

**Anhang E:** Das Kapitel Anlegebrücken ist als neues Kapitel 17 und als neue Empfehlung E 223 der EAU im ersten Technischen Halbjahresbericht 2016 in der Zeitschrift Bautechnik 06/2016, Seiten 389-408, erschienen.

## 17 Anlegebrücken

### 17.1 Einleitung

Im Gegensatz zu einer Kaimauer, welche dem Schiff einen Liegeplatz mit direkter Terminal- bzw. Hinterlandanbindung bietet, besteht eine Anlegebrücke aus einer Lade- und / oder Löscheinrichtung in einem gewissen Abstand zum Ufer.

Anlegebrücken bestehen in der Regel aus fest installierten Strukturen, wobei – insbesondere in Regionen mit starken Wasserspiegeländerungen – auch schwimmende Anleger zur Ausführung kommen. Beispielhafte Ausführungen einer fest installierten und einer schwimmenden Anlegebrücke sind in den Bildern E 223-1 und E 223-2 dargestellt.



**Bild E 223-1:** Beispiel einer fest installierten Anlegebrücke, Lumut (Malaysia) [BAM International]



**Bild E 223-2:** Beispiel einer schwimmenden Anlegebrücke, Köln [Shell Deutschland]

Die Mehrzahl der Anlegebrücken wird als Einrichtung für den Umschlag von trockenem oder flüssigem Massengut genutzt.

Liegeplätze für andere Umschlaggüter wie Container oder Stückgut sowie für anderweitige Nutzungen, wie zum Beispiel für den Fährverkehr oder als Kreuzfahrtterminal, werden hingegen überwiegend als feste Kaianlagen entworfen und gebaut, um den komplexen logistischen Anforderungen des Terminalbetriebs Rechnung zu tragen. In manchen Fällen können Anlegebrücken aber auch hier vorteilhafte Lösungen bieten.

Anleger bestehen generell aus drei Grundkomponenten:

- Anlege- und Vertäueinrichtungen zur Gewährleistung von sicheren Anlege- und Ablegemanövern sowie zur Bereitstellung von geeigneten Liegeplatzbedingungen.
- Belade- oder Löschplattform zur Gewährleistung des störungsfreien und effizienten Warenumschlags.

- Verbindung zwischen der Umschlagsplattform und dem Ufer, entweder in Form einer festen Brückenverbindung oder auch einer Unterwasserleitung (Pipeline) bei Flüssiggutumschlag.

## **17.2 Entwurf von Anlegebrücken**

### **17.2.1 Liegeplatzausrichtung und -verfügbarkeit**

Anlegebrücken sind häufig an exponierten Orten gelegen, die in Extremsituationen keinen ausreichenden Schutz gegenüber Wellenangriff und Strömungen bieten, sodass Schiffe zeitweise den Liegeplatz verlassen müssen, um Gefahrensituationen zu vermeiden. Sofern Häufigkeit und Dauer ungünstiger Randbedingungen im akzeptablen Rahmen bleiben, können in der Regel auch exponierte Anlegebrücken die in Hinblick auf das Umschlagvolumen gestellten Nutzungsanforderungen erfüllen.

Dazu ist beim Entwurf der Anlagen darauf zu achten, dass Orientierung und Gestaltung der Liegeplätze eine bestmögliche Ausnutzung der Ankerleinen unterstützen und so die Belastungen auf das Schiff minimiert werden. Die optimale Auslastung der Ankerleinen ist wesentlich durch die günstige Positionierung der Dalben (Anlege- und Festmacherdalben) im Entwurf zu berücksichtigen.

Zur Minimierung der Schiffsbelastungen am Anleger sollte die Ausrichtung der Schiffe am Liegeplatz weitestgehend mit den vorherrschenden Angriffsrichtungen von Wind, Seegang (vor allem Dünung) und Strömungen abgestimmt werden. Um die resultierenden Ankerleinenkräfte eines Schiffes zu bestimmen, welches den für den betreffenden Liegeplatz maßgebenden Kombinationen von Wind, Wellen und Strömungen ausgesetzt ist, ist generell eine dynamische Vertäustudie durchzuführen. Neben der Obergrenze akzeptabler Liegeplatzrandbedingungen kann mit einer Vertäustudie anhand der statistischen Verteilung vorliegender Umweltrandbedingungen auch die mittlere Eintrittswahrscheinlichkeit abgeschätzt werden, in der Schiffe den Liegeplatz nicht ansteuern können.

