

TEXTE

130/2023

Abschlussbericht

Umweltfreundliche Umschlagtechniken von Düngemitteln in Häfen

von:

Dipl.-Kfm. Nils Heine M.Sc.
Ramboll Deutschland GmbH, Rostock

Herausgeber:
Umweltbundesamt

TEXTE 130/2023

Projektnummer 168062

FB001220

Abschlussbericht

Umweltfreundliche Umschlagtechniken von Düngemitteln in Häfen

von

Dipl.-Kfm. Nils Heine M.Sc.

Ramboll Deutschland GmbH, Rostock

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax : +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet : www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Ramboll Deutschland GmbH
Dipl.-Kfm. Nils Heine M.Sc.
Dierkower Damm 29
18146 Rostock

Abschlussdatum:

Oktober 2022

Redaktion:

Fachgebiet II 2.3 Schutz der Meere und Polargebiete
Julian Mönlich

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, September 2023

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Umweltfreundliche Umschlagtechniken von Düngemitteln in Häfen

Die Studie untersucht die Düngemittelverladung in deutschen Häfen und ihre möglichen Auswirkungen auf die Umwelt. Dabei werden die besten Praktiken für den verlustreduzierenden Umgang mit unverpacktem Dünger identifiziert. Düngemittel werden hauptsächlich über die Häfen in Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein exportiert. Spezialisierte Terminals nutzen geschlossene Umschlagsysteme, um den Verlust von Düngemitteln zu minimieren. Ein Versuch ergab eine Verlustmenge von 85 g auf 100 t, was um ein Vielfaches niedriger ist als bisher angenommen. Praktikable Ansätze für den Umgang mit Düngemitteln im Hafen sind das Abdecken des Zwischenraums zwischen Schiff und Kaimauer sowie die regelmäßige Reinigung der Umschlagsflächen. Darüber hinaus werden auch Prozesse wie das Löschen des Düngemittels vom Schiff und die Lagerung im Hafen beschrieben und mögliche Gefahren für die Umwelt erläutert.

Abstract: Environmentally friendly handling techniques of fertilisers in ports

The study analyses fertiliser loading in German ports and its potential impact on the environment. Best practices for loss-reducing handling of unpackaged fertiliser are identified. Fertilisers are mainly exported via the ports in Hamburg, Mecklenburg-Western Pomerania and Schleswig-Holstein. Specialised terminals use closed handling systems to minimise the loss of fertiliser. A trial showed a loss rate of 85 g per 100 t, which is many times lower than previously assumed. Practicable approaches to handling fertilisers in the port include covering the space between the ship and the quay wall and regular cleaning of the handling areas. In addition, processes such as unloading the fertiliser from the ship and storing it in the port are also described and possible hazards for the environment are explained.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	7
Abkürzungsverzeichnis.....	8
Zusammenfassung.....	9
1 Veranlassung und Einleitung.....	11
2 Statistik sowie verwendete Techniken und Abläufe.....	13
2.1 Statistik.....	13
2.2 Verwendete Techniken.....	15
2.3 Reinigung und Ladungsverluste.....	17
2.4 Zusammenfassende Angaben.....	21
3 Düngemittelterminals und verwendete Techniken.....	23
4 Umschlagprozesse und mögliche Optimierungen.....	32
4.1 Prozesse und ihre Komponenten.....	32
4.2 Wassernahe Prozesse.....	34
4.2.1 Schiffsentladung mittels Kran-/Baggergreifer und Abwurf in Trichter.....	34
4.2.2 Schiffsbeladung.....	38
4.2.3 Direktumschlag Waggon-Schiff.....	38
4.3 Zusammenfassung möglicher Optimierungen.....	39
5 Literaturverzeichnis.....	41
A Anhang: Fragebogen mit Anschreiben.....	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Düngemittelproduktion und -umschlag in Deutschland.....	13
Abbildung 2 Schematische Darstellung des kritischen Bereichs zwischen Kaikante und Schiff.....	19
Abbildung 3 Foto des Versuchsaufbaus	20
Abbildung 4 Foto des Versuchsaufbaus	20
Abbildung 5 Schiffsbelader und geschlossene Förderbandanlage bei Beladung eines Seeschiffes.....	24
Abbildung 6 Löschen eines Seeschiffes mittels geschlossener Greiferschaufel, Abwurf in Trichter und Einlagerung mittels eingehaustem Förderband	25
Abbildung 7 Lagerhallen für Düngemittel mit Förderbandanschluss an Terminal im Hafen Rostock.....	26
Abbildung 8 Lage der Lagerhallen für Düngemittel (rot) im Hafen Rostock	27
Abbildung 9 Absackanlage	28
Abbildung 10 Brecher für Düngemittel	28
Abbildung 11 Schiffsbelader für Düngemittel im Seehafen Wismar.....	30
Abbildung 12 Eingehender Umschlag sowie Direktverladung	32
Abbildung 13 Ausgehender Umschlag	33
Abbildung 14 Weitere Prozesselemente.....	33
Abbildung 15 Seilzugkran mit geschlossenem Schaufelgreifer wirft Düngemittel in Trichter ab	35
Abbildung 16 Hafenumschlaggerät Mantsinen 120R mit Knickarm	36
Abbildung 17 Kinshofer Umschlag- und Industriegreifer C40-VHD-C speziell für Düngemittel.....	37
Abbildung 18 Potenziell möglicher Nährstoffeintrag durch langen Weg zwischen Schiff und Trichter	37
Abbildung 19 Zur Vermeidung von Nährstoffeintrag ins Wasser wird der Zwischenraum zwischen Kaikante und Schiff mittels Plane abgedeckt	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Hafenumschlag von Düngemitteln nach Bundesländern (2021).....	14
Tabelle 2 Düngemittelumschlag deutscher Häfen nach Typ (2021, in t)	14
Tabelle 3 Häfen mit Düngemittelverlust (2022).....	17
Tabelle 4 Mögliche Optimierungen beim Düngemittelumschlag	40

Abkürzungsverzeichnis

AdBlue	Handelsname für ein Wasser-Harnstoff-Gemisch/Marke für Produkte in Bezug auf Abgasnachbehandlung bei Dieselmotoren mittels SCR,
AG	Aktiengesellschaft
AHL	Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung
Air1	Handelsname der YARA für eine AdBlue-Harnstofflösung
CAS	Calciumammoniumnitrat
DAP	Diammoniumphosphat
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
EPOXY	Epoxidharz, Kunststoff von hoher Festigkeit und chemischer Beständigkeit
g	Gramm
ggf.	gegebenenfalls
ggü.	gegenüber
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
h	Stunde
HELCOM	Helsinki Commission, Baltic Marine Environment Protection Commission (Kommission für den Schutz der Meeresumwelt im Ostseeraum)
i.d.R.	in der Regel
IBC	Intermediate Bulk Container, englisch für Großpackmittel für Flüssigkeiten
inkl.	inklusive
K+S	K+S AG, deutsches Bergbauunternehmen, früher Kali und Salz AG
kg	Kilogramm
Lkw	Lastkraftwagen
m	Meter
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (Internationales Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe)
NOx	Stickstoffoxide
NoX Care	Handelsname für eine hochreine Harnstoff-Wasser-Lösung, die über dem SCR-Katalysator mit NOx zu harmlosem Stickstoff und Wasser reagiert
p.a.	per annum (pro Jahr)
RFH	Rostocker Fracht- und Fischereihafen
SCR	Selective Catalytic Reduction (selektiver katalytischer Reduktion, Technologie für die Behandlung von Abgasen)
SSA	Klärschlammasche
t	Tonne, 1.000 kg
u.a.	unter anderem
v.v.	vice versa (umgekehrt)
YARA	Yara International, Chemieunternehmen

Zusammenfassung

Ziel dieser Studie ist es, die Düngemittelverladung in Deutschlands Häfen hinsichtlich eines möglichen umweltgefährdenden Eintrags von Düngemitteln in Gewässer zu prüfen, die beste verfügbare Technik bzw. die beste verfügbare Umweltpraxis zu identifizieren und im Anschluss praktikable Verbesserungsmaßnahmen zu sachgemäßen, Verlust reduzierenden Handhabung unverpackten Düngers im Hafen zu erarbeiten.

Düngemittel aus dem norddeutschen Kali-Revier sowie in Hafennähe gelegener Düngemittelfabriken werden vor allem über deutsche Seehäfen, gelegen in den Bundesländern Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein, exportiert. Das Binnenland importiert Düngemittel per Schiff zur lokalen Distribution.

Der Umschlag erfolgt weitestgehend in auf diese Gutart spezialisierten Terminals (Hamburg, Rostock, Wismar), alternativ in Universalterminals (Rostock, Lübeck, Brake sowie Binnenland). Während in den Seehäfen Lagermöglichkeiten für den gebrochenen Verkehr¹ vorhanden sind, erfolgt im Binnenland zumeist eine Direktverladung in weiterführende Transportmittel. Auf Düngemittel spezialisierte Umschlagplätze verfügen über wind- und wettergeschützte hafeninterne Transportmittel (geschlossene Förderbänder) und nutzen diese spezialisierte Technik (geschlossene Greifer an mobilen, vorwiegend hydraulischen Hafenumschlagsgeräten; Einsatz von Gutstrombremsen etc.) sortenrein. Der Übergang von Kai zu Schiff ist ungeschützt, bei Regen oder Wind ist zur Sicherung der Ladungsqualität der Be- oder Entladevorgang zu unterbrechen.

In der Fachliteratur wird der Ladungsverlust mit 0,05 % vermutet, gleichzeitig wurde diese verlustige Menge mit der Eintragsmenge in das Wasser gleichgesetzt. Die befragten Terminalbetreiber bezifferten den Ladungsverlust um den Faktor 2 bis 5.000 geringer. Ein Versuch ergab mit etwa 85 g auf 100 t bewegter Ladung eine deutlich geringere Verlustmenge, sie liegt mit 0,00000085 % etwa um den Faktor 60.000 unterhalb der bislang in Rede stehenden Verlustmengen.

Geschlossene, regelmäßig instandgesetzte, sortenrein genutzte Umschlagssysteme, welche als geschlossene Greifer, eingehauste Förderbänder sowie abgedeckte Liegeplätze mit kurzen Wegen zum Lagerort definiert werden, in Verbindung mit erfahrenem Personal optimieren den Ladungsumschlag und -verlust. Als praktikabler Ansatz wurde Abdecken des Zwischenraums zwischen Schiff und Kaimauer zum Auffangen möglichen Rieselguts identifiziert. Alle Häfen führen im Anschluss eine Trockenreinigung der Kaimauer mittels maschinen- und handgeführter Besen durch, wobei das Kehrgut aufgenommen und entsorgt oder weiterverwertet wird. Reinigungswasser wird nach Möglichkeit aufgefangen und entsorgt bzw. durch lokale Klärwerke gereinigt.

Als zu betrachtende Prozesse für den im Hafen eingehenden Ladungsverkehr im gebrochenen Verkehr konnten das Löschen des Düngemittels vom See- oder Binnenschiff sowie die Anlieferung des Umschlagguts per Bahn oder Lkw in die hafeneigene Lagerhalle identifiziert werden. Eine Direktverladung der vom Schiff gelöschten Ladung auf Bahn oder Lkw ist ebenfalls möglich. Im Hafen gelagertes Düngemittel wird per See- oder Binnenschiff, per Lkw oder Bahn weiterverladen. In den Häfen werden das Abfüllen in Big Bags, das Verladen in Container sowie das Aufbereiten des Düngemittels angeboten.

¹ Gebrochener Verkehr bezeichnet Transporte, bei denen die Ware auf dem Transportweg selbst umgeladen wird (z.B. vom Schiff auf die Bahn).

Im Rahmen der wassernah durchgeführten Prozesse ist die Gefahr des Nährstoffeintrags in das Wasser gegeben. Übliche, in der Hafenwirtschaft angewandte Verfahren, wie das Befeuchten der Ladung, ist bei Düngemittel zur Staubvermeidung nicht möglich, daher werden schonende und staubarme Techniken und Hilfsmittel (geschlossene Systeme, Kaskadenrutschen etc.) eingesetzt. Neben der Vermeidung des Querens offener Wasserbereiche ist die Vorbereitung (Abdecken von Wasserzuläufen etc.) und regelmäßige Reinigung der Umschlagsflächen ein wichtiges Element bei der Reduzierung des Nährstoffeintrags. Wichtig ist aber auch die Schulung der Mitarbeitenden nicht nur in technischen Belangen, sondern auch im Gesamtzusammenhang. Im Umweltschutz aufgeklärte Mitarbeitende nutzen ihre Fähigkeiten und technischen Geräte anders als nicht über die Langzeitfolgen informiertes Personal.

1 Veranlassung und Einleitung

Der Eintrag von für die Meeresumwelt schädlichen Düngemitteln bei Transport und Umschlag sowie damit verbundenen Tätigkeiten kann eine starke Beeinträchtigung (Sauerstoffverarmung des Wassers) der Lebewesen, insbesondere in den Küstengewässern, auslösen.

