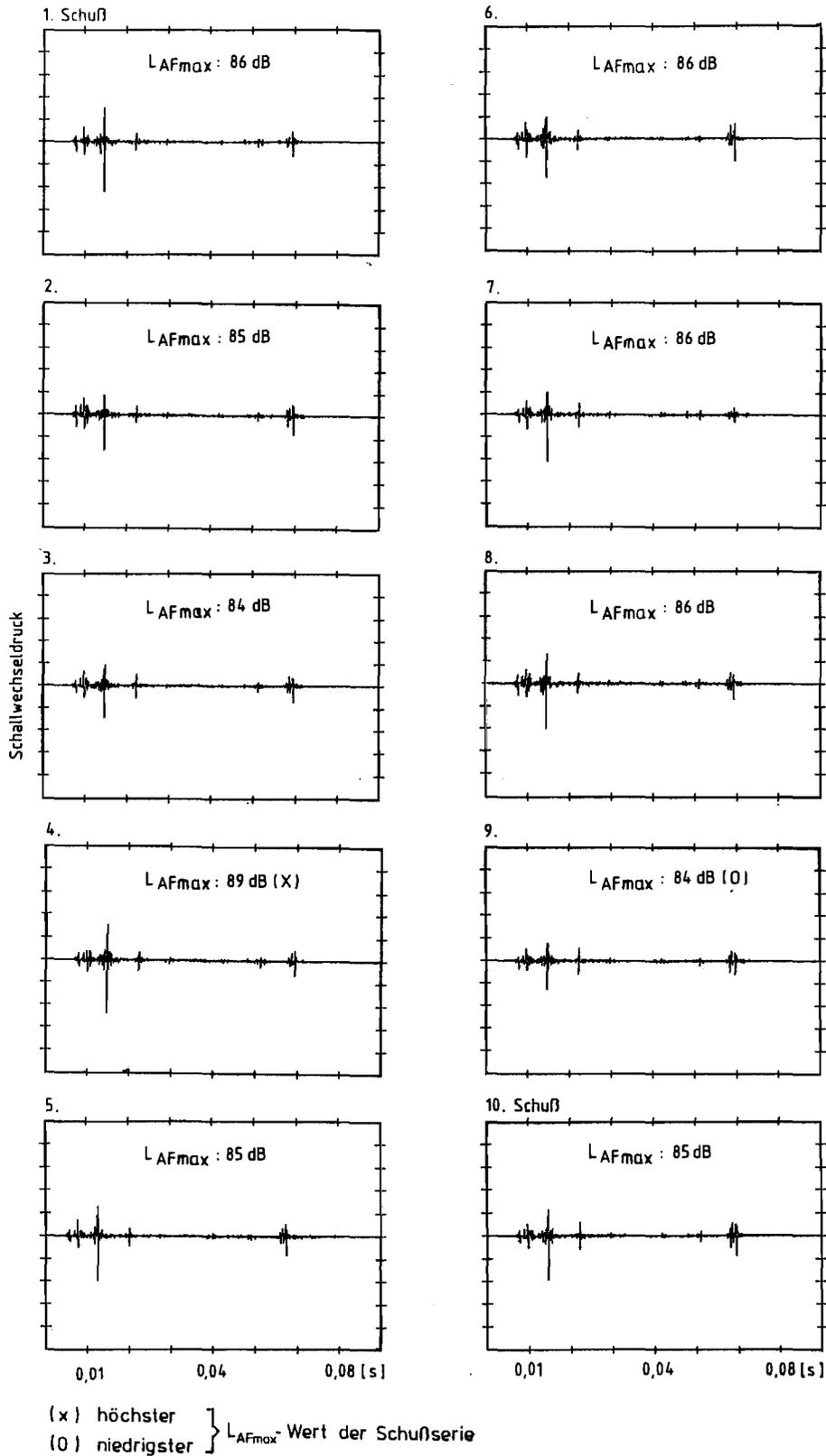


Abb. 19:  
Schallwechseldruckverläufe von 10 Schüssen einer Schußserie in 25 m Abstand von der Abschußstelle und in 10 m Höhe oberhalb der benutzten Schießbahn;  
Waffe: Gewehr; Munition: Eley-Club

## Waffe : Pistole, Munition: Eley - Club

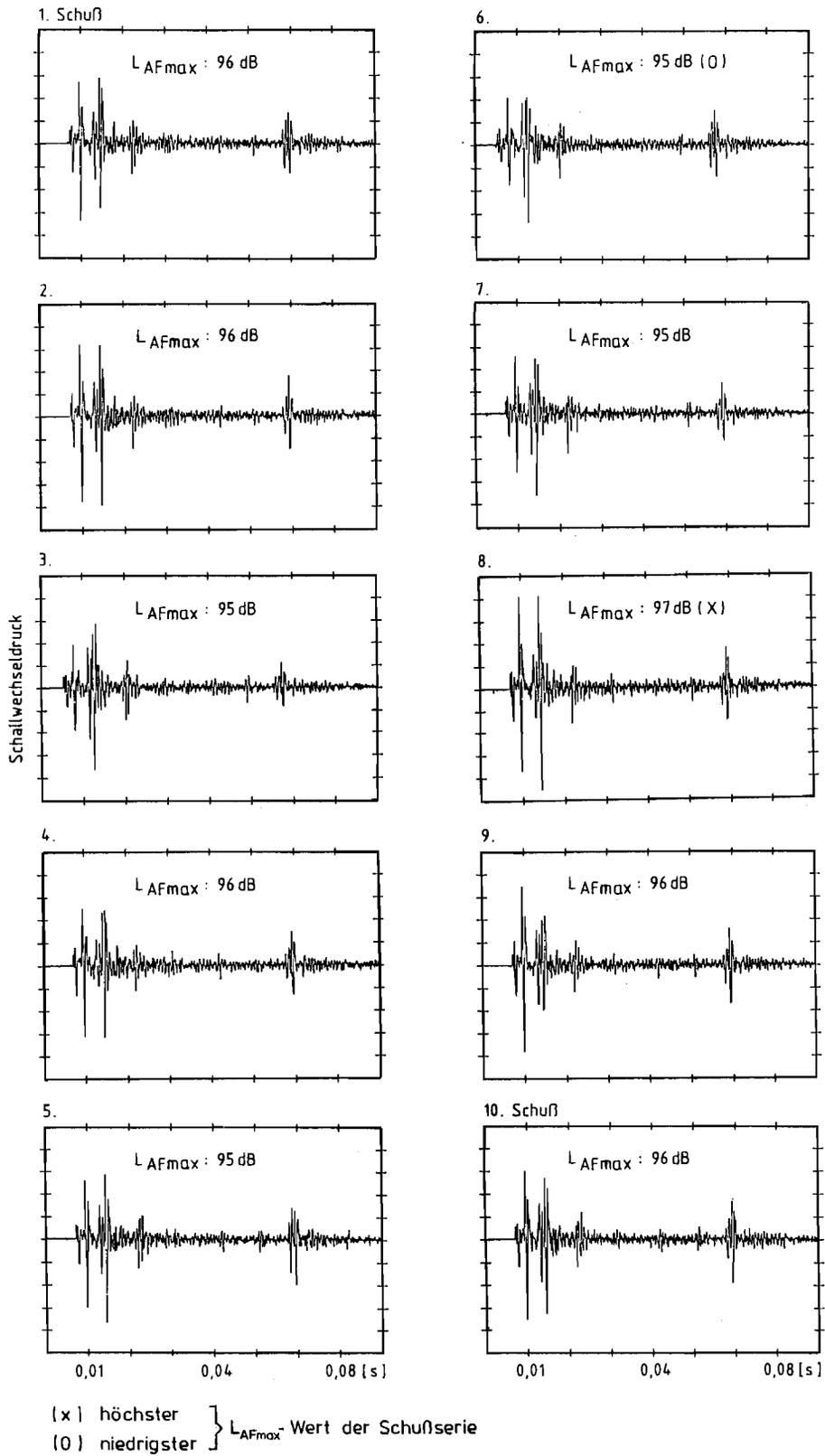


Abb. 20:  
Schallwechseldruckverläufe von 10 Schüssen einer Schußserie in 25 m Abstand von der Abschußstelle und in 10 m Höhe oberhalb der benutzten Schießbahn; Waffe: Pistole; Munition: Eley-Club

## Waffe: Gewehr, Munition: RWS HV

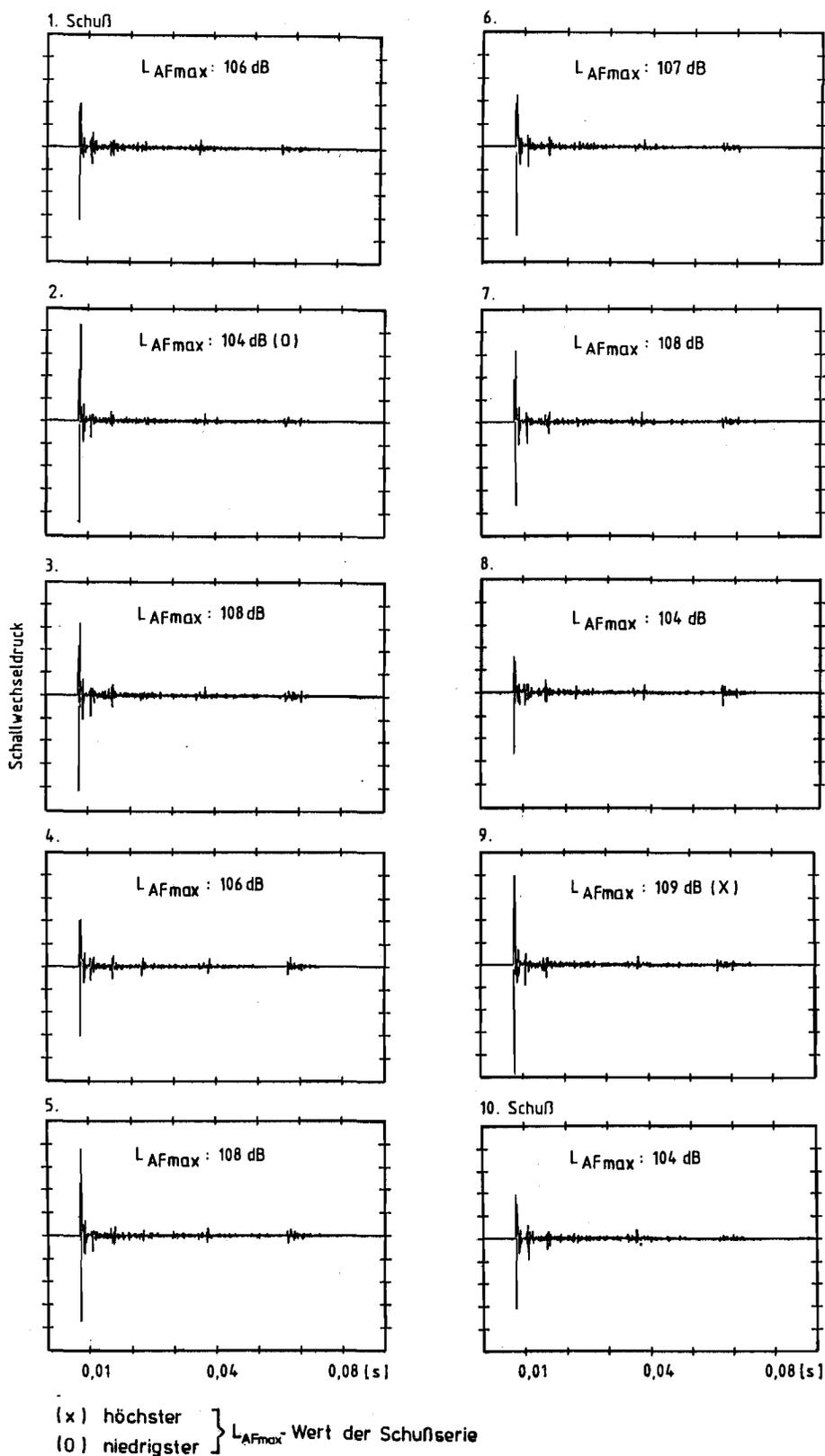


Abb. 21:

Schallwechseldruckverläufe von 10 Schüssen einer Schußserie in 25 m Abstand von der Abschußstelle und in 10 m Höhe oberhalb der benutzten Schießbahn; Waffe: Gewehr; Munition: RWS HV

