



Kontinuierliche Be- und Entladung von Schiffen mit Massenschüttgut



Bericht B 2

Ausschuss für Hafenumschlagtechnik

AHU

Hafenbautechnische Gesellschaft e.V.



HTG



INHALTSVERZEICHNIS		Seite
1	Einleitung	6
1.1	Zweck des Berichtes	6
1.2	Inhalt des Berichtes	6
2	Umschlaggeräte für Massenschüttgüter	7
2.1	Definition	7
2.2	Anwendungsgebiet	7
2.3	Funktionsprinzipien	7
3	Durchsatz	9
3.1	Schiffsentladung	10
3.2	Schiffsbeladung	12
3.3	Beispiel zur Ermittlung der effektiven Durchsätze	13
4	Schiffsentlader	15
4.1	Fördergutaufnahme	15
4.2	Senkrechtförderung	15
4.3	Fördergutübergabe	15
4.4	Bauformen und Fördereinrichtungen von Schiffsentladern	16
4.5	Ausführungsbeispiele für Schiffsentlader	21
5	Schiffsbelader	28
5.1	Fördereinrichtungen	28
5.2	Beladegarnitur	28
5.3	Übersicht und Bewertung von Beladegütern	29
5.4	Bauformen von Schiffsbeladeeinrichtungen	31
5.5	Auswahlkriterien	33
5.6	Ausführungsbeispiele für Schiffsbelader	35
6	Gerätebedienung und Automatisierung	40
6.1	Bedienung	40
6.2	Automatisierung	41
7	Investitionen, Betriebskosten	41
7.1	Allgemeines	41
7.2	Anhaltswerte für Schiffsentlader mit Becherwerken	43

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite	
8	Lärm- und Umweltschutz	48
9	Selbstentladeschiffe	50
10	Offshore-Umschlagterminals und Transshipmentterminals	52
11	Vorschriften und Regeln der Technik	53
11.1	DIN/EN-Normen	54
11.2	ISO-Normen	54
11.3	FEM-Berechnungsgrundlagen/Empfehlungen	55
11.4	VDI-Richtlinien	56
11.5	UVV/Vorschriften/Berufsgenossenschaftliche Regeln	56

BILDERVERZEICHNIS**Seite**

Bild 1:	Gutaufnahmeeinrichtungen für Vertikalfördersysteme zur Schiffsentladung	19
Bild 2:	Senkrechtfördersysteme für Schiffsentladung	20
Bild 3:	Schiffsentlader mit drehbarem Becherwerk und L-Fuß	21
Bild 4:	Schiffsentlader mit drehbarem Becherwerk mit Messer	22
Bild 5:	Schiffsentlader mit schwenkbarem Schaufelrad und Kastengurt	23
Bild 6:	Schiffsentlader mit Aufnahmetrommel und Kastengurt	24
Bild 7:	Schiffsentlader mit Trogketten-Förderer und Zuführungs-Kratzer	25
Bild 8:	Schiffsentlader mit Schneckenförderer	26
Bild 9:	Pneumatischer Entlader	27
Bild 10:	Beladegarnituren für Massenschüttgüter	29
Bild 11:	Schiffsbelader als stationärer Turm mit heb-, senk- und schwenkbarem Ausleger mit Vorschubkopf	35
Bild 12:	Schiffsbelader mit längsfahrbarem Portal und heb- und senkbarem Ausleger mit Vorschubkopf	36
Bild 13:	Schiffsbelader mit längsfahrbarem Portal und heb-, senk- und schwenkbarem Ausleger	37
Bild 14:	Schiffsbelader (in doppelter Anordnung) mit schwenkbarer Brücke, auf einer kreisförmig verlegten Schiene fahrbar abgestützt, mit ausfahr-barem Oberwagen, heb- und senkbarem oder starrem Ausleger	38
Bild 15:	Schiffsbelader mit schwenkbarer Brücke, auf gerade verlegter Schiene fahrbar abgestützt und gegenüber der Drehachse verschieblich gelagert, mit ausfahrbarem Oberwagen, heb- und senkbarem oder starrem Ausleger	39

TABELLENVERZEICHNIS**Seite**

Tab. 1: Bauformen von Schiffsentladern, Übersicht und Bewertung

17/18

Tab. 2: Übersicht von Erfahrungswerten über Jahresdurchsatz, Geräteinvestitionskosten und Energieverbrauch, abhängig von Nenndurchsatz und Schiffsgröße

43

1 Einleitung

1.1 Zweck des Berichtes

Mit diesem Bericht sollen Betreibern und Herstellern Informationen für die Auswahl geeigneter Geräte für die kontinuierliche Be- und Entladung von Massenschüttgütern in See- und Binnenhäfen gegeben werden.

1.2 Inhalt des Berichtes

Die unterschiedlichen Massenschüttgüter und die betrieblichen Anforderungen zur Aufnahme oder Abgabe im Schiff sowie für den vertikalen und/oder horizontalen Transport haben zur Entwicklung von sehr unterschiedlichen Geräten geführt.

Die meistgebräuchlichen Geräte und deren Betriebsweisen werden in diesem Bericht vorgestellt. Dargestellt werden auch Zusammenhänge zwischen der Bauart der Geräte und der Art und Menge der umzuschlagenden Güter, der Art des Umschlages und der Betriebsweise. Dabei werden auch Erfahrungswerte für solche Faktoren genannt, die auf die Umschlagleistung – den Durchsatz – erheblichen Einfluss haben können.

Offshore-Umschlagterminals sowie Transshipmentterminals und Selbstentladeschiffe werden nur kurz beschrieben.

Der Umschlag von massenhaftem Stückgut (Säcke, Kartons usw.) mit Stetigförderern wird hier nur soweit behandelt wie die Geräte wahlweise für Schüttgut und Stückgut verwandt werden können.

2 Umschlaggeräte für Massenschüttgüter

2.1 Definition

Kontinuierliche Schiffs-Be- und -Entlader für Massenschüttgüter sind stationäre oder fahrbare (meist schienengebundene) Einrichtungen zur Be- und/oder Entladung von See- oder Binnenschiffen.

Beim Umschlag von Massenschüttgütern hat sich für die Schiffs-Beladung das Prinzip der Stetigförderung in verschiedenen Bauformvarianten seit Jahrzehnten weltweit durchgesetzt, dagegen sind für die Entladung von See- und Binnenschiffen sowohl kontinuierliche als auch diskontinuierliche Systeme (Greifer) im Einsatz.

2.2 Anwendungsgebiet

Die unterschiedlichen Anforderungen an den Umschlag sowie die Eigenschaften der verschiedenen Schüttgüter (Rohstoffe, industrielle Zwischen- und Endprodukte, Agrarerzeugnisse) wie:

- Erze, Kohle
- Rohphosphat, Kalkstein, Kies
- Zement, Klinker, Koks
- Alumina, Apatit, Pottasche, Schwefel
- Düngemittel, Chemikalien
- Zucker, Getreide, Futtermittel

haben zur Entwicklung der heute erhältlichen Umschlaggeräte geführt.

2.3 Funktionsprinzipien

Für die kontinuierliche Be- und Entladung von Schiffen mit Massenschüttgütern werden mechanische Stetigförderer und pneumatische oder hydraulische Strömungsförderer eingesetzt.

Die Auswahl des Gerätetypes hängt von den Schüttguteigenschaften wie Korngröße, Abrasivität, Feuchtigkeitsgehalt sowie von deren möglichen Veränderungen beim Transport ab (siehe auch FEM 2.123/ 2.124/ 2.125/ 2.126/ 2.128/ 2.181/ 2.421/ 2.581 und 2.582).

Allgemein kann gesagt werden, dass die mechanischen Umschlaggeräte für die größten Durchsätze geeignet sind und für nahezu alle Massenschüttgüter zum Einsatz kommen können.

Belader für Binnenschiffe werden für Durchsätze bis zu 5.000 t/h und Belader für Seeschiffe für Durchsätze bis zu 15.000 t/h ausgeführt.

Erreichbare Durchsätze bei Entladern liegen bei 3.000 t/h, Steigerungen bis auf 4.000 t/h werden angestrebt.

Der pneumatische Entlader ist besonders für feinkörnige und gut fließende Massenschüttgüter geeignet.

Der wirtschaftlich erreichbare Durchsatz liegt z. Z. bei 600 t/h, verbunden mit sehr hohem Luft- und entsprechend großem Energiebedarf.

Wenn aus wirtschaftlichen Gründen die Weiterförderung – im Allgemeinen in geschlossene Hallen oder Silos – mit Hilfe mechanischer Stetigförderer erfolgt, werden diese aus Umweltschutz- und Sicherheitsgründen abgedeckt.

Hydraulische Systeme zur Schiffsbe- und Entladung haben einen sehr hohen Wasserbedarf und erfordern meist eine Brauchwasser-Aufbereitung.

Im Bereich Steine/Erden sowie beim Gipsumschlag werden diese Systeme mit Feststoffdurchsätzen von 500 bis 1.000 t/h angewandt.

Für Kohle und Erze sollte der Feststoffdurchsatz aus wirtschaftlichen Gründen über 3.000 t/h liegen. Anlagen dafür werden bisher nur außerhalb Europas betrieben.

3 Durchsatz

Für die Ermittlung der erreichbaren stündlichen und jährlichen Umschlagmengen von Be- bzw. Entladegeräten ist das gesamte Geschehen auf dem Terminal zu betrachten. Dazu gehören maßgeblich die Zahl der zu erwartenden Schiffe pro Tag/Monat/Jahr, die Schiffstypen und die Schiffs- und Lukengrößen.

Besonderes Augenmerk ist dabei auch auf den maximal möglichen Durchsatz der zu- und abfördernden Anlagen zu legen, insbesondere, wenn mehrere Geräte mit unterschiedlichen Nenndurchsätzen zusammenarbeiten.

Der Nenndurchsatz I_{nenn} von Schiffsentladegeräten ist in der Empfehlung E 5 des AHU der HTG, Abschnitt 2.2 definiert. Diese Definition kann sinngemäß auch für Schiffsbeladegeräte angewandt werden.

Zur Abschätzung eines erreichbaren mittleren Durchsatzes müssen Minderungsfaktoren angesetzt werden.

Der mittlere Durchsatz für die Beladung bzw. Entladung eines Schiffes soll hier als effektiver Durchsatz I_{eff} bezeichnet werden, der sich aus dem Nenndurchsatz unter Berücksichtigung eines Minderungsfaktors C ergibt:

$$I_{\text{eff}} = C \times I_{\text{nenn}} \quad [\text{t/h}]$$

Die durchschnittliche Zeit T zum Beladen bzw. Entladen einer Schiffsladung L mit einem einzigen Gerät ergibt sich also zu:

$$T = \frac{L}{I_{\text{eff}}} = \frac{L}{C \times I_{\text{nenn}}} \quad [\text{h}]$$

Wenn zwei oder mehrere Geräte gleichzeitig an verschiedenen Luken eines Schiffes arbeiten, können deren effektive Durchsätze addiert werden, vorausgesetzt die Geräte behindern sich nicht gegenseitig.

Falls gegenseitige Behinderung auftritt, sollte mit einer Minderung bis zu 10 % gerechnet werden:

$$T = \frac{L}{(0,9 \dots 1,0) \sum I_{\text{eff}}} \quad [\text{h}]$$

Werden vorhandene Umschlagsanlagen durch einen kontinuierliche Schiffsentlader erweitert, sind Bandanlagen und Übergaben zu überprüfen, da der Entlader über längere Zeiträume mehr als seinen Nenndurchsatz fördern kann.

3.1 Schiffsentladung

Der Durchsatz eines Entladers wird durch die Leistungsgrenze des Aufnahmeorgans bzw. des Senkrechtförderers bestimmt.

Die Schiffsentladung besteht aus einer Hauptentladephase (1), während der das Entladegerät „aus dem Vollen“ arbeitet, und einer Restentladephase (2), während der die im Schiffsraum noch befindliche Restladung zusammengeschoben und dem Entladegerät zugeführt werden muss.

Es ist zu empfehlen, die Minderungsfaktoren C_1 und C_2 für diese beiden Phasen getrennt zu ermitteln bzw. abzuschätzen, da sie sehr unterschiedlich sein können. Der Minderungsfaktor C für den Gesamtvorgang ergibt sich dann zu:

$$C = \frac{1}{\frac{\alpha_1}{C_1} + \frac{\alpha_2}{C_2}}$$

wobei α_1 und α_2 die Gutanteile sind, die während der jeweiligen Phase entladen werden ($\alpha_1 + \alpha_2 = 1$).

In der Hauptentladephase wirken u. a. folgende durchsatzmindernde Einflüsse:

Einflussfaktor:

- Förderguteinfluss durch Korngrößen, Feuchtigkeit,	1,0	-	0,9
Schüttdichteschwankungen, Böschungswinkel			
- häufiger Stauraumwechsel	1,0	-	0,8
- geringes Stauraumvolumen	0,9	-	0,8
- Sichtbehinderungen, Nacharbeit	1,0	-	0,9
- Fremdkörperbeseitigung	1,0	-	0,95

Die Multiplikation dieser Einflussfaktoren ergibt den Minderungsfaktor C_1 .