Exkurs zu Arten von Düngemitteln:

Es ist zwischen Stickstoffverbindungen sowie natürlichen bzw. chemischen/künstlich hergestellten Düngemitteln zu unterscheiden.

Mineralische Feststoffdünger (auch anorganische Dünger) liegen meist in der Form von Salzen vor. So werden Nitrate (die Salze und Ester der Salpetersäure) insbesondere als sauerstofffrei gebende Düngemittel wie beispielsweise Kalisalze und Kalk nach einer industriellen Aufbereitung in der Landwirtschaft, aber auch für die Herstellung von Sprengstoffen, Kunststoffen und Farbstoffen eingesetzt.

Stickstoffdünger sind industrielle Dünger, meist Ammoniumnitrat, Ammoniumsulfat und Kaliumnitrat. Sie werden aus Ammoniak und Salpetersäure hergestellt. Die Ammoniaksynthese nach dem HABER-BOSCH-Verfahren stellt eines der wichtigsten chemischen Verfahren dar. In der Anwendung geht es nur darum, dass ein Maximum des Düngemittels bis zu den Pflanzenwurzeln vordringt. Hierbei entstehen keine Kohlenhydrate, die wiederum als Nahrung von Mikroorganismen im Boden dienen könnten. Der Boden verliert dadurch an Qualität und ist von der Zuführung weiteren Düngers abhängig. Ungenutzter Stickstoff gelangt außerdem ins Grundwasser.

Natürliche Dünger sind normalerweise tierischen oder pflanzlichen (=organischen) Ursprungs und stammen aus der Landwirtschaft und Nahrungsmittelindustrie. Die zu düngenden Elemente sind hierbei an Kohlenstoff gebunden. Sie werden auch als Wirtschaftsdünger bezeichnet, dessen Komponenten enthalten für Mikroorganismen wichtige Nährstoffe und sorgen so für eine Erhöhung des organischen Anteils im Boden (bessere Verwurzelung, bessere Verwertung von Nährstoffen). Wirtschaftsdünger umfassen beispielsweise Gülle, Jauche, Mist, Guano, kompostierte Pflanzenreste, Klärdünger, Blut-, Knochen- und Fischmehl sowie Hornspäne und Harnstoff. Letzterer kann auch synthetisiert werden und gilt dann als chemischer Dünger.

Der auf die gesamte Transportkette gerechnete Warenverlust beträgt nach bisheriger Literaturmeinung schätzungsweise 50 kg je transportierter t Ladung.

Im Rahmen dieser Studie wird geprüft, ob sowohl durch technische Maßnahmen als auch durch prozessuale Änderungen in Häfen dieser Eintrag reduziert werden kann. Dies könnte ein relevanter Beitrag zur Erfüllung der Reduktionsanforderungen des HELCOM-Ostseeaktionsplans sein. Im Ostseeaktionsplan ist als entsprechende Aktion „Entwicklung und Einführung der besten Technologien, Techniken und Praktiken (BVT/BEP), um Nährstoffverluste aus der Lagerung und dem Umschlag von Trockendünger in Häfen im Ostseeraum bis 2024 zu minimieren“ festgelegt worden. Praktikable Empfehlungen für die Optimierung von Abläufen im Hafen zur sachgemäßen, Verlust reduzierenden Handhabung von unverpackten Düngemittelladungen werden erarbeitet.

Hierzu wird die beste verfügbare Technik bzw. beste verfügbare Umweltpaxis in Bezug auf den Umschlagprozess, die Lagerung und die nachgelagerte Reinigung der Manipulationsfläche

einschließlich Entsorgung (inkl. Entwässerung) ermittelt. Innovative praxistaugliche Maßnahmen werden ebenso einbezogen.

Im Rahmen der Studie wurde ein Fragebogen erstellt, der dazu dienen sollte, ein umfassendes und zuverlässiges Bild nicht nur über Umschlagmengen in deutschen See- und Binnenhäfen, sondern auch über Umschlagvorgänge und angewandte Umschlagtechniken zu erhalten. Mit einem postalisch an 18 deutsche Seehäfen (Nord- und Ostsee) und an 106 der größten deutschen Binnenhäfen versandten Fragebogen (s.a. Anhang 1) wurde die umgeschlagene Düngemittelmenge aufgeteilt nach Aggregatzustand (fest/flüssig), nach See-/Landverladung sowie Im-/Export bzw. Transshipment abgefragt. Weiter wurde nach Erfahrungswerten zur Verlustmenge während des Transportvorganges sowie die weitere Verwendung/Zwischenlagerung gefragt. Auch wurden Fragen zum aktuellen Umschlagsverfahren vom Schüttgut Düngemittel gestellt, dies betrifft die (ggf. sortenrein) verwendete Umschlagtechnik (Greifer, Förderband etc.), der Leistungsfähigkeit sowie möglicher wetterbedingter Einschränkungen. Weiter wurden Reinigungsmethoden des Umschlagplatzes, Umgang mit verlorener Ladung sowie die Möglichkeit, Reinigungswasser aufzufangen, abgefragt. Die Rückmeldungen gehen zusammengefasst in die Studie ein, ein Ausweis nach Häfen erfolgt nicht.

Es wurden mit Umschlagverantwortlichen der Rostocker Fracht- und Fischereihafen GmbH, mit der Seehafen Wismar GmbH sowie der J. Müller AG für deren Terminal in Brake Interviews geführt und nach Möglichkeit, die Terminalprozesse in Augenschein genommen. Wir danken den beteiligten Mitarbeitenden der Häfen und Terminals für die umfangreich geleisteten Auskünfte.

2 Statistik sowie verwendete Techniken und Abläufe

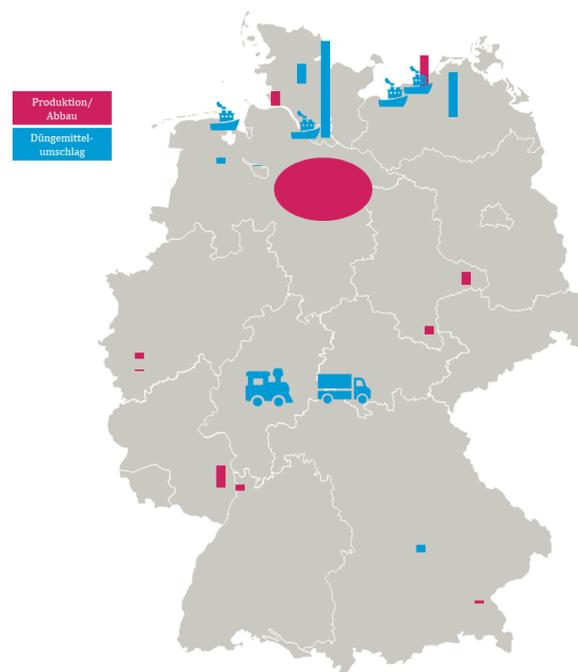
2.1 Statistik

Das Statistische Bundesamt DESTATIS stellt eine Statistik zum Umschlag von Düngemittel in deutschen Häfen (2021) bereit, unterteilt diese allerdings nur in Stickstoffverbindungen und Düngemittel (ohne natürliche Düngemittel) sowie chemische und (natürliche) Düngemittel².

Eine Unterteilung in Fest- und Flüssigdünger unterblieb. Eine Abschätzung aus landes- und kreisspezifischen Handelsbilanzen war nicht möglich, da diese nicht vorhanden sind. Unter Einbezug nicht vollständig vorliegender landesspezifischer Statistiken sowie eigener Erhebungen ergibt sich ein nicht repräsentatives Bild.

Die Häfen Hamburg sowie Mecklenburg-Vorpommerns exportieren vorwiegend Düngemittel aus dem in Niedersachsen gelegenen norddeutschen Kalirevier sowie in Hafennähe liegender Düngemittelfabriken (Rostock). Schleswig-Holstein exportiert ebenfalls vorwiegend Stickstoffverbindungen eines im Hafengebiet liegenden Chemiewerkes (Brunsbüttel) (siehe Abbildung 1). Alle weiteren Bundesländer importieren Düngemittel per Binnen- oder Seeschiff, dies zumeist zur Distribution an lokale Landwirtschaften bzw. Düngemittelhändler.

Abbildung 1 Düngemittelproduktion und -umschlag in Deutschland



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll

Die Verteilung nach Bundesländern zeigt Abbildung 1 Düngemittelproduktion und -umschlag in Deutschland. Das wird durch Tabelle 1 Hafenumschlag von Düngemitteln nach Bundesländern belegt.

² Stickstoffverbindungen sind technisch von besonderer Bedeutung. Nitrate werden hauptsächlich als Düngemittel in der Landwirtschaft, aber auch für die Herstellung von Sprengstoffen, Kunststoffen und Farbstoffen eingesetzt. Ausgangsstoff für die meisten industriell genutzten Stickstoffverbindungen ist Ammoniak. Damit stellt die Ammoniaksynthese nach dem HABER-BOSCH-Verfahren eines der wichtigsten chemischen Verfahren dar. Zu natürlichen/organischen Düngemittel zählen Mist, Jauche, Gründünger, Stroh, aber auch Handelsdünger wie Klärschlamm oder Kompost aus Kompostierbetrieben.

Tabelle 1 Hafenumschlag von Düngemitteln nach Bundesländern (2021)

Bundesland	in 1.000t
Hamburg	4.282
Mecklenburg-Vorpommern	2.002
Schleswig-Holstein	878
Bayern	321
Niedersachsen	255
Baden-Württemberg	76
Bremen/Bremerhaven	51
Rheinland-Pfalz	27
Brandenburg	18

Quelle: Bundes- und Landesstatistiken sowie eigenen Erhebungen

Die norddeutschen Häfen Hamburg, Rostock sowie Brunsbüttel und Wismar sind führend im Umschlag von Düngemitteln, gefolgt von den Häfen Lübeck und Brake. Dies geht aus Tabelle 2 *Düngemittelumschlag deutscher Häfen nach Typ (2021, in t)* hervor.

Tabelle 2 Düngemittelumschlag deutscher Häfen nach Typ (2021, in t)

Hafen	Stickstoffverbindungen und Düngemittel	Chemische und (natürliche) Düngemittel	Summe
Hamburg	4.139.825	142.851	4.282.676
Rostock	1.711.276	16.111	1.727.387
Brunsbüttel	594.442	0	594.442
Wismar	25.395	223.718	249.113
Lübeck	244.067	0	244.067
Brake	143.226	8.813	152.039
Bremen/Bremerhaven	14.570	36.900	51.470
Kiel, Husum etc.	27.354	10.339	37.693
Saßnitz	25.824	0	25.824
Cuxhaven	4.876	0	4.876
Puttgarden	2.053	0	2.053
Papenburg	2.001	0	2.001
Summe	6.934.909	438.732	7.373.641

Quelle: DESTATIS

Für die Häfen Wilhelmshaven, Bützfleth, Nordenham, Leer, Husum und Kiel wurde kein statistisch relevanter Umschlag von Düngemittel erfasst. Für die Binnenhäfen wird seitens des Statistischen Bundesamts DESTATIS keine bundesweite Statistik geführt.

Flüssigdüngemittel wurde in jedem Fall leitungsbasiert verladen. Hiermit wird sich diese Studie nicht näher befassen, da es technologisch bedingt weder zu Staubbildung noch zu Rieserverlusten kommt. Die für diese Studie relevanten festen Düngemittel werden als Schüttgüter verladen.

2.2 Verwendete Techniken

Es ist zwischen auf den Umschlag von Düngemittel spezialisierten Terminals und Universalterminals zu unterscheiden.

Im spezialisierten Terminal erfolgt ein Bruch in der Transportkette (Zwischenlagerung). Bedingt durch die Homogenität der transportierten Schüttgüter ist ein kontinuierlicher und weitestgehend automatisierter Umschlag möglich. Maßgeblich hierbei ist das Stauverhalten durch die technologischen Guteigenschaften wie Böschungswinkel, Körnung und Schüttdichte. Sie werden i.d.R. fallend unter Nutzung von Greifern und Stetigförderern (Bandanlagen) verladen.

Exkurs zur Typologie von (Schüttgut)häfen:

Schüttguthäfen und Seehäfen im Allgemeinen zeichnen sich durch eine dreigeteilte Grundstruktur aus. Sie verfügen über einen wasserseitigen Bereich mit (geschützten) Liegeplätzen zur Abfertigung der Seeschiffe, über einen internen Hafenbereich, der die Flächen und Technik für die Behandlung der eingehenden und ausgehenden Güter aufnimmt sowie über einen landseitigen Bereich mit den Anschluss- und Abfertigungsstellen für die Binnenverkehrsmittel. Hinsichtlich ihrer technischen Ausstattung orientieren sich Schüttguthäfen an den Anforderungen, die Schüttgüter aufgrund ihrer charakteristischen und technologischen Eigenschaften (Homogenität) an Umschlags- und Lagerungsverfahren stellen. Dabei verfügen sie über eine Bandbreite an speziell für Schüttgüter entwickelten Umschlags- und Fördertechnologien. Diese sind für die Ortsveränderung der Güter über kurze Entfernungen sowohl in horizontaler als auch vertikaler Richtung verantwortlich. Hierzu zählen Anlagen zum Be- und Entladen der Seeschiffe und Binnenverkehrsmittel, zur Ein und Auslagerung der Güter sowie für die im Hafenbereich erforderlichen Zwischentransporte.

