

# Effiziente und stadtverträgliche Maßnahmen zur Lärmreduzierung in logistischen Knoten im Binnenland (Duisburger Hafen) im Rahmen eines aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) geförderten Forschungsvorhabens

Michael Wirtz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Peutz Consult GmbH, 40599 Düsseldorf, E-Mail: mw@peutz.de

## Einleitung

Im Rahmen eines aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) geförderten Forschungsvorhabens sind unter Berücksichtigung der logistischen Effizienz im Binnenhafen Duisburg auf Basis messtechnisch bestimmter Lärmemissionen im Bestand lärmvermeidende und -mindernde Maßnahmen zu entwickeln. Auf Grundlage der aktuell vorliegenden Erkenntnisse wird nachfolgend der Projektzwischenzustand mit einer ersten Beschreibung immissionsrelevanter Prozesse der Akteure im Binnenhafen und dessen Umfeld dokumentiert. Durch die Aufnahme und Analyse relevanter technischer, baulicher und neuer Technologien zur Lärmverminderung werden mögliche schalltechnische Entwicklungspotentiale für eine Entschärfung der Geräuschkombination im Umfeld aufgezeigt.

## Reachstacker

Reachstacker sind Flurförderzeuge die zum Stapeln und Umschlagen u.a. von Containern im kombinierten Terminalverkehr im Duisburger Hafen in Verbindung mit Portalkränen eingesetzt werden.

Durch den am Ende eines schrägen Arms montierten Spreader können die Ladeeinheiten (Container) übereinander und über andere Container hinweg gestapelt werden. Im Zuge der Ermittlung der Hauptlärmemittenten des Hafens waren auch die in Verbindung mit den Fahrtbewegungen von Reachstackern unterschiedlicher Antriebsarten auftretenden Lärmemissionen messtechnisch zu erfassen.

Hierzu erfolgten an zwei Messpositionen in einem Abstand von jeweils 7,5 m zeitgleiche Messungen während der gleichförmigen Vorbeifahrt eines dieselbetriebenen Reachstackers (Abb. 1) und eines Reachstackers mit hydrostatischem Antrieb (Abb. 2).



Abbildungen 1 und 2: Reachstacker mit Dieselantrieb (links) und mit hydrostatischem Antrieb (rechts).

In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse der messtechnisch erfassten Vorbeifahrtpegel für einen Diesel-Reachstacker im ECO- und NORMAL-Modus sowie für einen Hybrid-Reachstacker moderner Bauart gegenübergestellt.

Tabelle 1: Messergebnisse Vorbeifahrten Reachstacker

Messposition	Geräuschquelle	$L_{Aeq}$	$L_{AFmax}$	$L_{AFTeq}$	SEL
dB(A)					
A	Diesel-Reachstacker ECO-Modus	73,9	84,1	78,3	87,9
B	Diesel-Reachstacker ECO-Modus	73,7	82,8	77,6	87,7
A	Diesel-Reachstacker NORMAL-Modus	73,4	82,9	78,5	87,3
B	Diesel-Reachstacker NORMAL-Modus	73,5	84,2	78,2	87,5
A	Hybrid-Reachstacker	76,5	84,5	80,6	89,5
B	Hybrid-Reachstacker	76,8	85,7	81,4	89,8

Ergebnis dieser Messung war, dass im Falle des Hybrid Reachstackers 2 dB(A) höhere Pegel messtechnisch erfasst wurden (vgl. Tab. 1 - SEL). Dies liegt darin begründet, dass neben der eigentlichen Vorbeifahrt auch die Beschleunigung und der Verzögerung messtechnisch erfasst wurden und diese zu höheren Geräuschmissionen führten als der Reachstacker mit Dieselantrieb

## Fahrzeuge mit LNG-Antrieb

Über 99 Prozent der schweren Lkw fahren mit Dieselmotoren. Im Gegensatz zu Pkw und leichten Nutzfahrzeugen sind mittelfristig keine serienreifen und wirtschaftlichen Antriebstechnologien auf Basis von Strom oder Wasserstoff verfügbar [2].