In der Restentladephase ergeben sich zusätzliche Durchsatzverluste durch:

Einflussfaktor:

- das Einsetzen von Hilfsgeräten	0,8	-	0,5
- die Arbeitsweise der Hilfsgerätefahrer	1,0	-	0,95
- die verringerte Gutaufnahme	1,0	-	0,9
- die Anforderungen an den Reinheitsgrad der Luken	1,0	-	0,8

Die Multiplikation dieser Einflussfaktoren ergibt den Minderungsfaktor C_2 .

Zu berücksichtigen sind u. U. auch Durchsatzminderungen durch:

- technische Störungen des Schiffsentladers und der nachgeschalteten Fördereinrichtungen
- Schiffsbewegungen aus Wellengang, Tidenhub sowie Verholmanöver u. ä.

Der Gutanteil für die Restentladephase ist abhängig von der Schiffsgröße und dem Schiffstyp. Als Anhaltswerte für den Gutanteil α_2 der Restentladephase können bei mechanischer Schiffsentladung in Abhängigkeit von der Schiffsgröße die folgenden Restmengen angenommen werden:

Schiffsgröße	Restmenge
≤ 20 000 DWT	20 - 15 %
20 000 DWT ... 60 000 DWT	15 - 12 %
60 000 DWT ... 150 000 DWT	12 - 10 %
150 000 DWT ... 250 000 DWT	10 - 8 %
Binnenschiffe	10 %

Wenn die Restentleerung durch einen Greiferkran erfolgt, ist der Durchsatz des Schiffsentladers im Wesentlichen nur durch den Lukenwechsel Leistungsmindernd beeinflusst. Im Allgemeinen wird der Greiferkran dann, wenn notwendig, die Räumgeräte einsetzen.

Der effektive Durchsatz einer solchen Gerätekombination kann dabei mit

$$I_{\text{eff}} = 0,85 I_{\text{nenn}} (\text{Schiffsentlader}) + 0,5 I_{\text{nenn}} (\text{Greiferkran})$$

abgeschätzt werden.

Die Schiffsentladezeit T ergibt sich dann bei annähernd gleicher Entladekapazität I_{nenn} der beiden Geräte

$$T = \frac{L}{(1,3 \dots 1,4) \times I_{\text{nenn}}} \quad [\text{h}].$$

Für die Seeschiffsentladung eignen sich Greiferkrane mit einem Durchsatz $< 350 \text{ t/h}$ nicht für eine solche Gerätekombination.

Bei der Ermittlung der möglichen jährlichen Umschlagsmenge einer Anlage geht man vom effektiven Gesamtdurchsatz $\sum I_{\text{eff}}$ aller am Schiffsliedplatz eingesetzten Entlader aus.

Die erreichbaren Jahresstunden, die ein Schiffsentlader im 24-stündigem Entladebetrieb maximal erbringen kann, liegen erfahrungsgemäß bei 5.800 h/Jahr .

Die Liegeplatzbelegungen können einer großen Streubreite unterliegen. Im Allgemeinen kann man in Seehäfen zwischen $40 - 60 \%$, in Binnenhäfen ca. 25% und in Werkhäfen 25% bis 90% ansetzen.

Für die Planung müssen die Jahresarbeitsstunden sowie die Liegeplatzbelegung zwischen Planer und Betreiber abgestimmt werden.

3.2 Schiffsbeladung

Schiffsbelader können bei konstanter Zuförderung mit 100% ihrer Nenndurchsätze dauernd gefahren werden.

Wesentlichen Einfluss auf den effektiven Nenndurchsatz haben Schiffsgröße und Lukenwechselzeiten.

Terminalbedingte Leistungsminderungen liegen meist im Bereich von 5% des Nenndurchsatzes.

3.3 Beispiel zur Ermittlung der effektiven Durchsätze

Entlader mit Becherwerk	$I_{\text{nenn}} = 1.000 \text{ t/h}$
Förderung	Kohle
Schiffsgröße	$60.000 \text{ DWT} - 150.000 \text{ DWT}$

Die leistungsmindernden Faktoren werden zu $C_1 = 0,692$ und $C_2 = 0,475$ geschätzt.

Mit einer angenommenen Restmenge von 12 % des Ladevolumens für die Restentleerung erhält man die Gutanteile der beiden Entladephasen $\alpha_1 = 0,88$ und $\alpha_2 = 0,12$ und damit den Minderungsfaktor C zu

$$C = \frac{1}{\frac{0,88}{0,692} + \frac{0,12}{0,475}} = 0,66$$

Daraus ergibt sich ein effektiver Gutdurchsatz

$$\begin{aligned} I_{\text{eff}} &= C \times I_{\text{nenn}} \\ I_{\text{eff}} &= 0,66 \times 1.000 \text{ t/h} = 660 \text{ t/h.} \end{aligned}$$

Dieses Gerät würde bei einer Liegeplatzbelegung von 60 % der Kalendertage und einer täglichen 16-stündigen Betriebszeit eine effektive Jahresumschlagsmenge von

$$I = 0,6 \times 365 \times 16 \times 660 \text{ t} = 2\,312\,640 \text{ t} \quad \text{erreichen.}$$

In dem folgenden Diagramm 1 sind den Schiffsgrößen zugeordnete Becherwerksentlader und ihre Durchsätze sowie die damit erreichbaren Jahresumschlagsmengen beispielhaft angegeben.

ERFAHRUNGWERTE FÜR BECHERWERKSENTLADER

Jahresumschlagsmenge in Abhängigkeit von der Schiffsgröße bei verschiedenen Nenndurchsätzen der Entlader

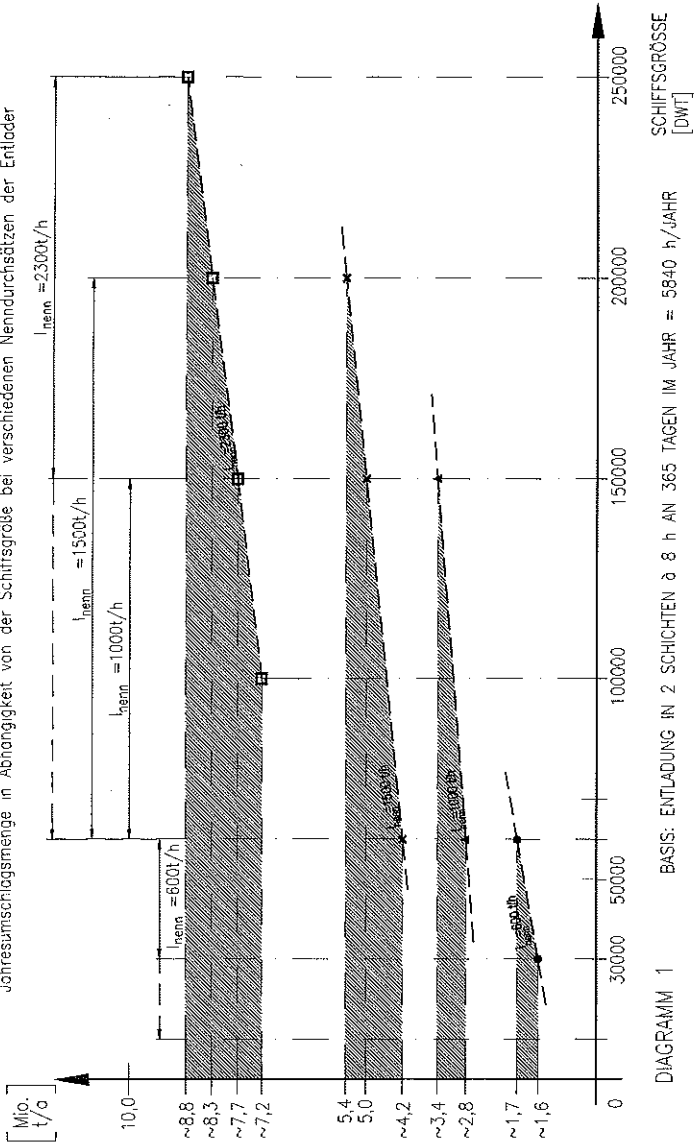


DIAGRAMM 1 BASIS: ENTLADUNG IN 2 SCHICHTEN à 8 h AN 365 TAGEN IM JAHR = 5840 h/JAHR
SCHIFFSGRÖSSE [DWT]

4 Schiffsentlader

Die Einrichtungen zur Gutaufnahme im Schiff und zur Senkrechtförderung aus dem Schiff heraus sind vielgestaltig. Bei ihrer Auslegung bzw. Auswahl müssen die spezifischen Eigenschaften des jeweiligen Massenschüttgutes berücksichtigt werden.

4.1 Fördergutaufnahme

Für die Gutaufnahme kommen unter anderem zur Anwendung:

- Schaufelrad
- Schöpfbecherwerk
- starrgeführte oder seilgeführte Eimerkette
- Trommelaufnehmer
- Schnecke mit Grabkopf
- Kratzerkette
- Taschengurt (nur bei leichtfließenden Fördergütern und geringem Durchsatz)
- Saugkopf für pneumatische Förderung

4.2 Senkrechtförderung

Die üblichen Senkrechtförderer sind:

- Eimerkette
- Becherwerk
- Spezialgurte wie Schlauchgurt, Kasten- oder Wellkantengurt mit und ohne Deckband
- Taschengurt
- Schneckenförderer
- Trogkettenförderer
- Stahlrohr für pneumatische Förderung

4.3 Fördergutübergabe

Die Anzahl der Gutübergaben ist so gering wie möglich zu halten, da die Gutübergabe-Stellen fast immer Problemzonen hinsichtlich Gutlenkung, Entleerung, Staubentwicklung und Verschleiß sind.

Es ist deshalb darauf zu achten, dass die Gutübergabe-Stellen fördergerecht und verschleißarm gestaltet werden.

Bei drehbarem Aufnahmerüssel haben sich für die Übergabe aus der Senkrechtförderung auf den Förderer im Ausleger Drehteller oder Spiralschurren als durchsatzstarke Lösungen bewährt.

4.4 Bauformen und Fördereinrichtungen von Schiffsentladern

Die anschließende Tabelle 1 bietet eine allgemeine Übersicht über die Bauformen von Schiffsentladern, ihre Fördereinrichtungen und die Zuordnung der Massenschüttgüter.

In Bild 1 und Bild 2 sind dazu typische Einrichtungen zur Gutaufnahme und Senkrechtförderung dargestellt.

Tabelle 1: Bauformen von Schiffsentladern, Übersicht und Bewertung

	Mechanische Entlader				Pneumatische Entlader
	Becherwerke	Entlader mit verschiedenen Aufnahmeköpfen ⁽¹⁾ Kastengurt für Senkrechtförderer	Trogkettenförderer	Schneckenförderer ⁽²⁾ ≤ 30 mm	
zu fördernde Materialien	Alumina Bauxit Chemikalien Erze (feinkörnig) Futtermittel Kies Kohle Ölsaaten Rohrzucker	Alumina Bauxit Chemikalien Erze (feinkörnig) Futtermittel Kies Kohle Ölsaaten Rohrzucker	1. besonders geeignet: • alle Getreidesorten • Ölsaamen, freifließend 2. teilweise geeignet: • Futtermittel • Denivate • Düngemittel (Phosphate)	Alumina Chemikalien Düngemittel Futtermittel Kohle Mineralien Zement	1. besonders geeignet: • alle Getreidesorten • Ölsaamen, freifließend 2. teilweise geeignet: • Alumina • Chemikalien • Düngemittel • Gips • Zement
Durchsatzbereich (t/h)	600 – 2 500 (angestrebt: 4 000)	600 – 2 500 (angestrebt: 4 000)	für 1.: 100 – 1 100 für 2.: 100 – 1 000	100 – 1 500	für 1.: 100 – 600 für 2.: 100 – 500
Orientierungswerte für Energieverbrauch (kWh/t)	0,6 – 0,3 ⁽³⁾	0,65 – 0,33 ⁽³⁾	für 1.: 0,46 – 0,27 ⁽³⁾ für 2.: 0,75 – 0,56	1,2 – 0,8 ⁽³⁾	für 1.: 1,5 – 1,3 ⁽³⁾ für 2.: 2,5 – 2,0

⁽¹⁾ z. B. Schaufelrad, Schnecke, Schöpfböcherwerk, Trommelaufnehmer

⁽²⁾ eine Begrenzung auf Korngrößen unter 30 mm ist angebracht

⁽³⁾ Die Verbrauchswerte der mechanischen Entlader sind gemittelt aus den Baugrößen der Entlader, die den zu entladenden Schiffsgrößen angepasst sind, und den Nenndurchsätzen, die zur Ausführung gekommen sind.