In der technischen Vorplanung von Projekten (Front-End Engineering Design - FEED) werden häufig nautische Simulationen eingesetzt, um die erforderlichen Fahrwasserbereiche und deren Kennzeichnung durch Seezeichen festzulegen sowie die Schlepperunterstützung von Großschiffen zu erörtern.

Auch können derartige Analysen zur Untersuchung und Festlegung von maximalen Umweltrandbedingungen bezüglich einer sicheren Schiffspassage im Zufahrtkanal sowie des An- und Ablegens von Schiffen herangezogen werden. Echtzeitsimulationen bieten den Vorteil, dass der menschliche Faktor in den Modellberechnungen realistischer erfasst werden kann.

Im Fall, dass mehrere Liegeplätze an einer Anlegebrücke geplant sind, ist dem Abstand der Liegeplätze untereinander größtmögliche Berücksichtigung zuzuordnen. Die Kriterien bezüglich sicherer Mindestabstände können aus einer Reihe von Anforderungen abgeleitet sein:

- Genügend Fahrwasser rund um den Schiffskörper zum sicheren Navigieren mit Schlepperunterstützung entsprechend der Ergebnisse der nautischen Studie.
- Einhalten von Sicherheitsabständen rund um den Übergabepunkt von brennbaren Gasen oder Flüssigkeiten, wie z.B. LPG oder LNG.

Sind potentielle Liegeplätze mit ausreichender natürlicher Wassertiefe nur in relativ großer Entfernung zum Ufer verfügbar, steigen die Kosten für die Zugangsbrücke und das Projekt wird möglicherweise unrentabel. Um die Erschließungskosten zu minimieren, ist in solchen Fällen abzuwägen, ob die Länge der Zugangsbrücke zugunsten eines zu baggernden seeseitigen Zugangskanals gekürzt werden kann. Dabei ist zu beachten, dass für derartige Vergleichsstudien die gesamten Lebenszykluskosten einbezogen werden müssen, also auch Kosten für z.B. Unterhaltungsbaggerungen.

### **17.2.2 Höhe der Anlegebrücke**

Die Höhe der Zugangs- und Anlegebrücken muss ausreichend bemessen sein, um Wellenschlag an empfindlichen Komponenten der Tragstruktur, einschließlich Rohrleitungen, Förderbändern, Brückenträgern, etc. zu vermeiden. Robuste Balkenkopfverbindungen und Querträger zwischen den Fundierungspfählen sollten bevorzugt oberhalb des Wellenkamms installiert werden, wenn nicht nachgewiesen werden kann, dass die Wellenbelastungen unbeschadet durch die Struktur aufgenommen werden können.

Die Ermittlung der maximalen Wasserspiegelauslenkung des Seegangs muss dabei über die gesamte Länge der Anlegebrücke erfolgen, da sich die maximalen Wasserspiegelauslenkungen infolge Bodenreibung und Shoaling verändern. Beim Einlaufen der Welle ins Flachwasser verformt sich das Wellenprofil, sodass der maximale Wellenkamm nicht notwendigerweise nahe des seeseitigen Teils der Anlegebrücke auftritt.

### 17.2.3 Einfluss der Umweltbedingungen auf Bauablauf und bauliche Konzepte

Wie erwähnt liegen Anlegebrücken teilweise stark exponiert gegenüber Wind, Wellen und Strömungsbelastungen, welches bei der Orientierung der Liegeplätze und der Höhe der Brücken entsprechend berücksichtigt werden muss. Darüber hinaus kann die Auswahl bevorzugter Tragwerkskonzepte, sowie geeigneten Gerätes für die Installation von Bauwerkskomponenten (Gründungen, Pfahlköpfe, Brückenelemente, etc.) durch ungünstige Umweltrandbedingungen eingeschränkt werden.