Das für die Abfertigung der Seeschiffe vorgesehene Umschlagsgerät, welches sich naturgemäß um einen Liegeplatz herum gruppiert, ist i.d.R. entweder import- oder exportorientiert. Im Rahmen der zunehmenden Schiffsgrößen und den damit einhergehenden wachsenden Umschlagsleistungen wurden die Fördermittel jedoch weiträumiger verteilt und Umschlagsprozesse funktionell aufgegliedert. Dadurch steigt einerseits der Förderaufwand, andererseits kann dieser durch Steigerung der Kapazität, Erhöhung der Flexibilität und Zuverlässigkeit der Anlagen kompensiert werden.

Zu unterscheiden sind kontinuierlich und diskontinuierlich arbeitende Fördermittel. Stetigförderer erzeugen einen kontinuierlichen Transportgutstrom, der es ermöglicht, große Transportgutmenen zu transportieren. Für den Umschlag von Schüttgütern in horizontaler, schräger und vertikaler Richtung wurden verschiedene, auf mechanischer, pneumatischer bzw. hydraulischer Arbeitsweise

basierende Verfahren entwickelt. Die Wahl der geeigneten Transportmittel erfolgt wiederum aufgrund der transporttechnologischen Eigenschaften der Güter (Körnung, Fließfähigkeit). Unstetigförderer transportieren Schüttgüter diskontinuierlich von der Aufnahme- zur Abgabestelle. Ihr Arbeitsablauf zeichnet sich durch den Wechsel von Last- und Leerfahrten, durch Stillstandzeiten für das Be- und Entladen sowie Anschlussfahrten aus. Zu unterscheiden sind flurgebundene oder flurfreie, schienengebundene oder schienenfreie Transportmittel.

Beim Schüttgutumschlag handelt es sich nicht immer um direkte Umschlagsprozesse vom Binnenverkehrsmittel auf den Massengutfrachter oder umgekehrt. Oftmals erfolgt ein indirekter Umschlag mit Zwischenlagerung innerhalb des Hafensbereichs. Für die Aufhaltung stehen Freilagerflächen für witterungsunempfindliche Schüttgüter, gedeckte Lager oder Schüttguthallen und Speziellager für witterungsempfindliche Schüttgüter (Silos für Getreide) zur Verfügung.

In zumeist im Binnenland vorhandenen Universalterminals sind häufig keine bis wenig Lagermöglichkeiten vorhanden und das Transportgut wird unmittelbar, meist per Lkw, weiterverladen (Direktverladung).

Die auf den Export von Düngemitteln spezialisierten Terminals (ab etwa 200.000 t Umschlag p.a.) nutzen nahezu ausschließlich Waggonentladungen mittels Tiefbunker, anschließender Verbringung in Lagerhallen mittels eingehauster und mit Entstaubungstechnik ausgerüsteter Förderbandanlagen sowie spezielle mit den Förderbandanlagen verbundene, zum Teil auch mit Gutstrombegrenzern ausgestattete Schiffsbelader. Die Umschlaganlagen bilden ein geschlossenes System, ein Verlust von Düngemitteln ist kaum bis nicht möglich.

Die auf den Import von Düngemitteln spezialisierten Terminals nutzen vorwiegend geschlossene Greifer an (mobilen, vorwiegend hydraulischen) Hafenkranen, welche die Ladung über Trichter und eingehauste Förderbandsysteme in Lagerhallen einlagern. Die Auslagerung erfolgt regelmäßig mit Radladern oder Teleskopladern entweder direkt auf den Lkw (in geschlossener Halle) oder mittels Trichter und Förderbandanlage auf den Lkw oder Zug.

Kleinere Umschlagplätze (zumeist Import) nutzen eher die Direktverladung, dort wird das Transportgut mittels geschlossener und offener Greifer aus dem Schiff direkt auf den Lkw oder Zug verladen.

Je weniger Düngemittel umgeschlagen wird, desto weniger spezialisiert ist das Terminal, desto eher werden die verwendeten Gerätschaften auch sortenfremd eingesetzt. Je einfacher die Gerätschaften zu reinigen sind, desto eher werden sie auch sortenfremd eingesetzt (ein Schaufelgreifer ist einfacher zu reinigen als eine Förderbandanlage; die Greifer werden meist auch für andere Umschlaggüter genutzt, die Förderbänder bleiben nach Möglichkeit sortenrein).

Nur wenige, selbst der spezialisierten Umschlagplätze, können witterungsunabhängig umschlagen, nahezu alle Lade- und Löschstellen sind ungeschützt (schlagen also unter freiem Himmel um) und unterbrechen alle den Umschlag von Düngemitteln bei Regen, zumeist auch bei Sturm. Besondere Ausnahme (und nur im Binnenhafen vorhanden) sind überdachte Liegeplätze, an denen regen- und zum Teil auch windgeschützter Umschlag möglich ist.

Die Umschlaggeschwindigkeit ist der Spezialisierung geschuldet. Spezialisierte Terminals können mit bis zu 600 t/h mittels Schiffsbeladern auslagern und mit 250 t/h im Kranumschlag einlagern. Universalterminals schlagen mittels Kran oder Bagger zwischen 120 und 300 t/h um.

2.3 Reinigung und Ladungsverluste

Die meisten Terminals schulen ihre Mitarbeiter in der Anwendung von Techniken, um den Umschlag von Düngemitteln so schonend wie möglich für das transportierte Gut zu gestalten und zugleich Ladungsverluste zu vermeiden (beispielsweise durch geringe Fallhöhen und rechtzeitiges Schließen der Greifer bei Kranverladung). Dies wird durch die regelmäßige Wartung (vollständiges Verschließen der Greifer) begünstigt.

Vorwiegend für Universalterminals gilt: Rieserverluste oder verschüttete Güter werden bereits während der Verladung zusammengefasst (je nach Umfang händisch mit Besen bzw. Kehmaschine), aufgenommen, je nach Zustand teilweise gereinigt oder ungereinigt separat an den Lieferanten zurückgeführt, der Ladung hinzugefügt oder entsorgt. Als besondere Schutzmaßnahmen werden das Auslegen von einer Plane zwischen Kaiwand und Schiff sowie ggf. auch auf der Kaioberfläche (Abdecken von Regenwasserbodenabläufen für den Zeitraum des Umschlags) zum Auffangen möglicher Rieserverluste benannt. Einzelne Häfen haben die Kaioberfläche mit Epoxid beschichtet, um sie vor Zersetzung zu schützen und das Aufnehmen möglicher Rieserverluste zu vereinfachen. Die Verwendung von Silo-Ausläufen mit einem geringen Querschnitt führt ebenfalls zu positiven Effekten, was allerdings Einbußen bei der Umschlagleistung bedingt.

In allen Häfen wird das Anfallen von Reinigungswasser weitestgehend vermieden. Nur sofern die zu reinigenden Hafenterrassen an ein separates Auffangbecken angeschlossen sind, dürfen diese Flächen mit Wasser gereinigt werden. Dieses Reinigungswasser wird zumeist mittels IBC-Container zur fachgerechten Entsorgung abgefahren, in seltenen Fällen ist die Entsorgung (nach vorheriger Absprache und begrenzter Menge) über die lokale Kläranlage möglich. Schiffseitiges Reinigungswasser wird durch Fachfirmen entsorgt.

In den befragten Terminals treten lediglich geringe Ladungsverluste auf, wie Tabelle 3 *Häfen mit Düngemittelverlust* zeigt.

Tabelle 3 Häfen mit Düngemittelverlust (2022)

Verlustmenge in %	Verlustmenge in kg je t Umschlag	Anzahl der Häfen
Keine Angabe		9
0,000000 %	0,000 kg	6
0,000005 %	0,005 kg	1
0,000010 %	0,010 kg	2
0,000020 %	0,020 kg	1
0,000100 %	0,100 kg	1
0,000500 %	0,500 kg	1
0,001000 %	1,000 kg	2
0,010000 %	10,000 kg	1
0,025000 %	25,000 kg	1

Quelle: eigene Erhebung, Ramboll

Ein Hafen gab an, durch eine eigene Studie den Rieserverlust mit 0,0007 % ermittelt zu haben, wobei der See-Land-Umschlag (v.v.) im Zusammenspiel mit einem Silo sowie gehauster

Förderbänder nahezu verlustfrei verläuft. Auch diese Angaben sind nur teilweise valide, da viele Häfen ergänzen, dass die genannten Verlustmengen Rieserverluste seien, welche anschließend als Fegsel durch Kehrmachine/Radladerbesen/Handbesen aufgenommen und entweder entsorgt, zum Produktionswerk rückgeführt oder zur weiteren Verwendung Agrarunternehmern zugeführt werden.

Im Mittel liegt der angegebene Umschlagverlust bei 2,35 kg je umgeschlagener t, was 0,23% entspricht. Der Median liegt bei 0,01 kg je umgeschlagener t, was 0,001 % entspricht.

Ausgehend von einem Verweis bzw. einer Berechnung in der Ausschreibung für diese Studie auf einen Artikel von Matthias Grote et al. "Dry bulk cargo shipping - An overlooked threat to the marine environment?" aus dem Jahr 2016 wird von einem Düngemiteleintrag von 0,05 % der Schüttgutladung ausgegangen. In der Originalquelle von Grote et al. heißt es:

"Dry bulk cargoes carried on bulkers can enter the marine environment at different phases during transport: loading, transshipment, unloading and washing of cargo holds. We tried to estimate the amounts of cargo losses in two ways:

People involved in cargo handling operations report about cargo residues remaining on hold and deck surfaces and in structural elements of the ship. Experts assume that about 0.05% of the cargo is lost (e.g. unloading with grabber, washing cargo contaminated surfaces and holds), although this value may depend on the physical properties and on the commercial value of the good. Based on the total bulk quantities shipped of estimated 4.3 billion tonnes, it is likely that at least 2.15 million tonnes per year are discharged into the oceans, mainly the coastal sea." (2016)

Diese vage („Experts assume“) Annahme bezieht sich zum einen auf (Auffassung der Studienersteller) die gesamte Transportkette weltweiter Verkehre (und nicht die ostseeinternen und -externen Düngemitteltransporte, welche in dieser Studie vorrangig behandelt werden) und wird zum anderen lediglich aus unbestimmten Aussagen einer unbestimmten Anzahl von Hafenexperten (“People involved in cargo handling operations...” sowie “Experts assume...“) gespeist.

Die anschließende Berechnung des weltweiten (hafen- und schiffsinduzierten) Düngemiteleintrags berücksichtigt die Besonderheiten der Verkehre nicht. So werden Schiffe und Waggons häufig im (zum Teil werks- bzw. konzerneigenen) Pendelverkehr eingesetzt, d.h. die Hinreise erfolgt beladen, die Rückreise leer. Zwar mag dies aus transportökonomischer Sicht verbesserungswürdig sein, in diesem Fall entfällt jedoch die (gründliche, wasserbasierte) Reinigung der Transportmittel und damit auch sonst anfallendes Reinigungswasser.

Auch wird angenommen, dass (sämtliches anfallendes) Reinigungswasser ins Meer/ins Hafenbecken eingeleitet wird, was jedoch nicht der Fall ist. Tatsächlich ist das Gegenteil der Fall, im Hafen oder auf der Überfahrt entstehendes Reinigungswasser ist aufzufangen und örtlichen Kläranlagen zur Reinigung zu übergeben. Dies erfolgt auf Basis einer im Jahr 2013 in Kraft getretenen Änderung des MARPOL Annex V, der die Einleitung von Abwässern in die Ostsee nicht zulässt. Die Änderung des MARPOL Annex V betrifft damit alle Ostseehäfen in dieser Studie, jedoch nicht die Nordseehäfen.

Es sollte nicht direkt von Düngemittelverlusten auf den Eintrag in das Meer geschlossen werden.

Im Rahmen dieser Studie wurden Umschlagbetriebe sowie tagtäglich mit dem Umschlag von Düngemitteln betraute Mitarbeitende hinsichtlich eines möglichen Verlustes im gesamten Transportvorgang befragt. Im Mittel liegt der angegebene Umschlagverlust bei 2,35 kg je umgeschlagener t, was 0,23 % entspricht. Der Median liegt bei 0,01 kg je umgeschlagener t, was 0,001 % entspricht.