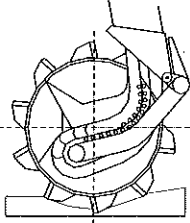
⁽⁴⁾ Verbrauchswerte beziehen sich auf 25 m Vertikal- und 25 m Horizontalförderung

Mechanische Entlader				Pneumatische Entlader
Becherwerke	Entlader mit verschiedenen Aufnahmeköpfen ⁽¹⁾ , Kastengurt für Senkrechtförderer	Trogkettenförderer	Schneckenförderer ⁽²⁾ ≤ 30 mm	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Großflächige Fördergutaufnahme • hohe Effektivität auch bei Untersau durch drehbares Becherwerk mit L-Fuß • wenig Fördergutübergaben und kein Antrieb im Gutaufnahmebereich • vergleichsweise geringe Restentlademenge • niedriger spezifischer Energieverbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • staubarme Entladung • geringer Verschleiß wegen niedriger Fördergeschwindigkeit • niedrige Investition bei hohem Durchsatz • niedrige Unterhaltskosten • wenig Übergaben 	<ul style="list-style-type: none"> • staubarme Entladung durch systemintegrierte Übergabe (Schnecke/Schnecke) • geringe Eigenmasse der Geräte • geringes Bauvolumen des Aufnahmerrüssels 	<ul style="list-style-type: none"> • staubarme Entladung • geringe Verluste • gute Restentladung, da Förderleitungen teleskopierbar • Investitionskosten niedrig • wenige Übergaben
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Auslegung des Senkrechtförderers für Grabkräfte und Zusatzkräfte aus Schiffschrauhung und Überschüttung erforderlich • Eingeschränkter Einsatz bei verschiedenen Fördergütern mit sehr unterschiedlicher Charakteristik (Abwurfkinematik) • eingeschränkte Eignung bei sehr staubigen Gut (Umweltbelastung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fördergutübergabe zum Senkrechtförderer erforderlich • erhöhter Streumassenanteil • begrenzte Übergangsradien bei Gurtführung • schlechte Restentladung mit Schaufelrad, Schleuderrad, Schnecke 	<ul style="list-style-type: none"> • Verschleiß • nahezu punktförmige Fördergutaufnahme • Restentladung mit Hilfstechnik • hoher Energieverbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • sehr hoher Energieverbrauch • großer Verschleiß, da hohe Fördergeschwindigkeit • aufwendige Lärmdämpfung • hohe Betriebs- und Unterhaltskosten

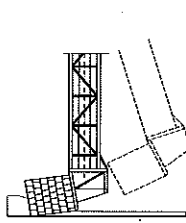
⁽¹⁾ z. B. Schaufelrad, Schnecke, Schöpfböcherwerk, Trommelaufnehmer

⁽²⁾ eine Begrenzung auf Korngrößen unter 30 mm ist angebracht

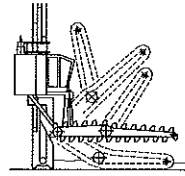
Bild 1: Gutaufnahmeeinrichtungen für Vertikalfördersysteme zur Schiffsentladung



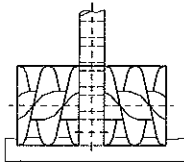
SCHAUFELRAD



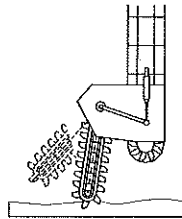
AUFNAHMETROMMEL



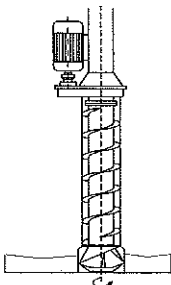
KRATZER



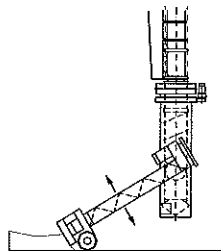
HORIZONTALSCHNECKE



BECHERWERK

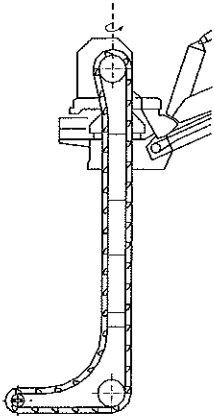


KURZE VERTIKALSCHNECKE

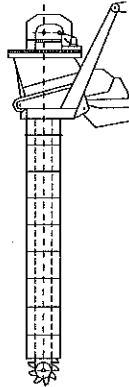


MIT SCHRÄGSCHNECKE ALS ZUSATZGERÄT FÜR RESTENTLEERUNG IM UNTERSTAU

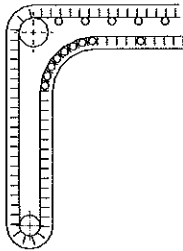
Bild 2: Senkrechtfördersysteme für Schiffsentladung



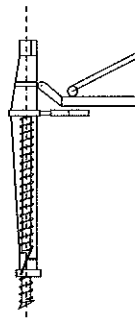
BECHERWERKE



TROGKETTENFÖRDERER
MIT ÜBERGABEBUNKER



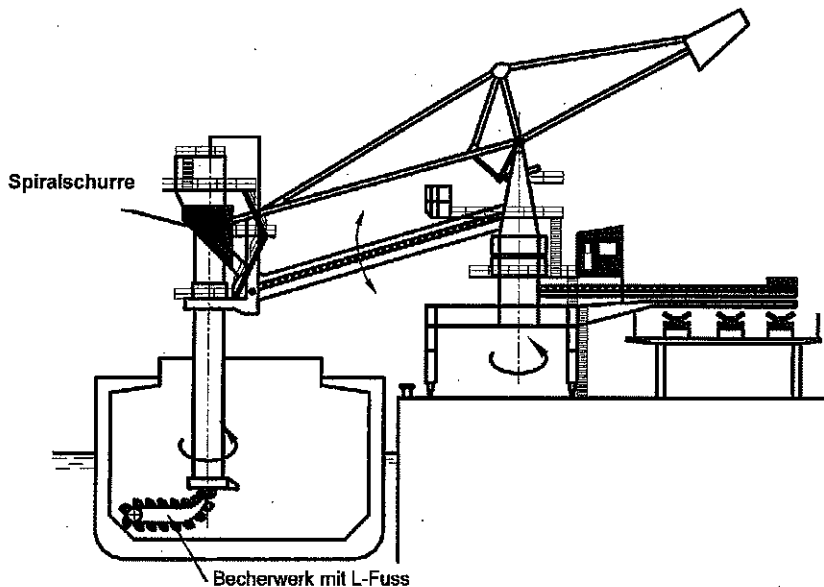
WELLKANTENGURTFÖRDERER



SCHNECKENFÖRDERER

4.5 Ausführungsbeispiele für Schiffsentlader

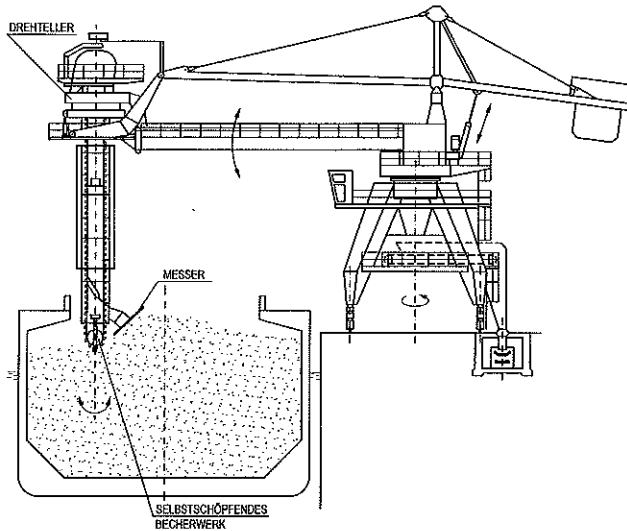
Bild 3: Schiffsentlader mit drehbarem Becherwerk und L-Fuss



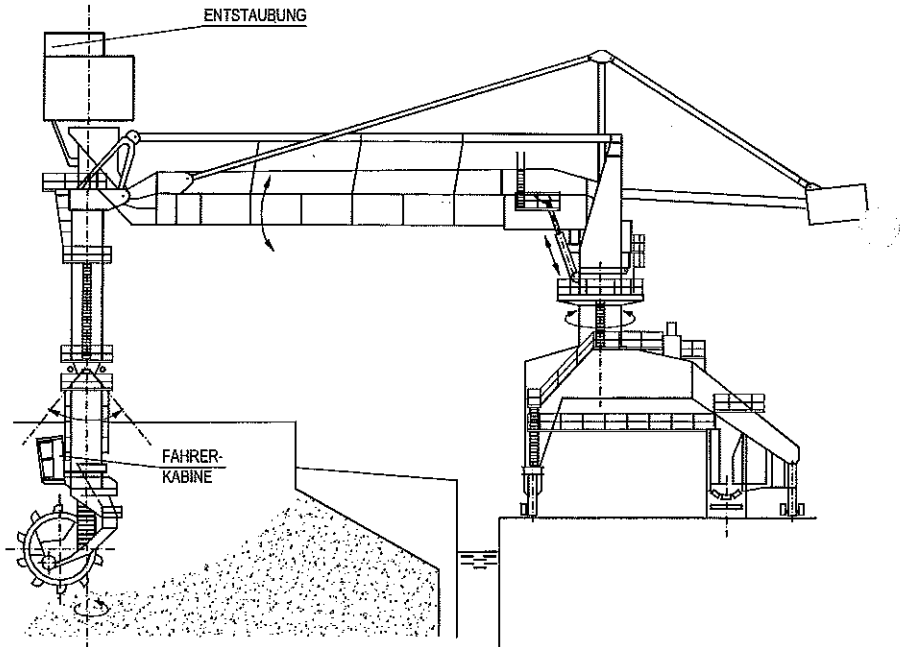
Das Fördergut wird im horizontalen Bereich des Becherwerks flächig aufgenommen und direkt (ohne Übergabe) zum Becherwerkskopf transportiert, in eine Spiralschurre abgeworfen und auf den Auslegergurtförderer übergeben.

An die Tragketten und an die Becher werden hohe Anforderungen bezüglich Verschleiß gestellt; eine Anpassung der Becher an die Eigenschaften des Schüttgutes verbessert deren Standzeit.

Für hohe Durchsätze werden starrgeführte Becherketten verwandt, seilgeführte Becherketten sind nur für Durchsätze bis zu 1.000 t/h im Einsatz.

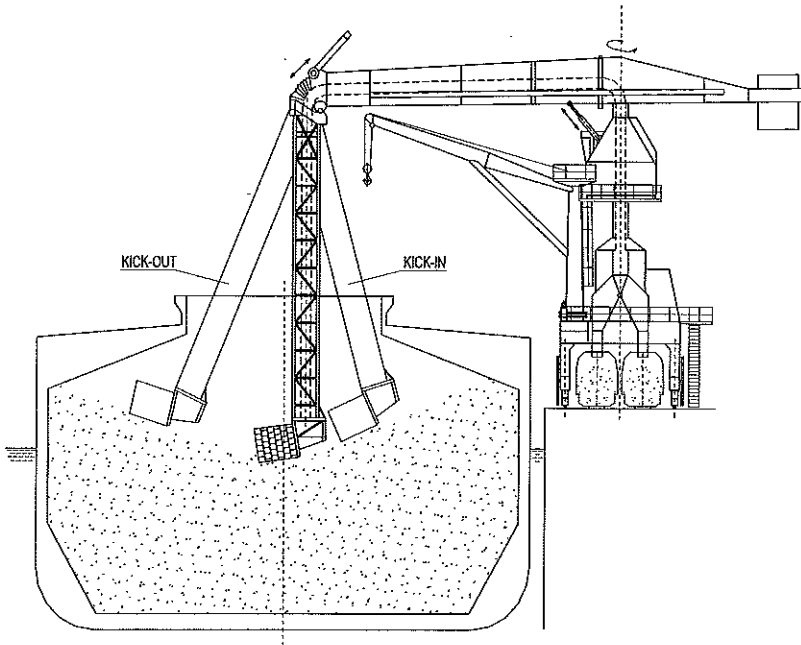
Bild 4: Schiffsentlader mit drehbarem Becherwerk mit Messer

Die Fördergutaufnahme am Umlenkrad wird durch ein einstellbares Messer als Zuführorgan unterstützt. Die Übergabe vom Becherwerkskopf zum Auslegerförderer erfolgt über einen Drehteller.

Bild 5: Schiffsentlader mit schwenkbarem Schaufelrad und Kastengurt

Mittels Schaufelrad wird das Fördergut aufgenommen und auf den mit Kick-in/ Kick-out-Vorrichtung ausgerüsteten Senkrecht-Kastengurt-förderer (ohne Deckband) übergeben. Zur Übergabe auf den Ausleger-Kastengurtförderer dient eine Schurre.