## Waffe: Pistole, Munition: RWS HV

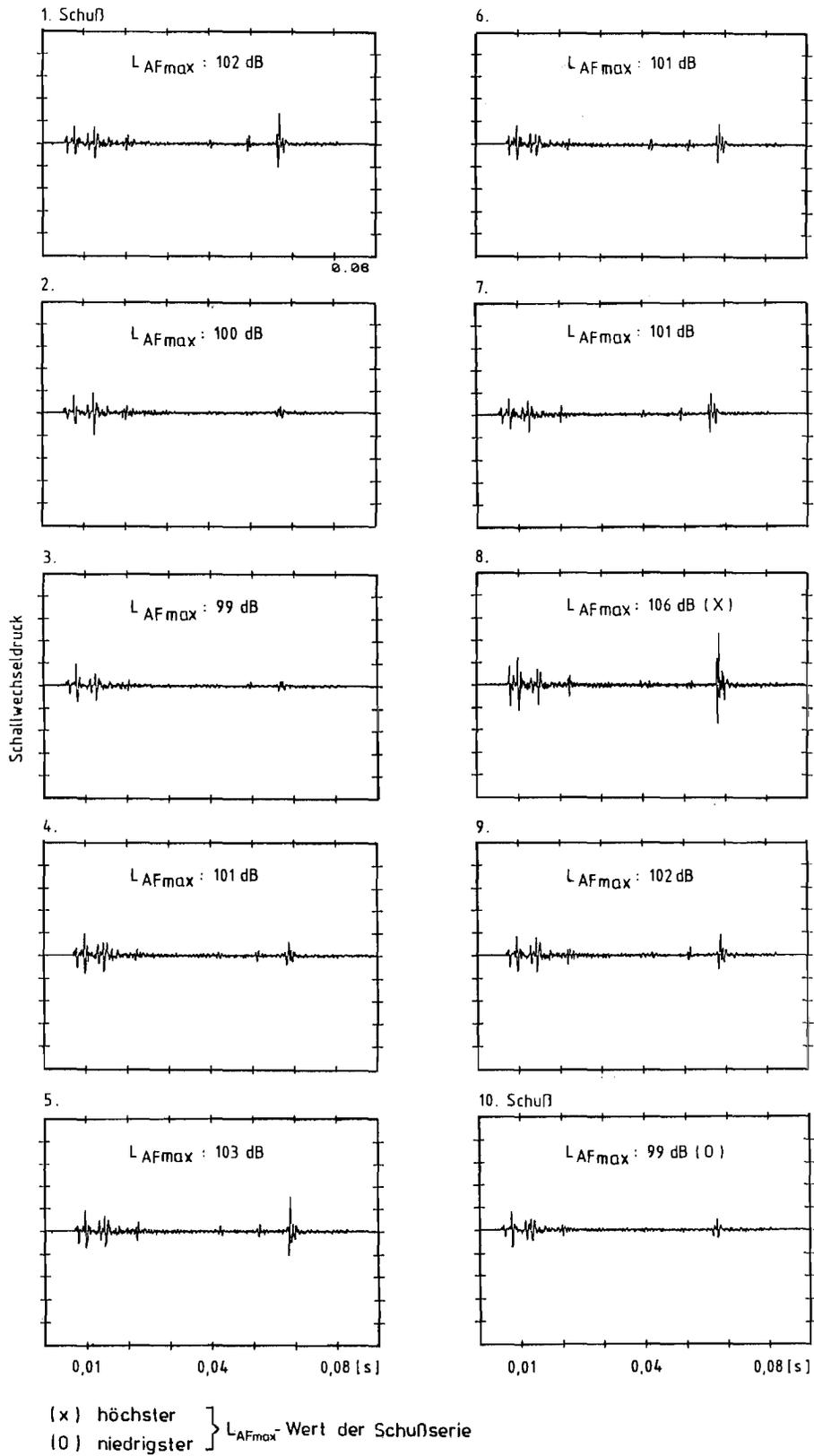


Abb. 22:

Schallwechseldruckverläufe von 10 Schüssen einer Schußserie in 25 m Abstand von der Abschußstelle und in 10 m Höhe oberhalb der benutzten Schießbahn; Waffe: Pistole; Munition: RWS HV

## Waffe: Revolver, Munition: Schreckschuß

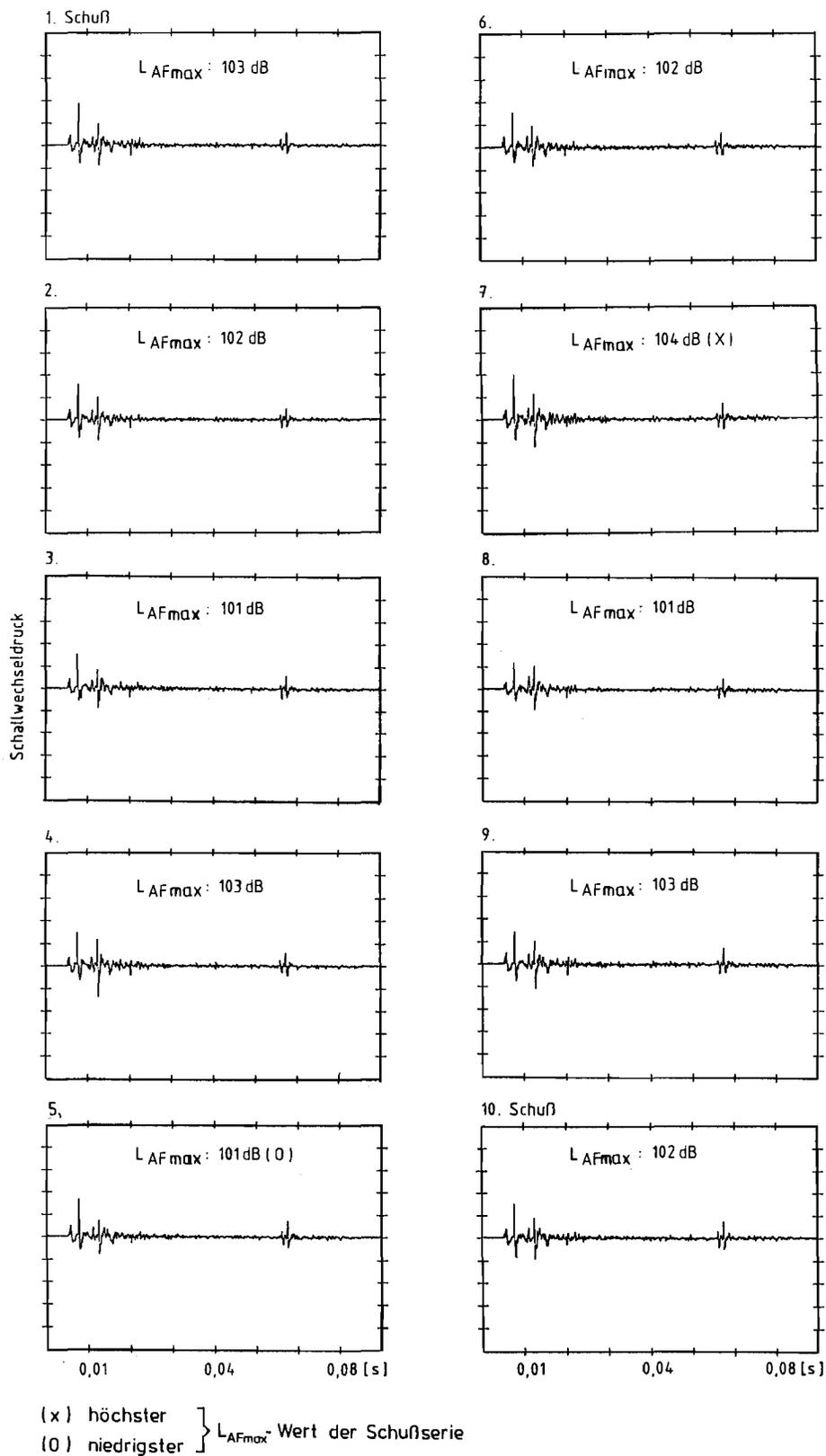


Abb. 23:  
Schallwechseldruckverläufe von 10 Schüssen einer Schußserie in 25 m Abstand von der Abschußstelle und in 10 m Höhe oberhalb der benutzten Schießbahn;  
Waffe: Revolver; Munition: Schreckschuß

hinaus lassen die Aufzeichnungen erkennen, daß die als reflexionsbedingt angenommenen Ausschläge 50 ms nach Signalbeginn beim Gewehrschießen mit der Munition RWS HV nicht oder nur wenig ausgeprägt vorhanden waren. Beim Verschießen dieser Munition aus der Pistole traten diese Reflexionen dagegen wieder auf (Abb. 22).

Für alle vier wiedergegebenen Schußserien gilt, daß große Unterschiede im Schallwechseldruck selbst bei Schüssen auftreten, die in Abständen von nur 30 Sekunden aufeinander folgten. Bei sonst vergleichbaren Randbedingungen liegt die Ursache hierfür vermutlich nur in den Unterschieden von Patrone zu Patrone. Die Unterschiede können bedingt sein durch ungenügend gemischte Ladungen, durch Abweichungen in den Lademengen und evtl. auch durch Toleranzen in der Passung Geschöß/Hülse.

In der Abb. 23 ist eine Schußserie wiedergegeben, die beim Verschießen von Schreckschußmunition aus einem Revolver aufgezeichnet wurde. Bei der Schreckschußmunition ergeben sich gleichförmigere Signalverläufe, was auch durch die geringen Schwankungen der Pegelwerte zum Ausdruck kommt. Aus dieser Schußserie ergibt sich eine Standardabweichung von etwa 1 dB; dieser Wert stimmt mit den in der Tabelle 3.1 des Berichtes von HILLEN [3] für den 25-m-Punkt angegebenen Wert überein.

Die Ergebnisse aus den aufgezeichneten Schußserien bestätigten die Darlegungen der im Abschnitt 4.8 beschriebenen Untersuchungen, daß auch im Nahbereich bei gängiger Munition z.T. große Standardabweichungen der Einzelwerte innerhalb einer Schußserie auftreten können.

#### 4.10. Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse von Messungen im Emissionsbereich

Vergleichende Messungen wurden in 5 m und 10 m Höhe über der Standsole eines Schießstandes ausgeführt. Die Ergebnisse machten nicht zwingend die Bevorzugung einer bestimmten Meßpunkthöhe erforderlich. Da jedoch in 10 m Meßhöhe der Pegelverlauf insgesamt etwas gleichförmiger erfolgte, wurde diese Meßhöhe für die weiteren Untersuchungen vorwiegend benutzt.

Die Tiefe der Schützenstandüberbauungen und die Zahl und Anordnung der Schießblenden haben bei der hier gegebenen geringen Variationsbreite keinen nennenswerten Einfluß auf die Pegel in 10 m Höhe über der Standsole. In der Regel nehmen die Pegel beim Pistolenschießen zum Ende des Standes hin kontinuierlich ab; die Differenz der Mittelwerte zwischen den Meßpunkten in 6,25 m und 43,75 m von der Abschußstelle betrug ca. 6 bis 10 dB. Beim Gewehrschießen war nicht immer eine - wenn auch geringe - Pegelabnahme zu beobachten; in einigen Fällen ergaben sich an den zum Platzende hin gelegenen Meßpunkten sogar höhere Schallpegel als im Nahbereich der Waffe. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Pegelabnahmen, die über die Standlänge von 50 m hinweg bei Abstrahlung eines Dauergeräusches festgestellt wurden; bei Dauergeräuschen ergaben sich Pegel-

abnahmen von 10 bis 16 dB. Die Ursache der geringeren Pegelabnahme bei Schießbetrieb liegt vermutlich in der Richtwirkung der Waffen.

An den längsseitigen Platzbegrenzungen wurden beim Schießen auf der mittleren Bahn keine nennenswert anderen als die in Platzmitte oberhalb der benutzten Schießbahn gemessenen Werte festgestellt. Das bedeutet, daß die Pegelverteilung in der "Deckfläche" über den gesamten Schießstand sehr gleichmäßig ist, wenn auf der mittleren Bahn geschossen wird. Die monotone Pegelverteilung machte für weitergehende Untersuchungen eine Reduzierung der Meßstellen im Emissionsbereich möglich.