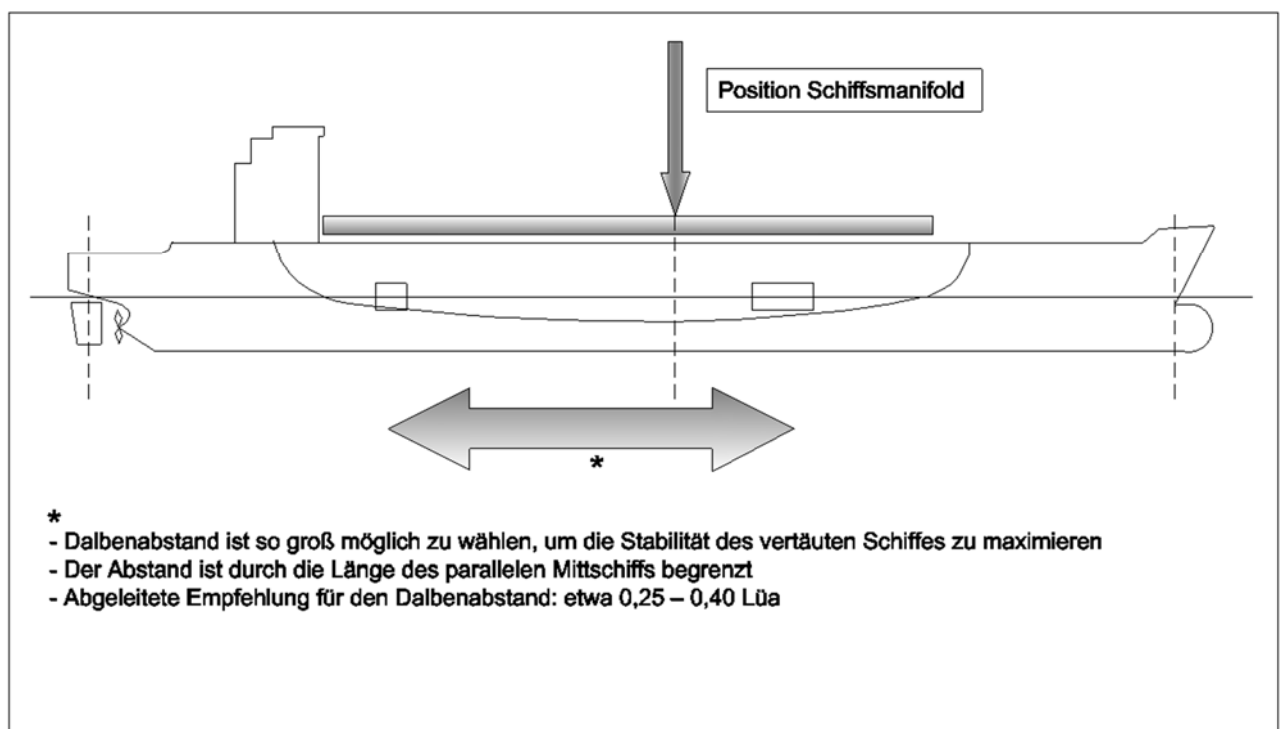
Die Obergrenze betrieblicher Randbedingungen für schwimmendes Arbeitsgerät (z.B. Kranbargen) ist bereits bei niedrigen Wellenhöhen erreicht, während sogenannte Hubinseln weniger empfindlich gegenüber Seegang sind. Im Hinblick auf die sichere Bauausführung unter ausgeprägten Seegangsverhältnissen ist der Entwurfsverfasser daher gefordert, eine grundlegende Analyse und sinnvolle Auswahl bezüglich Anzahl und Gewicht der Bauwerkskomponenten durchzuführen (Optimierung von Hebekapazität und Hebezyklen).

Die Berücksichtigung eines sicheren und effizienten Geräteeinsatzes in der Planung ist dabei nur ein ausgewähltes Beispiel, um die wichtige Interaktion zwischen Bauwerksentwurf und Bauausführung sowie die Einbeziehung von baurelevanten Aspekten in einer frühen Phase des Entwurfes aufzuzeigen.

### 17.3 Entwurf der Anlege- und Vertäueinrichtungen (ship-to-shore)

Der Entwurf von Anlege- und Festmacherdalben ist dahingehend zu optimieren, dass gefahrloses An- und Ablegen sowie ein sicheres Liegen der Schiffe am Anleger gewährleistet ist.

Jeweils mindestens ein Fender bzw. Anlegepunkt sollte in einem möglichst großen Abstand voneinander an den gegenüberliegenden Enden des Mittschiffs verfügbar sein, um eine ausreichende Stabilität des festgemachten Schiffes zu gewährleisten, s. Bild E 223-3. Dabei ist darauf zu achten, dass sich die Anlegepunkte im Bereich des parallelen Mittschiffs befinden, da anderenfalls die Fender an der Außenhaut des Schiffes eine Neigung erfahren, welches bei Variationen des Wasserstands bzw. Änderungen des Tiefgangs (während Lade- oder Löschvorgängen) zu unerwünschten Vertikalbelastungen von Fender und Schiff führt.