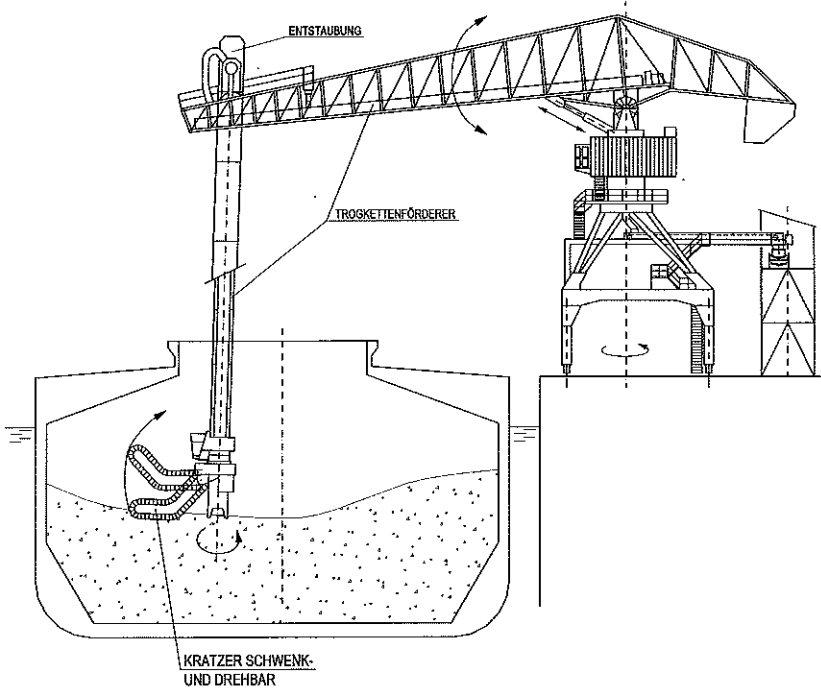
Bild 6: Schiffsentlader mit Aufnahmetrommel und Kastengurt



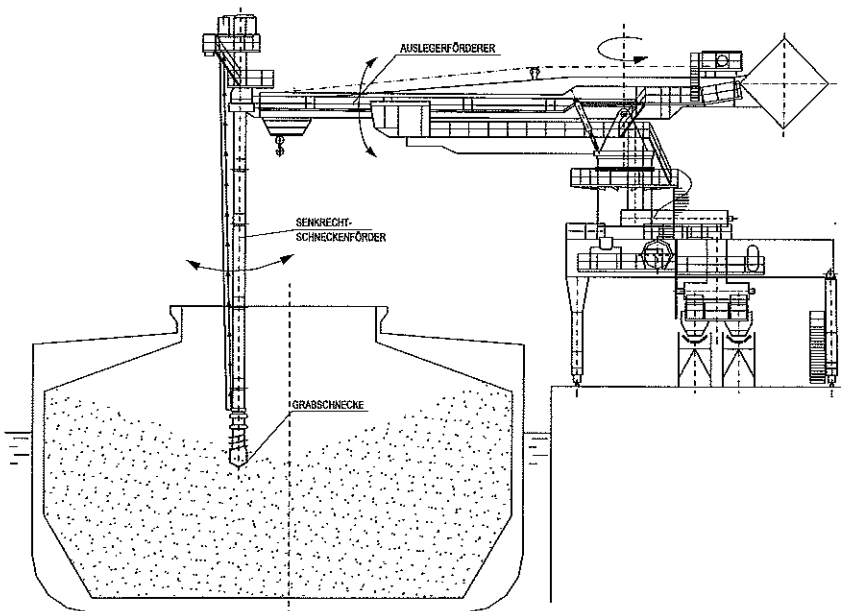
Das Fördergut wird von einer Aufnahmetrommel auf einen Kastengurt übergeben. Der Kastengurt ist im senkrechten Teil (mit Kick-in/ Kick-out-Vorrichtung) mit einem Deckband versehen.

Der Kastengurt, mit oder ohne Deckband, ist ein bewährtes Steil- bzw. Senkrechtfördermittel. Bei einem Durchsatz von weniger als 1.000 t/h können diese Gurtförderer bis zur Übergabe auf das Kailängsband durchgeführt werden.

Bei größerem Durchsatz und schwerem Schüttgut sind stärkere Führungsrollen mit geringem Abstand und weiten Radien zu den Übergaben erforderlich sowie entsprechend verstärkte Gurtbänder mit Stahlseileinlagen.

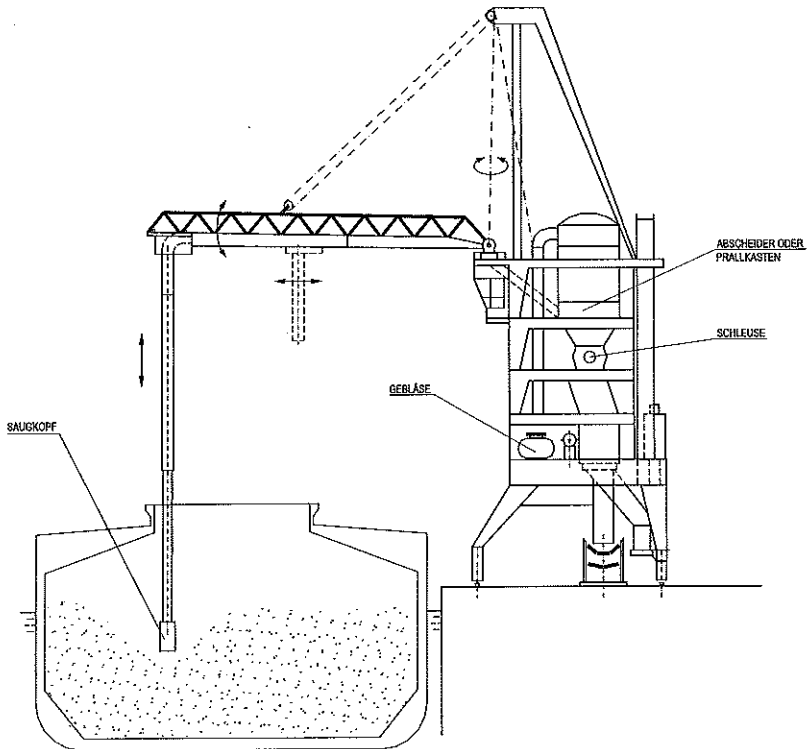
Bild 7: Schifflader mit Trogketten-Förderer und Zuführungs-Kratzer

Schwer fließendes Schüttgut wird dem Trogkettenförderer durch einen vertikal schwenk- und drehbaren Kratzerfuß zugeführt.

Bild 8: Schiffsentlader mit Schneckenförderer

Das Fördergut wird über eine spezielle gegenläufige Grabschnecke dem mit einer Kick-in/ Kick-out-Vorrichtung ausgerüsteten Senkrechtschneckenförderer zugeführt und von diesem zum Ausleger-Förderer - hier einem Schneckenförderer - transportiert.

Steilförderschnecken erreichen Durchsätze bis zu etwa 1.500 t/h. Sie sind für stark abrasives und anbackendes Material nicht geeignet.

Bild 9: Pneumatischer Entlader

Das Fördergut wird im Luftstrom von einem Saugkopf im Laderaum über eine durchgehende Leitung senkrecht und horizontal transportiert.

Das in dem angesaugten Luftstrom geförderte Schüttgut wird im Prallkasten abgeschieden, über eine Schleuse ausgetragen und auf weiterführende Förderorgane übergeben.

Pneumatische Schiffsentlader sind für feinkörniges und trockenes (freifließendes) Massenschüttgut geeignet.

Der Durchsatz liegt im Allgemeinen zwischen 50 t/h und 600 t/h, teilweise jedoch werden bis zu 1.000 t/h erreicht.

Für den zu erzeugenden Luftstrom ist ein hoher Energieaufwand erforderlich.

5 Schiffsbeleger

5.1 Fördereinrichtungen

Für die Förderung bis zur Auslegerspitze, also bis zur Übergabe auf die Beladegarnitur, werden meistens Gurtförderer eingesetzt, die für kleine bis große Durchsätze geeignet sind.

In Sonderfällen werden auch andere Stetigförderer eingesetzt.

Übliche Durchsatzbereiche sind:

- Muldengurtförderer	100 - 12.000 t/h und darüber
- Wellkantengurtförderer	100 - 3.000 t/h
- Schneckenförderer	100 - 1.500 t/h
- Trogkettenförderer	100 - 1.000 t/h
- Pneumatische Förderer Luftkissenförderer (air slide)	100 - 1.000 t/h

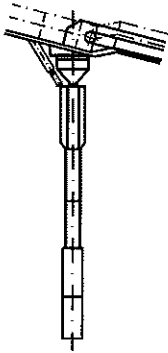
5.2 Beladegarnitur

Am Abwurf- bzw. Übergabekopf des Beladeauslegers können folgende Beladegarnituren eingesetzt werden:

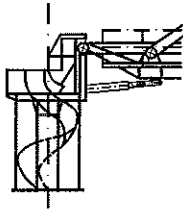
- Direktabwurf
- starres Fallrohr mit oder ohne Trimmergerät (Trimmschurre, Schleuderband oder Verteilerband)
- teleskopierbares Fallrohr mit oder ohne Trimmergerät (Trimmschurre, Schleuderband oder Verteilerband)
- Konustrichter/Kaskadenschurre (mit fester oder veränderlicher Länge)
- Wendelrutsche
- Wellkantengurtförderer
- Becherwerk (Gurt- oder Kettenbecherwerk)
- Schneckenförderer

5.3 Übersicht und Bewertung von Beladegarnituren

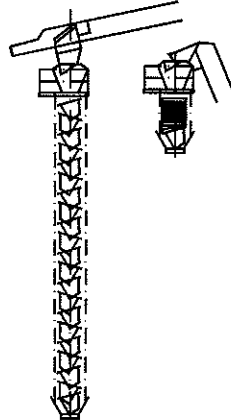
Bild 10: Beladegarnituren für Massenschüttgüter



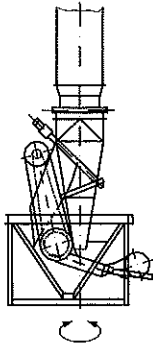
Teleskopfallrohr



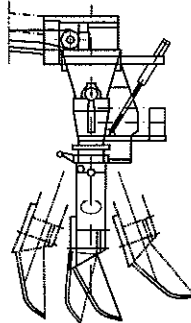
Wendelrutsche



Kaskadenschurre



Fallrohr mit Schleuderband



Fallrohr mit Trimmklappe

Typische Anwendungsfälle und wesentliche Vor- und Nachteile solcher Beladegarnituren sind:

5.3.1 Direktabwurf

Anwendung: Stückiges, abrasives Massenschüttgut, wenig Feinanteil
 Vorteil: Geringes Gewicht am Abwurfkopf, keine Verschleißteile
 Nachteil: Verwehung durch Wind bei Feinanteil, kein Trimmen der Ladung möglich

5.3.2 Starres Fallrohr

Anwendung: Feines und stückiges Massenschüttgut
 Vorteil: Einfache, leichte Bauweise, Trimmen möglich, Entstaubung (mittels Staubglocke) möglich
 Nachteil: Länge begrenzt, andernfalls zu hohe Auslegerbetriebsstellung und hinderlich beim Einfahren in die Luke und Lukenwechsel

5.3.3 Teleskopierbares Fallrohr

Anwendung: Feines, staubendes, auch abrasives Massenschüttgut
 Vorteil: Günstigere Kinematik des Gerätes, Fallhöhe reduzierbar, Entstaubung (über Außenbelag und Staubglocke) möglich
 Nachteil: Höheres Gewicht und höhere Kosten als Ausführung gemäß 5.3.2, vor allem, wenn ein Trimmergerät angeordnet wird (Reaktionskraft)

5.3.4 Konustrichter/Kaskadenschurre

Anwendung: Feines, staubendes, auch abrasives Massenschüttgut
 Vorteil: Günstiges Verhältnis von Max.-Länge/Min.-Länge
 Bei Kaskadenprinzip fördergutschonend, staubarm, Restentstaubung möglich
 Nachteil: Auslenkung unter Wind
 Trimmen nur sehr begrenzt möglich
 Bei Kaskadenanordnung hohe Betriebslast durch Gewicht- und Impulskräfte

5.3.5 Wendelrutsche

Anwendung: Stückiges, nicht allzu abrasives Massenschüttgut
 Vorteil: Einfach, wartungsfreundlich, relativ niedrige Fördergutgeschwindigkeit
 Nachteil: Schwer, voluminös
 Reibungsabhängiges Verhalten des Förderguts
 Trimmen kaum möglich (Fördergutgeschwindigkeit zu niedrig)

5.3.6 Wellkantengurt, Becherwerk, Schneckenförderer

- Anwendung: Bei gegen Kornzerstörung sehr empfindlichen oder staubenden Massenschüttgütern
- Vorteil: Fördergutschonend, staubarm
Trimmen über Verteileinrichtung (Gurtförderer mit niedriger Geschwindigkeit) möglich
- Nachteil: Schwer, hohe Kosten
Längenveränderliche Ausführung nicht bzw. nur mit hohem Aufwand möglich

5.4 Bauformen von Schiffsbeladeeinrichtungen

Bezüglich der grundlegenden Planungsaspekte gilt – im Prinzip – für Schiffsbeladeanlagen das Gleiche wie für Entladeanlagen (Lage des Hafens, Konzept des Terminals, Gegebenheiten der Pieranlage, geforderter Durchsatz), jedoch mit im Wesentlichen folgenden Besonderheiten:

Die Funktionsweisen von Beladegeräten sind weniger komplex als die von Entladeeinrichtungen. Horizontaler bzw. nahezu horizontaler Transport des Fördergutes bis zum Abwurfkopf und Nutzung bzw. Abbremsung des freien Falls beim Senkrechttransport bestimmen die Bauform der Geräte.

