

# Schallpegelanalyse von Be- und Entladevorgängen mit Palettenhubwagen und beladener Palette bei Lkw in Logistikzentren

B.Sc. Martin Heroldt

*Uppenkamp und Partner GmbH, 10997 Berlin; E-Mail: martin.heroldt@web.de*

## Einleitung

Steigender Gütertransport auf der Straße und die damit verbundene ebenfalls steigende Anzahl der Verladevorgänge von Lkw führen im Umfeld von Gewerbe- und Industriebetrieben zu erhöhten Geräuschimmissionen. Nicht zuletzt stellt auch die zunehmende Verlagerung der Transport- und Verladevorgänge in die immissionskritischere Nachtzeit eine zusätzliche Herausforderung bei der Sicherstellung des Immissionsschutzes dar [1].

Die einzige vorliegende Studie mit Schallpegelmessungen zur Be- und Entladung von Lkw wurde 1995 vom HLU (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie) veröffentlicht [2]. Da diese HLU-Studie heute noch als Datenbasis für die Erstellung von Schallimmissionsprognosen verwendet wird, werden aktuelle Messwerte benötigt. Die vorliegende Arbeit untersucht deshalb die Fragestellung:

Wie laut sind Be- und Entladevorgänge von Lkw mit einem Palettenhubwagen und beladener Palette heute?

Das Ergebnis dieser Arbeit ist eine umfassende Darstellung der Schallpegel von Be- und Entladevorgängen von Lkw an Logistikzentren mit verschiedenen Kombinationen von aktuell in der Praxis verwendeten Torrandabdichtungen und unterschiedlichen Überladebrücken.

Ziel dieser Arbeit war es, eine praxisnahe und realistische Wiedergabe der heutigen Be- und Entladegeräusche zu produzieren. Deshalb wurden die Betriebsvorgänge „Beladung“ und „Entladung“ als jeweils ein zusammenhängender Vorgang durchgeführt und gemessen und nicht, wie in der HLU-Studie, alle zugehörigen Teilvorgänge separat. Als ein Beladevorgang gilt dann beispielsweise der Ablauf: Palette mit Hubwagen aufnehmen, Fahrt über die Überladebrücke in den Lkw, Absetzen der Palette und Fahrt des leeren Hubwagens zurück in die Halle.

Anhand von drei Versuchsvarianten, bestehend aus verschiedenen Kombinationen von Überladerampen, Überladebrücken und Lkw-eigenen Ladebordwänden, wurde jeweils die Be- und Entladung einer standardisiert beladenen Palette nachgestellt und der Schalldruckpegel gemessen.

Da von einer erheblichen Senkung der Schallleistungspegel der Be- und Entladungen im Vergleich zu 1995 ausgegangen wird, sollen die Ergebnisse in Zukunft als

neue Datenbasis für die Erstellung von Schallimmissionsprognosen von Be- und Entladungen von Lkw dienen können.

## Material und Methoden

### Versuchsvarianten und Messaufbau

Die Messungen wurden auf dem Firmengelände des Logistikzentrums Kurt Pietsch GmbH & Co. KG in einem Gewerbegebiet in Ahaus durchgeführt. Drei Versuchsvarianten (TYP 1, 2 und 3, Tabelle 1) wurden getestet: bei TYP 1 handelte es sich um eine Außenüberladerampe aus Aluminium, die mit einer längsgeriffelten Rutschsicherung ausgestattet war. Bei TYP 2 wurde eine innenliegende Überladerampe mit schwenkbarer Überladebrücke verwendet, die ebenfalls mit längsgeriffelter Rutschsicherung versehen war. TYP 3 war eine Kombination aus einer innenliegenden Überladerampe mit integrierter Vorschubüberladebrücke und einer ausfahrbaren Teleskopklappe. Der verwendete Lkw (MAN TGL Typ 8.180 BL, zulässige Gesamtmasse 7,5 t) war mit einem 20 mm starken Siebdruckplattenboden und einem transluzenten GfK-Dach ausgestattet. Die Seitenwände waren mit einer 45 mm starken Schicht aus Kunststoff und Isoliermaterial versehen.