Im Vergleich stehen nun

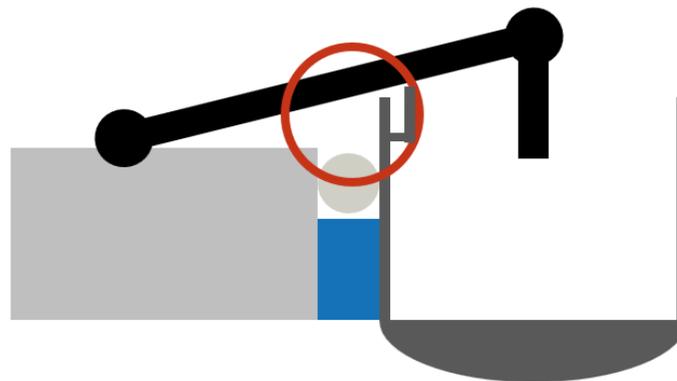
Grote et al.	0,05000 %	und die
Aussagen nach Hafengebfragung	0,00235 %	Mittelwert
	0,00001 %	Median

gegenüber. Dies entspricht dem Faktor 2 (Mittelwert) bzw. dem Faktor 5.000 (Median). Diese Diskrepanz hat den Auftraggeber veranlasst, speziell die physische Untersuchung von möglichen Resten im Schiffsladeraum sowie ggf. anfallender Verluste im Umschlag zu beauftragen.

Hierzu wurde die Düngemittelbeladung eines Schiffes begleitet. Das Umschlaggut wurde mit Waggonen angeliefert, es erfolgte eine Direktbeladung mittels zweier Förderbänder in den Laderaum des Seeschiffes. Eines der Förderbänder war eingehaust, eines war offen.

Insbesondere im Bereich zwischen Kaikante und Schiff – das Schiff wird mit Fendern von der Kaikante ferngehalten – besteht die Möglichkeit, dass Ladungsgut in das Aquatorium gelangt, dies wird in *Abbildung 2 Schematische Darstellung des kritischen Bereichs zwischen Kaikante und Schiff* dargestellt.

Abbildung 2 Schematische Darstellung des kritischen Bereichs zwischen Kaikante und Schiff



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll

Die Fläche unterhalb der Förderbänder zwischen Schiffsreling und Beginn des Stetigförderers wurde mit dunkelgrüner Gewebe-Abdeckplane (6 m x 10 m) geschlossen. Die Farbe dunkelgrün wurde gewählt, damit ein möglichst starker Kontrast zu dem weißen, in Form von Kügelchen verladenen Düngemittel steht. Die Gewebeplane wurde parallel zum Schiff angebracht und mit flexiblen Planenspannern befestigt, siehe *Abbildung 3 Foto des Versuchsaufbaus*.

Abbildung 3 Foto des Versuchsaufbaus



Quelle: eigene Aufnahme, Ramboll

Abbildung 4 Foto des Versuchsaufbaus



Quelle: eigene Aufnahme, Ramboll

Der rund um den Laderaum laufende Gang darf dabei aus Sicherheitsgründen nicht überdeckt werden, siehe weißer Pfeil in Abbildung 4 *Foto des Versuchsaufbaus*.

Bei der Versuchsdurchführung werden jeweils zwei 60 t fassende Waggon über den Versuchsaufbau entladen, nach zwei Waggon wird die Plane gereinigt und der auf der Plane im Bereich des Übergangs zwischen Kai und Schiff befindliche Ladungsverlust aufgenommen. Die Verwiegung erfolgt mit einer ungeeichten, jedoch plausibilisierten Küchenwaage.

Insgesamt werden 15 Versuche durchgeführt, hierbei sind Mengen zwischen 45 g und 97 g je umgeschlagener 120 t Düngemittel aufgenommen worden.

Für die weitere Berechnung der prozentualen Verlustmenge wird mit gerundeten 100 g je 120 t Ladung gerechnet, dies entspricht 83,33 g je 100 t bzw. 0,000008333 %. Damit liegt die im Versuch ermittelte Verlustmenge eines Umschlags in einem deutschen Hafen um den Faktor 60.000 unterhalb der durch Grote et al. 2016 benannten 0,05 % Verlustmenge; sie liegt aber auch unterhalb der durch die Häfen und Terminals geschätzten bzw. ermittelten Verlustmengen (Faktor 2.820 ggü. dem Mittelwert, bzw. Faktor 120 ggü. dem Median). Diese Werte weichen deutlich voneinander ab. Sie zeigen, dass dies auch weiterhin ein Themenfeld ist, auf welches genau geschaut werden muss, da sich der Umgang mit der Ladung von Terminal zu Terminal, von Hafen zu Hafen und von Land zu Land unterschiedlich gestalten kann.

Für Deutschland ist damit ein umweltschonender Umgang mit dem Ladungsgut Düngemittel aufgezeigt worden.

2.4 Zusammenfassende Angaben

Die eingeholten Angaben zu den Umschlagmengen und -techniken beschreiben den einzelnen Hafen zumeist sehr gut, sind jedoch nicht oder nur schlecht auf andere Häfen übertragbar. Eine statistische Auswertung erscheint aufgrund vielerlei Inkonsistenzen nicht sinnvoll, es können insbesondere keine validen Beschreibungen hieraus gezogen werden. Jedoch können folgende zusammenfassenden, qualitativen Aussagen aus der Befragung gezogen werden:

Einzelne Seehäfen agieren (durch ihre Lage zu den Produktionsstandorten bedingt) vorwiegend im Land-See-Umschlag, während Binnenhäfen aus den Seehäfen eingehende Ladung insbesondere an Düngemittelhändler zur weiteren Verteilung weiterleiten.

Im Binnenland liegende Düngemittelwerke nutzen nicht das Binnenschiff zum Transport.

Nahezu alle Häfen nutzen Hafenkrane oder Bagger mit Schüttgutgreifern, teilweise im Zusammenspiel mit Förderbändern zum Umschlag von festem Düngemittel.

Geschlossene, regelmäßig instandgesetzte, sortenrein genutzte Systeme (geschlossene Greifer, eingehauste Förderbänder sowie abgedeckte Liegeplätze mit kurzen Wegen zum Lagerort) in Verbindung mit erfahrener Personal optimieren den Ladungsumschlag und -verlust.

Als praktikabler, effektiver Ansatz wurde das Anbringen von Planen oder Abdeckungen zwischen Schiff und Kaimauer zum Auffangen möglichen Rieselguts identifiziert.

Alle Häfen führen im Anschluss an den Umschlag eine Trockenreinigung der Kaimauer mittels maschinen- und handgeführter Besen durch, wobei das Kehrgut aufgenommen und entsorgt oder weiterverwertet wird. Reinigungswasser wird nach Möglichkeit aufgefangen und entsorgt bzw. durch lokale Klärwerke gereinigt.

Aus den im wissenschaftlichen Diskurs genannten Angaben hinsichtlich der prozentualen Verlustmenge darf geschlossen werden, dass in deutschen Häfen ein vergleichsweise

vorbildlicher Umgang mit dem Ladungsgut Düngemittel erfolgt. Zugleich sind diese Angaben je nach Quelle nur bedingt valide und weichen deutlich voneinander ab.

3 Düngemittelterminals und verwendete Techniken

Das wesentliche Aufkommen an für diese Studie relevanten Gutarten wird hafenspezifisch erläutert. Die Erläuterungen beschränken sich auf Seehäfen mit einem jährlichen Düngemittelumschlag von mehr als 150.000 t. Zugleich werden auch - sofern relevant und bekannt - hafenrelevante Produktionsstandorte einbezogen.

Hamburg

Umschlagbetrieb Kalikai der K+S Minerals and Agriculture GmbH

Auf Umschlag, Lagerung und Verschiffen von durch die Muttergesellschaft gewonnenen feuchtigkeitsempfindlichen Schüttgütern, insbesondere Salzen, Kali und anderen Düngemittel hat sich K+S Minerals and Agriculture GmbH spezialisiert. Das Terminal ist das größte und am meisten spezialisierte Terminal. Güter mit einem Gesamtvolumen von rund vier Mio. t pro Jahr werden über den 500 m langen Kalikai in Hamburg-Wilhelmsburg exportiert. Das Terminal verfügt über zwölf Lagerhallen und sechs Silozellen (sortenrein, 8 - 45.000 t je Lagerort) mit einem Lagervolumen von 405.000 t. 95 % der Güter werden per Bahn (16 Güterzüge täglich, 70.000 Waggon p.a., 66 t je Waggon) aus deutschen Bergwerken nach Hamburg transportiert und über zwei Tiefbunker (600 t/h bzw. 1.200 t/h) entladen. See- und Binnenschiffe werden über eine Greiferanlage entladen, die Auslagerung erfolgt über eine (eingehauste) Förderbandanlage (12 km Gesamtlänge mit 600 t/h/Band) mit Hilfe von Radladern (Fassungsvermögen je Radladerschaufel 6 t). Die Beladung der Schiffe erfolgt mit Losebeladern (1x 20 m Ausleger 2.000 t/h, 2x 25 m Ausleger 3.000 t/h). Zur Vermeidung von Staubentwicklung sind die Belader mit Kaskadenschurren ausgerüstet. Neben der Schiffsbeladung werden auch Container mit loser und gesackter Ware beladen (50.000 20 Fuß-Container á 20 t p.a.). Big Bags und Paletten können ebenfalls beladen werden.³

Umschlagbetrieb Louis Hagel GmbH & Co. KG

Mittels eines Losebeladers können Schiffe im Direktumschlag (von Bahn oder Lkw) oder im indirekten Umschlag aus Silos über ein geschlossenes Rohrsystem mit integrierten Förderbändern mit einer Leistung von bis zu 750 t/h mit freifließenden (trockenen) Massengütern (Düngemittel, Streusalz) beladen werden. Ein Umschlag vom Binnenschiff auf Seeschiff oder v.v. erfolgt mittels eines 12 t - Greiferkrans (max. 500 t/h). Ankommende Ware kann darüber hinaus in Silos eingelagert oder verwogen auf Lkw, Waggon oder in Container verladen werden. Hierfür wird die Ware über einen Trichter auf Höhe der Kranbrücke aus geringer Fallhöhe abgeworfen. Der Trichter kann bei einsetzendem Regen elektrisch verschlossen werden. Über ein geschlossenes Förderbandsystem wird die Ware an Land verbracht, dort mit einer Behälterwaage gewogen und weiterverladen bzw. eingelagert. Die Ware kann zusätzlich gebrochen und gesiebt werden.

Die Ware kann in vier Silos sortenrein eingelagert werden. Das Dach des Silo 1 (17.000 t Lagerkapazität) hat eine 28° - Neigung, was dem Schüttkegel von Düngemitteln entspricht. Anlieferung der Ware erfolgt i.d.R. per Bahn oder Schiff. Sie wird über geschlossene Förderbänder ins Silo verbracht. Einlagerung als auch Auslagerung erfolgen mit einem speziell entwickelten Kratzer. Bei der Einlagerung (500 t/h) wird die Ware mittels der Kratzermesser von unten nach oben transportiert und somit in die Höhe "geschoben". Dadurch entfällt ein freier Fall der Ware und reduziert mögliche Staubentwicklung auf ein Minimum. Zudem wird dadurch auch die Bildung von Staubkegeln bzw. eine Entmischung der wertvollen Ware verhindert. Bei der Auslagerung kratzen die Kratzermesser die Ware dann wieder von oben

³ Bilder unter <https://south-central.de/digital-selection/kalikai-hamburg/>

nach unten auf das Förderbandsystem. Die Auslagerung kann über den Losebelader aufs Schiff (800 t/h) oder per Trichter an einer Lkw-Verladestation (250 - 450 t/h) erfolgen.

Silo 2 ergänzt Silo 1 mit einer Lagerkapazität von 5.000 t. Die Silos 3A und 3B bestehen aus zwei identischen Silozellen mit je 8.000 t Lagerkapazität. Die Einlagerung erfolgt vom Schiff per Greiferkran und Förderbandanlage bzw. vom Lkw in einen Tiefbunker. Die Ware wird per Radlader aus diesem Silo ausgelagert. Der Weitertransport erfolgt per Lkw oder Bahn. Die Gewichtsermittlung der zu verladenden Waren erfolgt durch eine geeichte selbsttätige Waage automatisiert und windgeschützt. Die regensichere Beladung von 20Fuß-Container mit Schüttgut ist möglich (85 t/h).

Abbildung 5 zeigt den Schiffsbelader nebst geschlossener Förderbandanlage. Abbildung 6 zeigt das Löschen eines Seeschiffes mittels geschlossener Greiferschaufel. Der Abwurf der Ladung erfolgt in einen Trichter, welcher ein eingehaustes Förderband zur Einlagerung der Ladung bedient.