Die erzielbaren stündlichen Fördermengen sind abhängig vom Durchsatz der zufördernden Anlage – beispielsweise einer Waggonentladung und der anschließenden Förderbandstrecke.

Der Durchsatz einer zufördernden Beladeanlage und somit des Beladers selbst kann erheblich größer sein als der Durchsatz eines Entladers, der durch die Leistungsgrenze des Aufnahmeorgans bzw. des Senkrechtförderers bestimmt wird.

Die Vielzahl der auf Grund technisch-wirtschaftlicher Anforderungen unter Berücksichtigung sehr unterschiedlicher örtlicher Gegebenheiten entstandenen Varianten ist bemerkenswert; es können folgende grundsätzliche Bauformen unterschieden werden:

5.4.1 Stationäre Beladeeinrichtungen

- Stationärer Turm mit schwenkbarem Ausleger und Vorschubkopf
- Stationärer Turm mit schwenk-, heb- und senkbarem Ausleger mit/ohne Vorschubkopf (Bild 11)
- Stationäre Brücke mit fahrbarem Oberwagen

5.4.2 Fahrbare Beladeeinrichtungen

- Längsfahrbare(s) Brücke oder Portal mit heb- und senkbarem Ausleger mit/ohne Vorschubkopf (Bild 12)
- Längsfahrbare(s) Brücke oder Portal mit heb-, senk- und schwenkbarem Ausleger (mit/ohne Vorschubkopf) (Bild 13)

- Innerhalb eines Kreissektors um eine ortsfeste Achse schwenkbare Brücke, die sich auf einer kreisförmig gebogenen Schiene über Fahrwerke abstützt. Auf der Brücke ist ein Oberwagen (in radialer Richtung) verfahrbar, der mit einem starren oder heb- und senkbaren und/oder schwenkbaren Abwurfleger versehen ist (Bild 14).
- In einem Kreissektor schwenkbare Brücke, die sich auf einer gerade verlegten Schiene über Drehschemel abstützt und die gegenüber ihrer ortsfesten Drehachse verschieblich gelagert ist. Auf der Brücke ist ein Oberwagen (in radialer Richtung) verfahrbar, der mit einem starren oder heb- und senkbaren und/oder schwenkbaren Abwurfleger versehen ist (Bild 15).

5.4.3 Mobile Schiffsbelader auf LKW oder Anhänger oder auf Reifenfahrwerk (beschickt über Zwischenförderer oder mobile Bunker mit Abzugseinrichtung)

Diese ortsungebundenen Geräte bestehen im Wesentlichen aus dem entsprechenden Fahrgestell und der Fördereinrichtung, üblicherweise:

- Schwenkbare und/oder heb- und senkbare starre Ausleger oder auch Teleskopausleger

5.5 Auswahlkriterien

Als grundsätzliche Gesichtspunkte für die Auswahl können gelten:

5.5.1 Stationäre Belader

Die einfachste Bauart, der stationäre Belader mit nicht drehbarem Ausleger, kommt in der Regel nur für Anlagen mit niedrigen Beladedurchsätzen oder bei kleinen Schiffen in Betracht, da die Schiffe während der Beladung mehrmals verholt werden müssen.

Bei höheren Anforderungen an die Durchsatzfähigkeit eines Terminals sind stationäre Belader nur mit drehbarem Ausleger und Vorschubkopf wirtschaftlich.

5.5.2 Fahrbare Belader

Massenschüttgutbelader werden häufig in Portalausführung mit heb- und senkbarem Ausleger (mit/ohne Vorschubkopf) gebaut. Sie werden im unteren Durchsatzbereich (100 – 1.000 t/h) eingesetzt. Bei Ausführung mit zusätzlich drehbarem Ausleger kann die Gerätefahrbahn und damit die Kaianlage kürzer und unter Umständen kostengünstiger ausgeführt werden.

Eine Sonderform ist der kombinierte Belader, konzipiert für die wahlweise Verladung von Massenschüttgut und massenhaftem Stückgut (in der Regel Massenschüttgut in Säcken mit Stückgewichten von 25 – 100 kg).

Diese Geräte werden ebenfalls im unteren Durchsatzbereich eingesetzt (Schüttgut: 100 – 1.000 t/h, Säcke: 1.500 – 3.000 Stück/h) und meist wie die reinen Schüttgutbelader vorgenannter Bauart mit fahrbarem Portal, heb- und senkbarem Ausleger und drehbarem Oberteil ausgeführt. Die Drehbarkeit ist vorteilhaft für die Wartung der Beladegarnituren und den Wechsel von Baugruppen derselben sowie bei der Umrüstung von Schüttgut- auf Stückgutbeladung und umgekehrt.

Der Belader mit längsfahrbarer Brücke oder Portal mit heb- und senkbarem und teleskopierbarem Ausleger wird vorzugsweise für mittlere bis hohe Förderleistungen (1.000 – 12.000 t/h) eingesetzt. Er ist auf Grund der Bewegung des Abwurfkopfes in rechtwinkligen Koordinaten am einfachsten zu bedienen und zu automatisieren und ist vergleichsweise unproblematisch bezüglich der Kollision mit Schiffsaufbauten, benötigt aber gewisse Kaibreiten bzw. Freiprofile (Vorschubweg) oder extreme Überhebestellungen (Parkposition, Anseglungsprofil).

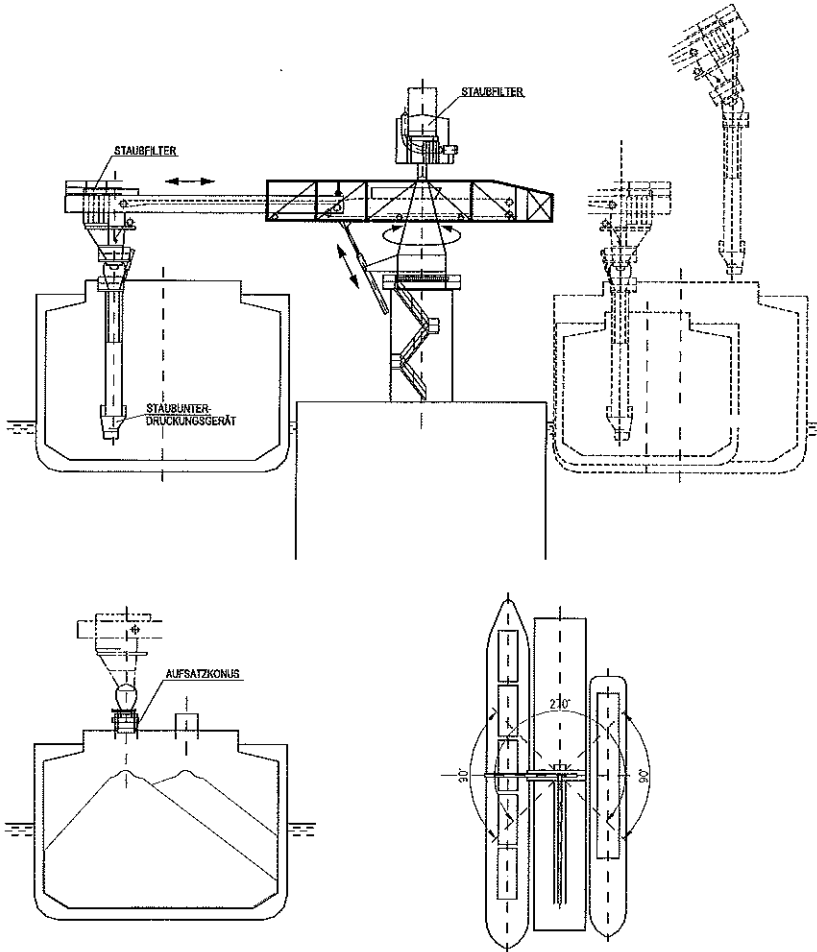
Auf kreisförmigen oder gerade verlegten Schienen verfahrbare, schwenkbare Beladebrücken sind wirtschaftlich bei mittleren bis hohen Förderleistungen, größeren Schiffen und zur Reduzierung von aufwendigen Piergründungen wie im Fall von Offshore-Terminals.

Die Gerätekosten sind in der Regel höher als die von längsfahrbaren Geräten (Portal oder Brücke), die Mehrkosten werden jedoch in vorgenannten Fällen durch die geringeren Baukosten der Pier bzw. die geringeren Aufwendungen für die Förderbänder am Offshore-Terminal kompensiert.

Für längsfahrbare Schiffsbelader sind die Bauarbeiten für die Kaianlage aufwendiger als für innerhalb von Kreissektoren fahrbare schwenkbare Beladebrücken. Der Grund liegt darin, dass die Pier für einen längsfahrbaren Schiffsbelader mindestens der Länge des zu beladenden Schiffes entsprechen muss, während eine schwenkbare Beladebrücke durch ihre Geometrie (Brücken- und Vorschubkopfweg) eine kürzere Fahrbahn (Pierlänge) benötigt.

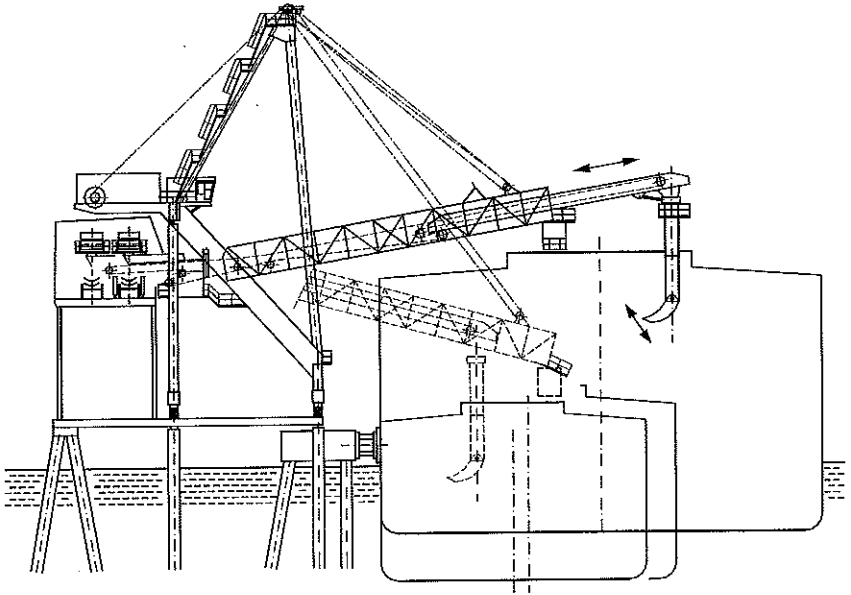
5.6 Ausführungsbeispiele für Schiffselader

Bild 11: Schiffselader als stationärer Turm mit heb-, senk- und schwenkbarem Ausleger mit Vorschubkopf



Vom zufördernden Band wird das Fördergut im Drehzentrum des Gerätes auf den Ausleger-Gurtt Förderer übergeben und über eine Teleskopschurre (wahlweise ausgerüstet mit Staubunterdrückungseinrichtung bei Schiffen mit offenen Luken oder mit Aufsetzkonus bei geschlossenen Schiffen) verladen.

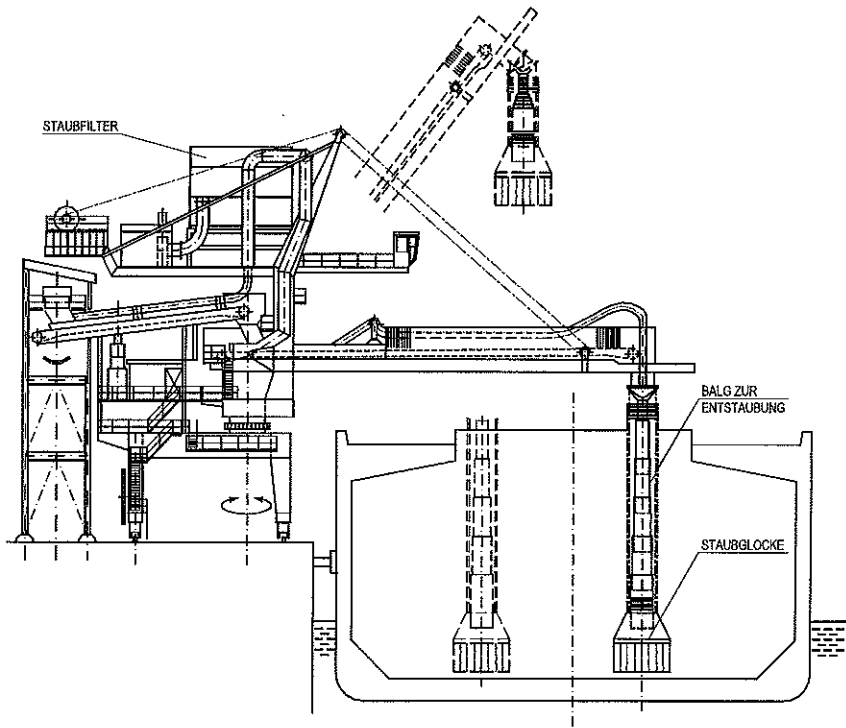
Bild 12: Schiffselader mit längsfahrbarem Portal und heb- und senkbarem Ausleger mit Vorschubkopf



Das Fördergut wird über einen Bandschleifenwagen vom Kaiband auf den mittels Vorschubkopf teleskopierbaren Muldengürttförderer im Ausleger übergeben.

