

# Lärmschutz durch Wald – Teil 1

## Bestimmung der Schallpegelminderung durch Pfadvergleichsmessungen

Mattias Trimpop<sup>1</sup>, Karl-Wilhelm Hirsch<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Lärmschutz, Düsseldorf, Trimpop@ifl-acoustics.de

<sup>2</sup>Cervus Consult, Willich, Hirsch@cervus.de

### Einleitung

Im Schallausbreitungsmodell der Richtlinie für das Lärmmanagement auf Schießplätzen [1], nach der ab 2010 auf Bundeswehrschießplätzen verfahren wird, ist ein Dämpfungsterm für die Ausbreitungsdämpfung durch Wald bzw. Waldstücke prinzipiell vorgesehen. Bisher wird dieser Dämpfungsterm allerdings nicht berücksichtigt, weil seine Berechnung weder theoretisch noch empirisch abgesichert ist. Insbesondere im Hinblick auf Maximalpegel der Schießknalle und den relevanten Spitzenpegel kann Wald aber Lärmschutzfunktionen übernehmen. Dies zeigten sowohl eigene orientierende Messungen als auch einschlägige Voruntersuchungen in der jüngsten Literatur [2].

In einer sogenannten „Waldstudie“ soll für den Schießlärm die Lärmschutzfunktion von Waldstücken sowohl akustisch als auch forstlich untersucht werden und Verfahren bei der Berechnung der Walddämpfung abgesichert werden. In Teil 1 dieses Beitrags wird über Messungen der Walddämpfung berichtet. In Teil 2 stehen die forstliche Beschreibung und die Ermittlung akustischer Parameter eines Waldstückes im Vordergrund.

### Akustische Pfadvergleichsmessungen

Zur orientierenden Quantifizierung der Walddämpfung wurden zunächst zwei Waldstücke ausgewählt und über mehrere Tage sogenannte Pfadvergleichsmessungen durchgeführt. Bei diesem Verfahren wird auf Pfaden durch und neben dem Waldstück die Schallausbreitung in jeweils beiden Richtungen in engem Zeitraaster alternierend gemessen.

Abbildung 1 zeigt den Messaufbau. Der Messaufbau ist auf typische Verhältnisse auf Übungsanlagen (Schießbahnen, Feuerstellung, Sprengplätze) auf Truppenübungsplätze abgestellt. Diese Übungsanlagen sind häufig durch Waldstücke gesäumt bzw. umschlossen. Deshalb stehen die Gaskanonen in einem Abstand vom Waldrand, der auch für den Abstand von Feuerhalten vom Waldrand auf den Anlagen typisch ist.

Ähnliche Überlegungen gelten auch für den gewählten Bereich des Messabstandes insgesamt. Im Hinblick auf den Zweck der Untersuchungen ist der Bereich hinter einem Waldstück bis 2 km Gesamt-abstand von der Waffe von besonderer Bedeutung, da hier die Pegel der Waffenknalle zumindest mit ihren Höchstwerten des Schalldrucks an die Immissionswerte des Lärmmanagements heranreichen können.

Die Auswahl infrage kommender Waldstücke reduziert sich erheblich, wenn die folgenden Randbedingungen gleichzeitig erfüllt sein sollen: Die Waldstücke sollten so weit von der nächsten Wohnbebauung entfernt liegen, dass das über mehrere Tage andauernde Abfeuern der Gaskanonen nicht stört. Die Waldstücke sollten forstlich homogen sein. Vor und hinter den Waldstücken muss eine ausreichend freie Fläche vorhanden sein, um einen Vergleichspfad in enger Nachbarschaft belegen zu können bzw. die Messpunkte beim Pfad durch den Wald frei aufstellen zu können. Solche Waldstücke finden sich auf Truppenübungsplätzen selbst; allerdings sollte dann der Schießbetrieb die Messung nicht stören bzw. den unbeschränkten Zugang erlauben.

