

kehrszwecks, der die Lasten und Kinematik der RoRo-Liegeplätze bestimmt.

16.2 Lastannahmen für RoRo-Terminals

16.2.1 Lastannahmen für Verkehrslasten

In Abhängigkeit von der Art der Schiffe und der Ankoppelung müssen die Lastannahmen für den Terminal in der frühen Entwurfsphase festgelegt werden. Allgemeine Festlegungen zum Verkehr müssen in Übereinstimmung mit den öffentlichen Bestimmungen sein, die aus Normen und Vorschriften sowie aus örtlichen Festlegungen der Straßenbehörden gefordert werden.

In Deutschland werden Lastannahmen durch die DIN EN 1991-2 (Einwirkungen auf Brücken) getroffen. Für Fährbrücken, die als Brücken angesehen wer-

den, ist der Lastfall LM 1 im Tragwerksentwurf anzuwenden. Neben der typischen statischen Berechnung derartiger Bauwerke sind auch Ermüdungsberechnungen durchzuführen. Mit dem Auftraggeber/Nutzer sind ggf. anzusetzende Fahrspurbreiten und Fahrspurbeanspruchungen im Lastansatz schriftlich zu vereinbaren.

Zusätzlich kann es notwendig sein, (abhängig von der Kapazität des Schiffes) einzelne Schwerlastfahrzeuge wie Gabelstapler, schwere Niederflrfahrzeuge, Tugmaster (RoRo-Zugmaschinen) oder gleichartige Fahrzeuge zu berücksichtigen. Diese Fahrzeuge sind Sonderlasten und nicht in der Lastannahme LM 1 erfasst. Dabei kann berücksichtigt werden, dass der Verkehrsfluss für Schwertransporte am Anleger überwacht und gesteuert wird. Entsprechend kann meist eine gleichzeitige Belastung aus Sonderfahrzeug und Lasten aus LM 1 in den einzelnen Fahrspuren ausgeschlossen werden. Typische Schwerlastfahrzeuge sind nachfolgend in Tabelle E 222-1 zusammengefasst.

Tabelle E 222-1: Typischer Schwerlastverkehr für RoRo-Terminals

Art des Fahrzeugs	Gesamtlast (einschl. Ladung)	Typische Übersicht der Lasten des einzelnen Schwerverkehrs
Gabelstapler	634 kN	<p>2-spuriger Verkehr</p>
Aufleger	890 kN	<p>2-spuriger Verkehr</p>

Tabelle E 222-1: Fortsetzung

Art des Fahrzeugs	Gesamtlast (einschl. Ladung)	Typische Übersicht der Lasten des einzelnen Schwerverkehrs
Sattel- anhänger	1060 kN	<p>2-spuriger Verkehr</p>
Anhänger (Mafi- Aufleger)	1244 kN	<p>2-spuriger Verkehr</p>
schweres Nieder- flur-Fahrzeug	2120 kN	<p>1-spurig, Sondertransport - Einzelfahrt</p>
Tugmaster (RoRo- Zugmaschine)	1123 kN	<p>1-spuriger Sondertransport</p>

Für Schiffe mit mehreren Decks ist es notwendig, die Verkehrslasten in Abhängigkeit von der Lastaufnahme der einzelnen Decks zu berücksichtigen. Heutzutage ist es im Verkehr in der Ost- und Nordsee allgemein verbreitet, den Lkw-Verkehr sowohl auf dem Hauptdeck als auch dem Oberdeck zu platzieren.

16.2.2 Verkehrsbreite

Beim Entwurf des Terminals muss eine ausreichende Breite der Fährbrücke einschließlich des Bereichs auf der Landseite berücksichtigt werden. Zum Beispiel ist es empfehlenswert, die übliche Breite einer Fahrspur auf 4,5 m oder auch 5,0 m zu erhöhen, um ein sicheres Befahren vom und auf das Schiff zu ermöglichen.