Über eine Teleskopschurre mit ausschwenkbaren Trimmklappe wird das Fördergut im Laderaum verteilt.

Bild 13: Schiffsbelader mit längsfahrbarem Portal und heb-, senk- und schwenkbarem Ausleger



Das Fördergut wird vom Bandschleifenwagen des Kaiförderers auf einen Zwischen-Gurtförderer und von diesem auf den Ausleger-Gurtförderer übergeben.

Vom Abwurfkopf gelangt das Fördergut über eine Teleskopschurre (ausgerüstet mit einem Außenbalg zur Absaugung der Staubglocke am Schurrenauflauf) in den Laderaum.

Bild 14: Schiffsbelader (in doppelter Anordnung) mit schwenkbaren Brücke, auf einer kreisförmig verlegten Schiene fahrbar abgestützt, mit ausfahbarem Oberwagen, heb- und senkbarem oder starrem Ausleger

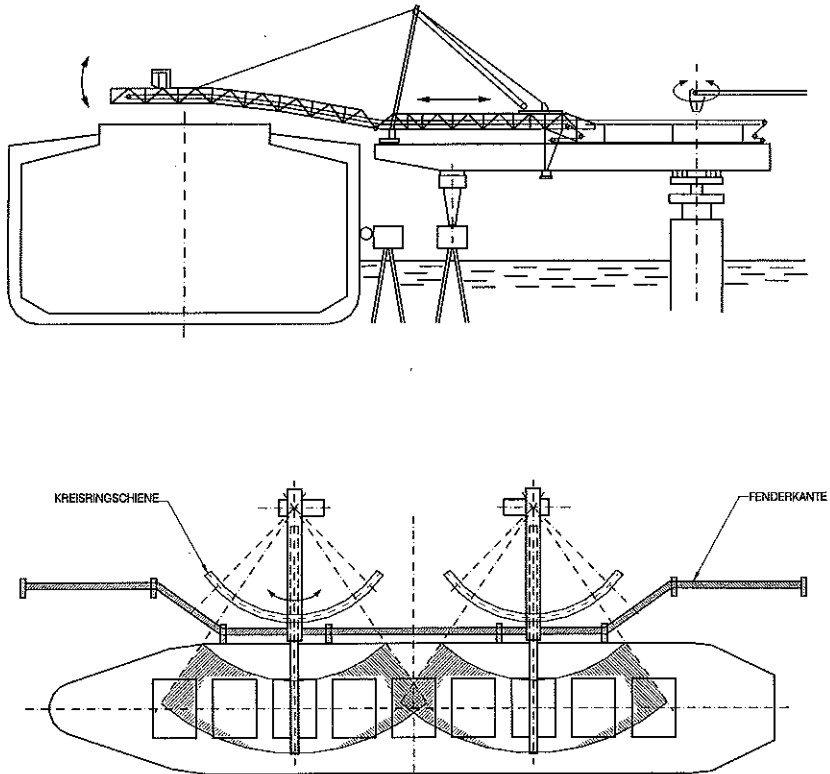
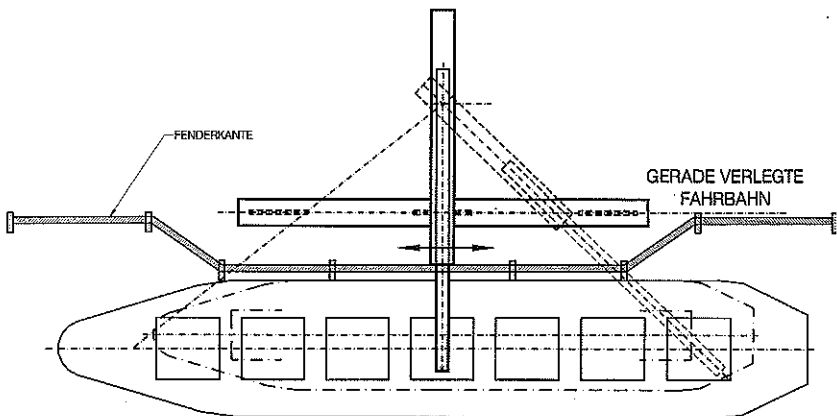
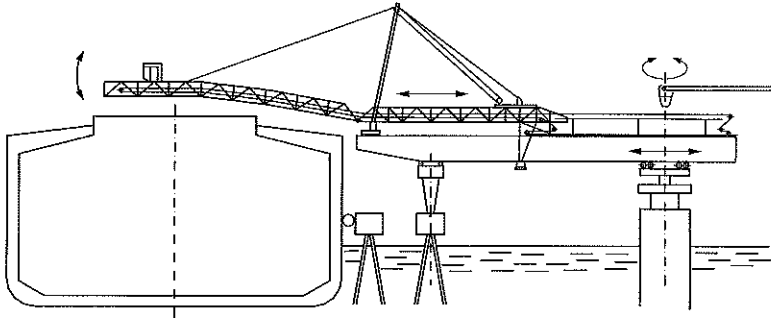


Bild 15: Schiffsbelader mit schwenkbarer Brücke, auf gerade verlegter Schiene fahrbar abgestützt und gegenüber der Drehachse verschieblich gelagert, mit ausfahrbarem Oberwagen, heb- und senkbarem oder starrem Ausleger



6 Gerätebedienung und Automatisierung

6.1 Bedienung

Die Anordnung des Steuerstandes für Be- und Entladung ist sorgfältig zu planen. Der Geräteführer sollte in der Nähe der Gutauf- bzw. -abgabe platziert werden, um das Gerät optimal steuern und bei eventuellen Störungen sofort eingreifen zu können. Vom Standort des Geräteführers aus sollte der bediente Teil der Luke einschließlich des Raumes unter dem Lukenüberstand eingesehen werden können.

Für fest am Gerät angeordnete Steuerstände oder Fahrerinnen sind folgende alternative Positionen üblich:

1. Bei Ausführung mit einer Kabine:
 - 1.1 Anordnung oberhalb der Bordkante, drehbar, mit eigener Höhenverstellung und an eigenem teleskopierbarem Ausleger
 - 1.2 Anordnung nahe an der Gutaufnahme/ -abgabe, dadurch Höhenverstellung mit der Verstellung des Geräteauslegers gekoppelt.
 - 1.3 Zusätzlich zu 1.1 oder 1.2 eine tragbare Bedienstation zur drahtlosen Fernsteuerung aller Bewegungen, die die Beobachtung der Arbeiten vom Lukenrand aus und eine exakte Ansteuerung der Lukenränder ermöglicht. Die Längsfahrt des Gerätes wird üblicherweise nur vom Fahrerhaus am Gerät gesteuert.
2. Bei Ausführung mit zwei Kabinen: eine oberhalb der Bordkante und eine nahe der Gutaufnahme/-abgabe mit jeweils gleichen Eigenschaften wie unter 1.

Befehls- und Signalgeräte sind unter ergonomischen Gesichtspunkten anzuordnen.

Bei kameraüberwachtem Betrieb muß der Geräteführer die Bildschirme im Blickfeld haben ohne seinen Standort wechseln zu müssen.

6.2 Automatisierung

Seit Einführung der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) sind die Möglichkeiten zur Teilautomatisierung erweitert. Dadurch lassen sich die effektiven Gutdurchsätze erhöhen, die Betriebssicherheit verbessern und Personalkosten einsparen.

Die SPS stellt logische Verknüpfungen zwischen den Befehlsgeräten und Sensoren her. Sie liefert die sich aus dieser Logik ergebenden Sollwerte an die betreffenden Antriebe. Voraussetzung ist, dass die Senso-

ren, die z. B. zur Erkennung der Laderaumkonfiguration, des Fördergutes, der relativen Position von Be- und Entladegarnitur zum Schiffsladeraum und dessen Begrenzung eingesetzt werden, den hohen Anforderungen an Robustheit und Zuverlässigkeit gerecht werden, um die Sicherheit des Personals, des Gerätes und des Schiffes zu gewährleisten.

Ein vollautomatischer Betrieb, bei dem keine Überwachung der Bewegungen des Gerätes durch eine Bedienungsperson mehr stattfindet, ist mit der z. Z. zur Verfügung stehenden Sensorik wirtschaftlich nicht realisierbar. Zunächst sollten nur Teil- Abläufe bei Seeschiffen mit großen Lukenöffnungen automatisiert werden.

Bei Binnenschiffen sind nur Schubschiffeinheiten für einen teilautomatisierten Betrieb geeignet.

7 Investitionen, Betriebskosten

7.1 Allgemeines

Die Investitionen, die für den Umschlag von Massenschüttgütern notwendig sind, werden durch die gewünschte Jahresumschlagsmenge (t/a) und die Art und Größe der Umschlagsgeräte bestimmt.

Für planerische Betrachtungen ist es wichtig, dass möglichst genaue Vorgaben gemacht werden.

Beispiele für Vorgaben:

- Jahresdurchsatz z.B. 10 Mio Tonnen Kohle pro Jahr
- Jahresarbeitstage z.B. 300 Tage
- Arbeitsstunden/Tag z.B. 2 Schichten zu je 8 Stunden
- Betriebsstunden
- Schiffsgrößen
 - in Seehäfen z.B. 10.000./- 150.000 DWT
 - in Binnenhäfen z.B. 800./- 2.000 DWT
- Wasserstände
- Wellenbewegung
- mögliche Liegeplatzbelegung
- Kaiausbildung z.B. zulässige Kaibelastungen (Geräte, Lagerplätze, LKW-Verkehr etc.)
- Schiffsquerschnitte z.B. kleinste/größte Lukenabmessung
- Anschlüsse der Umschlagsanlage

Anhand solcher Vorgaben können die Gerätedaten bezüglich Durchsatz, Abmessungen (Bauhöhe und Ausladung) gewählt werden, um daraus die Investitionskosten zu ermitteln.

Die Anzahl und Qualität der verschiedenen durchzusetzenden Massenschüttgüter und das jeweilige zu lagernde Volumen bestimmen auch die Größe der Lagerplätze, die Anordnung von Transportbändern sowie die Geräte für die Lagerplatzbeschickung, Rückverladung und Weitergabe an andere Transportwege wie Schiene und Straße.

Die Kosten für Wartung und Instandhaltung können für kontinuierlich und diskontinuierlich arbeitende Geräte gleich groß angesetzt werden.

Der kontinuierlich arbeitende Entlader ist im Kostenanteil für das Bedienungspersonal günstiger.

Personalschulung, Überwachung der Lauf- und Lebensdauerzeiten, die Lagerhaltung von Serien- und Verschleißteilen sowie hohe Servicebereitschaft bei Hersteller und Betreiber erhöhen die Verfügbarkeit.

7.2 Anhaltswerte für Schiffsentlader mit Becherwerken

Die in den folgenden Tabellen und Diagrammen zusammengestellten Angaben sind aus Erfahrungen bei der Schiffsentladung mit Becherwerken gewonnen worden. Für andere mechanische Entladegeräte können gleiche oder ähnliche Abhängigkeiten wie in den Diagrammen dargestellt vermutet werden (weitere Hinweise dazu in der Tabelle 1 auf den Seiten 17 + 18).

Die Betriebskosten werden nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten mit der tatsächlichen Umschlagsmenge ermittelt. Für Planungen können die jährlichen Betriebskosten für Seehäfen mit 10 % - 15 % und für Binnenhäfen mit mindestens 15 % der Geräte-Investitionskosten angesetzt werden.