Zu einer Reduzierung der Luftschadstoff- (Stickoxide und Feinstaub) und Lärmemissionen kann der Einsatz von LNG (liquefied natural gas) als Kraftstoff für schwere Nutzfahrzeuge beitragen. Die hier eingesetzten Erdgasmotoren mit Fremdzündung (Ottoprinzip) führen gemäß Herstellerangaben zu Pegelminderungen von bis zu rd. 4 dB für die Vorbeifahrt im Vergleich zu Diesel-Lkw (vgl. Abb. 3)

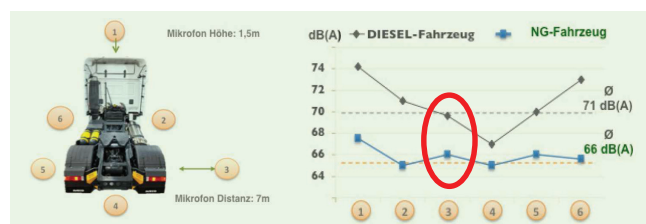


Abbildung 3: Lärmmission Gas-Otto-Motoren im Vergleich zu Diesel-Motoren (Quelle: Iveco Magirus AG)

Demnach würde sich bei einem verstärkten Einsatz von LNG-Lkw neben einer Minderung der von Hafenterrassen selbst ausgehenden Geräuschemissionen auch auf den Zufahrtstraßen zu den Hafenterminals im öffentlichen Straßenverkehr insbesondere zum Nachtzeitraum Pegelminderungen ergeben.

### Rückfahrwarner

Rückfahrwarner dienen als Sicherheitseinrichtung der akustischen Warnung im Bereich hinter dem Fahrzeug. In Verbindung mit dem Einsatz der klassischen Rückfahrwarner mit einem deutlich wahrnehmbaren Einzelton wird bei deren schalltechnischer Beurteilung üblicherweise als Lästigkeitszuschlag ein Tonzuschlag gemäß TA Lärm [1] von mindestens 3 dB angesetzt. Auf den Ansatz eines solchen Tonzuschlages kann bei der schalltechnischen Beurteilung der Rückwärtsfahrten z.B. von Lkw und Reachstackern verzichtet werden, wenn diese mit etwa gleichlauten Multifrequenz-Rückfahrwarnern (synthetisches Rauschen) ausgerüstet sind. Diese emittieren ein breitbandiges synthetisches Rauschen und sind daher außerhalb des Gefahrenbereiches geringer wahrnehmbar (Abb. 4)

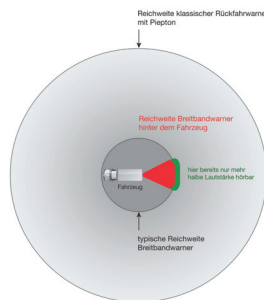


Abbildung 4: Reichweitenvergleich klassischer Rückfahrwarner / Breitbandwarner (Quelle: Ried System Electronic GmbH)

### Portalkräne

Das Anfang 2004 von der Duisburger Hafen AG in Zusammenarbeit mit der TOBIES Kran- und Förderanlagen GmbH und der SGKV e.V. gestartete und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte Projekt GOOD SOUND („Ermittlung und Erprobung von Verfahren und Technologien zur Reduzierung von Schallemissionen bei der Kranung intermodaler Ladeeinheiten“) [3] hatte das Ziel die Schallemissionen, die während der Kranungsprozesse intermodaler Ladeeinheiten entstehen, messbar zu reduzieren und dadurch eine Verbesserung der Akzeptanz von KV-Terminals zu bewirken.

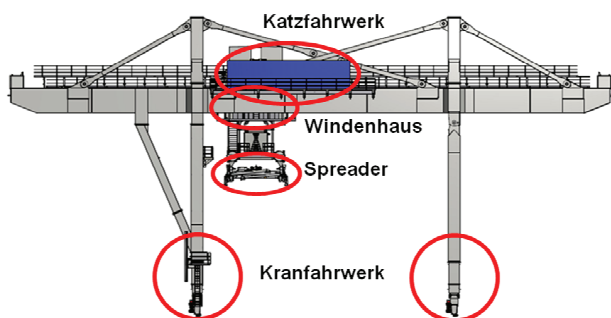


Abbildung 5: Portalkran und wesentliche Geräuschquellen

Um eine standardisierte und vergleichbare Messmethode anzuwenden erfolgten hierzu an bestehenden Anlagen im Duisburger Hafen Luftschallmessungen gemäß der Richtlinie über zulässige Schallemissionen von Containerkranen der Deutschen Bahn AG von 1995. In der Abb. 6 sind die Ergebnisse für zwei gemäß der DB-Richtlinie durchgeführter Kranmessungen aufgeführt.