Für die Berücksichtigung von Schwerlastverkehren, einer landseitigen kurvenförmigen Anfahrt oder von Fahrzeugen für einen besonderen Zweck (z. B. Offshore-Rotator-Transport) sind die minimalen Wendekreise auf den zur Verfügung stehenden Verkehrsflächen zu untersuchen.

16.2.3 Anlegegeschwindigkeit

Im Allgemeinen sind die Empfehlungen der EAU E 40 ebenfalls für Fährterminals anzuwenden. Jedoch können bei häufig frequentierten Fähranlegern auch erhöhte Anlegegeschwindigkeiten planmäßig auftreten. So sind zu berücksichtigende Anlegegeschwindigkeiten von bis zu 1,00 m/s bei der Auslegung der Seitenfelder nicht unüblich. Für die Auslegung der Stoppfelder können Anlegegeschwindigkeiten von bis zu 0,50 m/s erforderlich werden. Die festzulegenden Anlegegeschwindigkeiten für das Design der Fähranleger sind im Rahmen einer genauen Untersuchung und Vereinbarung mit dem Kunden und dem Betreiber der Fährschiffe festzulegen.

16.3 Kinematik

16.3.1 Wasserstand

Es ist von höchster Bedeutung beim Entwurf eines RoRo-Terminals die Wasserstände am Terminal in den folgenden Kategorien festzulegen:

- a) Betriebswasserstand
- b) extremale Wasserstände

Betriebszeitfenster sollten recht ausgedehnt sein, um die Betriebsmöglichkeit der Verbindung zur Fähre unter Einhaltung optimaler Be- und Entladebedingungen der RoRo-Schiffe zu maximieren. Beispielsweise wird im Hafen von Rotterdam an einem stark frequentierten RoRo-Anleger ein Betriebszeitfenster für einen Ereigniszeitraum

- von einmal in 10 Jahren mit einem leeren Schiff bei Hochwasser
 - bis einmal in 10 Jahren mit einem voll beladenen Schiff bei Niedrigwasser
- gewährleistet.

Außerhalb des vorgesehenen Betriebszeitfensters ist eine sichere Lage des Schiffes am Terminal sicherzustellen.

16.3.2 Krängungsbedingungen des Schiffes

Um eine einwandfreie kinematische Berechnung zu ermöglichen, müssen Krängungswerte von 2 s (für Betriebsbedingungen) und von 5 s (für extremale Betriebsbedingungen mit eingeschränkter Be- und Entladung) angewendet werden.

16.3.3 Kinematisches Design: typische Winkel für das Befahren der Fährbrücke

Der Entwurf von festen und beweglichen Fährbrücken muss ein sicheres Befahren von Fahrzeugen ermöglichen. Daher gilt die Mehrzahl der zu berücksichtigenden Entwurfsfälle für das Befahren mit typischen Straßenfahrzeugen.

Die gewählte Kinematik für die Fährbrücke hängt nicht nur von der Geometrie der Fahrzeuge selbst ab, sondern auch von der Geschwindigkeit der Fahrzeuge während der Fährbrückenüberfahrt. Je schneller das Fahrzeug die Brücke überfährt, desto ruckfreier ist der Übergang zwischen den Schiffen und dem Ufer auszuliegen. Ebenfalls beeinflusst die zur Verfügung stehende Zeit zur Be- und Entladung der RoRo-Schiffe und damit die Möglichkeit die roll-on-roll-off-Abläufe durch das Bedienpersonal zu regeln, die notwendige Kinematik der Fährbrücke. So kann die Be- und Entladung von Fahrzeugen mit hohen Anforderungen an Bodenfrieheit, maximalen Neigungen und Winkeländerungen einem günstigeren Ballastzustand des Schiffes und/oder an wechselnde Wasserstände angepasst werden.