Das erste vermessene Waldstück ist ein dichter Nadelwald (Kiefer, Bestockungsgrad 1,1) mit ca. 20 m Baumhöhe bei flachem Untergrund und einer wirksamen Ausdehnung von ca. 350 m. Der zweite Wald ist ein Laubwald (Eiche, Sommerbelaubung) von ca. 650 m Ausdehnung, ebenfalls ca. 20 m Baumhöhe in einer hügeligen Landschaft mit Höhenunterschieden von ca. 50 m. Durch die Lage der Waldstücke war vorgegeben, dass in beiden Messungen die Pfade in etwa in Nord-Süd Richtung ausgerichtet werden mussten. Bei der Messung im hügeligen Gelände wurde darauf geachtet, dass die zu vergleichenden Ausbreitungspfade einen möglichst gleichen Höhenschnitt aufweisen, um topografische Einflüsse auf die Immissionspegel zu minimieren.

### Knallquelle

Der Einsatz militärischer Waffen im Rahmen einer solchen mehr-tägigen Pfadvergleichsmessung ist aus mehreren Gründen nicht möglich. Als Schallquellen wurden deshalb Gaskanonen verwendet, die ein Weberspektrum (Explosionsknallspektrum) hinreichend reproduzierbar erzeugen. Die Kanonen erzeugen in den hier betrachteten Abständen von 500 m bis 1150 m auch bei weniger günstigen Schallausbreitungsbedingungen Messpegel, die signifikant über dem Hintergrundpegel liegen und eine zuverlässige Messung erlauben. Die Kanonen lassen sich nach einem vorgebaren Zeitschema automatisch betreiben.

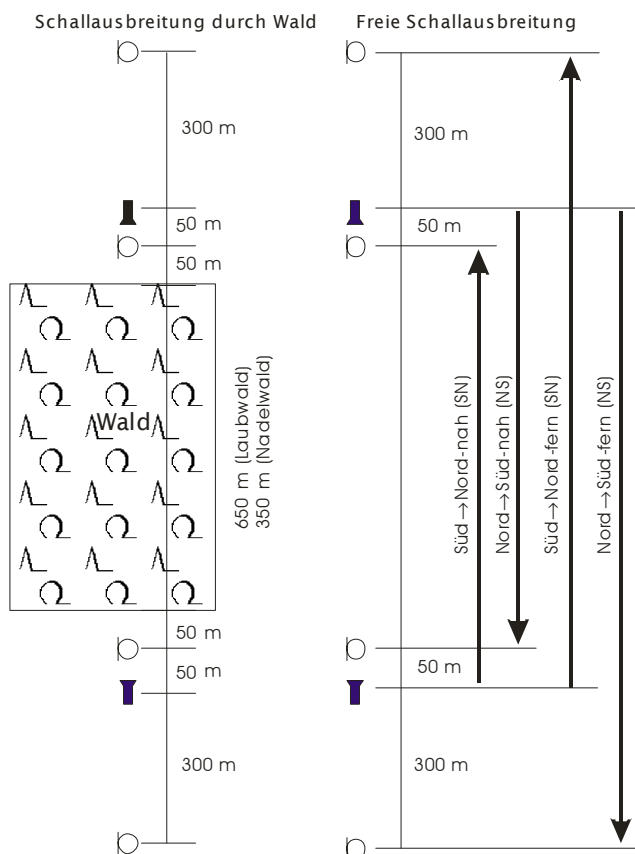


Abbildung 1: Messaufbau der Waldmessungen

## Wettermessungen

Das Wetter wurde durch ein Sodar/RASS System, einen 3D-Sonic-Windmesser und eine Standardwetterstation aufgezeichnet, die so aufgestellt waren, dass sie insgesamt für beide Pfade repräsentative Ergebnisse liefern sollten.

Während der zusammenhängenden Messperioden von mehreren Tagen wurden bei der Vermessung beider Waldstücke verständlicherweise nicht alle Wind- und Wetterlagen angetroffen. Bei der Messung des Nadelwaldes herrschte zunächst mäßiger Ost- bis Südostwind, der dann auf einen schwachen Südwestwind drehte. Auch windstille Perioden (Kalmen) konnten beobachtet werden.