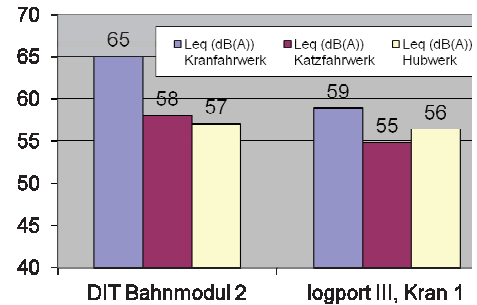


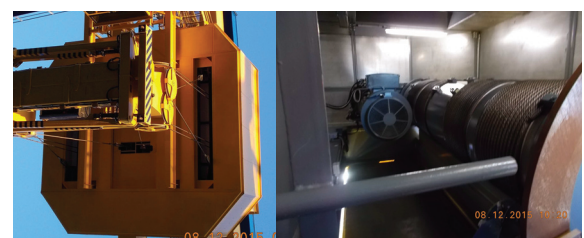
Abbildung 6: Emissionsmessungen Krananlagen (Quelle: Duisburger Hafen AG)

So ergeben sich im Vergleich zwischen dem Kran auf dem DIT Gelände und einem auf dem logport III Gelände in Duisburg eingesetzten lärmoptimierten Kran Pegelminderungen von rd. 6 dB für die Kranfahrt, 3 dB für die Katzfahrt und 1 dB für das Hubwerk. Durch den Einbau von entkoppelnden Delta-Lagern konnten hier z.B. die Abrollgeräusche „Rad – Schiene“ des Katzfahrwerkes gemindert werden. Da durch die Messungen gemäß der DB-Richtlinie nur Emissionswerte für einzelne Kranbewegungen erfasst werden erfolgten zusätzlich hierzu gezielte vergleichende Luftschallmessungen auf dem logport III Gelände in Duisburg an zwei Portalkränen ohne und mit Umsetzung folgender Maßnahmen:

- Kapselung Hydraulikaggregat Spreader (Abb. 7/8);
- Schließung Öffnungen und absorbierende Innenauskleidung Windenhaus (Abb. 9/10);



Abbildungen 7 und 8: Kran-Spreader ohne (links) und mit (rechts) Kapselung Hydraulik (Quelle: Duisburger Hafen AG)



Abbildungen 9 und 10: Schließen Öffnungen (links) und Schall absorbierende Auskleidung (rechts) Windenhaus (Quelle: Duisburger Hafen AG)

Die Messergebnisse welche sich jeweils ohne und mit Umsetzung der die o.a. Maßnahmen ergeben sind in der nachfolgenden Tabelle 2 aufgeführt.

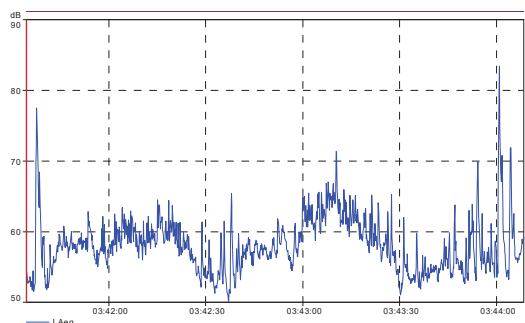
**Tabelle 2:** Messergebnisse Portalkrane

Geräuschquelle	Messentfernung m	dB(A)			K <sub>I</sub> dB
		L <sub>Aeq</sub>	L <sub>AFmax</sub>	L <sub>AFTeq</sub>	
Hydraulik Spreader ohne Kapselung	2	69,8	71,3	70,6	0,8
Hydraulik Spreader mit Kapselung	2	63,8	66,4	64,8	1,0
Heben / Senken ohne Kapselung	4,5	67,3	73,8	70,2	2,9
Heben / Senken mit Kapselung	4,5	66,1	71,6	69,0	2,9

So ergeben sich im Vergleich Pegelminderungen von rd. 6 dB für die Kapselung der Hydraulik des Spreaders Kranfahrt sowie rd. 1 dB für die Maßnahmen am Windenhaus.