Die beabsichtigte Kinematik der Fährbrücke muss sorgfältig an die beabsichtigten Verkehrsvorgänge angepasst werden. Die in Tabelle E 222-2 gegebenen Winkel und Winkeländerungen sind für viele Fährbrücken in der Ostsee angewendet worden, wobei der Schwerpunkt auf der Abfertigung von Fahrzeugen, Lastkraftwagen und typischem Schwerlastverkehr gemäß Tabelle E 222-1 in großer Anzahl und innerhalb kurzer Zeit liegt. Beim extremalen Betriebswasserstand ist unter Ansatz der Extremwerte, der Knickwinkel und Krängungszustände eine beschränkte Abfertigung des Schiffes zu gewährleisten.

Tabelle E 222-2: Empfohlene Winkel/Winkeländerungen für die Ostsee

Art	RoRo-Terminal (allgemein) Kuppe/Tal	RoRo-Terminal (mit höheren Anforderungen für Durchfahrtsgeschwindigkeit) Kuppe/Tal	Eisenbahn-Terminals
Betriebswasserstand	max. 4,5 s/4,5 s (Schwall/Sunk)	max. 1 s/2 s (Schwall/Sunk; empfohlen für das Hauptdeck)	2,1 s
Extremaler Betriebswasserstand	max. 7,5 s/7,5 s (Schwall/Sunk)	max. 4,5 s/4,5 s (Schwall/Sunk)	2,1 s
Feste Rampe beweglicher Fußwegbrücken (Oberdeck)	max. 1:10 (Neigung) max. 3 s (Winkeländerung)	max. 1:12,5 (Neigung) max. 1 s (Winkeländerung)	--

Zur Einhaltung der in Tabelle E 222-2 dargestellten Fahrbahnwinkel können auch z. T. patentierte Sonderlösungen wie bspw. Einhängeflaps angewandt werden, welche eine Verkürzung der Fährbrücken bei Einhaltung der maximalen Knickwinkel ermöglichen.

16.4 Klassifikation der Ship-to-Shore-Anlagen

16.4.1 Allgemeines

RoRo-Liegeplätze bestehen typischerweise aus festen und/oder anpassbaren landseitigen Rampen, an denen die RoRo-Schiffe festgemacht werden können [BSI 2007]. Gemäß der BSI 2000 wird eine feste landseitige Rampe definiert als „die festgelegte Neigung zwischen der normalen Kaioberfläche und der äußeren Oberfläche der Kaimauer, an der das landseitige Ende eines Schiffes ruhen kann“. Im Gegensatz dazu ist die verstellbare landseitige Rampe, d. h. eine Fährbrücke, eine „vertikal verstellbare Fahrbahn, gewöhnlich auf der Küstenseite gelenkig gelagert und unabhängig vom Schiff am äußeren Ende unterstützt, die eine dazwischenliegende Verbindung zwischen dem Land und dem Schiff bietet und auf der das landseitige Ende der Schiffsrampe lagern kann“.

Grundsätzlich ist eine große Vielfalt von verschiedenen Bauwerken für RoRo-Rampen und Fährbrücken

möglich, die nachfolgend erläutert werden. Feste landseitige Rampen werden i. d. R. bei geringen Schwankungen des Bemessungswasserstandes (Δf 1,5m) genutzt. Der Einsatz von beweglichen Rampen/Fährbrücken wird bei hohen Schwankungen der Bemessungswasserstände erforderlich bzw. beim Erfordernis geringer Winkeländerungen zum Überfahren der RoRo-Rampen.