**Bild E 223-3:** Kriterien zur Ableitung des empfohlenen Dalbenabstands

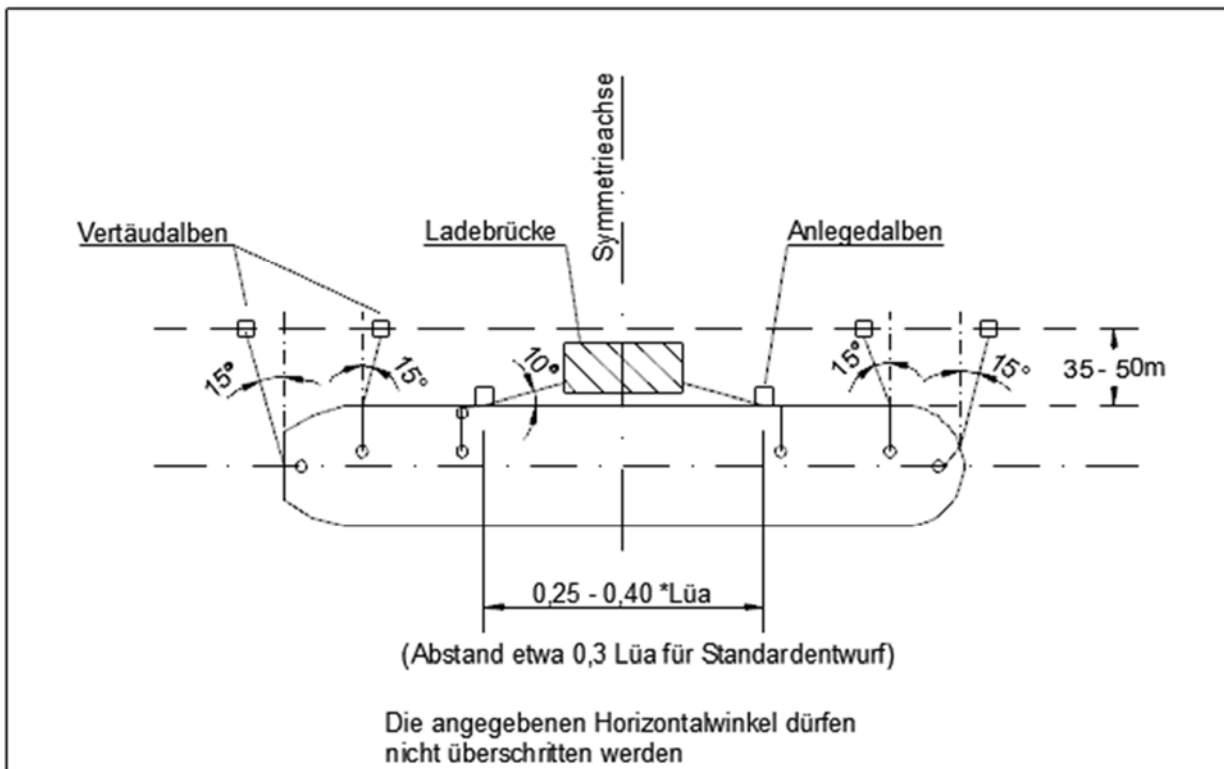
Unter Ansatz der obigen Angaben beträgt der Abstand der Anlegepunkte gemäß E 218, Abschnitt 13.3.2, in der Regel zwischen 25 % und 40 % der Schiffslänge.

Bei der Planung eines Anlegers ist dieses Kriterium für die gesamte vorgesehene Bandbreite von Schiffstypen sowie für alle realistischen Positionen entlang des Liegeplatzes einzuhalten (z.B. um das Schiffsmantel mit dem landseitigen Übergabepunkt abzustimmen). Aus dieser Analyse resultiert die

minimal erforderliche Anzahl von Anlegepunkten. Zusätzlich wird empfohlen, mindestens zwei weitere redundante Anlegepunkte (Fender) an jeder Seite des Mittschiffs vorzusehen, um im Versagensfall eines einzelnen Fenders den Liegeplatz weiter nutzen zu können.

Dieselben Prinzipien gelten ebenfalls bei durchgehenden Kajen für trockenen Massengutumschlag. Allerdings ist hier weiterhin darauf zu achten, dass die Anzahl der Fender auch bei größeren Anlegewinkeln ausreichend ist, um jeglichen Kontakt des Schiffsrumpfes mit der Kaje zu vermeiden. In derartigen Situationen ist der maximale Fenderabstand zu beschränken.

Festmacherdalben sollten so positioniert werden, dass die Kapazität der Festmacheleinen an Bord des Schiffes optimal ausgenutzt wird. Greifen Kräfte durch Seegang, Strömung, Wind und vorbeifahrenden Schiffen aus wechselnden Richtungen an, wird eine generelle Anordnung der Leinen gemäß Bild E 223-4 empfohlen.