Tabelle 2: Übersicht von Erfahrungswerten über Jahresdurchsatz, Geräteinvestitionskosten und Energieverbrauch abhängig von Nenndurchsatz und Schiffsgröße

Nenndurchsatz t/h	Schiffsgröße DWT	Jahresdurchsatz Mio t/a	Geräte Investitionskosten EUR t/a	Energieverbrauch kWh/t
600	10.000 – 60.000	1,6 - 1,7	2,60 – 1,80	0,35 - 0,60
1.000	60.000 – 150.000	2,9 - 3,4	2,10 – 1,80	0,45 - 0,55
1.500	60.000 – 200.000	4,2 - 5,5	1,60 – 1,45	0,40 - 0,45
2.300	150.000 – 350.000	6,6 - 8,8	1,35 – 1,30	0,40 - 0,30 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Da Tiefgang sowie Höhe und Breite des Schiffsquerschnittes oberhalb der Baugröße 200.000 DWT annähernd gleich bleiben, ergibt sich eine fallende Tendenz im spezifischen Energieverbrauch.

Als grafische Darstellungen für Schiffsentlader mit Becherwerken sind dargestellt

Jahresumschlagsmenge	(Seite 14)
$I_{\text{eff}}/I_{\text{nenn}} = C$	(Seite 44)
Spezifischer Energieverbrauch	(Seite 45)
Installierte Leistung	(Seite 46)
Investitionskosten	(Seite 47)

Jeweils in Abhängigkeit von der Schiffsgröße bei verschiedenen Nenn-durchsätzen.

ERFAHRUNGSWERTE FÜR BECHERWERKSENTLADER

$\frac{i_{\text{eff.}} \times 100}{i_{\text{nom.}}}$ in Abhängigkeit von $i_{\text{nom.}}$ und Schiffsgröße

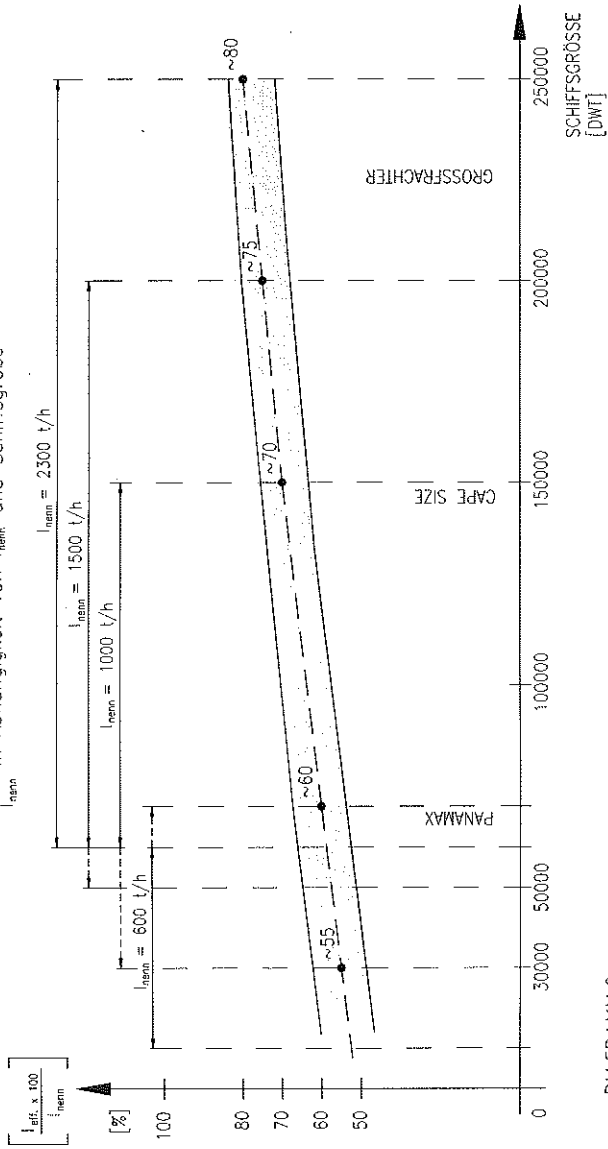


DIAGRAMM 2

ERFAHRUNGSWERTE FÜR BECHERWERKSENTLADER
Spezifischer Energieverbrauch in Abhängigkeit von I_{nenn} und Schiffsgröße

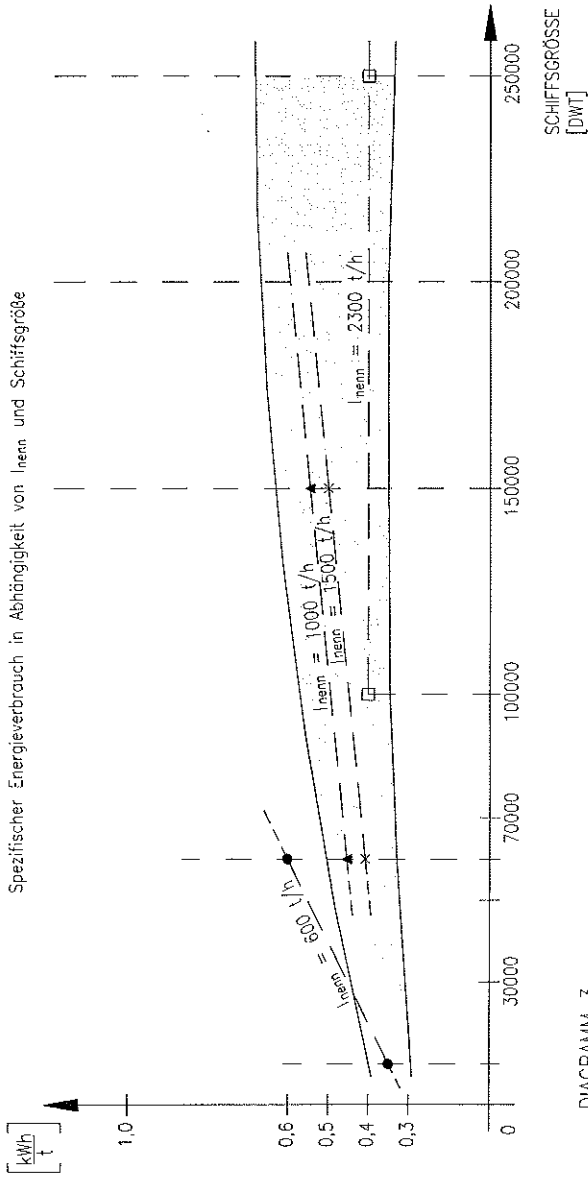


DIAGRAMM 3

ERFAHRUNGSWERTE FÜR BECHERWERKSENTLADER

Installierte Leistung in Abhängigkeit von l_{nenn} und Schiffsgröße

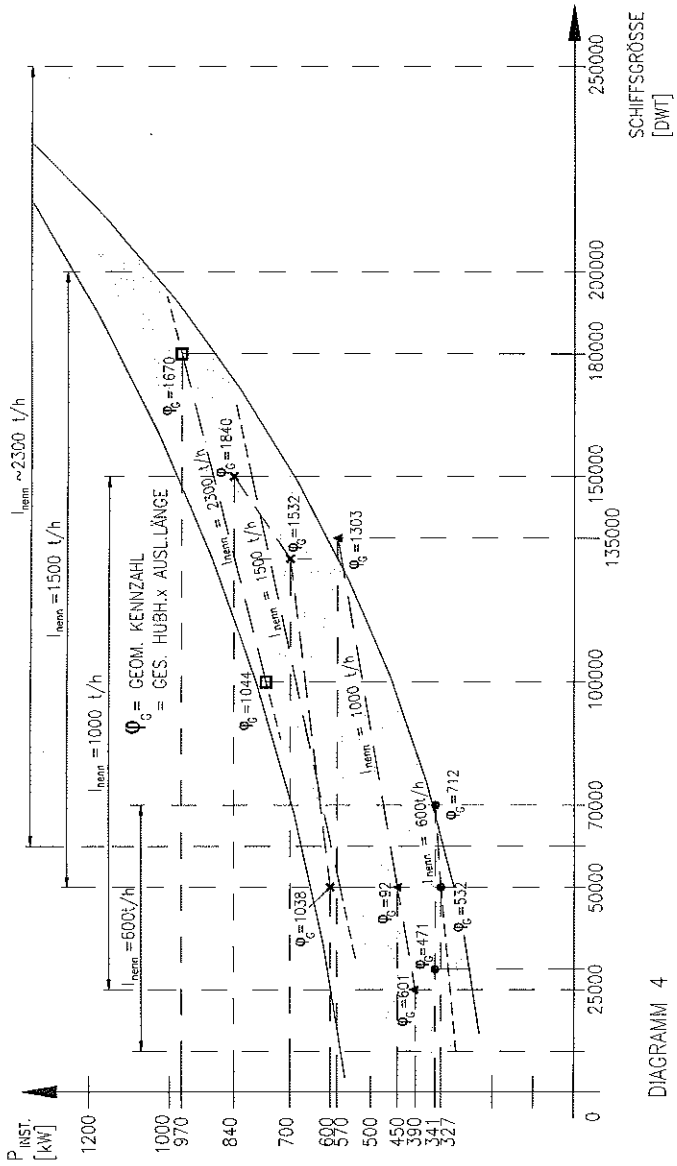


DIAGRAMM 4

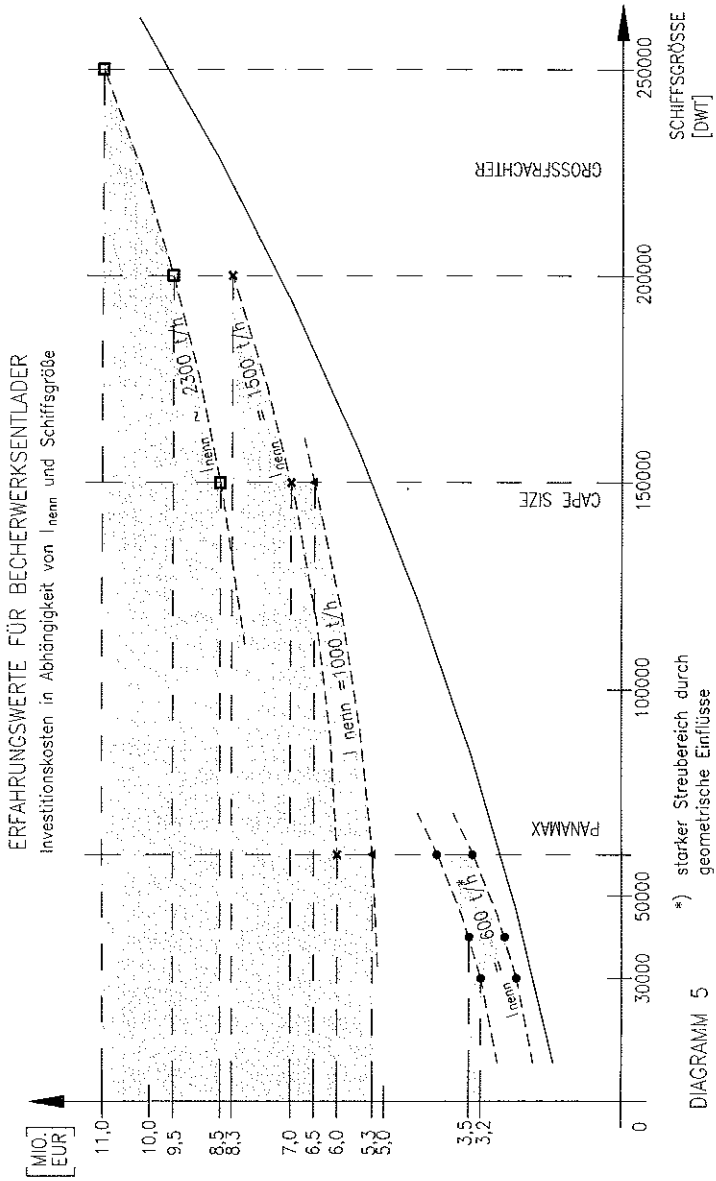


DIAGRAMM 5

8 Lärm- und Umweltschutz

Lärm

Die TA Lärm ist in der letzten Neufassung am 1.11.1998 in Kraft getreten. Im Zuge des vorausgegangenen Anhörungsverfahrens hatte der Zentralverband der Deutschen Seehafenbetriebe erreicht, dass Seehafenumschlaganlagen gemäß Ziffer 1 g vom Anwendungsbereich der TA Lärm ausgenommen sind.

Diese Regelung bedeutet jedoch nicht, dass von den Seehafenbetrieben keine Lärmschutzanforderungen einzuhalten sind. Vielmehr gelten auch für die Seehafenumschlaganlagen die Anforderungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes. Die Anlagen sind damit so zu errichten bzw. zu betreiben, dass Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen getroffen wird. In der Ausnahmeregelung in Ziffer 1 g wird zwar ausgeführt, dass bei schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche die Beurteilungsmaßstäbe und insbesondere die Emissionswerte der neuen TA Lärm auf Seehafenumschlaganlagen nicht übertragbar sind. Es empfiehlt sich jedoch, trotzdem möglichst die Vorgaben der TA Lärm einzuhalten, da im Zuge von rechtlichen Auseinandersetzungen damit gerechnet werden muss, dass diese letztendlich Entscheidungsgrundlage bleiben.