Des Weiteren sind folgende Entwurfskriterien bei der Wahl der Konstruktionsart des RoRo-Anlegers zu berücksichtigen:

- Art des RoRo-Verkehrs
- Ausrüstung des RoRo-Schiffes
- Änderung von Wasserstand und Bemessungstiefgang
- Liegezeit am Liegeplatz
- Verfügbarkeitsanforderungen des Liegeplatzes (ungünstiges Wetter und Tidebedingungen, Betriebsbereitschaft)

Ebenfalls haben die verschiedenen Schiffsbreiten der für einen Liegeplatz vorgesehenen Schiffstypen und die Position der Schiffsrampe einen bedeutenden Einfluss auf den Entwurf der Fährbrücke. Die in der Tabelle E 222-3 aufgeführten Kriterien sind u. a. für den Entwurf von RoRo-ship-to-shore-Systemen zu berücksichtigen.

Tabelle E 222-3: Entwurfskriterien für RoRo-ship-to-shore-Systeme

Standortbedingungen	Topographie Bathymetrie Geologie/Baugrund Lage des Anlegers zur Hauptwindrichtung Seismizität (falls zutreffend)
Umweltbedingungen	Meteorologie: normale und außergewöhnliche, Wind, Regen, Temperatur Ozeanographie: normale und außergewöhnliche Wellen, Tide, Strömung, Eis, chemische Zusammensetzung des Wassers, Wellengang, Schwall im Hafen usw. Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit von Sturmbedingungen

Tabelle E 222-3: Fortsetzung

Betriebseinflüsse	Schiffe (Daten, Abmessungen, Arten, Häufigkeit, Annäherungsgeschwindigkeit, Liegezeit am Liegeplatz, Anforderungen zum Beladen und Unterhalt) Fahrzeuge (Daten, Abmessungen, Arten, Ladung, Betriebsabmessungen (Wenderadien usw.)) Besondere Ausrüstung, Ausrüstung zum Festmachen, Ankerwinde usw. Service und Betriebsmittel, Verbindungen zum Land (z. B. Gangway), Beleuchtung und Sicherheit, Strom, Leitungen Schienen, Kräne, Beladevorrichtungen, Bahnkörper, Kapazität, Gewichte, Spielraum, Pegel, Geschwindigkeit, Ausladung und Hub usw. Lagerfläche für Fracht
Funktionale Betrachtungen	Ausbaggerung, Auskolkung und Verschlammung, Ausspülung durch Schiffsschrauben Wartungsmethoden: kathodischer Schutz, Reparatur von Schäden usw.
Berücksichtigung von Navigationsgesichtspunkten:	Fahrwasserbreite und -tiefe Annäherungsbedingungen für das Schiff (in Bezug auf Zeit)
Beschränkungen	Begrenzung von Hafen und Mole durch Behörde: Standard der Wasserqualität, ölhaltiger Ballast, Baggeraushubbeseitigung, Schüttung usw. Genehmigungen und Lizenzen (d. h. für Radio/WLAN-Verbindung zwischen Terminal und Schiff) bestehende Einrichtung: veränderte Nutzung oder Erweiterung/Begrenzung

Da es im Bereich der Betriebs- und Extremwasserstände erhebliche Unterscheidungen zwischen den einzelnen Häfen wie z. B. in der Nord- und Ostseeregion gibt, variieren die jeweiligen konstruktiven Lösungen erheblich. Im Bereich von Terminals mit Passagierverkehr sollte aus Sicherheitsgründen der Passagier vom Fahrzeugverkehr getrennt werden z. B. mit gesonderten Gangwayanlagen oder mit von den Fahrbahnen getrennten Fußwegen.

In Hinblick auf die Fahrzeugzufahrt können die RoRo-ship-to-shore-Systeme in drei verschiedene Kategorien

gemäß BSI (2007) und PIANC (1995) wie folgt eingeteilt werden:

- a) direkte Zufahrt mit Schiffsrampen
- b) feste Uferrampen
- c) verstellbare Uferrampen wie Systeme mit Ponton oder beweglicher Fährbrücke

Die allgemeinen Vor- und Nachteile dieser drei verschiedenen Arten von RoRo-ship-to-shore-Systemen sind in Tabelle E 222-4 aufgeführt.