Die Schallpegelmessung wurde mit zwei Handschallpegelmessern und Zubehör von Brüel & Kjær durchgeführt. Die beiden Mikrofone wurden jeweils 4,24 m entfernt von der Beladeöffnung im Winkel von 45° zur Seitenwand auf beiden Seiten des Lkw und in einer Höhe von 1,5 m aufgestellt.

**Tabelle 1:** Ausstattung der Versuchsvarianten.

	TYP 1	TYP 2	TYP 3
Außenrampe	X	-	-
Innenrampe	-	X	X
Schwenkbare Überladebrücke	X	X	-
Integrierte Überladebrücke	-	-	X
Teleskoplippe	-	-	X
Torrandabdichtung	-	X	X
<i>Oberfläche der Überladebrücke</i>			
längs geriffeltes Aluminium	X	X	-
lackiertes Tränenblech	-	-	X

### Schallpegelmessung der Be- und Entladungen

Die Vorgänge Be- und Entladung wurden mit Hilfe eines Palettenhubwagens und einer Palette mit Ladung durchgeführt. Um die Messungen reproduzierbar zu gestalten wurde die zu verladene Palette standardisiert und möglichst geräuscharm beladen. Der verwendete Palettenhubwagen (AM 22, Firma Jungheinrich) war mit geräuschreduzierenden Polyurethan-Gabelrollen ausgestattet.

Um ein realitätsnahes Ergebnis zu erhalten, wurde die Be- oder Entladung als ein Betriebsvorgang ohne Unterbrechung durchgeführt. Die Betriebsvorgänge setzten sich zusammen aus: Einfahrt des Hubwagens mit bzw. ohne Ladung auf den Lkw, Absetzen oder Aufnehmen der Ladung und Ausfahren aus dem Lkw ohne bzw. mit Ladung. In der HLUG-Studie von 1995 wurde jeder dieser Einzelvorgänge gesondert gemessen und spiegelt dadurch kein Gesamtgeräusch wider.

Um die Messungen mit den Ergebnissen der HLUG-Studie vergleichen zu können, musste der impulsartige Schalleistungspegel für eine Stunde ( $L_{WAT,1h}$ ; Gleichung (1)) [2] sowie der maximale Schalleistungspegel ( $L_{WAmax}$ ; Gleichung (2)) berechnet werden [3].

$$L_{WAT,1h} = 10 * \log \left( \left( \frac{T}{3600} \right) * 10^{\left( \frac{L_{WA}}{10} \right)} \right) + K_I \quad [\text{dB (A)}] \quad (1)$$

$$L_{WAmax} = L_{AFmax} + 10 * \log (\pi * r^2) \quad [\text{dB(A)}] \quad (2)$$

Um möglichst repräsentative und aussagekräftige Messwerte zu erhalten, wurde eine große Zahl an Wiederholungen (mind. 40 pro Vorgang) durchgeführt. Zusätzlich wurden die Standardabweichungen der neuen Messungen mit denen der HLUG-Studie verglichen.

Vor jeder Messreihe wurden außerdem die Fremdgeräusche ( $L_{AeqFremd}$ ) gemessen. Die Differenz zwischen  $L_{Aeq}$  und  $L_{AeqFremd}$  wurde dokumentiert, um später ggf. eine Fremdgeräuschkorrektur vornehmen zu können. Überschreitet die Differenz zwischen  $L_{Aeq}$  und  $L_{AeqFremd}$  10 dB (A), ist es nicht notwendig eine solche Korrektur vorzunehmen [4].

### Ergebnisse

Der  $L_{WAT,1h}$  der Be- und Entladevorgänge von TYP 1 war am höchsten, von TYP 3 am niedrigsten (Tabelle 2). Bei allen untersuchten Varianten waren die Beladevorgänge lauter als die Entladevorgänge.