Abbildung 5 Schiffsbelader und geschlossene Förderbandanlage bei Beladung eines Seeschiffes



Quelle: Louis Hagel, Webseite

Abbildung 6 Löschen eines Seeschiffes mittels geschlossener Greiferschaufel, Abwurf in Trichter und Einlagerung mittels eingehaustem Förderband



Quelle: Louis Hagel, Webseite

Rostock

Düngemittel wird im Rostocker Hafen an vier verschiedenen Terminals durch drei verschiedene Unternehmen umgeschlagen. Feste Düngemittel werden durch Euroports und RFH, flüssige durch YARA umgeschlagen.

Euroports

Euroports schlägt im Überseehafen an Pier III (Liegeplätze 12 und 21) Düngemittel hauptsächlich Nitratdünger sowie Kalkammonsalpeter um. Das Unternehmen betreibt einen speziell für Düngemittel gebauten und mit Entstaubungsanlage sowie Gutstrombremse ausgestatteten Schiffsbelader (mit einer Kapazität von 1.000 t/h) im Export und eine Waggonentladestation (Tiefbunker). Es sind überdachte Lager mit einer Kapazität von 60.000 t vorhanden. Die Hallen sind über eine 700 m lange überdachte Förderbandanlage fest mit dem Kai verbunden, wie aus Abbildung 7 und Abbildung 8 ersichtlich.

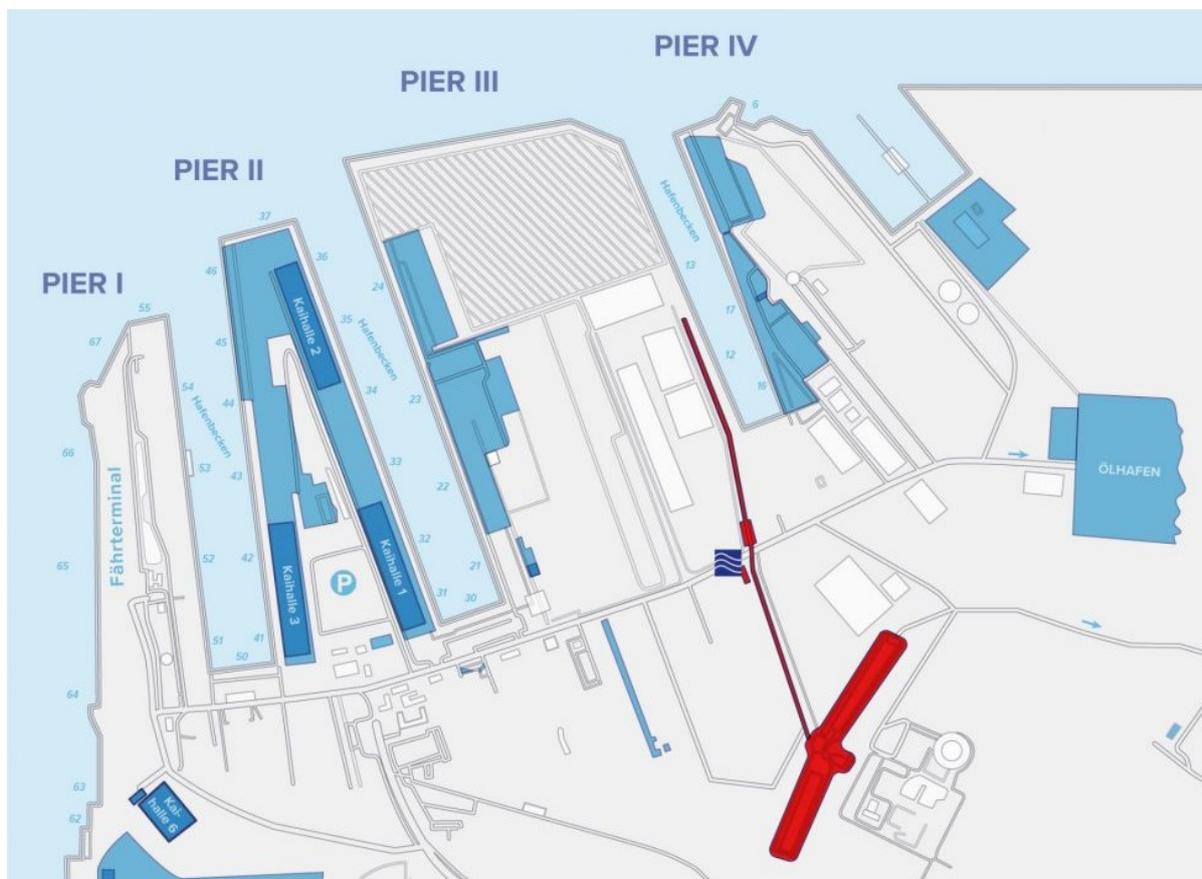
Abbildung 7 Lagerhallen für Düngemittel mit Förderbandanschluss an Terminal im Hafen Rostock



Quelle: Euroports, Webseite

Es werden Calciumammoniumnitrat (CAS), Axan, Sulfate (von 24 % Nitrat), Pottasche, Diammoniumphosphat (DAP) und Klärschlammasche (SSA) umgeschlagen. Dolomit, ein Kalkdünger, wird importiert, um die Yara-Produktionsanlage zu versorgen.

Abbildung 8 Lage der Lagerhallen für Düngemittel (rot) im Hafen Rostock

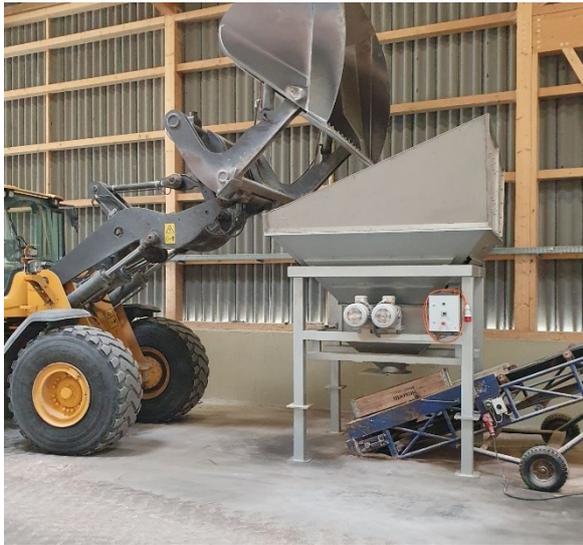


Quelle: Euroports, Webseite

Rostocker Fracht und Fischereihafen (RFH)

Der Rostocker Fracht- und Fischereihafen Rostock (RFH) schlägt neben Axan und Harnstoffnitrat weitere Düngemittel um. Der Umschlag erfolgt mittels Greifern, eingehausten (sortenrein betriebenen) Förderbändern und Trichtern. In einer eigenen Absackanlage können Düngemittel in Big Bags abgepackt werden (Abbildung 9). Klutenhafter und brockiger Dünger kann mit dem RFH-eigenen Düngerbrecher schonend aufbereitet werden, der frei fließende Dünger bleibt dabei unberührt, siehe Abbildung 10.

Abbildung 9 Absackanlage



Quelle: RFH, Webseite

Abbildung 10 Brecher für Düngemittel



Quelle: RFH, Webseite

Anlegestelle Yara (Liegeplatz 7/“Chemiehafen“)

Die Anlegestelle wird ausschließlich für den Umschlag von flüssigen Vorprodukten oder Düngemitteln durch das YARA-Düngemittelwerk Rostock-Poppendorf genutzt, Rohrleitungen verbinden die Tanker mit den Lagereinrichtungen. Die Lade-/Löschleistung beträgt 1.200 t/h. Ammonium sowie AHL aus dem Brunsbütteler Werk werden als eingehende Vorprodukte für die Produktion in Poppendorf gelöscht. Im Export erfolgt der Umschlag von Flüssigdünger. Die Anlegestelle wird durch YARA selber betrieben.

YARA-Produktionswerk Rostock-Poppendorf

In Rostock betreibt YARA neben zwei Salpetersäure-Anlagen und zwei Anlagen zur Herstellung von Nitratdünger eine AHL-Anlage sowie zwei Anlagen für die Herstellung von technischem Ammonium-Nitrat. Etwa 1,5 Mio. t Nitratdünger, 200.000 bis 300.000 t Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung (AHL) und an die 150.000 t Industriechemikalien werden hier jährlich von etwa 250 Mitarbeitern produziert.

Für den Nitratdünger wird über den werkseigenen Hafen (“Chemiehafen”) im Schwesterwerk Brunsbüttel hergestelltes, flüssiges Ammoniak als Vorprodukt angelandet und über eine 13 km lange Rohrleitung ins Werk Poppendorf gepumpt.

YARA verfügt seit 2017 über eine vollautomatische Bigbag-Absackanlage (Kapazität 200 Big Bags je Stunde sowie 300 t loses Düngemittel je Stunde). YARA beteiligt sich an einem Konsortium zum Bau einer Elektrolyse- und Ammoniaksynthese-Anlage im Rostocker Hafen, welche bis 2025 fertiggestellt werden soll.

Brunsbüttel

Die im Brunsbütteler Hafen umgeschlagenen Produkte betreffen Stickstoffverbindungen und Düngemittel in flüssiger Form. Der Umschlag erfolgt aus Tanks mittels Rohrleitung in Produktentanker. Etwa 60 % der in Brunsbüttel hergestellten Stoffe werden mit Schiffen nach Europa und Übersee verschifft. Feste Düngemittel werden in Brunsbüttel weder hergestellt und noch umgeschlagen.

YARA-Produktionswerk Brunsbüttel

Der Brunsbütteler YARA-Standort ist ein auf die Industrie ausgerichteter Standort. Die Produktionsanlage hat zwei Einheiten, die Ammoniak-Anlage und die Harnstoff-Anlage. Eine vorhandene Luftzerlegungsanlage arbeitet nach dem Linde-Verfahren. Eine Ammoniaksyntheseanlage erzeugt nach dem Haber-Bosch-Verfahren die Luftgase Stickstoff, Sauerstoff und Argon, die für verschiedene technische und industrielle Anwendungen benötigt werden. Verschiedene Ammoniak- und Harnstoff-Qualitäten werden ebenso wie AdBlue/Air 1- und NOx Care-Produkte zur NOx-Reduktion in Lkws und Kraftwerken im Brunsbütteler Werk hergestellt.

Wismar

Seehafen Wismar

Die Seehafen Wismar GmbH schlägt Düngemittel u.a. für die K+S-Gruppe um, hierfür werden Lagerkapazitäten für 120.000 t vorgehalten. Die Anlieferung erfolgt per Bahn, die Waggonentladung erfolgt über Tiefbunker, das weitere Handling erfolgt mittels eingehauster Förderbänder. Die Auslagerung erfolgt mittels eines mobilen Schiffsbeladers (600 t/h) auf Schiffe, welche die Ladung überwiegend in die skandinavischen und baltischen Märkte transportieren.

Abbildung 11 Schiffsbelader für Düngemittel im Seehafen Wismar



Quelle: LHMV, Webseite

Auch wenn die Anlage (Baujahr 1960) auch für andere Güter konzipiert wurde, werden heute nur Düngemittel umgeschlagen (siehe Abbildung 11). Sie entspricht aufgrund fortlaufender Modernisierungen dem derzeitigen Stand der Technik.

Lübeck

Düngemittel werden im Lübecker Hafen durch die Hans Lehmann KG, die Umschlag & Handel GmbH (Lagerhaus Lübeck), die ATR Landhandel GmbH & Co. KG sowie die Burrmann Hafenlogistik GmbH umgeschlagen.

Hans Lehmann KG

Düngemittel werden am auf Schüttgüter spezialisierten, 550 m langen Lehmannkai 3 offen und ausschließlich im Direktumschlag verladen. Zwei Krane (8 t, 16 t) sowie Bahnanschluss sind vorhanden. Es werden auch abgepackte Düngemittel umgeschlagen.

Lagerhaus Lübeck Dr. Pleines GmbH & Co. KG

Die Umschlag & Handel GmbH betreibt die im Eigentum der Lagerhaus Lübeck Dr. Pleines GmbH & Co. KG stehenden Umschlag- und Lagerfaszilitäten. Die Gesamtlagerkapazität von ca. 150.000 t für Schwergetreide, Futtermittel und Düngemittel verteilt sich auf sieben freitragende, ehemalige Werfthallen, welche mit 8 m hohen anschüttbaren Betonwänden ausgestattet sind. Mineralischer Dünger wird mit hydraulischen Greiferbaggern auf ein eingehautes Förderbandsystem umgeschlagen und in direkt am Kai befindlichen Lagerhallen befördert. Darüber hinaus wurde im Jahr 2004 ein Flüssigdüngerterminal mit einer Lagerkapazität 30.000 t errichtet, welches durch die AgroBaltic GmbH bewirtschaftet wird.

ATR Landhandel GmbH & Co. KG

Am Silokai im Vorwerker Hafen schlägt ATR u.a. Dünger um. Düngemittel werden durch eine feste, eingehauste Installation umgeschlagen. Im Silo wird das Gut mittels Tassenaufzügen befördert und dort in Silozellen zwischengelagert.