Deutliche Unterschiede der Emissionspegel in der "Deckfläche" ergaben sich in Abhängigkeit von der benutzten Munitionssorte. In die Untersuchungen wurden Geschosse mit Anfangsfluggeschwindigkeiten  $v_0$  von 220 m/s bis 500 m/s einbezogen. Die ermittelte Spannweite der Emissionspegel betrug im Nahbereich der Quellen beim Pistolenschießen 12 dB, beim Gewehrschießen 28 dB; im Ziel war die Spannweite mit 17 dB bzw. 35 dB noch größer. Für die Untersuchungen sind zur Kennzeichnung von Eckdaten auch Munitionssorten verwendet worden, die normalerweise auf den Schießständen nicht eingesetzt werden. Sowohl die Patronen mit niedriger Geschosßgeschwindigkeit  $v_0$  220 m/s als auch diejenigen, deren Anfangsfluggeschwindigkeiten weit oberhalb der Schallgeschwindigkeit liegen, werden von den Schützen auf Schießständen kaum benutzt. Das bedeutet, daß die angegebenen Spannweiten in der allgemeinen Praxis etwas geringer sind. Dennoch zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchung, daß bei der Munition prinzipiell Möglichkeiten der Geräuschkürzung bestehen. Bei zahlreichen Munitionssorten liegen die Anfangsfluggeschwindigkeiten der Geschosse im Bereich der Schallgeschwindigkeit von ca. 330 m/s. Wird derartige Munition aus einem Gewehr verschossen, so können vermutlich schon geringe Unterschiede in der Ladungsmenge oder der Ladungszusammensetzung darüber entscheiden, ob zu dem Mündungsknall zusätzlich durch das Geschoß ein Überschallknall entsteht. Möglicherweise lassen sich auch hierdurch die häufig großen Pegelunterschiede innerhalb von Schußserien erklären. Zusammenfassend läßt sich aus den Ergebnissen der Untersuchungen mit verschiedenen Munitionssorten feststellen, daß die Anfangsfluggeschwindigkeit der Geschosse möglichst gering sein sollte. Zumindest für den üblichen KK-Schießbetrieb sollten Patronen hergestellt werden, deren Geschosßgeschwindigkeit  $v_0$  deutlich unter der Schallgeschwindigkeit, etwa bei 280 bis 300 m/s, liegt.

Die Lauflänge der hier benutzten Gewehre von 55 cm bis 70 cm hat einen nur geringen Einfluß auf den Emissionspegel. Bei den Faustfeuerwaffen konnten kleine Unterschiede im Emissionsverhalten zwischen Pistolen und Revolvern gefunden werden. Deutliche Pegelunterschiede ergaben sich bei der hier verwendeten Munition zwischen der langläufigen "Freien Pistolen" mit 25 cm Lauflänge und den übrigen Faustfeuerwaffen (Abb. 15).

Bei den Mehrfachwiederholungen von Messungen unter sonst gleichen Randbedingungen und bei Untersuchungen an einem Meßpunkt mit größeren Meßwertkollektiven ergaben sich große Spannweiten der einzelnen Pegelwerte innerhalb einer

Schußserie. Bei der Wiederholung von Schußserien traten unterschiedlich große Spannweiten auf. Die Pegelschwankungen sind von Munitionssorte zu Munitionssorte verschieden. Vermutlich gibt es unterschiedliche Fertigungstoleranzen für die verschiedenen Munitionssorten.

Mit den vorgenannten Ergebnissen ist ein Ziel der Strukturuntersuchungen im Emissionsbereich, nämlich die Beschreibung von Einflußgrößen auf den Emissionspegel, erreicht. Außerdem lassen die Meßwerte eine Kennzeichnung der Emission unter Einbezug des Schießstandes zu. Eine Grundlage für Ausbreitungsrechnungen ist mit diesem emissionskennzeichnenden Wert allerdings nicht gegeben, weil er weder die Richtcharakteristik der Schallabstrahlung noch den Einfluß der Platzumbauungen und der Schießblenden erfaßt. Die Ausbreitung der Schußsignale außerhalb des Schießstandes wird im folgenden Kapitel behandelt.

## 5. A u s b r e i t u n g v o n S c h u ß s i g n a l e n a u ß e r - h a l b d e s S c h i e ß s t a n d e s

Wegen der unterschiedlichen Richtcharakteristiken der Waffen- und Munitionssysteme sowie der schießstandbedingten Reflexionen und Besonderheiten eignen sich die "Deckelwerte" nicht als Ausgangspunkt für Ausbreitungsrechnungen. Durch weitergehende Untersuchungen sollte geprüft werden, ob sich, ausgehend von Punkten, die zwar außerhalb, aber noch im Nahbereich der Schießstände liegen, derartige Rechnungen eher realisieren lassen. Die Ermittlungen erfolgten im wesentlichen in der näheren Umgebung des Platzes 1, der in ebenem Gelände liegt und dessen Umfeld landwirtschaftlich genutzt wird. Außerhalb dieses Schießstandes befanden sich weder in Schußrichtung noch quer dazu reflektierende Flächen wie Gebäude, Wald oder andere Hindernisse, so daß von einer ungestörten Schallausbreitung ausgegangen werden konnte.

### 5.1. Schallausbreitung in Schußrichtung

#### 5.1.1. Bezugspunkt für die Immissionsmessungen

Ähnlich wie bei den Emissionsmessungen ist für die Ausbreitungsuntersuchungen zunächst ein Bezugspunkt außerhalb des Schießstandes festgelegt worden. Dieser Punkt lag in Verlängerung der Schußrichtung in einem Abstand von 100 m von dem Punkt  $E_0$ , die Abstände von der Quelle und von der Platzbegrenzung im Zielbereich betragen somit 125 m bzw. ca. 70 m. Dieser Meßort ist mit  $I_0$  bezeichnet worden, die Meßhöhe betrug hier - wie auf dem Schießstand - 10 m. In Abb. 24 sind Pegelwerte dargelegt, die gleichzeitig an den Meßpunkten  $E_0$  und  $I_0$  bei jeweils 12 Schußserien mit verschiedenen Waffen und Munitionssorten ermittelt wurden. Um die Pegelschwankungen im Emissionsbereich trennen zu können von denjenigen, die sich auf dem Ausbreitungsweg durch Meteorologieeinflüsse und Bodenabsorption ergeben, sind in der Ergebnisdarstellung die am Meßpunkt  $I_0$  ermittelten Werte der einzelnen Schußserien auf eine konstante Emission bezogen worden. Es zeigt sich, daß, unabhängig von der benutzten Waffen- und Munitions-

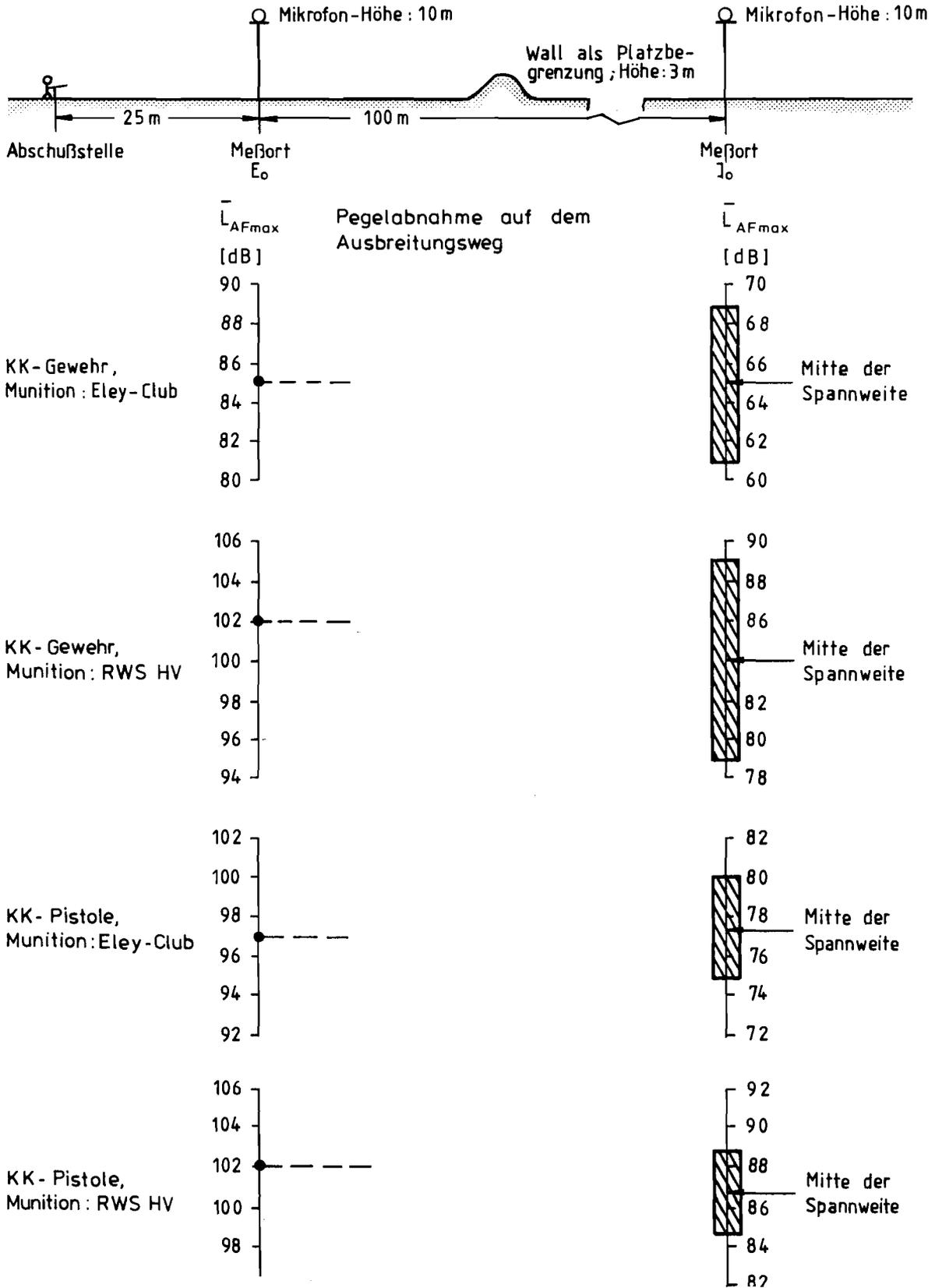


Abb. 24:  
Schallpegel am Bezugspunkt  $I_0$  bei 12 Schußserien, bezogen auf einen konstanten Schallpegel am Bezugspunkt  $E_0$

sorte, die durch Meteorologie in Verbindung mit Beugungs- und Bodeneffekten bedingten Schwankungen der Mittelwerte 5 bis 10 dB(A) betragen. In der Realität überlagern sich diese Schwankungen mit den vorher beschriebenen Pegelschwankungen am Emissionsort, die "unbereinigten" Schwankungen der Mittelwerte betragen 10 bis 19 dB(A).

Möchte man einen ersten Anhalt über die Pegelabnahme in 10 m Höhe auf dem Ausbreitungsweg zwischen  $E_0$  und  $I_0$  erlangen und benutzt man zur Differenzbildung hierfür auf der Immissionsseite den Pegel bei der jeweiligen Spannweite, so nehmen die Schallpegel auf dieser Weglänge um ca. 18 dB ab. Diese Pegelabnahme ist nicht mit derjenigen bei freier Schallausbreitung vergleichbar. Wie die Messungen im Emissionsbereich zeigten, vermindern sich z.B. die Pegel der Gewehrschüsse entlang der Flugbahn auf dem Schießstand nur unwesentlich. Die vorstehenden Pegelabnahmen werden also durch die besondere Abstrahlung nach oben, durch den Abschlußwall im Zielbereich des Platzes, durch Meteorologie- und Bodeneinflüsse sowie eine im Übrigen hindernisfreie Ausbreitung auf einer Weglänge von 75 m außerhalb des Schießstandes hervorgerufen.

Vergleicht man die in der Abb. 24 dargestellten Spannweiten der Mittelwerte von Schußserien mit Ergebnissen, die nach [3] bei Untersuchungen in freiem Gelände beim Schießbetrieb mit Platzpatronen ermittelt worden sind, so ergeben sich deutliche Unterschiede. Bei den Platzpatronen wurden in der Meßentfernung von 100 m von der Schallquelle über die Witterungsbedingungen Mit- und Gegenwind hinweg bei einer Stichprobenmächtigkeit von 36 Schußserien relativ geringe Spannweiten der Mittelwerte  $L_{AFmax}$  von nur 3 dB beobachtet. Diese hier wesentlich größeren Spannweiten der Mittelwerte lassen den Schluß zu, daß reale Schießstandssituationen die Schallausbreitung in hohem Maße beeinflussen.