**Bild E 223-4:** Empfohlene Anordnung der Festmacheleinen [OCIMF Guidelines]

Die obige Anordnung der Leinen ist bei Vorherrschen einer einzelnen Belastungsrichtung unter Umständen weniger geeignet. Zum Beispiel bei Vorliegen starker Strömung in Längsrichtung des Schiffes ist ggf. mehr Augenmerk auf die Beschränkung der seitlichen Schiffsbewegungen zu legen.

Darüber hinaus ist eine derartige Vertäuanordnung aus praktischen Gründen für Schüttgutleger ungeeignet. Querleinen können hier nicht senkrecht zur Schiffsachse verlaufen, da diese u.a. den Einsatz von Ladekränen einschränken würden. Stattdessen müssen die Festmachepunkte entlang der Anlegelinie (Fenderlinie) vorgesehen werden, wodurch jedoch die Kapazität der Trossen hinsichtlich der Aufnahme lateraler Kräfte stark abnimmt.

Die Kapazitätsermittlung des Vertäusystems soll entsprechend der Empfehlung E 60 in Abschnitt 6.15 erfolgen. Dabei ist die Eisbelastung gemäß E 177, Abschnitt 5.15, und E 205, Abschnitt 5.16, zu berücksichtigen

Die Ermittlung der Vertäueinrichtungen für einen Liegeplatz kann dabei z.B. auf Basis der aus einer (dynamischen) Vertäuanalyse ermittelten Maximalkräfte durchgeführt werden.

Im Falle eines ungeschützten Anlegers, der nicht durchgehend als Allwetter-Liegeplatz genutzt werden kann, soll hingegen das Vermögen der Vertäueinrichtung unter der Annahme bestimmt werden, dass die Winschen bei 60 % der minimalen Nennbruchlast der Leinen nachgeben. Die entsprechenden Kräfte sollten als Gebrauchslast angesetzt werden.

Anlege- und Vertäueinrichtungen für Flüssig- und Schüttgüter basieren in der Regel auf unterschiedlichen Konzepten. Im Fall eines Anlegers für flüssiges Massengut ist die Ladeplattform

generell relativ klein. Große Belastungen durch Anlegemanöver, Schiffsanprall oder aus Vertäueinrichtungen sind in Hinblick auf potentielle Schäden an den installierten Rohrleitungen soweit möglich auszuschließen. Daher werden für diese Anleger von der Plattform losgelöste separat gegründete Festmache- und Anlegedalben eingesetzt.

Die Ausrüstung von Anlegern für Trockengut ist hingegen relativ unempfindlich und die Anlegeplattform aufgrund ihrer für den Umschlag erforderlichen Größe robuster, so dass Fender und Poller häufig direkt an der Plattform installiert werden. In Regionen mit starker Gezeitenwirkung bzw. in denen das Risiko des Auftretens von tropischen Wirbelstürmen und extremen Seegangs signifikant ist, wird das Niveau der Plattform meist so hoch gewählt, dass auch hier eine Trennung von Tragkonstruktion der Plattform und Gründung der Dalben vorteilhaft ist.

## **17.4 Bauwerkskomponenten von Anlegern**

### **17.4.1 Plattformen**

Anlegebrücken werden generell für den Warenumschlag (Import/ Export) entworfen. Im Allgemeinen wird dabei in Terminals für flüssiges Massengut (wie z.B. Ölprodukte) und trockenes Massengut (Schüttgut) unterschieden.

Anleger für flüssiges Massengut sind dadurch charakterisiert, dass der Umschlag punktuell im Bereich des sogenannten Schiffsmanifolds abgewickelt wird. In diesem Bereich liegen die Übergabeflansche für den Produktumschlag. Ein System von Pumpen regelt die Zufuhr und Abfuhr des Flüssiggutes von den jeweiligen Schiffstanks. Die Ladeplattform kann daher im Vergleich zu den Trockengutanlegern relativ klein ausgelegt werden.

Trockenes Massengut wird hingegen über die gesamte Länge der Ladeluken des Schiffs umgeschlagen. Diese müssen entsprechend durch Lade- und Löscheinrichtungen erreichbar sein.

Schiffsanleger sind durch eine Zugangsbrücke mit dem Land verbunden. Verschiedenartige Plattformen mit jeweils spezifischen Aufgaben ergänzen das Bauwerk.