Burmann Hafenlogistik GmbH

Am Burmannkai I werden u.a. Düngemittel im Greiferumschlag mit zwei Hydraulik-Mobilbaggern (250 t/h Löschleistung) in direkt am Kai liegende Hallen umgeschlagen. Zum Teil ist hierbei eine terminalinterne Umfuhr (300 m) mittels Lkw notwendig. Es wird beim baggerbasierten Umschlag auf geringe Abwurfhöhen sowie eine laufende Wartung geachtet, die Greifer sind gegen mögliche Streuverluste mit Doppelschneiden ausgestattet. Es wird bewusst mit offenen Greifern gearbeitet, da der Füllstand so besser kontrolliert werden kann. Dies verhindert zusätzliche Hubvorgänge und ermöglicht eine genauere Beladung der Lkw.

Standardmäßig wird eine Plane zwischen Schiff und Kai zum Auffangen möglicher Rieserverluste gehängt. Die Flächenentwässerung der Umschlagsfläche wird mit einem Sedimentabscheider versehen und ist an den Schmutzwasserkanal angeschlossen; ein Eintritt von Düngemittel wird durch die Abdeckung der Zuläufe im direkten Manipulationsbereich verhindert. Rieserverluste auf dem Kai werden regelmäßig mittels Straßenkehrmaschine aufgenommen und je nach Zustand unterschiedlicher Weiterverwertung zugeführt.

Die Schiffsbeladung erfolgt mittels Förderbänder. Das Terminal verfügt über einen Bahnanschluss.

Brake

J. Müller AG

J. Müller betreibt in Brake ein über die Verkehrswege Bahn, See und Straße angebundenes Agrarterminal; dort werden u.a. auch Düngemittel umgeschlagen. Düngemittel werden vollständig per Schiff importiert und vollständig per Lkw sowohl in die am Ort befindliche Lagerhalle eingelagert als auch direkt an Abnehmer im nordwestlichen Niedersachsen verladen. Der Umschlag erfolgt kranbasiert mit offenen Greifern (250 - 300 t/h) durch speziell unterwiesene Mitarbeitende. Rieserverluste werden regelmäßig während des Umschlagprozesses per Besen gereinigt und aufgenommen, zum Ende der Tätigkeiten erfolgt eine finale Reinigung durch Besenwagen. Die Wiederverladung erfolgt in den Lagerhallen auf Lkws, außerhalb der Hallen ist dies aus immissionsschutzrechtlichen Gründen nicht gestattet.

4 Umschlagprozesse und mögliche Optimierungen

4.1 Prozesse und ihre Komponenten

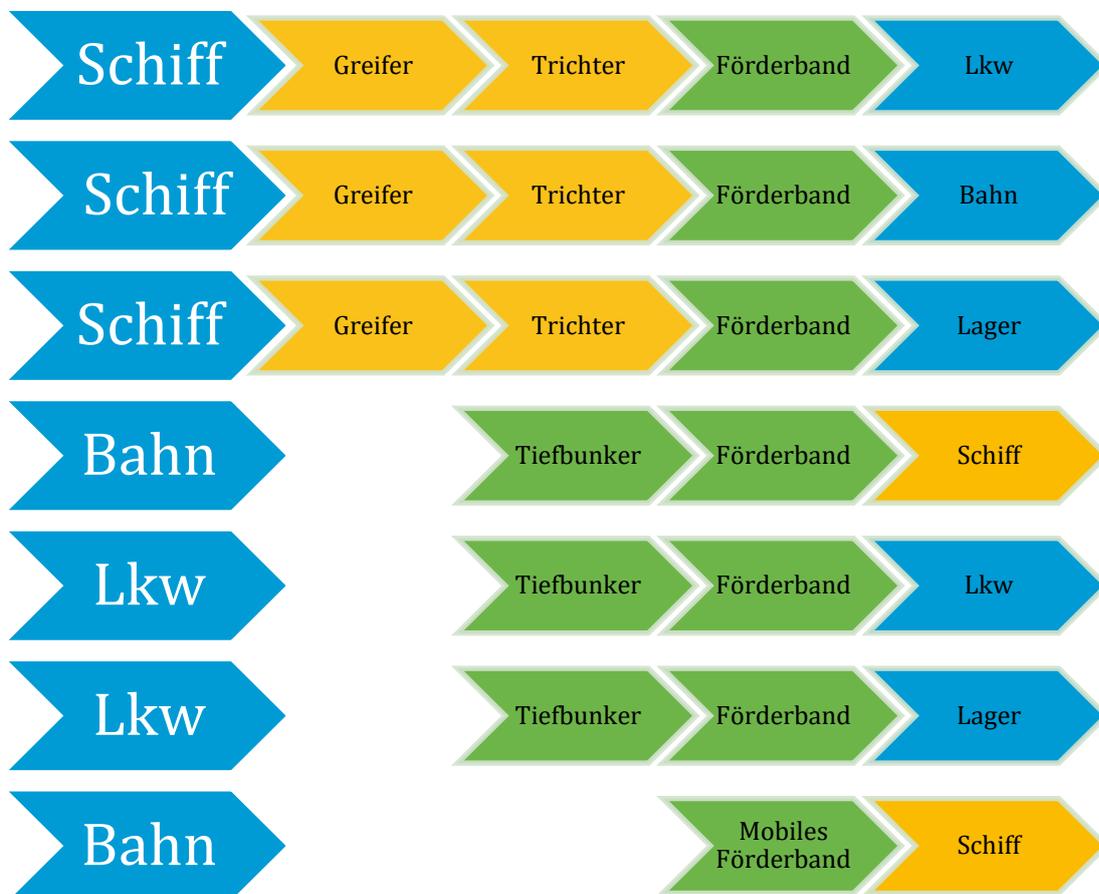
Die Prozesse können grob in „Eingehender Umschlag/Direktverladung“, „Ausgehender Umschlag“ sowie „Aufbereitung und Verpackung“ gegliedert werden, wobei sich einzelne Komponenten jeweils wiederholen.

Eingehende Ladung (bzw. mit der Komponente Weiterverladung als Direktumschlag qualifiziert, siehe untere Zeile in Abbildung 12) wird auf dem Seeweg, per Bahn oder Lkw angeliefert.

Das Schiff wird mittels hafenseitigem Greifer-Kran oder -Bagger in einen Trichter entladen. Der Trichter leitet die Ladung auf das Förderband weiter. Mit Bahn oder Lkw angelieferte Ware wird per Tiefbunker entladen und dem Förderband zugeleitet, der Lkw kann zusätzlich noch auf eine Schüttvorrichtung entladen. Via Stetigförderer wird die Ladung entweder in der Lagerhalle eingelagert oder zur Weiterverladung auf Lkw oder Zug der entsprechenden Beladeanlage zugeführt.

Von diesen Prozessen erfolgt lediglich die Entladung mittels Greifer und Zuführung via Trichter zum Förderband bzw. die Schiffsbeladung meist ungeschützt (gelb). Das Förderband ist in den meisten Fällen bzw. beim Anfall relevanter Umschlagmengen eingehaust. Eine besonders zu betrachtende Situation ist das direkte Laden eines Schiffes mittels mobilen Förderbandes mit Waggons als Ladungsquelle. Alle weiteren Tätigkeiten erfolgen geschützt innerhalb der Lagerhalle oder sind entsprechend durch bauliche Maßnahmen geschützt (grün).

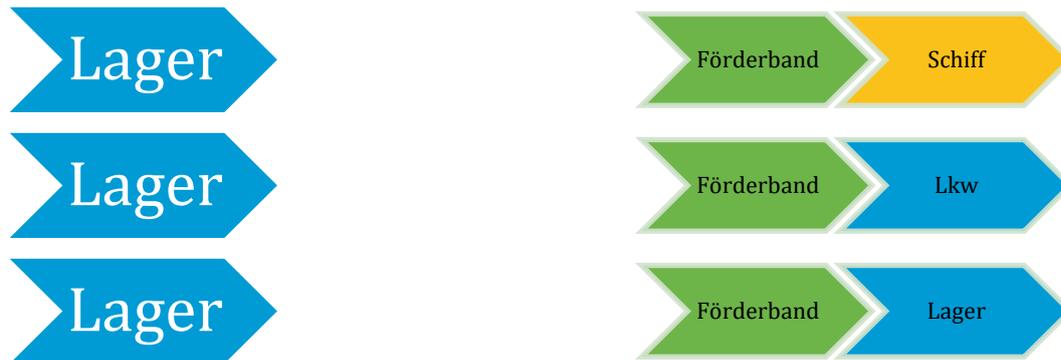
Abbildung 12 Eingehender Umschlag sowie Direktverladung



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll

Beim ausgehenden Umschlag wird das Düngemittel i.d.R. aus der Lagerhalle per geschlossenem Förderband dem Schiff per Schiffsbelader zugeführt oder auf Lkw bzw. Waggon via jeweiliger eingehauster Beladestation geladen (s.a. Abbildung 13).

Abbildung 13 Ausgehender Umschlag

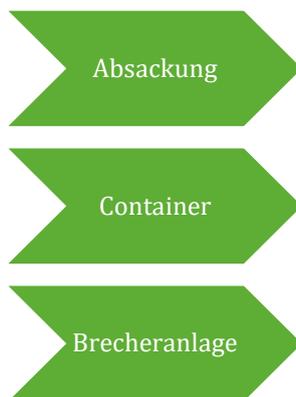


Quelle: eigene Darstellung, Ramboll

Zusätzlich können noch die Prozesskomponenten „Absackung in Big Bags“, „Verladung in Container“ oder die Aufbereitung des Düngers mittels Brecheranlage identifiziert werden, diese sind in Abbildung 14 dargestellt. Diese Prozesse finden im Regelfall in umhauster und somit geschützter Umgebung statt.

Der größte Teil der Prozesselemente, wie die Entladung von Bahnwaggons und Lkw in den Tiefbunker, der innerbetrieblicher Transport mit Förderband, die Beladung von Lkw und Waggon sowie Verpackungs- und Aufbereitungsleistungen, erfolgt in geschützter Umgebung, ein umweltbeeinflussender Verlust ist kaum möglich.

Abbildung 14 Weitere Prozesselemente



Quelle: eigene Darstellung, Ramboll

Prozesselemente, wie das Entladen von Schiffen mittels Greifer und anschließendem Abwurf in die Trichteranlage, das Entladen von Lkw in eine Trichteranlage, das Entladen von Waggons auf ein mobiles Förderband sowie das Beladen von Schiffen, erfolgen wassernah und bergen daher die Gefahr eines Ladungsverlustes.

4.2 Wassernahe Prozesse

Durch Anwendung der besten verfügbaren Technik soll ein möglicher Nährstoffeintrag beim wassernahen Umschlag von Düngemitteln vermieden werden. Bei den derzeit angewandten Techniken und Arbeitspraktiken ist ein – wenngleich nur minimaler – Ladungsverlust gegeben.

Insbesondere können übliche, in Häfen angewandte Verfahrensweisen zur Reduzierung von Staub, wie zum Beispiel das Versprühen von Wasser, aufgrund einer möglichen Folge für die Qualität der Ware nicht angewandt werden, da das wasserlösliche Düngemittel gerade vor Feuchtigkeit geschützt werden soll. Auch handelt es sich bei dem Schüttgut Düngemittel um ein sehr preissensitives und zu schonendes Gut. Jeder zusätzliche Umschlagvorgang hat negative Auswirkungen auf die Warenqualität, jede Änderung – wie zum Beispiel der Transport in Big Bags oder Containern - in der Transportkette hat eine negative Kostenauswirkung.

Während an einigen wenigen Hauptumschlagplätzen spezialisiertes Umschlaggerät wie zum Beispiel Schiffselader mit Transportgutzufuhr mittels eingerohrter Förderbänder für den speziellen Massengutbetrieb angeschafft und eingesetzt wird, ist Düngemittel im Gros der Häfen ein eher bedeutungsarmes Umschlaggut, was zusätzlich neben anderen Schüttgütern kran- oder greiferbasiert umgeschlagen wird.

In kleineren Häfen wird durch den Umschlag von Düngemitteln die Auslastung bestehender Umschlaggeräte erhöht und nur durch geringe Investitionskosten geprägte mobile Förderbandanlagen ergänzt. Gleichzeitig sind die kleineren Umschlagterminals im Einsatz ihrer mobilen Umschlaggeräte flexibler (Kauf, Verkauf, Einsatz an verschiedenen Umschlagterminals, Austausch/Ersatz im Wartungs-/Reparaturfall). Ein Schiffselader hingegen ist im Regelfall nur durch einen zweiten Schiffselader zu ersetzen, die Reparatur kann nur vor Ort erfolgen.

4.2.1 Schiffsentladung mittels Kran-/Baggergreifer und Abwurf in Trichter

Die Schiffsentladung erfolgt mittels offenen oder geschlossenen Schaufelgreifern, welche als Anbauteil an Seilzug-, hydraulische oder elektro-hydraulische Krane oder Bagger montiert sind.