Ebenso wie für den Meßpunkt  $E_0$  sind auch für den Meßpunkt  $I_0$  die Schußsignale einer Schußserie für jede Waffen- und Munitionsart mittels PCM-Verfahren gespeichert und über den digitalen Transientenrekorder ausgewertet worden. Die Ergebnisse sind den Abbildungen 25 bis 29 wiedergegeben. Bei einem ersten Überblick fällt auf, daß die verschiedenen Zeitstrukturen, die sich schon im Emissionsbereich in Abhängigkeit von dem Waffen-Munitions-System ergaben, auch am Immissionsort zu beobachten sind. Betrachtet man die einzelnen Abbildungen, so erkennt man oft drastische Veränderungen der Energieinhalte von Schuß zu Schuß, die hier zu eher größeren Pegelschwankungen führten als im Emissionsbereich. Beim Gewehrschießen mit der Munition Eley-Club - Abb. 25 - z.B. ergaben sich die höchsten Schalldruckpegel bei dem Schuß Nr. 4, der offenbar starke Reflexionen zur Folge hatte. Diese reflexionsbedingten Ausschläge im Schallwechseldruckverlauf sind in anderen Schußbildern, wie z.B. Nr. 1 oder Nr. 9, kaum vorhanden. Beim Pistolenschießen mit der Munition Eley-Club, vgl. Abb. 26, ergab sich der höchste Schalldruckpegel gerade dann, wenn wie beim Schuß 1, der 1. Ausschlag im Signalverlauf besonders groß war. Hier wie bei den folgenden Abbildungen für das Schießen mit der Munition RWS HV spielten die reflexionsbedingten Ausschläge im Signalverlauf praktisch keine Rolle mehr. Besonders hingewiesen sei noch auf die Schußbilder beim Schießbetrieb mit der Schreckschußmunition - Abb. 29 -. Im Gegensatz zu den Messungen im

## Waffe: Gewehr, Munition: Eley-Club

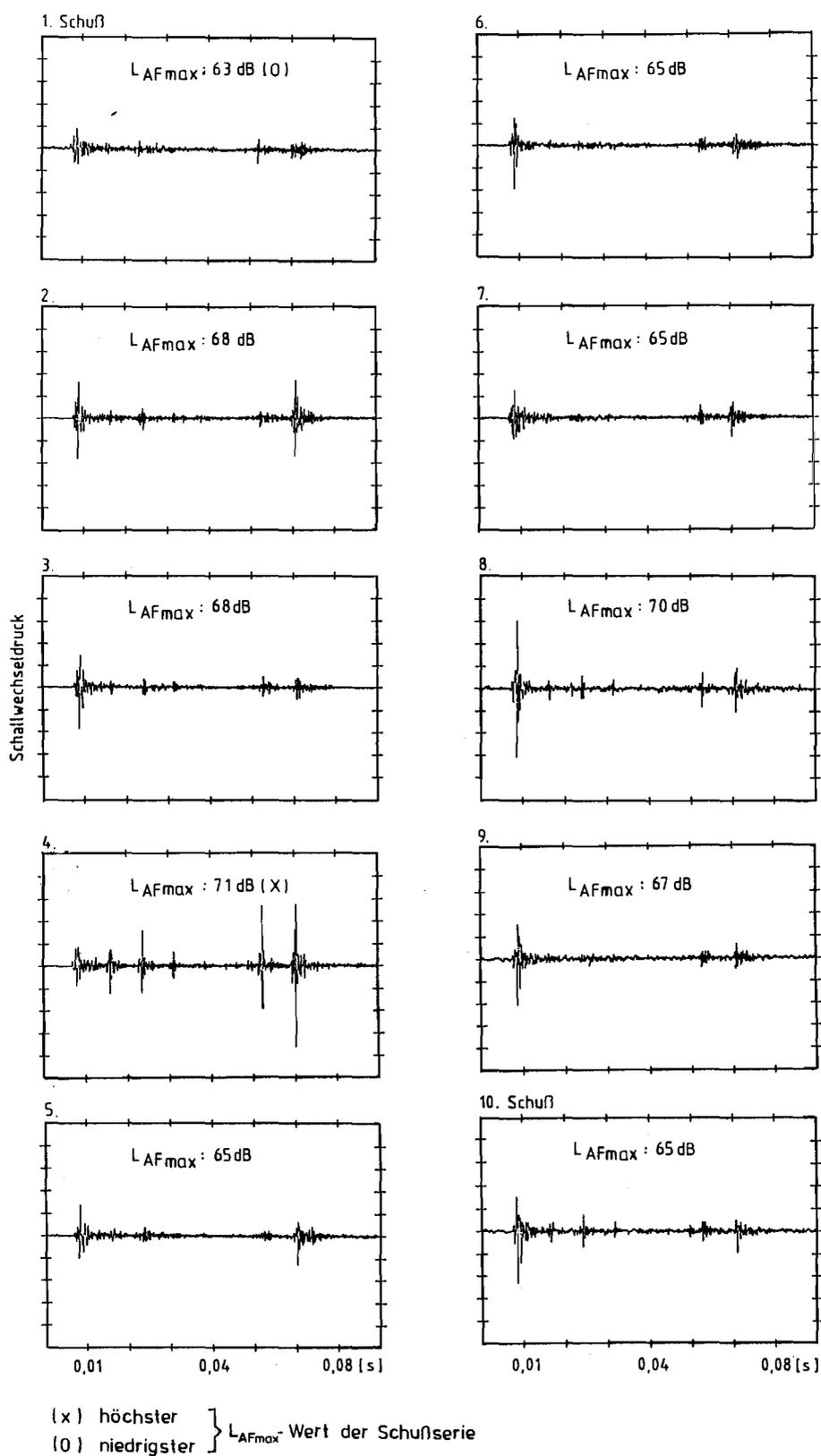


Abb. 25:  
Schallwechseldruckverläufe von 10 Schüssen einer Schußserie in 125 m Abstand  
von der Abschußstelle in 10 m Höhe; Waffe: Gewehr; Munition: Eley-Club

## Waffe : Pistole, Munition: Eley - Club

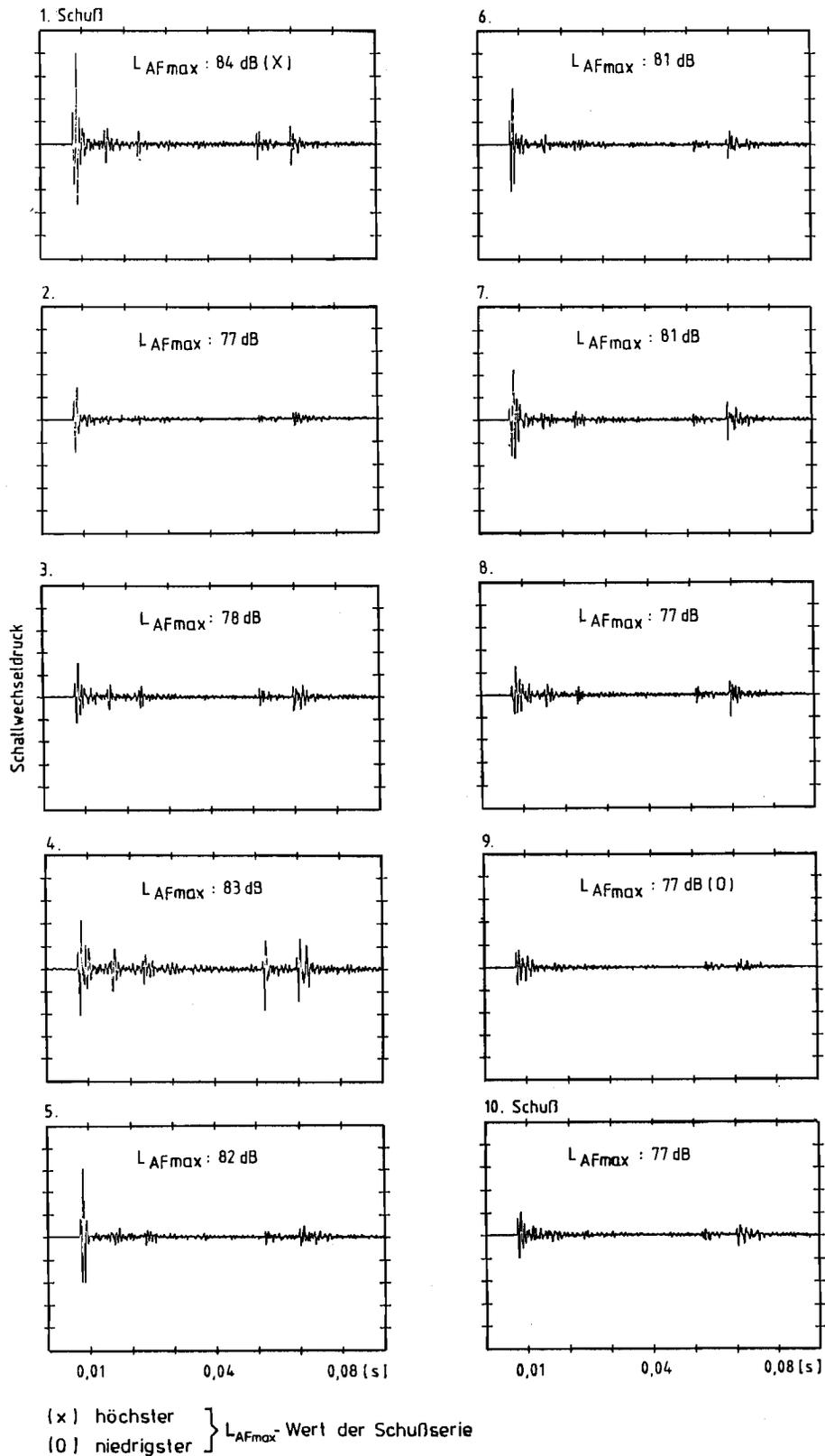


Abb. 26:  
Schallwechseldruckverläufe von 10 Schüssen einer Schußserie in 125 m Abstand  
von der Abschußstelle in 10 m Höhe; Waffe: Pistole; Munition: Eley-Club

## Waffe: Gewehr, Munition: RWS HV

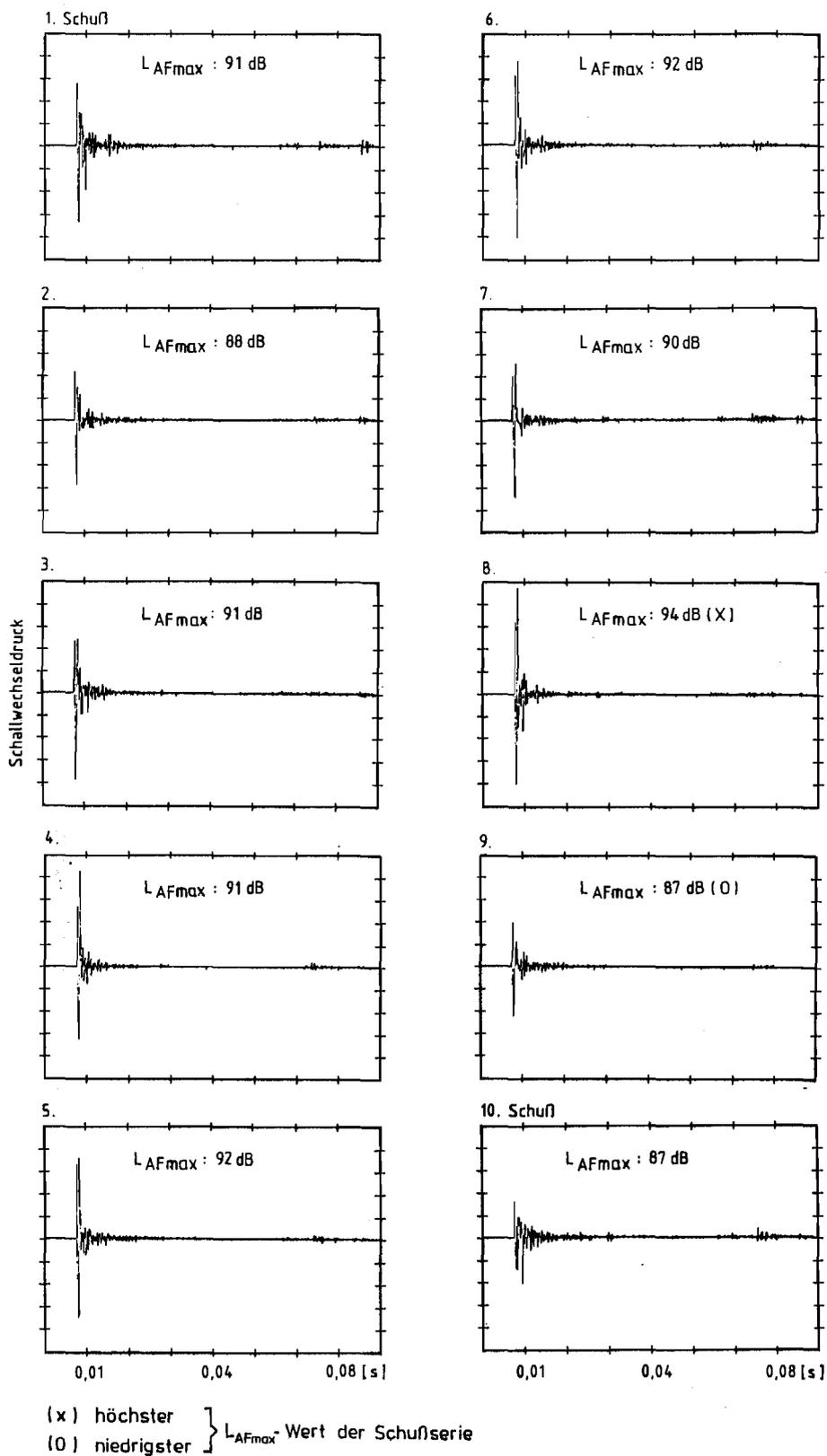


Abb. 27:  
 Schallwechseldruckverläufe von 10 Schüssen einer Schußserie in 125 m Abstand  
 von der Abschußstelle in 10 m Höhe; Waffe: Gewehr; Munition: RWS HV