#### **a) Umschlagplattform**

Auf der Umschlagplattform sind, wie oben beschrieben, die Umschlagseinrichtungen, wie Schneckenförderer für Trockengut oder Ladearme für flüssige Güter installiert. Zusätzlich befinden sich hier weitere wichtige Installationen, wie zum Beispiel:

- Technische Einrichtungen, z.B. Anlagen zur Unterstützung und Sicherung der Belade- und Löschvorgänge (Antriebsaggregate, Steuerpulte, Feuerlöscheinrichtungen, etc.)
- Transporteinrichtungen für die Anlieferung von Waren (Schiffsversorgung) und Transfer von Besatzung und Personal vom und zum Schiff (Gangway, Ladebaum/Versorgungskran, Flucht- und Zugangsleitern, etc.)

#### **b) Neben- oder Zusatzplattformen**

Nebenplattformen haben die Aufgabe den Belade- und Löschvorgang zu unterstützen. Eine große Bandbreite solcher Plattformen ist im Gebrauch; die nachfolgende Auflistung typischer Nutzungen dient zur Übersicht:

##### **- Übergabe-Plattform**

Übergabe-Plattformen dienen vornehmlich der Installation von Hoppnern, die zur Verteilung sowie Weiter- und Umleitung von Schüttgut (z.B. mit Hilfe von Förderbändern) genutzt werden.

##### **- Mess- oder Dosier-Plattform**

Die Steuer- und Kontrolleinrichtungen zur Überwachung des Umschlagvolumens an großen Flüssiggutanlegern erfordert die Installation von Durchflusszählern für verschiedene Produktleitungen. In manchen Fällen werden hierfür spezielle separate Plattformen neben der eigentlichen Umschlagsplattform errichtet.

##### **- Plattform zur Aufnahme von Rohr-Dehnungsschleifen**

Zur Begrenzung von Spannungen in Rohrleitungen durch Temperaturschwankungen werden in der Regel mehrere sogenannte Dehnungsschleifen vorgesehen, die als eine Art mechanische Feder die Belastungen in den Rohrwandungen vermindern. Die Rohrschleifen kragen häufig seitlich aus der Zugangsbrücke heraus und benötigen daher eine eigene Plattform zur Unterstützung.

- Verzweigungsplattform

Verzweigungen sind in manchen Fällen notwendig, z.B. wenn eine einzelne Zugangsbrücke mehrere Liegeplätze beidseitig der Brücke anschließt. Um den Übergang zu vereinfachen und die Tragsysteme zu entkoppeln, werden hierfür häufig separate Plattformen erstellt.

- Steuerzentrale/Kontrollraum

Für weit vor der Küste liegende Anleger werden häufig extra Kontrollstände in Sichtweite der Ladeplattformen errichtet, die separate Pfahlgründungen erfordern.

Fahrbare Schiffslader benötigen eine Umschlagplattform, die etwa der Länge des größten vorgesehenen Schiffes am Liegeplatz entspricht, um sämtliche Ladeluken bedienen zu können und darüber hinaus Stellflächen für Geräte neben den Luken bereitzustellen.

Anleger für flüssiges Massengut sind relativ klein bemessen, eine typische Plattformfläche für einen einzelnen Liegeplatz ist in der Regel kleiner als 40 m x 40 m. Die tatsächliche Größe hängt von den zu installierenden Zusatzeinrichtungen ab.

Das bevorzugte Tragwerkskonzept der Umschlagplattformen hängt wesentlich von der Lage und den vorherrschenden Umweltrandbedingungen ab. Die meisten Umschlag-Plattformen bestehen aus einem Betondeck, welches durch ein Pfahlrost und Schrägpfähle getragen wird. Die Herstellungsweise des Decks (Fertigteile oder Ortbeton, etc.) wird vornehmlich durch die Erreichbarkeit des Anlegers festgelegt. Im Hinblick auf die Tatsache, dass Anleger häufig weit vor der Küste ungeschützt im offenen Meer liegen, schreiben Sicherheitsrichtlinien in der Regel die weitgehende Ausführung mit Fertigteilen vor.

Ein weiterer Trend in der Bauindustrie ist die zunehmende Vorfertigung großer Module, bis hin zur Erstellung kompletter Plattformen an Land, die in einem Schritt vor Ort installiert werden, s. Bild E 223-5. Die Erreichbarkeit des Anlegers für Arbeitskräfte während der Bauphase spielt bei diesen Erwägungen eine wichtige Rolle.



**Bild E 223-5:** Installation einer an Land gefertigten Plattform, Darwin (Australien) [BAM-Clough]

#### 17.4.2 Zugangsbrücken

Zugangsbrücken stellen die Verbindung zwischen der Umschlagplattform und der Küste her, s. Bild E 223-6. Ihre Länge kann dabei weniger als 100 m (bei unmittelbar vor der Küste bestehenden Tiefwasserbedingungen) aber auch bis zu mehreren Kilometern betragen.