Tabelle E 222-4: Vergleich verschiedener Entwurfstypen für RoRo-ship-to-shore-Systeme

Allgemeine Beschreibung	Schi srampe	Feste Uferrampe	Verstellbare Uferrampen – Pontons	Verstellbare Uferrampen – bewegliche Fährbrückensysteme
Vorteil	hohe Flexibilität	geeignet für unbeladenen Verkehr	leichte Verstellung bei verschiedenen Wasserständen in Tidegebieten	genau angepasst reduziert die Verweilzeit gemäß der genau angepassten Fährbrücke Verladung auf mehrere Decks möglich
Nachteil	erhöhte lokale Lasten benötigt eine verhältnismäßig lange Schiffsrampe	von der Neigung abhängige Nutzung	typischer einspuriger Verkehr	erfordert Wartung
Kostenansatz	–	t		

Ebenfalls maßgebend für die Ausbildung des RoRo-ship-to-shore-Systems ist die Konstruktionsart des Schiffes. Gemäß Bild E 222-1 können hier zwei Arten von Schiffen unterschieden werden:

- a) Schiffe mit einer eigenen Schiffsklappe
- b) Schiffe ohne eine eigene Schiffsklappe (z. B. Eisenbahnfähranleger)

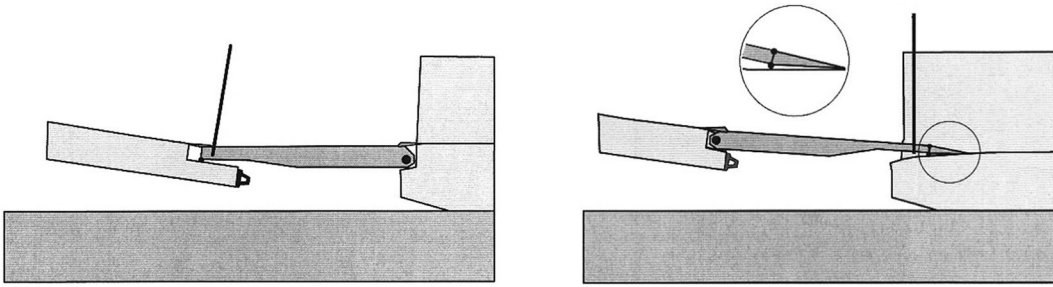


Bild E 222-1: Schiffe mit oder ohne eine eigene Fährbrücke [BSI 2007]

16.4.2 Ship-to-Shore-Anlagen für Schiffe mit schiffseigener Klappe

Schiffseigene Klappen variieren z. T. erheblich in Länge, Breite und Höhe. Bild E 222-2 zeigt ein Schiff, welches mit Hilfe einer schiffseigenen Klappe an einem standardisierten Liegeplatz be- und entladen werden kann.


In der Regel sind zusätzliche Einrichtungen auf der Landseite wie Pontons oder feste Uferrampen notwendig, um ungünstige Winkeländerungen während des Be- und Entladens zu vermeiden.

Verstellbare Uferrampen – Pontons

Pontons wie in Tabelle E 222-5 gezeigt, bieten einen hohen Grad an Flexibilität bei der Nutzung des Liegeplatzes für den Umschlag weiterer Ladungsgüter und/oder bei sich ändernder Art des Festmachens der Ro-Ro-Schiffe während der Lebensdauer des Liegeplatzes. Jedoch sind die Anforderungen an Wartung und Bedienung bei Pontons höher im Vergleich zu festen Uferrampen.

Bild E 222-2: Schiff mit eigener Klappe an einem Standard-Liegeplatz

Tabelle E 222-5: Ponton-ship-to-shore-Systeme

Verbindungsarten	Vorteil	Nachteil
Flutbare Ponton-Systeme 	Mehrfachnutzen Flexibilität (Tidehub) ggf. ausstattbar mit zusätzlicher Höhen- steuerung	Lastbeschränkung typischer einspuriger Verkehr