Bei der Planung/Anfrage von kontinuierlichen Schiffs-Be- und -entladern sollte deshalb von den Anbietern eine Aussage zur Lärmemission gefordert werden, die im Auftragsfall auch Vertragsbestandteil werden kann.

Bei vorgegebenen maximalen Lärmemissionen müssen die Genehmigungsverfahren von den Vertragsparteien festgelegt werden.

Zur Minderung von Geräuschemissionen können folgende Maßnahmen in Erwägung gezogen werden:

- Kapselung von Antriebsstationen und Übergaben
- Kapselung von Fördersystemen
- Einsatz von speziellen Rollen (überdreht/ausgewuchtet) in Förderbandsystemen
- Montage der Rollenstationen in Bandanlagen auf Gummizwischenlagen
- Kapselung von Hydraulikanlagen und geeignete Dimensionierung von Rohrquerschnitten zur Vermeidung von Fließgeräuschen
- Vermeidung von Resonanzen durch entsprechende konstruktive Ausbildung der Gehäuse und Verkleidungen.

Staubemissionen

Beim Einsatz von Be- und Entladern zum Umschlag staubender Güter ist in der Regel eine Genehmigung nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz erforderlich. Die Anforderungen an die Umschlagsanlage werden dabei meistens schon durch Auflagen in der Genehmigung und vorausgegangene Umweltverträglichkeitsprüfungen definiert.

Dabei kann von nachfolgenden Anforderungen ausgegangen werden:

- Kapselung sämtlicher vertikalen und horizontalen Fördersysteme außerhalb des Aufnahmeorgans
- Sprühanlagen an den Übergaben, auch innerhalb geschlossener Systeme
- Sprühanlagen an den Aufnahmeorganen
- Kapselung der Übergaben auf weiterführende Fördersysteme innerhalb des Betriebes.

Im Vergleich zu Greifer-Schiffsentladern kann jedoch davon ausgegangen werden, dass bei kontinuierlichen Schiffsentladern die Emissionen wesentlich geringer sind (auf der Berechnungsgrundlage für Emissionserklärungen), sofern vorstehende Anforderungen berücksichtigt werden.

Im Zuge eines Genehmigungsverfahrens muss damit gerechnet werden, dass eine kontinuierliche Kontrollmessung der Staubemission gefordert wird. Diese Kosten sind bei den Investitions- und Betriebskosten des kontinuierlichen Schiffsentladers mit zu berücksichtigen.

9 Selbstentladeschiffe

Für Selbstentladeschiffe sind Entladesysteme mit Bandanlagen oder mit Greifern bekannt; dabei überwiegen die Entladesysteme mit Bandanlagen.

Anwendung finden beide Systeme nur auf Spezialschiffen, die für bestimmte Materialien, z. B. Baustoffe oder Erzpellets, und auf überwiegend gleichen Fahrtrouten in langfristiger Charter eingesetzt werden.

Für den Transport von Erzpellets werden Schiffe bis zu 37.500 DWT eingesetzt, die eine Länge von rund 220 m, eine Breite von 23 m und einen Tiefgang bis zu 15 m aufweisen. Die Auslegerlänge für das Abwurfband von Mitte Schiff beträgt ca. 75 m. Der Durchsatz beträgt bis zu 4.500 t/h.

Für den Transport von Baustoffen werden Schiffe mit einer Tragfähigkeit von rund 6.000 bis 15.000 DWT eingesetzt. Die Schiffslängen liegen ca. zwischen 100 und 140 m, die Breiten zwischen 13 und 20,5 m und die Tiefgänge zwischen 6,5 und 11 m. Die Längen des Bandauslegers liegen zwischen 10 und 35 m. Bei einigen Schiffstypen ist das Ausschwen-

ken des Löschandens nur nach einer Seite möglich. Die Löschandurchsätze bei diesen Schiffen liegen zwischen 600 t/h und 1.800 t/h.

Sofern die Selbstentladeschiffe auf innerbetriebliche Bandanlagen mittels Trichter aufgeben und diese Bandanlagen eine geringere Durchsatzkapazität als die des Entladesystems des Schiffes haben, muss berücksichtigt werden, dass das Regelverhalten der Förderer der Selbstentladeschiffe durch Nachrutschen im Förderstrom schwierig zu beherrschen ist.

Aus Sicherheitsgründen muss daher deren Fördergutstrom soweit gedrosselt werden, dass im Betrieb der Nenndurchsatz der landseitigen Systeme nicht voll genutzt werden kann, um bei eventuellem Nachrutschen aus dem Schiff Überschüttung der landseitigen Systeme zu vermeiden.

Die Bewertung der Lärmemissionen der Selbstentladeschiffe ist problematisch. In den Küstenländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein ist zur Zeit folgende Betrachtungsweise üblich:

- Die Lärmemissionen des an der Kaianlage liegenden Schiffes – ohne Löschantivitäten – werden dem Schiff zugerechnet und sind somit bei der Lärmbetrachtung des Terminals nicht relevant.
- Die Lärmemissionen des Schiffes, resultierend aus der Schiffsentladung, sind der Umschlagsanlage zuzurechnen.

Da die Lärmemissionen der Schiffe im Löschantrieb hafenseitig nicht zu beeinflussen sind und außerdem die in der Regel tieffrequenten Töne weit tragen, ist vor Aufnahme längerfristiger Umschlagsaktivitäten mit solchen Schiffen eine gutachterliche Betrachtung unumgänglich.

10 Offshore-Umschlagterminals und Transshipmentterminals

Offshore-Umschlagterminals gibt es in ruhigen Gewässern wie in Flussmündungen und Schelfgebieten, wo der Bau einer Kaianlage oder das Erstellen der Fahrwassertiefe für große Schiffe zu aufwändig wäre.

Entsprechende Offshore- und Transshipmentterminals sind für Erze, Mineralien und Getreide in Betrieb.

Große mit eigenem Antrieb ausgerüstete Pontons oder umgebaute Seeschiffe werden mit verfahrbaren Geräten zur Be- und Entladung bestückt.

Gebräuchlich sind auch Katamaranpontons mit stationärer Geräteausrüstung zur Be- und Entladung und mit entsprechender Verholmöglichkeit für die Schiffseinheiten.

Bei den Transshipmentterminals wird in nicht allzu großer Entfernung von einer Massenschüttgutgewinnungsanlage das Massengut über eine Bandanlage zu einem Ponton befördert, von dem dann dieses Gut auf anliegende Schiffe geladen wird. Der Bau einer Kaianlage entfällt dabei.

Auch der umgekehrte Vorgang zur Versorgung eines Kraftwerkes oder einer Verhüttungsanlage ist so möglich.

Für die hier genannten Anlagen sind die kontinuierlichen Be- und Entladegeräte gut geeignet.

11 Vorschriften und Regeln der Technik

Vorschriften, Normen, Richtlinien und Empfehlungen entsprechen weitgehend denjenigen des Kapitels 11 der E 1 in der jeweils neuesten Fassung.

In den vorhergehenden Kapiteln dieses Berichts wird auf eine direkte Bezugnahme auf Regelwerke verzichtet. Dieses Kapitel beinhaltet keine ausführliche Auflistung derselben, da diese Regelwerke insgesamt aufgrund der unterschiedlichen Konzepte und Bauarten der Geräte sehr umfangreich sind und im Zuge der Harmonisierung europäischer Normen und Richtlinien weitgehend einem ausgeprägten und andauernden Wandel unterliegen.

Nachstehend sind wesentliche und teilweise grundlegende – in der E 1 nicht genannte – Vorschriften und Regeln aufgeführt, die für die in diesem Bericht behandelten kontinuierlich arbeitenden Be- und Entlader und ihre Fördereinrichtungen gelten.

In der Auflistung werden die Bezugsquellen der grundlegenden sowie der weiterführenden allgemeinen und ausrüstungsspezifischen Normen, Vorschriften und Richtlinien genannt.

Bei der Bewertung und Anwendung allgemeiner und ausrüstungsspezifischer Normen, Richtlinien und Empfehlungen ist zu beachten, dass diese für Fördereinrichtungen auf Geräten fallweise nicht oder nur eingeschränkt anwendbar sind. Der Einsatz auf Geräten erfordert – bedingt durch das Gesamtkonzept, die Bauart, räumliche Verhältnisse oder besondere funktionelle Anforderungen – entsprechende Anpassungen und Abweichungen von genormten bzw. in allgemeiner Form empfohlenen Merkmalen.

11.1 DIN/EN-Normen

- DIN 22101 Gurtförderer für Schüttgüter; Grundlagen für die Berechnung und Auslegung
- DIN 22102 Textil-Fördergurte für Schüttgüter
- DIN 22103 Schwerentflammbare Stahlseilfördergurte, Anforderungen, Prüfung
- DIN 22131 Stahlseil-Fördergurte für die allgemeine Fördertechnik
- DIN 15220 Bandförderer, beispielhafte Lösungen zur Sicherung von Anlaufstellen durch Schutzzeineinrichtungen
- PrEN 618 Stetigförderer und Systeme – Sicherheits- und EMV-Anforderungen an mechanische Fördereinrichtungen für Schüttgut, ausgenommen ortsfeste Gurtförderer

Bezugsquelle: BEUTH VERLAG, 10772 BERLIN

11.2 ISO-Normen

- ISO 5049-1 Mobile equipment for continuous handling of bulk materials – Part 1: Rules for the design of steel structures
- ISO 5048 Continuous mechanical handling equipment; belt conveyors with carrying idlers; calculation of operating power and tensile forces
- ISO 7119 Continuous mechanical handling equipment for loose bulk materials; Screw conveyors; Design rules for drive power
- ISO 7149 Continuous handling equipment – Safety code – Special rules

Bezugsquelle: BEUTH VERLAG, 10772 BERLIN

11.3 FEM-Berechnungsgrundlagen/Empfehlungen

- FEM 2.131/2.132 Grundlagen zu Berechnung verfahrbarer Stetigförderer für Schüttgut
- FEM 2.122 Empfehlung für die Berechnung von Fördergutstrom, Antriebsleistung und Ketten- bzw. Gurtzugkraft von Senkrechtbecherwerken
- FEM 2.123 Einfluss der Schüttguteigenschaften auf Gestaltung und Bemessung von Becherwerken

- FEM 2.124 Einfluss der Schüttguteigenschaften auf Gestaltung und Bemessung gemuldeter Gurtförderer
- FEM 2.125 Einfluss der Schüttguteigenschaften auf Gestaltung und Bemessung der horizontalen und leicht geneigten Schneckenförderer (bis etwa 20°)
- FEM 2.126 Einfluss der Schüttguteigenschaften auf Gestaltung und Bemessung von Trogkettenförderern
- FEM 2.127 Einfluss der Schüttguteigenschaften auf Gestaltung und Bemessung von Schwingrinnen
- FEM 2.128 Einfluss der Schüttguteigenschaften auf Gestaltung und Bemessung von Schaufelrad-Aufnahmegegeräten
- FEM 2.181 Spezifische Schüttguteigenschaften bei der mechanischen Förderung
- FEM 2.421 Einfluss der Schüttguteigenschaften auf Gestaltung und Bemessung pneumatischer Förderanlagen
- FEM 2.481 Spezifische Schüttguteigenschaften bei der pneumatischen Förderung
- FEM 2.581 Allgemeine Schüttguteigenschaften
- FEM 2.582 Schüttguteigenschaften und ihre Darstellung in Kurzform

Bezugsquelle: Fachgemeinschaft Fördertechnik im VDMA
60498 Frankfurt/Main

11.4 VDI-Richtlinien

- VDI 2317 Gurtförderer für Schüttgut, Schleudergurtförderer
- VDI 2318 Übersichtsblätter Stetigförderer; Fahrbare Gurtförderer
- VDI 2320 Übersichtsblätter Stetigförderer; Trogkettenförderer
- VDI 2322 Übersichtsblätter Stetigförderer; Ortsfeste Bandförderer für Schüttgut
- VDI 2324 Übersichtsblätter Stetigförderer; Becherwerke
- VDI 2324 E Senkrecht-Becherwerke
- VDI 2329 Pneumatische Förderanlagen
- VDI 2330 Übersichtsblätter Stetigförderer; Schneckenförderer
- VDI 2331 Übersichtsblätter Stetigförderer; Schneckenrohrförderer

- VDI 2333 Übersichtsblätter Stetigförderer; Schwingförderer
VDI 2335 Übersichtsblätter Stetigförderer; Kratzerförderer
VDI 3608 Gurtförderer für Schüttgut; Fördergut
VDI 3624 Gurtförderer für Schüttgut; Fördergeschwindigkeiten
VSI 3971 Mechanische Steil- und Senkrechtförderer für Schüttgüter
 – Bauarten und Auswahl
- Bezugsquelle: BEUTH VERLAG, 10772 BERLIN

11.5 UVV-Vorschriften/Berufsgenossenschaftliche Regeln

VBG 10 Stetigförderer

Bezugsquelle: Carl Heymanns Verlag KG
 Luxemburger Straße 449, 50939 KÖLN

April 2002