**Tabelle 2:** Ergebnisse der Schallpegelmessungen.  $L_{WA,1h}$ : Schalleistungspegel auf 1 h gemittelt;  $K_I$ : Impulshaltigkeit;  $L_{WAT,1h}$ : impulsbehaffeter Schalleistungspegel auf 1 h gemittelt;  $L_{WAmax}$ : maximaler Schalleistungspegel

dB (A)	$L_{WA,1h}$	$K_I$	$L_{WAT,1h}$	$L_{WAmax}$
<i>TYP 1</i>				
Beladung	73,8	10,2	84	110,5
Entladung	72,2	9,9	82,2	107,9
<i>TYP 2</i>				
Beladung	68,6	11,8	80	106,6
Entladung	67,7	11,5	79,1	105,8
<i>TYP 3</i>				
Beladung	69,3	9,3	78,6	104,5
Entladung	67,1	8,6	75,7	101,9

Die Überfahrten des leeren Palettenhubwagens waren, unabhängig ob der Vorgang der Be- oder Entladung betrachtet wurde, lauter als die Überfahrten des mit der Palette beladenen Hubwagens. Dies wird deutlich bei Betrachtung der Pegelzeitverläufe: Abbildung 1 zeigt beispielhaft, dass bei einer Beladung bei TYP 2 die Einfahrt mit der Palette um einen Schalleistungspegel von ca. 10 dB (A) geringer war als die Ausfahrt des Hubwagens ohne Palette. Außerdem fiel auf, dass die Einfahrt des leeren Palettenhubwagens bei allen Messungen leiser war als die ebenfalls leere Ausfahrt des Hubwagens.

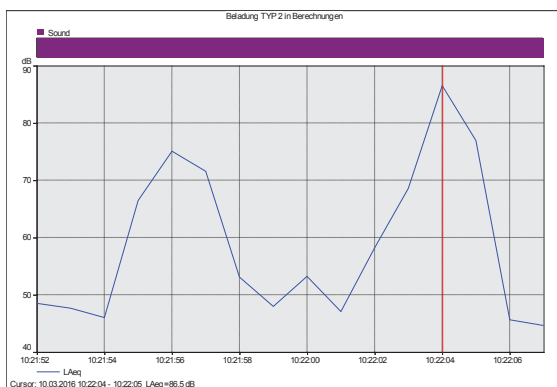


Abbildung 1: Pegelzeitverlauf einer Beladung (TYP 2).

Die Mindestdifferenz von 10 dB (A) zwischen den einzelnen Schalldruckpegeln der Messungen ( $L_{Aeq}$ ) und denen der Fremdgeräuschmessungen ( $L_{AeqFremd}$ ) wurde in allen Fällen erreicht, weshalb keine Fremdgeräuschkorrekturen vorgenommen wurden.

## Diskussion

Die Be- und Entladungen bei TYP 1 waren am lautesten. Dies war zu erwarten, da die Vorgänge an einer Außenüberladerampe stattfanden und keine baulichen Abschirmungen wirken konnten. Bei den Vorgängen bei TYP 3 wurden die geringsten Schalldruckpegel gemessen. Gerade die Kombination aus Torrandabdichtung und innenliegender Vorschubüberladebrücke mit Teleskoplippe aus Tränenblech konnte hier punkten, da diese einen geschlossenen Unterbau hatte. Die Messungen am TYP 2 ergaben Schalleistungspegel zwischen den Ergebnissen von TYP 1 und TYP 3. Bei TYP 2 gab es zwar auch eine Torrandabdichtung, allerdings war hier die Überladebrücke aus Riffelblech und nicht nach außen geschlossen. Zu beachten sind ebenfalls die Oberflächen der Überladebrücken. Bei TYP 1 und TYP 2 war die Oberfläche ein Riffelblech mit tiefen Rillen, bei TYP 3 dagegen war die Überladebrücke aus Tränenblech mit einer nicht sehr hohen Prägung. Diese Unterschiede haben eine große Auswirkung auf das Scheppern des Palettenhubwagens während der Überfahrt. Die Länge der Überladebrücke beeinflusst ebenfalls die Schalleistungspegel: umso länger die Brücke, desto länger dauert die Überfahrt und desto höher wird der auf die Zeit bezogene Schalleistungspegel  $L_{WAT,1h}$ . Dass die längere Überladebrücke bei TYP 3 leiser als bei TYP 2 war, lag an der Bauweise der integrierten Vorschubüberladebrücke. Durch das massive und geschlossene Gehäuse können Geräusche nach außen abgeschirmt werden.