**Bild E 223-6:** Beispiel einer Zugangsbrücke, Fujairah (VAE) [BAM International]

Die Zugangsbrücke bietet Flächen für folgende Installationen / Einrichtungen:

- Verfahrens- und Prozesstechnik (Ölleitungen, Gasleitungen, Förderbänder und deren Auflager)
- Technische Versorgungseinrichtungen und -netze (Löschwassernetz, Leitungen für Trinkwasser, Stickstoff, Druckluft, Elektrik, Leitungen für Überwachung und Messtechnik, etc.)
- Verkehrserschließung (Mobilkrane, Kraftfahrzeuge, Fußgänger)

Neben den betrieblichen Anforderungen einer Zugangsbrücke, abhängig von deren Nutzung für Produktleitungen, technische Versorgungsnetze und dem sonstigen Verkehr, sind auch die Anforderungen zur regelmäßigen Wartung und Reparatur der Umschlageneinrichtung bei der Bemessung des erforderlichen Raumangebots und der Tragstruktur einzubeziehen. Die Festlegung der Strategie zum Erhalt der Anlage sollte dabei in Abwägung der damit verbundenen Kosten und Risiken erfolgen.

Der Bedarf eines 50 Tonnen-Krans für Unterhaltungsarbeiten würde zum Beispiel eine für die normale Nutzung stark überbemessene Zugangsbrücke bedingen. Alternative Erhaltungskonzepte, basierend auf Hinzuziehung schwimmenden Gerätes für den vergleichbar selten geforderten Einsatz größerer Kräne, erlauben die Auslegung der Zugangsbrücke auf wesentlich kleinere Einheiten für häufiger anfallende Wartungsarbeiten.

Die betrieblichen und sonstigen Anforderungen für eine Zugangsbrücke können je Projekt stark variieren und sollten bereits in der Konzeptplanung eines Projektes einbezogen werden.

Im Falle sehr langer Zugangsbrücken wird die Struktur generell in Abschnitte von rund 200 m unterteilt. Jeder Abschnitt wird dabei als eigenständig angesehen und muss für sich genommen standsicher sein. Zwischen den Abschnitten sind Dehnungsfugen angeordnet, um thermische Verformungen weitgehend spannungsarm aufzunehmen ohne Belastungen auf benachbarte Abschnitte auszuüben.

Horizontale Belastungen einer Brücke entstehen vornehmlich durch Wind-, Wellen- und Strömungskräfte, können aber auch durch Arbeitsgerät und Einrichtungen auf der Brücke ausgelöst werden. Start- und Bremskräfte von Laufbändern, Reibungskräfte von Rohrleitungen, Leitungs-Druckschläge beim plötzlichen Schließen von Ventilen sowie Bremskräfte von Fahrzeugen sind als typische Beispiele zu nennen.

Um horizontal (quer zur Achse) auf die Zugangsbrücke einwirkende Belastungen aufzunehmen und daraus resultierende Verformungen zu begrenzen, ist jeder Pfahlbock mit Schrägpfählen ausgestattet. Lastenwirkungen in Achsrichtung der Zugangsbrücke werden durch mehrere Schrägpfähle abgetragen, die an einer Unterstützung des jeweiligen Abschnittes, dem sogenannten Festpunkt, konzentriert werden.

In Gebieten mit Erdbebenrisiko müssen beim Nachweis der horizontalen Standsicherheit der Brücke zudem seismische Belastungen einbezogen werden. Hierfür wird auf die Fachliteratur und (lokale) Richtlinien verwiesen.

### **17.5 Wechselwirkung Tragstruktur – Deckinstallationen**

Der Grundriss der Umschlagplattform wird weitgehend durch die erforderlichen Ladevorrichtungen festgelegt, die wiederum von dem umzuschlagenden Produkt und dem Typ der anlegenden Schiffe abhängen. Die Ermittlung der Belastungen der Tragstruktur stellt einen interaktiven Prozess zwischen

den Planern der Deck-Installationen („Top Works“) und der Brückenstruktur dar, wobei ein Unterschied zwischen Löschorrichtungen für flüssiges und trockenes Massengut gilt.

### 17.5.1 Laden und Löschen von Flüssiggut

Flüssiges Massengut kann mit Hilfe von Verladearmen oder Schlauchtürmen geladen werden. Beispielhafte Ausführungen sind im Bild E 223-7 dargestellt.



**Bild E 223-7:** links: Verladearme sowie Türme für Feuerlöschmonitor und Gangway, Gujairat (Indien) [Shell]; rechts: Gangway, Rotterdam [Cyclomedia Technology B.V.]