## Waffe: Pistole, Munition: RWS HV

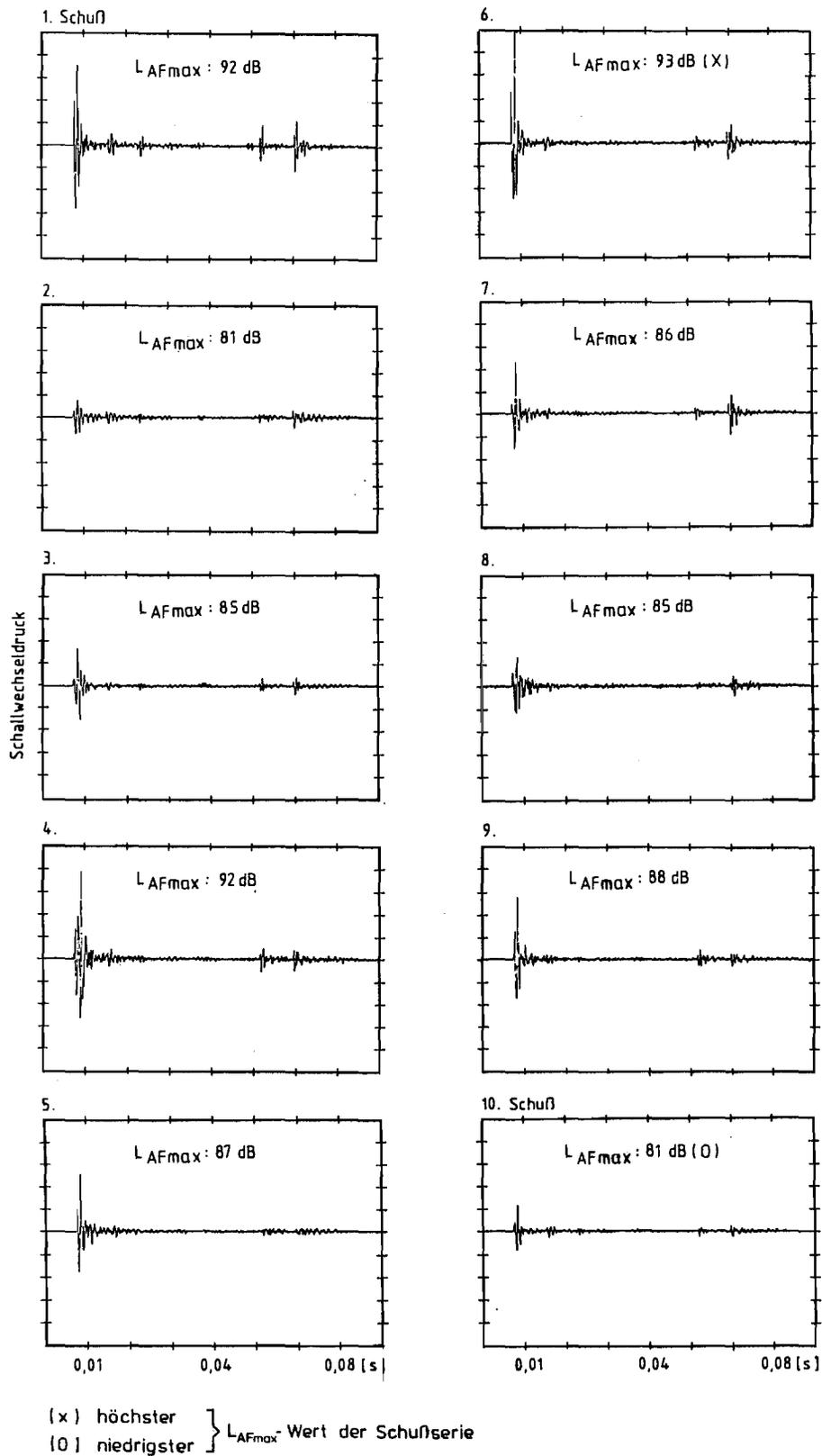


Abb. 28:

Schallwechseldruckverläufe von 10 Schüssen einer Schußserie in 125 m Abstand von der Abschußstelle in 10 m Höhe; Waffe: Pistole; Munition: RWS HV

## Waffe: Revolver, Munition: Schreckschuß

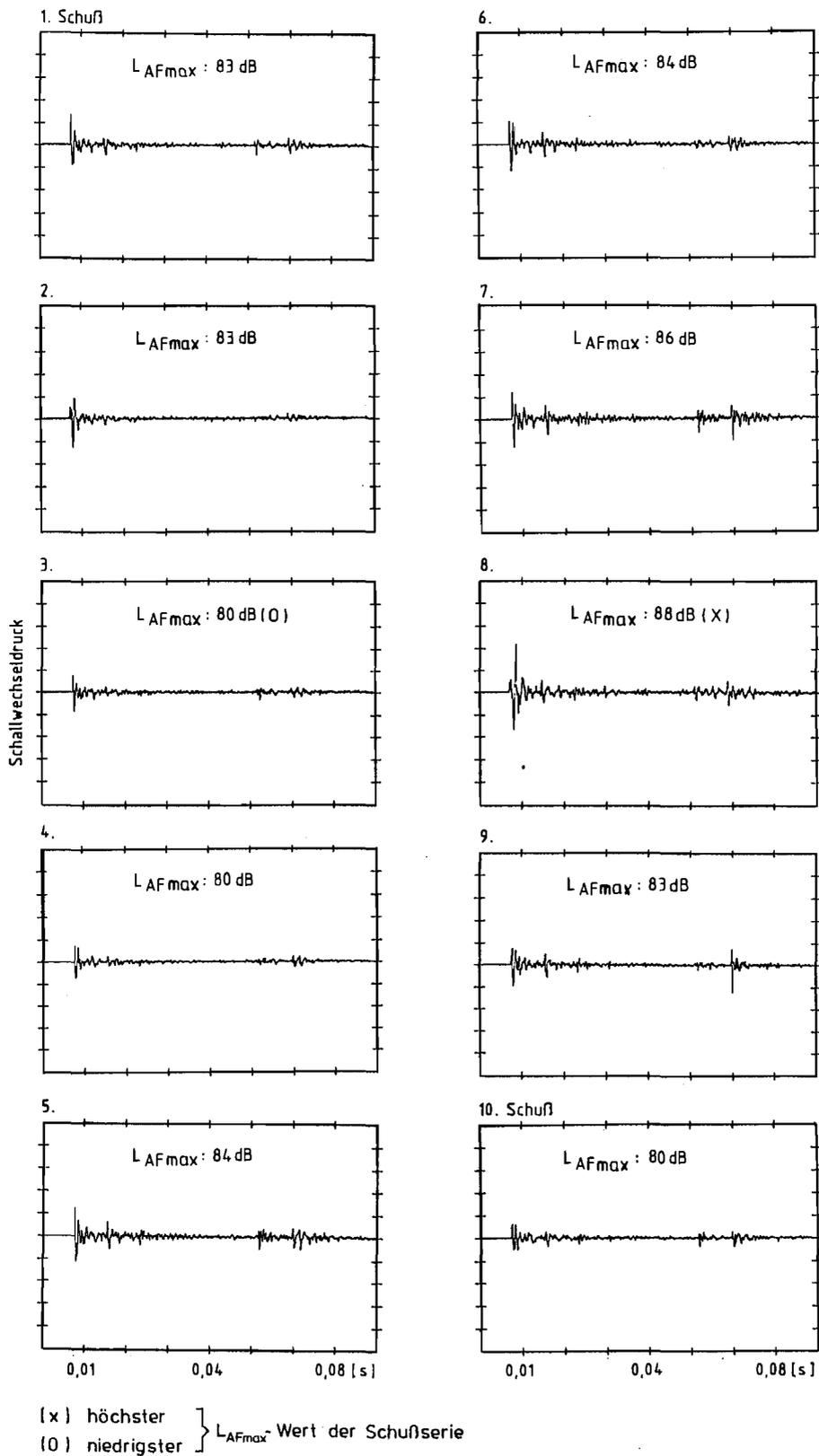


Abb. 29:  
Schallwechseldruckverläufe von 10 Schüssen einer Schußserie in 125 m Abstand  
von der Abschußstelle in 10 m Höhe; Waffe: Revolver; Munition: Schreckschuß

Emissionsbereich, die sich durch sehr geringe Pegelschwankungen auszeichneten, wurden am Immissionsort, wie bei den anderen Waffen- und Munitionssorten auch, deutliche Pegelunterschiede innerhalb einer Serie beobachtet. Dies läßt den Schluß zu, daß offenbar auch innerhalb des kurzen Zeitraumes, der für das Abfeuern der 10 Schüsse benötigt wurde, meteorologische Einflüsse, hier wohl kurzzeitige Veränderungen der Windsituation, wirksam gewesen sein müssen.

## 5.2. Pegelabnahme mit der Entfernung

### 5.2.1. In Schußrichtung

Nach den in Kap. 5.1.1 dargelegten Ergebnissen tritt im Bereich der Platzbegrenzung ein drastischer, je nach verwendetem Waffen-Munitions-System überdies unterschiedlicher Pegelabfall auf. Die Differenz an den Meßorten  $E_0$  und  $I_0$  kann deshalb keinen Hinweis über die Pegelabnahme von Schußsignalen in Abhängigkeit von der Entfernung außerhalb des Schießstandes geben. In freiem Gelände wird die geometrische Ausbreitungsdämpfung beeinflusst durch meteorologische Parameter sowie durch die Luft- und Bodenabsorption. Felduntersuchungen zur Quantifizierung dieser verschiedenen Einflüsse sind vorwiegend unter Verwendung von Dauersignalen durchgeführt worden. Umfangreiche Untersuchungen bei der Einwirkung von Schußsignalen sind z.B. in [3] beschrieben, allerdings in freiem Gelände ohne Beeinflussung durch einen Schießstand.