Bei der Laubwaldmessung war die vorherrschende Windrichtung Südwest mit schwachen bis mäßigen Windstärken. Auch hier wurden Kalmen mit gemessen.

## Messergebnisse

In der gesamten Messperiode wurden in allen Messpositionen die Zeitverläufe des Schalldrucks aufgezeichnet. Bei der Nachbereitung erfolgte die Abtrennung der Knallsignale und ihre Zuordnung zum jeweiligen Knallereignis und eine danach automatische Analyse aller relevanten Pegel einschließlich der bewerteten Höchstwerte des Schalldrucks während der Signaldauer. Die Wetterdaten wurden ebenfalls entlang der Zeitachse in die Datenbank eingespielt, so dass über Abfragen Korrelationen zwischen Wetter und Akustik möglich sind. Im Folgenden wird nur über C-bewertete Pegel  $L_{CSEL}$  und  $L_{CPeak}$  berichtet, da sie bei der Lärmbelastung in der Nachbarschaft von Schießplätzen zunächst im Vordergrund stehen.

Bei einer Pfadvergleichsmessung ergibt sich der Einfluss des Waldes aus einer doppelten Differenzbildung der Pegel zeitlich eng benachbarter Einzelereignisse. Zunächst wird über die Pegeldifferenz zwischen dem Nahbereichsmikrofon und einem Fernbereichsmikrofon die pfadspezifische Ausbreitungsdämpfung bestimmt. Danach wird die Differenz der jeweils entsprechenden Messungen gebildet und als Walddämpfung betrachtet. Diese Methode setzt voraus, dass die Ausbreitungsbedingungen so vergleichbar sind, dass man zumindest statistische Aussagen über den Einfluss des Waldes treffen kann.

Tabelle 1 zeigt die mittleren Pegeldifferenzen auf den vier betrachteten Ausbreitungspfaden bzw. -richtungen für die beiden Waldmessungen.  $\Delta L$  bezeichnet dabei die Pegeldifferenz mit der größten Häufigkeit.

Bei der Nadelwaldmessung sind bei den nahen Ausbreitungswegen (SN-nah und NS-nah) für das  $P_{50}$  Perzentil ähnliche Pegeldifferenzen in beiden Ausbreitungsrichtungen zu finden. Für die weiten Ausbreitungswege ist die Differenz des  $P_{50}$  Perzentil für den von Süd nach Nord laufenden Schall (SN-fern) signifikant geringer als in Gegenrichtung (NS-fern). Die Pegeldifferenz des  $L_{CPeak}$  im nahe hinter dem Wald gelegenen Messpunkt (SN-nah) ist höher als für die anderen Messpunkte.

Waldart	Pfad		$L_{CSEL}$				$L_{CPeak}$			
	Richtung	Abstand	$\Delta L$ dB	$P_{10}$ dB	$P_{50}$ dB	$P_{90}$ dB	$\Delta L$ dB	$P_{10}$ dB	$P_{50}$ dB	$P_{90}$ dB
Nadelwald	SN	nah	5	1	4	8	13	-3	9	16
		fern	2	-4	2	5	2	-7	2	10
	NS	nah	3	-1	4	6	3	-1	4	12
		fern	5	0	4	8	5	-2	5	11
Laubwald	SN	nah	5	1	5	8	4	1	4	12
		fern	6	-7	4	9	6	-8	5	13
	NS	nah	5	-11	3	7	6	-7	4	9
		fern	1	-1	2	10	2	-1	3	11

Tabelle 1: Walddämpfung für  $L_{CSEL}$  und  $L_{CPeak}$

Die Ergebnisse für den Laubwald liegen in einer vergleichbaren Größenordnung zu den Ergebnissen des Nadelwaldes, obwohl das Waldstück nahezu doppelt so tief ist. Bei der Interpretation der Messergebnisse muss beachtet werden, dass nicht alle Wetterlagen gemessen werden konnten und die auftretenden Wetterlagen nicht mit einer Gewichtung in die obige Darstellung der Ergebnisse eingegangen sind. Diese Aussage gilt auch, wenn man berücksichtigt, dass eine bidirektionale Messung durchgeführt wurde, also Mitwindlagen und Gegenwindlagen gleichermaßen eingehen. Eine Differenzierung nach Wind- oder Wetterlagen böte sich zwar an, ist aber für den Laubwald wegen des dort nicht ebenen Geländes mit einer Unsicherheit belastet.