Seilzugkrane (siehe Abbildung 15) sind seit langer Zeit in Häfen installiert, auf dem Gebrauchtmittelmarkt kostengünstig verfügbar und in der Technik robust. Sie sind in der Ansteuerung im Vergleich zu moderneren Krantypen etwas langsamer und können nicht so genau angesteuert werden, sind jedoch in Verbindung mit einem erfahrenen und geschulten Kranbediener ein geeignetes Umschlaggerät für Düngemittel.

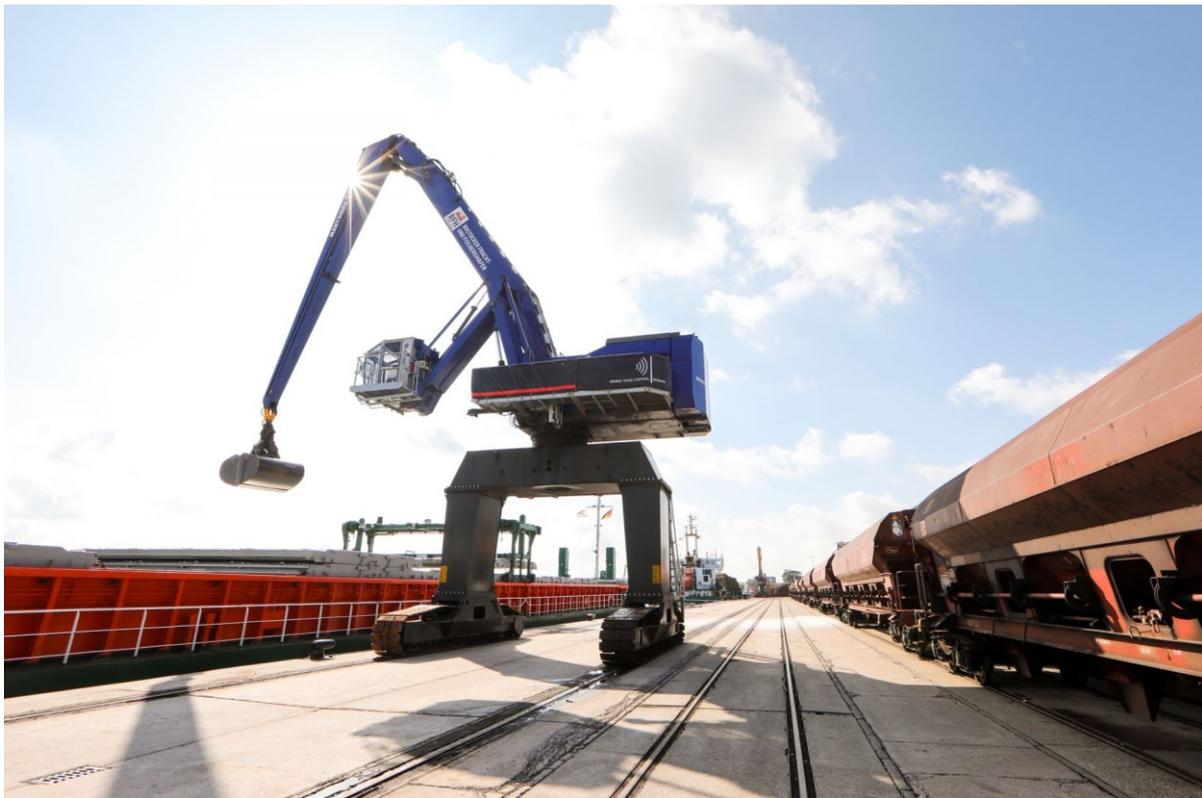
Abbildung 15 Seilzugkran mit geschlossenem Schaufelgreifer wirft Düngemittel in Trichter ab



Quelle: Louis Hagel, Webseite

Hydraulische Krane (als Beispiel ist der Mantsinen 120 R in Abbildung 16 dargestellt) sind im Vergleich zu klassischen Seilzugkränen wartungsärmer sowie genauer und feinfühlicher durch den Kranführer zu bedienen. Eine Steigerung bietet der elektro-hydraulisch ausgestattete Kran, bei dem der Bedienkomfort deutlich höher ist.

Abbildung 16 Hafenumschlaggerät Mantsinen 120R mit Knickarm



Quelle: RFH, Webseite

Beide Varianten sowie Seilzugkrane jüngerer Baujahrs ermöglichen ruckelarme Bewegungen und eine genaue Positionierung der Ladung, sie werden als bevorzugtes Umschlaggerät für Düngemittel identifiziert.

Hoch produktive pneumatische Schiffsentlader oder Schneckenförderer werden aufgrund ihrer negativen Auswirkungen auf das Transportgut nicht für die Entladung eingesetzt.

Zweischalengreifer in offener oder geschlossener Variante werden im Rahmen des kran- oder baggerbasierten Umschlags für das Laden, vorrangig aber für das Löschen des Schiffs verwendet. Herkömmliche Greifer haben eine offene Oberseite, was Verschütten und Staubverwehungen begünstigt.

Als Anbaugerät für Kran oder Hafenumschlaggerät sollte ein geschlossener, hydraulisch betriebener Zweischalengreifer (Beispiel siehe

Abbildung 17) mit der größtmöglichen Kapazität gewählt werden, diese sorgen für weniger Staubbildung bei Wind. Die regelmäßige Kontrolle, ob die Greifer auch vollständig schließen, und regelmäßig gewartet werden führen in Verbindung mit der sorgsamsten Bedienung durch den Kranführer zu geringstem bzw. keinem Rieserverlust. Auch sollten die Bedienenden darauf

achten, dass keinerlei Rückstände auf dem geschlossenen Zweischalengreifer verbleiben. Die richtige Anwendung der Technik durch Bedienende sind von starker Bedeutung. Die Greiferlast sollte optimiert werden, der Greifer richtig geschlossen, eine sanfte Bewegung zwischen Schiff und Kai erfolgen sowie eine angemessene Öffnungshöhe zum Trichter oder Laderaum durch die Bedienenden gewählt werden. Ein zu hohes Öffnen des Greifers führt zu Staubbildung. Spezielle Software automatisiert und optimiert diese Bewegungen.

Abbildung 17 Kinshofer Umschlag- und Industriegreifer C40-VHD-C speziell für Düngemittel



Quelle: Kinshofer, Webseite

Das Düngemittel soll dem Förderband für den innerbetrieblichen Transport zugeführt werden, hierfür erfolgt der Abwurf in einen **Trichter**, welcher als Ladestelle für den Stetigförderer dient. Die zu überbrückende Strecke des Umschlaggeräts sollte dabei so kurz wie möglich sein. Dabei ist dieser Standort naturgemäß wassernah. Abbildung 15 zeigt einen solchen Trichter. Zum Schutz des Düngemittels vor Wettereinflüssen verfügt der Trichter über eine von der Kranbrücke aus bedienbare, elektrische Dachverriegelung.

Abbildung 18 Potenziell möglicher Nährstoffeintrag durch langen Weg zwischen Schiff und Trichter



Quelle: Louis Hagel, Webseite/Screenshot Youtube-Kanal

Im Beispielsfall liegt der Trichter auf einer Plattform über dem Wasser. Der Schaufelgreifer wird aufgrund des Dalbenliegeplatzes über das offene Wasser geführt (Abbildung 18) und nicht wie bei einem Kailiegeplatz nur über den durch die Fenderbauten bedingten (geringen) Abstand

zwischen Kai und Schiff. Auch sollte ein Stauen des Ladungsgutes im Trichter, was zu einem Schüttkegel über die Trichteraufnahme hinausführt, vermieden werden. Auch dabei spielen die richtige Anwendung und Schulung der Kranbedienenden eine große Rolle. Die Öffnungshöhe kann Verluste durch Verwehungen begünstigen, die übermäßige Befüllung des Trichters reduziert die Staubfilterung und kann die Zufuhr des Gutes zum Förderer unterbrechen. Luftschleier und Windzäune können eingesetzt werden, um die Auswirkungen starker Winde zu vermeiden.

Das Auffangen möglicher Rieserverluste mittels einer Überdachung/Abdeckung des Wassers, also unterhalb der Kranbewegung vom Laderaum zum Trichter, würde analog zur Abdeckung des Zwischenraums zwischen Kai und Schiff mit einer Plane mögliche Einträge verhindern.

4.2.2 Schiffsbeladung

Die Schiffsbeladung erfolgt im Regelfall durch **Losebelader**, diesem wird das zu verladene Schüttgut auf Förderbändern zugeführt. Der Losebelader wird über dem Laderaum platziert und das Transportgut durch eine Trimmrutsche in den Laderaum abgeworfen. Der Verladekopf wird zur besseren Trimmung der Ladung im Schiff verfahren, er ist meist in der Höhe sowie in der Abwurfrichtung verstellbar. Vorteil dieser telekopierbarer Trimmrutschen sind die geringe Abwurfhöhe, was zu einer geringeren Staubentwicklung führt. Er kann zusätzlich mit einem Entstaubungssystem oder einer Gutstrombremse zum schonenden Abwurf der Ladung ausgestattet sein. Durch **Kaskadenrutschen** fließt die Ladung durch eine Reihe von Eimern und reduziert so die Durchflusgeschwindigkeit, eine Hülle dient der Staubbegrenzung. Ein Verschlusskegel dichtet den Auslauf des Verladekopfes nach Beendigung des Ladevorgangs ab, dies verhindert ein Herausfallen möglicherweise noch anhaftender Produkte.

Eine in Deutschland nicht genutzte Art des Ladens von Schiffen ist der Zufluss von Düngemitteln durch Öffnungen der geschlossenen Ladeluken. Dies ermöglicht zwar ein witterungsunabhängiges sowie staubfreies Beladen, hat sich in der Praxis aus Sicherheitsüberlegungen nicht durchgesetzt.

Der Transport von Düngemitteln in Seecontainern hat sich in Deutschland nicht durchgesetzt und wird nur für Kleinmengen genutzt. Auch die Schiffsverladung von Big Bags (je 1 - 2 t) oder palettierter Säcke findet aufgrund fehlender Skaleneffekte (meist langsamere Verladung sowie ggf. mangelhafte Nutzung des Schiffsraums) nur in Einzelfällen statt.

4.2.3 Direktumschlag Waggon-Schiff

Eine Variante ausgehender Schiffsbeladung ist der Direktumschlag von per Waggon angeliefertem Düngemittel mittels Förderbandes auf ein Schiff. Es erfolgt auf den Kaigleisen (in unmittelbarer Nähe zum Schiff) eine Schwerkraftentladung des Düngemittels durch die Entladeluken des Waggons auf ein unterhalb des Waggons platziertes Waggonentladeband. Ein zweites Förderband (in eingehauster oder nicht eingehauster Variante) befördert nun das Gut über den Laderaum, von wo ein durch einen Rüssel geschützter Abwurf in den Laderaum des Schiffs erfolgt.

Aufgrund der Wassernähe ist ein möglicher Eintrag des Düngers auf verschiedenen Wegen ins Wasser möglich. Maßnahmen hiergegen werden ergriffen:

- ▶ Nach Möglichkeit werden eingehauste Gutförderer verwendet, unter denen insbesondere im Übergangsbereich zwischen Kai und Schiff eine Plane zum Auffangen springenden (selten) oder am Förderband anhaftenden Düngemittels aufgehängt wird (Plane siehe auch

Abbildung 19). Das aufgefangene Gut wird auf der Kaimauer aufgefangen und findet geeignete Weiterverwendung bzw. wird entsorgt.

- ▶ Die regelmäßige Reinigung der Kaifläche verhindert das Verteilen des Düngers sowie möglichen Flug ins Wasser bzw. in die Umgebung.
- ▶ Auf der Fläche eingelassene Regenabflussrinnen oder Regenwassereinläufe werden vor Ladebeginn durch eingehängte Auffangkästen, aufgelegte Magnetfolie oder eingelegte Jutebeutel verschlossen. Während der Verladung hierin gelangtes, aufgefangenes Transportgut wird der weiteren Verwendung bzw. Entsorgung zugeführt und die Flächenöffnungen nach Ladeende wieder geöffnet.

Abbildung 19 Zur Vermeidung von Nährstoffeintrag ins Wasser wird der Zwischenraum zwischen Kaikante und Schiff mittels Plane abgedeckt



Quelle: Burmann Hafenlogistik, Webseite. Foto: André Leisner

Unter diesen Bedingungen wird bei dem Direktumschlag von Düngemitteln vom Waggon ins Schiff ein Nährstoffeintrag weitestgehend verhindert.