Im vorliegenden Fall wurde zur Bestimmung der Pegelabnahme bei freier Schallausbreitung der Schießplatz mit einbezogen. In der Nachbarschaft der Schießstände 1 und 2 sind in Schußrichtung in den Entfernungen 50 m, 100 m, 200 m und 300 m von  $E_0$  gleichzeitig Messungen in einer Meßhöhe von 10 m ausgeführt worden. Die Messungen wurden mehrfach wiederholt. An den einzelnen Meßtagen lagen bezüglich der Windrichtung und -geschwindigkeit sehr unterschiedliche Bedingungen vor. Gemessen wurde bei Windstille sowie bei Mit- und Gegenwind mit Windgeschwindigkeiten von jeweils  $\leq 5$  m/s in 10 m Höhe. Betrachtet man die Ergebnisse dieser Untersuchungen, so ergeben sich bei den Wetterlagen mit Windeinfluß sehr unterschiedliche Ausbreitungsdämpfungen. Die Ergebnisse bei Windstille lagen zwischen den Werten bei Mit- und Gegenwind. Wegen der geringen Stichprobenzahl sind die Ergebnisse nicht statistisch abgesichert; sie eignen sich lediglich für einen ersten Anhalt. Für die Ergebnisdarstellung wurden die auf konstante Pegel bezogenen Meßwerte in 50 m mit den in 200 m bzw. 300 m Entfernung von  $E_0$  ermittelten Werten durch eine Gerade verbunden. Abstände größer 300 m von  $E_0$  ließen sich in der realen Schießstandssituation nicht verwirklichen. In größeren Entfernungen von der Quelle wurde der Abstand zwischen den Pegeln des Nutz- und des Fremdgeräusches so gering, daß eine eindeutige Angabe des Schußpegelwertes nicht mehr möglich war. Aus dem Verlauf der Geraden und unter der Annahme, daß der Quellenmittelpunkt der Geräuschentstehung am Meßort  $E_0$  lag, ergibt sich - Abbildungen 30 und 31 -, daß bei Mitwind die entfernungsbedingten Pegelabnahmen zwischen 5 und 12 dB je Abstandsverdopplung betragen und bei Gegenwind Pegelabnahmen zwischen 10 und 20 dB beobachtet wurden. Auffallend ist, daß sich, unabhängig von der Waffe, die nie-

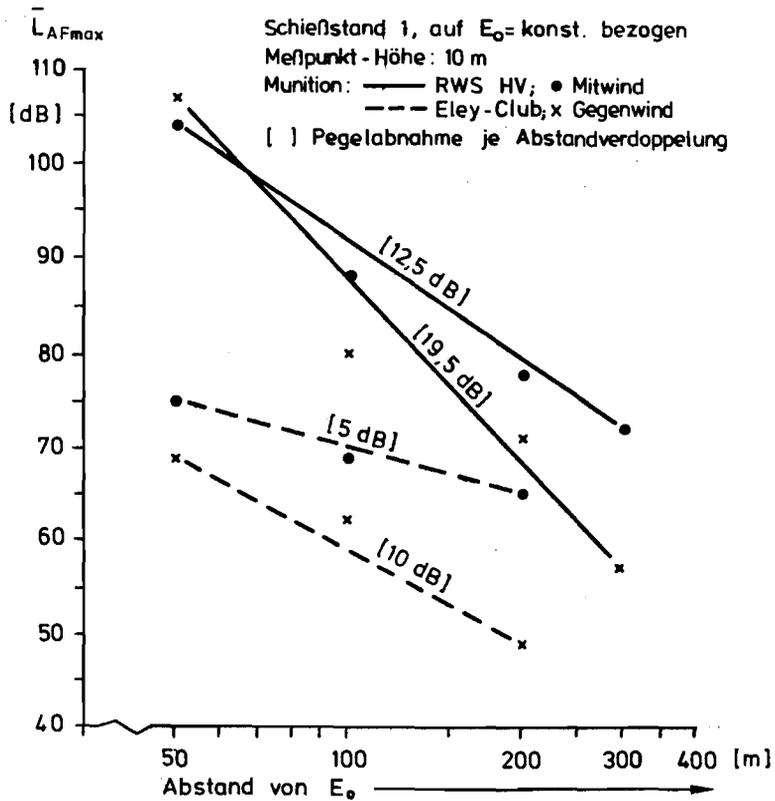


Abb. 30:  
Waffe; Gewehr

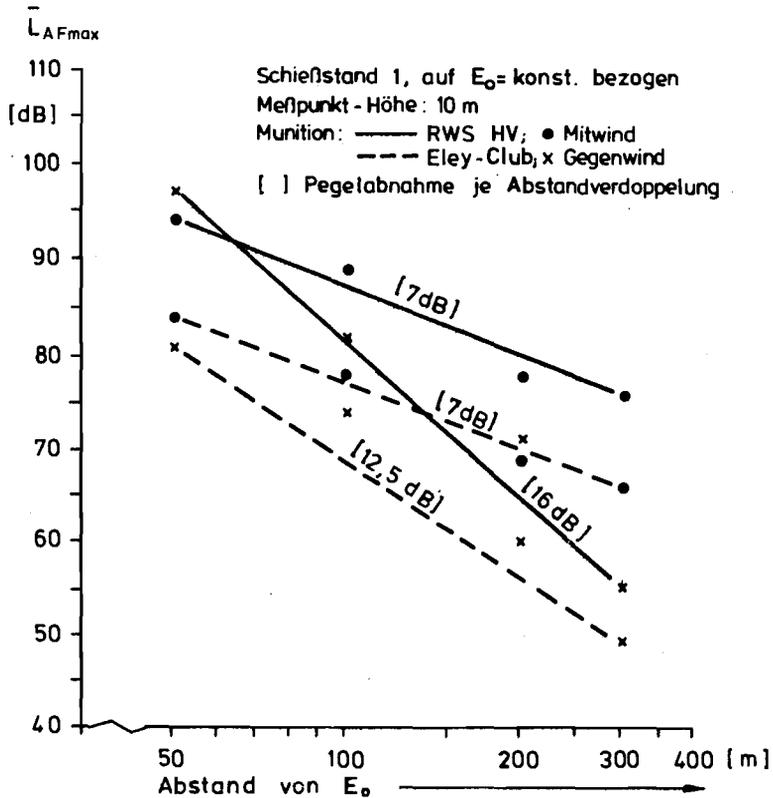


Abb. 31:  
Waffe; Pistole

drigeren Pegel beim Schießen mit der Munition Eley-Club entfernungsbedingt weniger vermindern als die höheren Pegel beim Schießbetrieb mit der Munition RWS HV, deren entfernungsbedingte Minderung größer ist.

In [3] ist in freiem Gelände bei einer wesentlich höheren Stichprobenzahl für den  $L_{AFmax}$ -Pegel beim Schießen mit Schreckschußmunition in der Mitwindwetterlage bei vergleichbarer Meßhöhe eine fast konstante Abnahme je Abstandsverdopplung im Bereich 100 m bis 400 m festgestellt worden, in der Gegenwind-situation dagegen wurde neben einer höheren Grunddämpfung eine entfernungsabhängige Zusatzdämpfung ermittelt. Die mittlere Abnahme über zwei Abstandsverdopplungen betrug 7,4 dB(A) bei Mitwind und 13,4 dB(A) bei Gegenwind. Vergleicht man diese Werte mit den hier ermittelten Pegelabnahmen, so ergaben sich unter Einbezug eines Schießstandes - bei allerdings wesentlich geringerer Stichprobenzahl - etwas höhere Dämpfungswerte.

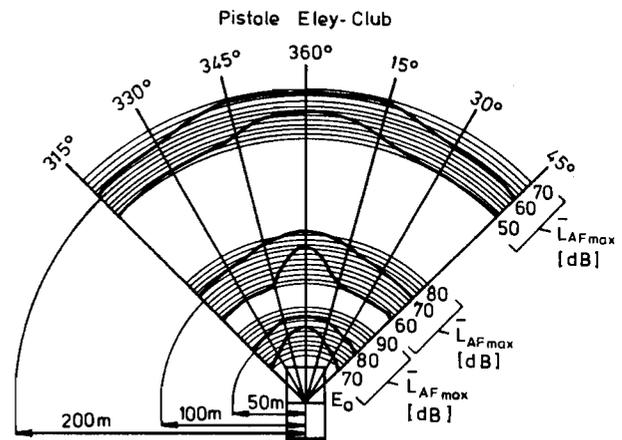
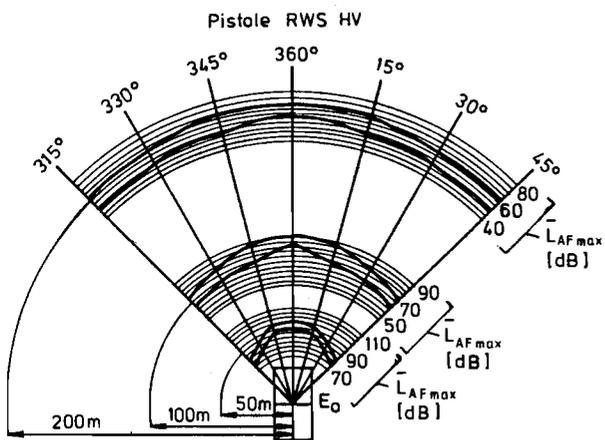
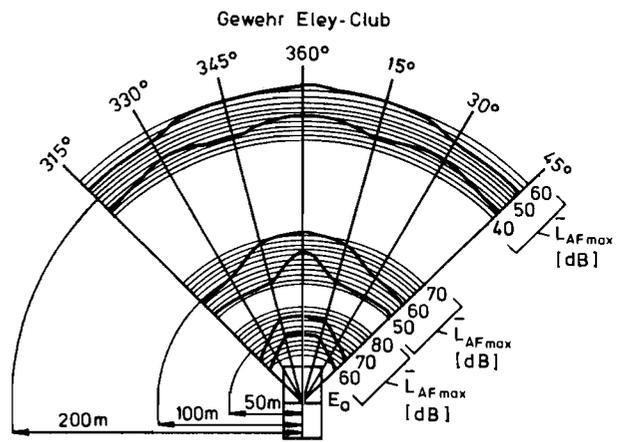
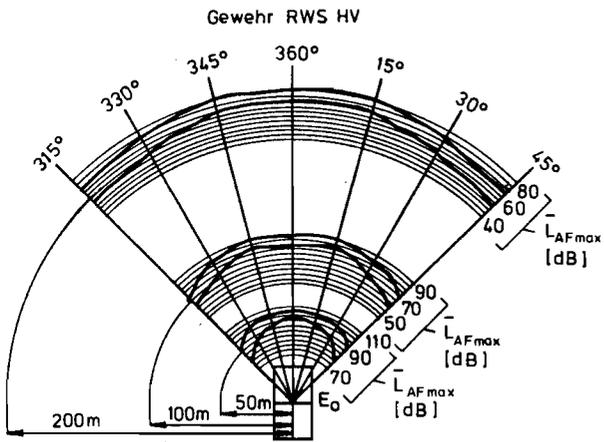
Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß sich in den untersuchten Schießstand-situationen der Windeinfluß auch schon in geringen Abständen außerhalb der Anlage bemerkbar macht. Hier wurden in Abhängigkeit von der Windrichtung bereits in 50 m Abstand von der Standmitte Schwankungen der Mittelwerte von 3 bis 6 dB, in 100 m bis zu 12 dB und in 200 m bis zu 16 dB, jeweils bezogen auf einen konstanten Pegel am Meßort  $E_0$ , ermittelt. Aus diesem Grunde könnten sich bereits im Nahbereich von Schießständen in Abhängigkeit von den Genauigkeitsanforderungen Wiederholungsmessungen als notwendig erweisen. Weitere Untersuchungen hierzu wären erforderlich.

#### 5.2.2. Abweichend von der Schußrichtung

Um einen Hinweis über die zu erwartende Richtcharakteristik in der Nachbarschaft der Schießstände zu bekommen, wurden Messungen in verschiedenen Richtungen zur Schußbahn außerhalb des Schießstandes 1 durchgeführt. Abb. 4 stellt die Meßanordnung dar. Bezeichnet man die Schußrichtung mit  $360^\circ$ , so sind, von der Quelle gesehen in linksdrehender Richtung, die Pegel auch im Winkel von  $345^\circ$ ,  $330^\circ$  und  $315^\circ$  in den Entfernungen 50 m, 100 m und 200 m Abstand von der Standmitte ( $E_0$ ) ermittelt worden. Die Meßhöhe betrug 10 m; die Meßwerte jeder Schußserie wurden am Meßpunkt  $E_0$  und an den Meßpunkten, die auf einem Kreisbogen um  $E_0$  lagen, gleichzeitig ermittelt.

Überträgt man in erster Näherung die links der Schußrichtung gemessenen Pegel auf die entsprechenden Winkel und Entfernungen rechts der Schußrichtung, so lassen sich Pegelverteilungen über einen Winkelbereich von  $90^\circ$  nach vorn angeben.

In den Abbildungen 32 und 33 sind für jeden Meßpunkt die höchsten und niedrigsten Pegelwerte aus 4 Schußserien bei verschiedenen Windrichtungen wiedergegeben. Sie wurden bezogen auf einen konstanten Pegel am Meßort  $E_0$ . Abb. 32 zeigt die Richtwirkungen beim Schießen mit der Munition RWS HV. Man erkennt, daß eine starke Pegelabnahme in von der Schußrichtung abweichenden Meßrichtun-



Pegelabnahmen mit der Entfernung in verschiedenen Ausbreitungsrichtungen für verschiedene Munitionssorten

Abb. 32:  
Munition: RWS HV

Abb. 33:  
Munition: Eley-Club

gen erfolgt. Die Abnahme ist im Nahbereich des Schießstandes besonders groß, in größerem Abstand werden bei insgesamt niedrigerem Pegelniveau die Unterschiede etwas geringer. Prinzipiell zeigen sich beim Schießen mit der Munition Eley-Club die gleichen Richtcharakteristiken, wobei die Pegelabnahmen zwischen der Schußrichtung und den davon abweichenden Richtungen hier insgesamt etwas geringer waren (Abb. 33).