## Schlussfolgerungen

Die Walddurchgangsmessung ergab eine signifikante Dämpfung durch Waldstücke im Ausbreitungspfad und bestätigt die orientierenden Messungen qualitativ. Die Dämpfung erreicht Werte, die eine Vernachlässigung im Rahmen der gesamten Unsicherheit des Schallausbreitungsmodells der LMR für die Schießlärmprognose in der Nachbarschaft von Schießplätzen nicht rechtfertigen.

Für den Nadelwald von hier ca. 350 m maßgeblicher Ausdehnung wurden für die 50 m hinter dem Wald liegenden Messpunkte im Mittel Pegeldifferenzen im  $L_{CSEL}$  von 3 dB bis 5 dB gemessen. Für die 400 m hinter dem Wald liegenden Messpunkte die Mittelwerte von 2 dB bis 5 dB festgestellt. Bei dem Laubwald gilt 5 dB bis 6 dB im Nahbereich bzw. 2 dB bis 6 dB im Fernbereich.

Bei den Spitzenpegeln  $L_{CPeak}$  sind die Pegeldifferenzen nicht signifikant höher: im Nahbereich 3 dB bis 13 dB, im Fernbereich 2 dB bis 5 dB für den Nadelwald. Für den Laubwald gilt 4 dB bis 6 dB im Nahbereich und 2 dB bis 6 dB im Fernbereich.

## Zusammenfassung und Ausblick

Allgemein lässt sich sagen, dass eine mittlere Pegeldifferenz von ca. 4 - 5 dB im  $L_{CSEL}$  als auch dem  $L_{CPeak}$  durch die 350 m bis 650 m tiefen Waldstücke für die in 50 m hinter dem Waldrand liegenden Messpunkte unabhängig von der Windrichtung gemessen wurde, während die in 400 m vom Wald entfernt gemessenen Immissionspegel eine große Abhängigkeit vom den Windverhältnissen aufwiesen.

Inzwischen wurde eine Pfadvergleichsmessung für den unbelaubten Laubwald durchgeführt, um den Einfluss der Belaubung festzustellen. Die Auswertung der Messung dauert an.

Insgesamt wurde bisher nur ein Bruchteil der Daten, die bei der Pfadvergleichsmessung angefallen sind, ausgewertet. In jedem der Immissionspunkte wurde in 4 m Höhe und in 0 m Höhe gemessen. Zusätzlich befand sich ein Messpunkt in zentraler Lage im Wald, der im Hinblick auf den Beitrag des durch den Wald und nicht über den Wald geleiteten Beitrag zum Immissionspegel Auskunft geben kann.

## Literatur

- [1] „Richtlinie für das Lärmmanagement auf Schießplätzen (Lärmmanagementrichtlinie - LMR)“, Bundesministerium der Verteidigung, 2007
- [2] White, M. J.; Swearingen, M. E.: “Influence of scattering, atmospheric refraction, and ground effect on sound propagation through a pine forest”, J. Acoust. Soc. Am. Volume 122, Issue 1, pp. 113-119 (July 2007)
- [3] Hirsch, K.-W.; Trimpop, M.: “Lärmschutz durch Wald – Teil 2 Forstliche Aspekte bei der Schallausbreitungsrechnung“, Fortschritte der Akustik, DAGA 2010, Berlin

Diese Studie wird von der Zentralstelle für Transformation der Bundeswehr, Aufgabensteller BMVg, Fü S IV 3, gefördert. Unser Dank gilt besonders der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben - Sparte Bundesforst – für die forstfachliche Unterstützung.