### Schiffsverladung

Im Rahmen eigener Luftschallmessungen im Duisburger Hafen wurden in Verbindung mit Containerverladung auf Schiffe mittels Kran insbesondere der ersten Container (direkter Kontakt mit dem Schiffsrumpf) Maximalpegel in einem Messabstand von rd. 90 m von bis zu rd. 82 dB(A) gemessen (vgl. Abb. 11 und Tab. 3).



**Abbildung 11:** Pegel-Zeit-Verlauf „Containerbeladung Schiff mittels Kran (Messabstand rd. 90 m)“

**Tabelle 3:** Messergebnisse „Containerbeladung Schiff mittels Kran“

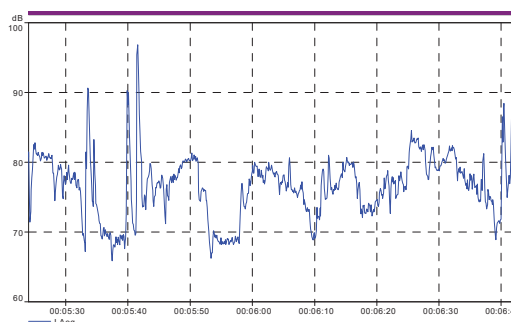
Geräuschquelle	Messentfernung m	dB(A)			K <sub>I</sub> dB
		L <sub>Aeq</sub>	L <sub>AFmax</sub>	L <sub>AFTeq</sub>	
Schiffsbeladung (Container) mit Kran	93	60,6	82,3	66,0	5,4

Geprüft wird hier, inwieweit Maßnahmen vergleichbar mit dem im Folgenden noch beschriebenen Einsatz von Polyurethan-Platten als Dämpfer zwischen zwei aufeinander stoßenden Metallkörpern ziel führend sind.

Entsprechende Messungen nach beispielhafter Umsetzung solcher Maßnahmen sind in Planung.

### Containerhandling mit Reachstackern (Spreader)

Der Umschlag von ISO-genormten Containern erfolgt mit sogenannten Spreadern (spread engl. Für „spreizen“). Hierbei handelt es sich meist um Teleskoprahmen mit sog. Twistlocks (twist engl. für „verdrehen“, lock engl. für „Schloss“), welche auf die Länge des Containers eingestellt werden können. Nach dem Einführen in die vier oberen Eckbeschläge der Container erfolgt die Verriegelung durch Drehen der Twistlocks. Beim Einsatz von Spreadern in herkömmlicher Bauweise sind diese Vorgänge mit deutlich wahrnehmbaren impulshaltigen Geräuschen verbunden (vgl. Abb. 12 / Tab. 4).



**Abbildung 12:** Containeraufnahme und -absetzen auf Lkw-Auflieger mittels Reachstacker (Messabstand rd. 20 m)

**Tabelle 4:** Messergebnisse „Containeraufnahme und -absetzen auf Lkw-Auflieger mittels Reachstacker“

Geräuschquelle	Messentfernung m	dB(A)			K <sub>I</sub> dB
		L <sub>Aeq</sub>	L <sub>AFmax</sub>	L <sub>AFTeq</sub>	
Containeraufnahme und -absetzen mit Reachstacker	20	79,2	95,6	87,2	8,0

Schalltechnisch optimierte Systeme weisen im wesentlichen folgende Optimierungen auf:

- Stoßdämpfer am Twistlockendbalken
- Hydraulikpumpen in geräuscharmer Ausführung
- Gepufferte Flipper
- Anschlagpuffer aus Gummi an der Oberseite der Teleskoparmführungen
- Ultraschallsensoren zur Anpassung der Senkgeschwindigkeit beim Aufsetzen des Spreaders auf dem Container (Softlanding)



**Abbildung 13:** Spreader mit hydraulischen Stoßdämpfern (Quelle: VDL Containersystemen b.v.)

Gemäß den Herstellerangaben ergeben sich hierdurch im Vergleich zu den herkömmlichen Spreadern Pegelminderungen von bis zu 2 dB(A) für das Teleskopieren sowie bis zu 23 dB(A) für die Anpassung der Senkgeschwindigkeit.