Die dargelegten Meßergebnisse wurden in der Nachbarschaft des Schießstandes 1 ermittelt. Inwieweit stark abweichende Standstrukturen oder andere Waffen- und Munitionskombinationen u.U. andere Ergebnisse hervorrufen, ist hier nicht weiter untersucht worden. Für die Planung von Schießständen ist das Ergebnis insofern von Bedeutung, als durch die Vorgabe der Schußrichtung Einfluß auf den später zu erwartenden Immissionspegel genommen werden kann.

#### 5.4. Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse von Messungen im Immissionsbereich

Ziel der Untersuchungen außerhalb der Schießstände war, den Einfluß des Windes auf die Immissionspegel und die Pegelabnahme mit der Entfernung in verschiedenen Schallausbreitungsrichtungen zu ermitteln, um eine Grundlage für Schallausbreitungsrechnungen zu erhalten.

Im Emissionsbereich traten starke Schwankungen der Pegelwerte sowohl bei Schüssen einer Serie als auch bei Mehrfachwiederholungen von Schußserien auf. Diese "Vorbelastung" wirkt sich natürlich auch auf die Schwankungen der Pegel im Immissionsbereich aus und wird hier noch zusätzlich beeinflusst durch Schwankungen der Meteorologie- und Absorptionseinflüsse. Am Bezugspunkt  $I_0$ , in 100 m Abstand von der Schießstandmitte, ergaben sich, bezogen auf konstante Emissionspegel, zusätzlich durch Meteorologie- und Absorptionseinflüsse hervorgerufene Schwankungen der Mittelwerte über alle Schußserien beim Gewehrschießen bis zu 10 dB(A), beim Pistolenschießen bis zu 5 dB(A). Unter Einbezug der Emissionsschwankungen werden sogar Schwankungsbreiten bis zu 19 dB(A) bzw. bis zu 11 dB(A) gefunden. Offensichtlich muß die reale Schießstandsituation die Schallausbreitung in hohem Maße beeinflussen. Bei einer Untersuchung der Pegelabnahmen von Platzpatronenschüssen in freiem Gelände schwankten die Mittelwerte einer weitaus größeren Zahl von Schußserien bei einer Entfernung von 100 m lediglich um 3 dB(A) [3].

Auf der Weglänge von 100 m zwischen dem Bezugspunkten  $E_0$  auf dem Schießstand und  $I_0$  außerhalb des Schießstandes nahmen die Pegel der Schußsignale um ca. 18 dB(A) ab. Diese Verminderung entspricht nicht derjenigen bei freier Schallausbreitung der Schußsignale; sie wird mit beeinflusst durch die Abstrahlbedingungen auf dem Schießstand und durch den Abschlußwall im Zielbereich des Schießstandes.

Aufzeichnungen der Schallwechseldruckverläufe von Schußsignalen einer Serie am Bezugspunkt  $I_0$  ließen die gleichen Zeitstrukturen erkennen, wie sie schon

im Emissionsbereich zu beobachten waren. Innerhalb einer Serie ergaben sich auch hier erhebliche Veränderungen der Energieinhalte von Schuß zu Schuß. Wegen der nunmehr größeren Pegelschwankungen müssen diese Veränderungen nicht nur von Fertigungstoleranzen - wie für den Emissionsbereich dargelegt -, sondern auch von meteorologischen Parametern beeinflusst worden sein.

Zur Frage der Pegelabnahme mit der Entfernung in Schußrichtung unter Einbezug eines Schießstandes ist von einem Pegel in 50 m Abstand von der Platzmitte, d.h. in ca. 20 m Abstand von der Platzbegrenzung im Zielbereich, ausgegangen worden. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede zwischen der Mit- und Gegenwindsituation. Bei Mitwind wurden entfernungsbedingte Pegelabnahmen von 5 dB bis 12 dB je Abstandsverdopplung gemessen; bei Gegenwind ergaben sich Abnahmen von 12 dB bis 20 dB. Die im Nahbereich höheren Pegel beim Schießen mit der Munition RWS HV nahmen entfernungsbedingt stärker ab als die niedrigeren Pegel, die beim Schießen mit der Munition Eley-Club verursacht wurden. In einer umfassenderen Untersuchung in freiem Gelände mit Schreckschußmunition sind Abnahmen von 7,4 dB bei Mitwind und 13,4 dB bei Gegenwind je Abstandsverdopplung ermittelt worden. In der realen Schießstandsituation scheinen, soweit die geringe Stichprobenzahl diese Aussage zuläßt, etwas höhere Pegelabnahmen je Abstandsverdopplung vorzuliegen. Aufgrund vorstehender Ergebnisse werden Prognoserechnungen mit einer mittleren Pegelabnahme von 8 dB je Abstandsverdopplung als realistische Maximalabschätzung für den Immissionspegel angesehen. Dabei muß von einem Bezugspegel außerhalb des Schießstandes auf der Verbindungslinie zwischen der Mitte des Schießstandes und dem Immissionsort ausgegangen werden.

Messungen in von der Schußrichtung abweichenden Ausbreitungsrichtungen sind nur bis zu einem Winkel von 45° - bezogen auf die Schußrichtung - durchgeführt worden. Die Ergebnisse zeigten mit zunehmender Abweichung eine gegenüber den Werten in Schußrichtung stärkere Pegelabnahme. Über 45° hinaus ließen sich, insbesondere in größeren Entfernungen von dem Schießstand, wegen der Pegelbeeinflussungen durch Fremdgeräuscheinwirkungen keine verlässlichen Messungen durchführen. Aufgrund einiger Einzelergebnisse ist anzunehmen, daß der beobachtete Trend mit zunehmender Querrichtung, wenn auch nicht so stark ausgeprägt, zunimmt. Für die Planung von Schießständen bei bestehender Wohnbebauung ist das Ergebnis insofern von Bedeutung, weil mit der Vorgabe der Schußrichtung damit Einfluß auf den zu erwartenden Immissionspegel genommen werden kann.

#### 6. A u s w i r k u n g   b e s o n d e r e r   b a u l i c h e r   M a ß - n a h m e n   a u f   d e n   S c h i e ß g e r ä u s c h p e g e l

Auf den Schießständen 5, 6 und 7 wurde untersucht, welchen Einfluß bauliche Maßnahmen auf den insbesondere in Schußrichtung wirkenden Pegel haben. Die Maßnahmen beschränkten sich, vereinfachend ausgedrückt, auf eine längere Führung des von der Waffe abgestrahlten Schalls in einer Umhausung. Am Schießstand 5 befand sich im Anschluß an den Schützenstand eine schallschluckend ausgekleidete Kammer mit einer Tiefe von 9,3 m. Die Ausschußöffnung dieser

Schallschleuse war gerade so groß, daß die seilzugbetriebene Schiebscheibe durch die Öffnung gefahren werden konnte. Auf dem Schießstand 6 wurde aus dem Kellergeschoß des darüber liegenden Clubhauses heraus geschossen; dadurch ergab sich ein ca. 12 m langer Kanal, dessen Wände und Decken schallhart waren. Der Boden war hier mit feinkörniger Asche belegt. Am Stand 7 war der betonierte Kanal 35 m lang. Hier waren im Nahbereich des Schützenstandes bis auf eine Tiefe von 2 m die Kanalwandungen mit schallschluckenden Materialien belegt. Unsere Untersuchungen erstreckten sich nur auf die Schußrichtung. Die Meßpunkte lagen in 10 m Höhe über der benutzten Schießbahn. In Abb. 34 sind die Ergebnisse dieser Untersuchung dargelegt. Zum Vergleich sind diejenigen Werte eingetragen, die oberhalb der benutzten Schießbahn eines völlig offenen Schießstandes ermittelt worden sind. Aus den eingetragenen Mittelwerten von Schußserien ist zu erkennen, daß die Schallschutzmaßnahmen, zumindest in Schußrichtung, nicht in jedem Fall die vielleicht erwarteten Effekte hatten. Während beim Pistolenschießen zwischen dem offenen Stand und den überbauten Ständen 5 und 7 noch eine Minderung der Pegel im Zielbereich von ca. 15 dB(A) ermittelt werden konnte, betrug die Minderung beim Gewehrschießen maximal 10 dB(A) am Stand 7 gegenüber dem offenen Schießstand. Für die Plätze 5 und 6 ergaben sich noch geringere Pegelabsenkungen. An den Plätzen 5 und 6 lagen in Schußrichtung Wohngebäude; für die Immissionsorte hatten die Aufwendungen, die hier für den Schallschutz getätigt worden sind, nur einen geringen Nutzen.

Auch diese Untersuchungsbeispiele zeigen, daß bei der Planung von KK-Schießständen die Schußrichtung möglichst quer zur nächstbenachbarten Wohnbebauung angeordnet werden sollte. Teilüberbauungen der Schießbahnen sind dann, wenn sich die Immissionsorte in Schußrichtung befinden, nur bedingt als Minderungsmaßnahme geeignet. Auch sonst bieten sich im Emissionsbereich nur wenige effiziente Möglichkeiten der Geräuschminderung an. Die früher vielfach benutzten Kugelfänge aus Stahlblech, die eine unangenehme Sekundärschallquelle darstellten, sind heute in der Regel durch Sandhügel oder Holzbohlenwände ersetzt. Durch eine Einflußnahme auf die verwendete Munition läßt sich eine spürbare Pegelabsenkung erreichen. Diese Minderungsmöglichkeit sollte in Zukunft verstärkt schon bei der Herstellung der Munition beachtet werden. Mit einem Schalldämpfer an den Waffen könnten sich die Emissionen ebenfalls erheblich vermindern lassen; diese Maßnahme wird jedoch aus verschiedenen Gründen nicht akzeptiert.

Bei dieser Ausgangslage sind die Genehmigungs- und Überwachungsbehörden in Fällen nachgewiesener Richtwertüberschreitungen meist nur in der Lage, den Schießbetrieb zeitlich einzuschränken. Hierbei kommt es häufig zu noch erlaubten Benutzungszeiten, die für den Schießstandbetreiber unpraktikabel und unwirtschaftlich sind. In solchen Fällen und auch dann, wenn in der Planungsphase Richtwertüberschreitungen in der Wohnnachbarschaft zu erwarten sind, sollte vor einer unzumutbaren zeitlichen Einschränkung des Schießbetriebes stets die völlige Einhausung des KK-Schießstandes vorgeschlagen und ausgeführt werden. In vielen Fällen bietet sich der Aufbau der Plätze für eine derartige Maßnahme geradezu an. Mauern und Seitenwände, die als Auflage für das Dach dienen können, sind in der Regel vorhanden. Die Spannweite des Daches kann

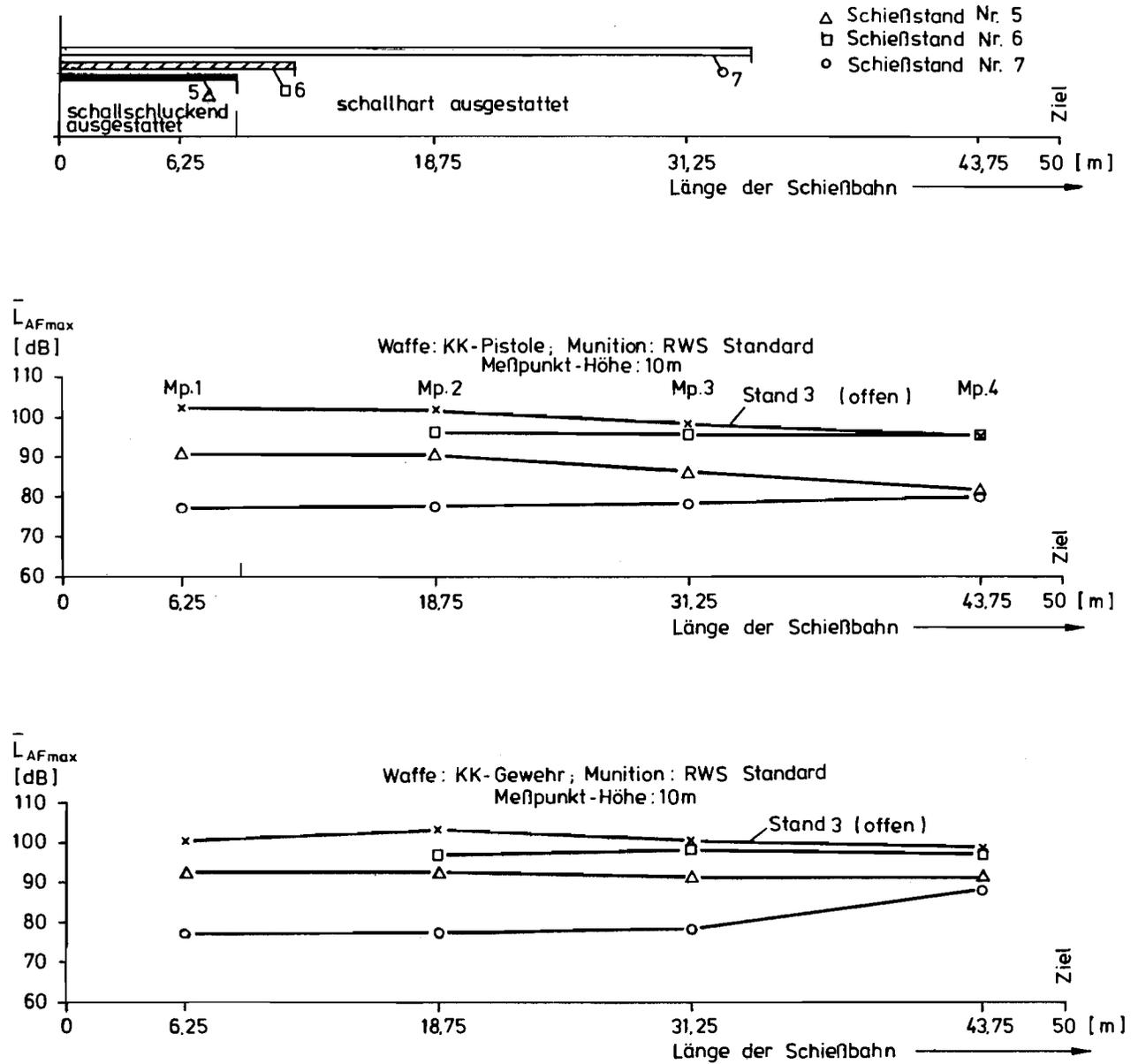


Abb. 34:

Einfluß unterschiedlicher Schützenstandüberbauungen auf den Pegel in 10 m Höhe oberhalb der benutzten Schießbahn

bei realistischer Einschätzung des üblichen Schießbetriebes und der zu dessen Abwicklung erforderlichen Zahl paralleler Schießbahnen relativ klein gehalten werden. Als Dacheindeckung reichen in der Regel leichte, wetterbeständige Materialien aus. Weil eine dichte Anbindung des Daches an die umgebenden Bauteile aus akustischer Sicht notwendig ist, müßte für eine ausreichende Be- und Entlüftung des Schießstandes gesorgt werden. Insgesamt erscheint die Ausführung einer derartigen Maßnahme in kritischen Nachbarschaftssituationen sowohl in der Neubau- als auch in der Korrekturphase akustisch wirksam und finanziell vertretbar. Dies ist an einigen Anlagen schon praktiziert worden.

7. H i n w e i s e f ü r d i e P r o g n o s e d e r z u e r -  
w a r t e n d e n G e r ä u s c h b e l a s t u n g d u r c h  
K l e i n k a l i b e r - S c h i e ß s t ä n d e

Der von der Waffe und ggf. dem Geschöß emittierte Schall wird durch Reflexionen, Abschirmungen und Beugungseffekte an den Platzstrukturen beeinflusst. Der Schall kann den Schießplatz nur nach oben hin direkt verlassen, zu allen anderen Seiten hin befinden sich als Schutzmaßnahmen gegen Fehlschüsse abschirmende Bauten. Die Pegelverteilung des nach oben abgestrahlten Schalls über den Schießbahnen zeigt einen monotonen, waffenabhängigen Verlauf. Beim Pistolenschießen nehmen die Pegel mit zunehmender Entfernung von der Quelle ab; beim Gewehrschießen sind im Zielbereich praktisch die gleichen Werte zu erwarten wie im Nahbereich der Abschußstelle. Diese "Deckelwerte" eignen sich - wie die Untersuchungen gezeigt haben - nicht als Ausgangswerte für eine Ausbreitungsrechnung, weil im allgemeinen nicht der nach oben abgestrahlte Schall immisionsbedeutsam ist, sondern nur der Anteil, der sich, bestimmt durch die Richtcharakteristik des Waffen-Munitions-Systems, unter Einfluß von Reflexions- und Beugungseffekten in Richtung zum Immissionsort hin ausbreitet. Im Bereich der Schießstandbegrenzung tritt ein deutlicher Pegelsprung auf, der von Schießstand zu Schießstand unterschiedlich ist und sich nach gegenwärtigem Kenntnisstand nicht berechnen läßt. Aus diesem Grunde sollten als Ausgangswerte für Ausbreitungsrechnungen zweckmäßigerweise Pegelwerte benutzt werden, die außerhalb der Standbegrenzungen ermittelt worden sind. Es wird empfohlen, die Messungen für verschiedene KK-Waffen- und Munitionssysteme durchzuführen. Für jedes System sollte der Mittelwert aus Schußserien als Basiswert für die Ausbreitungsrechnung herangezogen werden. Für die Pegelabnahme auf dem Ausbreitungsweg ist mit einer Minderung von ca. 8 dB(A) je Abstandsverdopplung zu rechnen. Dies wird als eine realistische Maximalabschätzung für den Immissionspegel in Schußrichtung angesehen. Seitlich des Schießstandes kann sich, ausgehend von einem ohnehin niedrigeren Pegelniveau, eine etwas größere Pegelabnahme ergeben. Deshalb sollte bei der Planung von Schießständen die Schußrichtung möglichst quer zu einer vorhandenen oder vorgesehenen Bebauung angeordnet werden. Im Rückraum des Schützen könnte die Pegelabnahme wegen möglicher Reflexionen an den Schießblenden wieder geringer sein.

Für Planungsfälle sollten Ergebnisse von Messungen an vergleichbaren Anlagen herangezogen werden. Auch hier sind die Meßwerte von verschiedenen Waffen-

und Munitionssystemen zu beachten. Das Schießen mit Platzpatronen in freiem Gelände zur Gewinnung von Ausgangsdaten in Planungsfällen erscheint nicht zweckmäßig.

Zur Ermittlung der Geräuschbelastung am Immissionsort muß neben dem errechneten Pegel auch die Schußhäufigkeit und die erlaubte Schießzeit berücksichtigt werden. In bestehenden Situationen wird man dabei auf die Auslastung an Wettkampftagen zurückgreifen. In Planungsfällen liegt man mit einer angenommenen Schußhäufigkeit von einem Schuß je Minute und je Schießbahn auf der sicheren Seite.

## S c h r i f t t u m

- [1] MARTIN, R.:  
Anwendung von Schallpegelmessern auf Impulse.  
Fortschritte der Akustik, DAGA '81 (1981), S. 549-552.
- [2] GOLDBERG, K.H.:  
Untersuchungen zu Schießlärmminderungen, dargestellt an Fallbeispielen.  
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, H. 50 (1984), 40 S.
- [3] HILLEN, R.:  
Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräuschmessungen im Immissionsbereich.  
LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, H. 41 (1983), 79 S.
- [4] TA Lärm:  
Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm.  
Allg. Verw. Vorschrift der BReg. vom 16. Juli 1968.
- [5] Richtlinie für die Messung und Beurteilung von Schießlärmmissionen in der Nachbarschaft von Schießanlagen.  
Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen vom 14.10.1982; Nr. 8420-632-37949.
- [6] VDI 3745, Bl. 1:  
Ermittlung und Beurteilung von Schießlärm (in Vorbereitung).
- [7] DIN 45641, Bl. 1:  
Mittelung von Schallpegeln, Mittelungspegel, Einzelereignispegel.  
(Entwurf Juni 1987).
- [8] VDI 2058, Bl. 1:  
Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft,  
(September 1985).
- [9] ASSMANN, J.:  
Randbedingungen für die Ermittlung von Schießgeräuschmissionen,  
Fortschritte der Akustik.  
DAGA '84, S. 311-314.

Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

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

Anforderungen sind zu richten an die

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 Erschütterungsimmissionen (1979).
- Berichte-Nr. 6: STRAUCH, H. und K.H. GOLDBERG:  
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:  
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen (1980).
- Berichte-Nr. 8: WIETLAKE, K.H.:  
(vergriffen) Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern (1980).
- Berichte-Nr. 9: STRAUCH, H.:  
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: HILLEN, R.:  
(vergriffen) Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung -Ziele, Methodik, Ergebnisse- (1980).
- Berichte-Nr. 11: MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:  
(vergriffen) Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft (1980).
- Berichte-Nr. 12: GIEBEL, J.:  
(vergriffen) Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten (1981).
- Berichte-Nr. 13: BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:  
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 Drehrohfen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurez als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:  
(vergriffen) Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
(vergriffen) Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:  
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: PFEFFER, H.U.:  
(vergriffen) Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:  
(vergriffen) Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:  
(vergriffen) Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITTGERBER, H.:  
(vergriffen) Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:  
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 02.05.-24.05.1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: KÜLSKE, S.:  
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:  
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:  
Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANNS, H., H. GIES und G. NITZ:  
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:  
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).

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

- Berichte-Nr. 47: BEIER, R.:  
Kohlenwasserstoffbelastung in Ahlen - eine statistische Analyse -. (1984)
- Berichte-Nr. 48: SCHADE, H.:  
(vergriffen) Prognose der Schadstoffemissionen aus Verbrennungsanlagen im Belastungsgebiet  
Rheinschiene-Süd für die Jahre 1985 und 1990. (1984)
- Berichte-Nr. 49: STRATMANN, H.:  
Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Vegetation.  
Bewertung der Luftanalyse auf der Grundlage weiterentwickelter Dosis-  
Wirkungsbeziehungen für Schwefeldioxid und Ozon zur Ursachenaufklärung der  
neuartigen Waldschäden. (1984)
- Berichte-Nr. 50: GOLDBERG, K.H.:  
(vergriffen) Untersuchungen zu Schießlärmminderungen, dargestellt an Fallbeispielen. (1984)
- Berichte-Nr. 51: HERPERTZ, E., J. ASSMANN, D. KRANE, E. HARTMANN, B. STECK, E. BREWIG und  
(vergriffen) J. KROCHMANN:  
Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: Pfeffer, H.-U.:  
(vergriffen) Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.  
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions- Meß- und Erhebungsstellen in der  
Bundesrepublik Deutschland (STIMES).  
Ergebnisse für die Komponenten SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> und CO. (1984).
- Berichte-Nr. 53: BEIER, R.:  
(vergriffen) Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983. (1985).
- Berichte-Nr. 54: BRÖKER, G. und H. GLIWA:  
Polychlorierte Dibenzo-Dioxine und Furane in den Filterstäuben und Schlacken der  
zwölf Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger  
Sondermüllverbrennungsanlagen. (1985).
- Berichte-Nr. 55: KÜLSKE, S., J. GIEBEL, H.-U. PFEFFER und R. BEIER:  
ANALYSE der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.  
Teil 1: Text- und Bildband. (1985).  
Teil 2: Meßergebnisse. (1985).
- Berichte-Nr. 56: SPLITTGERBER, H., M. KLEIN und P. NEUTZ:  
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von  
Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: PRINZ, B., J. HRADEZKY, H.-U. PFEFFER, H.W. ZÖTTL und H.-K. LICHTENTHALER:  
(vergriffen) Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden. (1985).
- Berichte-Nr. 58: GIEBEL, J. und W. STRAMPLAT:  
Untersuchung über die Eignung des Korrelationsspektrometers Cospec V zur  
Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid. (1986).
- Berichte-Nr. 59: PRINZ, B., D. SCHWELA, E. KOCH, S. GANSER und T. EIKMANN:  
Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von  
Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen. (1986).
- Berichte-Nr. 60: MANNS, H. und H. GIES:  
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH  
(1986).
- Berichte-Nr. 61: SPLITTGERBER, H.:  
(vergriffen) Messung und Beurteilung von Erschütterungsmissionen - Vergleich verschiedener  
Verfahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:  
(vergriffen) Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane in  
Nordrhein-Westfalen. (1986).
- Berichte-Nr. 62: BUCK, M. und P. KIRSCHMER:  
Measurements of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor  
Air. (Übersetzung des 1986 erschienenen LIS-Berichtes Nr. 62).  
(1987).

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

- Berichte Nr. 78: GEUEKE, K.-J. und H. NIESENHAUS:  
Bestimmung von Benzol in Abgasen.  
1988.
- Berichte Nr. 79: WIETLAKE, K.-H.  
Geräuschminderung durch Teilkapselung von Schmiedehämmern.  
1988.
- Berichte Nr. 80: KRAUSE, G.H.M. und B. PRINZ:  
Experimentelle Untersuchungen der LIS zur Aufklärung möglicher Ursachen der  
neuartigen Waldschäden.  
(1988). (in Vorbereitung)