Das leichte Gefälle von der Halle hinunter zum Lkw und die Übergänge zwischen Hallenboden, Überladebrücke und Laderaum beeinflussten die Ergebnisse ebenfalls: die Einfahrt des leeren Hubwagens war stets leiser als dessen ebenfalls leere Ausfahrt. Der leere Hubwagen wurde aufgrund des leicht zum Lkw hin abschüssigen Weges mit wenig Krafteinwirkung über die Übergänge und Kanten geschoben. Auf dem Rückweg aus dem Lkw in die Halle

musste der Hubwagen jedoch gezogen werden, was vor allem bei den Kantenübergängen höhere Schallpegel verursachte.

Der Unterschied des Vorganges Beladung TYP 1 zu Beladung TYP 2 lag bei einem  $L_{WAT,1h}$  von 4 dB (A), bei der Entladung von 3 dB (A). Da der Schalleistungspegel logarithmisch berechnet wird, ist eine Senkung um 3 dB (A) bereits eine Halbierung des Pegels und hat dadurch einen großen Stellenwert. Beim Vergleich der Unterschiede zwischen TYP 2 und TYP 3 kann nochmals eine Differenz von 1,4 dB (A) bei den Beladevorgängen und von 3,4 dB (A) bei den Entladevorgängen erzielt werden. In Summe macht dies eine Senkung des Schalleistungspegels um fast das Vierfache von TYP 1 zu TYP 3 aus.

Tabelle 3 zeigt den Vergleich der Be- und Entladevorgänge mit Außenrampe der HLUK-Studie mit den neuen Messwerten des TYP 1. Für die Vorgänge mit innenliegender Rampe wurde in der HLUK-Studie nur eine Versuchsvariante gemessen, bei den neuen Messungen mit TYP 2 und TYP 3 jedoch zwei Varianten abgedeckt (

Tabelle 4).

Tabelle 3: Schalleistungspegel Außenrampe HLUK-Studie im Vergleich mit TYP 1.

Außenrampe	HLUK (1995)	TYP 1
$L_{WAT,1h}$ in dB(A)		
Beladung	92	84
Entladung	88	82,2
$L_{WAmax}$ in dB(A)		
Beladung	121	110
Entladung	114	108

Tabelle 4: Schalleistungspegel Innenrampe HLUK-Studie im Vergleich mit TYP 2 und TYP 3.

Innenrampe	HLUK (1995)	TYP 2	TYP 3
$L_{WAT,1h}$ in dB(A)			
Beladung	85	80	78,6
Entladung	80	79,1	75,7
$L_{WAmax}$ in dB(A)			
Beladung	117	106,6	104,5
Entladung	110	105,8	101,9

Alle Ergebnisse der neuen Messungen unterschritten die Werte der HLUK-Studie von 1995. Die Be- und Entladung von Lkw mit Palettenhubwagen ist bei den getesteten Varianten im Vergleich zu 1995 leiser geworden.

## **Literatur**

[1] Umweltbundesamt. (2015). Umweltbewusstsein in Deutschland 2014 - Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Umweltbundesamt.

[2] Lenkewitz, K., & Müller, J. (2005). Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen durch Lastkraftwagen auf Betriebsgeländen von Frachtzentren, Auslieferungslagern, Speditionen und Verbrauchermärkten sowie weiterer typischer Geräusche insbesondere von Verbrauchermärkten. Wiesbaden: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie.

[3] HLFU. (1995). Technischer Bericht zur Untersuchung der LKW- und Ladergeräusche auf Betriebsgeländen von Frachtzentren, Auslieferungslagern und Speditionen. Hessische Landesanstalt für Umwelt.

[4] Normenausschuss Akustik, L. u. (1996). Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen DIN 45645-1. Berlin: Beuth Verlag GmbH.