### Containerhandling mit Rolltrailern

Container welche nicht mit der beschriebenen Twistlock-Verriegelung z.B. mittels Reachstackern transportiert werden erfolgt der intermodale Transport auch mittels Rolltrailern. In Verbindung mit dem Containertransport mittels Rolltrailern entstehen insbesondere bei Unebenheiten oder geriffelten Bodenbelägen Geräuschspitzen verursacht durch den direkten Kontakt zwischen den Containereckpfosten und der Oberfläche des Rolltrailer-Eckrahmens. Mitarbeiter der UNIKAI Lagerei- und Speditionsgesellschaft mbH Hamburg haben hierzu ein mit dem Umwelt- und Gesundheitspreis 2015 der Handelskammer Hamburg ausgezeichnetes Minderungskonzept entwickelt. Vier mit Eisengittern verstärkte dreieckförmige Polyurethan-Platten werden im Boden des Metalleckrahmens verschraubt, so dass der direkte Kontakt Metall auf Metall zwischen Container und Eckrahmen unterbunden wird.



**Abbildungen 14 und 15:** Rolltrailer mit Container (links) und Polyurethan-Platte im Rolltrailer Eckrahmen (rechts (Quelle: UNIKAI Lagerei- und Speditionsgesellschaft mbH Hamburg)

Durch diese Maßnahme werden gemäß den vorliegen Messergebnissen Pegelminderungen des Maximalpegels um bis zu 20 dB(A) und des Mittelungspegels um bis zu 3 dB(A) erzielen. In einem Messabstand von 5 m reduziert sich der Maximalpegel von 105 auf 85 dB(A), der Mittelungspegel verringert sich von 80 auf 77 dB(A).

### Weitere aktive technische / organisatorische Maßnahmen

Zusätzlich den aufgezeigten sind folgende Maßnahmen möglich:

- Umrüstung Güterwagonbremsen (K-, LL-Sohlen, „Flüsterbremsen“)
  - Schmieranlagen (Graphit) für Schienen / Weichen
  - Lärmschutzwände / temporäre Wände (Containern)
  - Gamification (Anwendung spieltypischer Elemente wie Highscores, Ranglisten, ...) für Fahrer (Reachstacker Alpherium in Alphen NL)
- Automatisiertes Ein- / Ausfahrssystem (OCR Gate)
  - Pre-Gate Parken (Lärmvermeidung durch Rückstaus)
  - Zeitliche Fahrverbote
  - Geschwindigkeitsbeschränkungen (Terminal / öffentliche Straßen) in Verbindung mit Radarmessungen

### Ausblick

Auf Basis der vorgestellten gewonnenen Erkenntnisse, d.h. die Ist-Analyse der immissionsrelevanten Prozesse im Binnenhafen und möglicher Minderungsmaßnahmen wird zunächst ein Wirkungs-Maßnahmen-Katalog aufgestellt.

Auf Grundlage dieses Kataloges wird ein Bewertungs- und Auswahltool zur Darstellung der Kosten-Nutzen-Effekte erarbeitet.

Durch eine Implementierungs- und Testphase mit begleitenden Luftschallmessungen vor und nach der Umsetzung beispielhafter Lärmschutzmaßnahmen wird ein Handbuch erstellt (Good-Practise-Guide) und die Ergebnisse des Forschungsvorhabens werden veröffentlicht.

### Literatur

- [1] TA Lärm, Sechste AVwV zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 26.08.1998,, technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm, Gemeinsames Ministerialblatt Nr. 26, herausgegeben vom Bundesministerium des Inneren vom 28.09.1998
- [2] Zukunft LNG, Flüssiges Erdgas als sauberer Kraftstoff für schwere Lkw und Flottenfahrzeuge, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Technisch-wissenschaftlicher Verein
- [3] Abschlussworkshop GOOD SOUND, Duisburg 16.12.2015, Duisburger Hafen AG