4.3 Zusammenfassung möglicher Optimierungen

Kernelement in den Umschlagprozessen ist der Mensch. Den Mitarbeitenden sollte bewusst sein, was ihr Handeln auslöst. Ist diesen bewusst, dass durch eine mangelhafte Umschlagleistung in das Wasser bzw. die Umwelt eingebrachte Düngemittel das Ökosystem belastet und dies gravierende Auswirkungen auch ökonomischer Art hat, achten die Mitarbeiter zukünftig verstärkt und aus eigenem Antrieb auf ihr Handeln und verbessern dies. Eine solche intrinsische Motivation wirkt sich nicht nur positiv auf die Umwelt aus, sondern verbessert auch die Qualität des Umschlagprozesses.

Eine regelmäßige technische Schulung im Umschlaggut schonenden Umgang mit den Umschlaggeräten sollte durch eine Schulung im Bereich Nachhaltigkeit/Umweltschutz ergänzt

werden. Motivierte Mitarbeitende sind vorausschauend, sie erkennen Zusammenhänge besser. Der Einsatz mit den Geräten und der Gutart vertrauten/erfahrenen Maschinenführenden sorgt ebenfalls für positive Umweltauswirkungen.

Je weiter weg bzw. je weniger nah jegliche Umschlaghandlungen vom Wasser entfernt sind, desto weniger besteht die Möglichkeit, dass Düngemittel ins Wasser eingetragen werden.

Das Entladen eines Schiffes ist vorzugsweise mit geschlossenen Schaufelgreifern als Anbauteil eines elektro-hydraulisch gesteuerten Krans durchzuführen. Hierbei ist darauf zu achten, dass beide Hälften des eingesetzten Schaufelgreifers gut ineinandergreifen. Der Schaufelgreifer ist beim Umschlagvorgang vollständig geschlossen, es kann kein Rieselgut herausfallen. Eine regelmäßige Kontrolle und regelmäßig durchgeführte Wartungen unterstützen diesen Prozess.

Das Queren offenen Wassers sollte weitestgehend vermieden werden. Je nach Liegeplatz- und Entladesituation sind der durch den Anprallschutz bestimmte Abstand zwischen Schiff und Kai zu überqueren. Eine Abdeckung dieses Bereichs durch Planen oder fahrbare, faltbare und/oder fest installierte Auffangeinrichtungen verhindert den Eintrag von Düngemittel ins Wasser.

Aufgrund von geringer Wassertiefe kann das zu entladende Schiff auch mit größerem Abstand zur landseitigen Annahmeverrichtung liegen. Der Kran ist baubedingt zwischen Schiff und Liegeplatz angeordnet, so dass jeweils eine Kranreichweite offenen Wassers zu überqueren ist. Dies ist grundsätzlich zu vermeiden, eine Abdeckung würde den Eintrag verhindern.

Eingesetzte Stetigförderer sollten eingehaust sowie ggf. mit Entstaubungsanlagen ausgestattet sein. Eine regelmäßige Wartung sowie die Nutzung der Förderbänder für lediglich eine Gutart (in diesem Fall Düngemittel) ist vorteilhaft.

Beim seewärtigen, ausgehenden Düngemittelumschlag optimieren telekopierbare, wettergeschützte Schiffsbelader mit geringen Fallhöhen und Querschnitten, integrierten Kaskadenrutschen und Gutstrombegrenzern die staubreduzierte Auslagerung.

Der Kai sollte für den Düngemittelumschlag z.B. durch Abdecken der Zuläufe zur Flächenwasserentsorgung im direkten Manipulationsbereich vorbereitet sein. Eine in kurzen Abständen stattfindende Reinigung der Kaikante sowie ggf. angebrachter Auffangvorrichtungen verhindern das Weitertragen des Umschlagguts durch Wind oder andere Einwirkungen. Aufgenommenes und gesammeltes Umschlaggut kann nicht in das Wasser eingetragen werden. Zusätzlichen Schutz sowie eine Verbesserung der Eigenschaften für die Reinigung der Kaioberfläche und das Aufnehmen des gesammelten Umschlagguts bietet eine Beschichtung der Kaioberfläche mit EPOXY.

Tabelle 4 fasst die möglichen Optimierungen beim Düngemittelumschlag zusammen.

Tabelle 4 Mögliche Optimierungen beim Düngemittelumschlag

Mögliche Optimierungen beim Düngemittelumschlag

Geschulte/erfahrene, intrinsisch motivierte Mitarbeitende

Maximale Entfernung vom Wasser/Umschlag über offenem Wasser vermeiden (Planenabdeckung)

Geschlossene, moderne/regelmäßig instandgehaltene Umschlaggeräte

Kaivorbereitung (Flächenwasserentsorgung verschließen) und regelmäßige Kaireinigung

Zu guter Letzt sollten auch die Wetterverhältnisse Berücksichtigung finden, ein Umschlag bei höheren Windgeschwindigkeiten sorgt selbstverständlich auch für die Verlagerung von Staubteilchen des Umschlagguts.

5 Literaturverzeichnis

Grote M, Mazurek N, Gräbsch C, Zeilinger J, Le Floch S, Wahrendorf DS, Höfer T. 2016. Dry bulk cargo shipping - An overlooked threat to the marine environment? Mar Pollut Bull. 2016, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X16303861#s0050>.

2021. HELCOM. Baltic Sea Action Plan Update 2021. [Online] 2021. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/10/Baltic-Sea-Action-Plan-2021-update.pdf>.

A Anhang: Fragebogen mit Anschreiben

Für Mensch & Umwelt

**Umwelt
Bundesamt**

Umweltbundesamt | Postfach 1406 | 06813 Dessau-Roßlau

FRAGEBOGEN ZUM UMSCHLAG VON DÜNGEMITTEL

Anlage

Fragebogen zum Umschlag von Düngemittel

Sehr geehrte Damen und Herren,

das Umweltbundesamt führt aktuell eine Pilotstudie zu umweltfreundlichen Umschlagtechniken von Düngemittel in Häfen durch. Wir bitten Sie, uns bzw. unseren Auftragnehmer, die Ramboll Deutschland GmbH aus Rostock, mit der Beantwortung des beigefügten Fragebogens sowie der Übersendung von ggf. unterstützenden Unterlagen zu unterstützen. Dafür möchten wir uns bei Ihnen im Voraus bedanken.

Der Eintrag von für die Meeresumwelt schädlichen Düngemitteln bei Transport und Umschlag sowie damit verbundenen Tätigkeiten kann eine starke Beeinträchtigung (Sauerstoffverarmung des Wassers) der Lebewesen, insbesondere in den Küstengewässern, auslösen. Der auf die gesamte Transportkette gerechnete Warenverlust beträgt schätzungsweise mehrere Kilogramm je transportierter Tonne.

Im Rahmen dieser Studie wird geprüft ob sowohl durch technische Maßnahmen als auch durch prozessuale Änderungen in Häfen dieser Eintrag reduziert werden kann. Dies könnte ein relevanter Beitrag zur Erfüllung der Reduktionsanforderungen des HELCOM-Ostseeaktionsplans sein. Praktikable Empfehlungen für die Optimierung von Abläufen im Hafen zur sachgemäßen, Verlust reduzierenden Handhabung von unverpackten Düngemittelladungen werden erarbeitet.

Wir bitten um Beantwortung der Fragen bis zum 20.04.2022.

Datum:

30.03.2022

Bearbeiter/in:

Julian Mönnich

Telefon:

+49(0)340 2103-2936

Fax:

+49(0)340 2104-2936

E-Mail:

julian.moennich@uba.de

Umweltbundesamt

Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel.: +49 (0)340 21 03-0
Fax: +49 (0)340 21 03-22 85
www.uba.de

Dienstgebäude Bismarckplatz
Bismarckplatz 1
14193 Berlin

Dienstgebäude Corrensplatz
Corrensplatz 1
14195 Berlin

Dienstgebäude Marienfelde
Schichauweg 58
12307 Berlin

Dienstgebäude Bad Elster
Heinrich-Heine-Str. 12
08645 Bad Elster

Dienstgebäude Langen
Paul-Ehrlich-Str. 29
63225 Langen

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100% Altpapier mit dem Blauen Engel.

Die Ergebnisse des Fragebogens werden im Rahmen eines Berichts anonym veröffentlicht. Gerne übersenden wir Ihnen nach Fertigstellung die Studie.

Für Fragen und Anregungen steht Ihnen Herr Nils Heine von der Ramboll Deutschland GmbH unter der Telefonnummer 0179-7417112 oder per E-Mail unter nils.heine@ramboll.com zur Verfügung.

Vielen Dank!

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag


Julian Mönlich

Bitte zurück per Briefpost an
Ramboll Deutschland GmbH
Herrn Nils Heine
Dierkower Damm 29

per E-Mail an nils.heine@ramboll.com
per Telefax an **0381-252952-29**

18146 Rostock

Fragebogen zum Umschlag von Düngemitteln

Neben der Erhebung ggf. bei Ihnen umgeschlagener Düngemittelmengen ermitteln wir die beste verfügbare Technik bzw. beste verfügbare Umweltpraxis in Bezug auf den Umschlagprozess, die Lagerung und die nachgelagerte Reinigung der Manipulationsfläche einschließlich Entsorgung (inkl. Entwässerung).

Fügen Sie gern weitere in Ihrem Haus verfügbare Unterlagen bei (Statistik, Bilder oder Videos des Umschlaggeräts etc.).

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Hafen: _____

Ansprechpartner: _____

Email: _____

Frage 1: Düngemittelumschlag

Wie viel Düngemittel wurde im Jahr 2021, 2020 und 2019 umgeschlagen?

(Bitte alle Mengen in Tonnen eintragen, gern zusätzlich nach Düngemittelarten aufteilen und ggf. Beiblatt beiführen.)

2021 Fest-/Trockendüngemittel: Flüssigdüngemittel:

2020 Fest-/Trockendüngemittel: Flüssigdüngemittel:

2019 Fest-/Trockendüngemittel: Flüssigdüngemittel:

Frage 1.1: Düngemittelumschlag

Wie teilt sich der Anteil zwischen See- und Landverladung im Jahr 2021 auf?

(Bitte alle Mengen in Tonnen eintragen)

Seeverladung:

Landverladung:

Frage 1.2: Düngemittelumschlag

Wie sind die Import, Export sowie die Transshipment Umschlagszahlen?

(Bitte alle Mengen in Tonnen eintragen)

Seeverladung

Import:

Export:

Transshipment:

Landverladung

Import:

Export:

Transshipment:

Frage 1.3: Düngemittelumschlag

Wie viel kg pro transportierte Tonnen geht schätzungsweise im gesamten Transportvorgang verloren?

_____ kg je transportierte Tonne

Frage 2: Verwendung

Wo wird das Düngemittel verwendet? (Agrarhändler in Umgebung, Weiterverladung durch LKW/Bahn)

Freitext-Antwort

Frage 3: Zwischenlagerung

Wo wird (zwischen-) gelagert und wie weit ist die Entfernung zur Be-/Entladungsstelle?

Freitext-Antwort

Frage 4: Umschlagsmethoden – Geräte

Welche Umschlagtechniken/Geräte werden verwendet? Wie viele Tonnen wurden mit dem Gerät im Jahr 2021 umgeschlagen?

- | | |
|--|------------------|
| <input type="checkbox"/> offener Greifer (Hafenkran) | Menge in Tonnen: |
| <input type="checkbox"/> geschlossener Greifer (Hafenkran) | Menge in Tonnen: |
| <input type="checkbox"/> offenes Förderband | Menge in Tonnen: |
| <input type="checkbox"/> geschlossenes Förderband | Menge in Tonnen: |
| <input type="checkbox"/> anderes: | |

Frage 4.1: Umschlagsmethoden – Geräte

Werden diese bei Regen und Wind unterbrochen? Wie viele Tonnen pro Stunde können mit dem Gerät umgeschlagen werden?

Falls Sie diesbezüglich Arbeitsanweisungen für Ihre Mitarbeiter haben, bitten wir um Übersendung

Hinweis: Wenn vorhanden, können gern Bilder der Geräte angefügt werden.

Frage 4.2: Umschlagsmethoden - Geräte

Setzen Sie die Geräte auch für den Umschlag anderer Güter ein? Wenn ja, welche?

Freitext-Antwort

Frage 5: Umschlagsplatz

Ist der Umschlagsplatz Wetter- und Windgeschützt? Welche Maßnahmen werden zum Auffangen vom verschütteten oder staubenden Düngemittel verwendet?

Freitext-Antwort

Frage 6: Reinigung des Umschlagplatzes

Wie wird der Umschlagplatz gereinigt? Was passiert mit verlorener Ladung?

Freitext-Antwort

Frage 7: Reinigungswasser

Besitz der Hafen Kapazitäten um Reinigungswasser aufzufangen bzw. können kommunale Kapazitäten benutzt werden? Wenn möglich, spezifizieren Sie die genutzten Kapazitäten.

Freitext-Antwort

Für alle weitere Unterlagen und Information bezüglich des Düngemittelumschlags, die sie der Rücksendung dieses Fragebogens beilegen, sind wir Ihnen sehr dankbar.

Rückfragen? Nils Heine, Telefon 0179-7417112