Der Abstand von Ladearmen für Flüssiggut untereinander variiert vorwiegend zwischen 3 m (Ladearme bis 12 Zoll Durchmesser) und 4 m (Ladearme bis 16 Zoll Durchmesser). Verladearme müssen ausreichend unterstützt werden, sowohl in Hinsicht auf die vertikale Tragfähigkeit aber auch gegenüber horizontalen Belastungen, um eine einwandfreie Funktion der Rotationsköpfe, z.B. auch bei hohen Windbelastungen, zu gewährleisten.

Während Verladearme generell bei großen Umschlaganlagen und entsprechend großen Schiffen mit hoher Ladekapazität eingesetzt werden, kommen bei kleineren Anlagen häufiger auch sogenannte Schlauchtürme zum Einsatz. Schlauchtürme sind weniger kostenintensiv und können für eine Reihe verschiedener Produkte Verwendung finden, wobei die Laderaten jedoch deutlich niedriger liegen. Der Koppelvorgang der Flanschverbindungen von Landleitung und Schiffsmanifold erfolgt dabei von Hand.

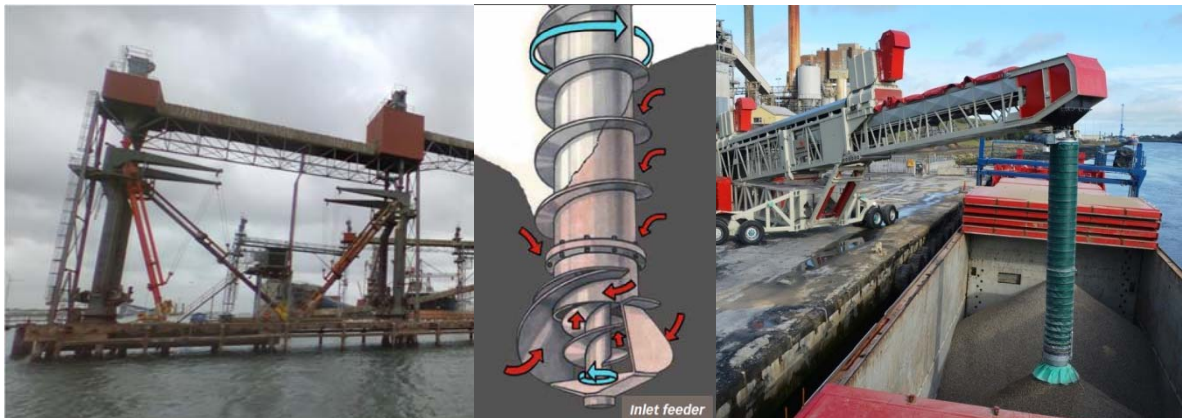
### 17.5.2 Laden und Löschen von trockenem Massengut

Das Beladen und Löschen von trockenen Schüttgütern erfolgt in der Regel durch einen Umschlagkran. Um alle Ladeklappen eines Massengutschiffes zu erreichen, werden hierzu fahrbare Kräne eingesetzt. Während der Beladevorgang meistens durch einen Füllstutzen stattfindet, erfolgt das Löschen von Massenschüttgut mit anderen technischen Vorrichtungen. Traditionell werden für das Entladen Greifer verwendet, die zuverlässig aber vergleichsweise langsam arbeiten. Alternativ können Eimerketten-Entlader zum Einsatz kommen. Unter der Voraussetzung, dass das Schüttgut relativ homogen ist und keine Verschmutzungen oder Verklumpungen aufweist, können auch Entladevorrichtungen mit Förderschnecke eingesetzt werden. Beispielhafte Ausführungen zu Lade- und Löschorrichtungen für trockenes Massengut sind in den Bildern E 223-8 und E 223-9 dargestellt.





**Bild E 223-8:** Verfahrbare Löschbrücken (links), Lumut (Malaysia) [BAM International] und Eimerketten-Entlader (rechts) [FLSmidth]



**Bild E 223-9:** Entladevorrichtung mit Förderschnecke (links) [Cyclomedia Technology B.V.; Siwertell] und Radialbelader (rechts) [Telestack]

Radiallader oder Linienlader werden ebenfalls häufig eingesetzt. Ein Radiallader benötigt einen abweichenden Unterbau, wie in Bild E 223-9 (rechts) ersichtlich. Der Kran selbst steht auf einer sogenannten Pivot Plattform, während der Ladebaum durch einen sichelförmigen Auflagerbalken nahe der Liegeplatzflucht unterstützt wird.

#### Literatur

- OCIMF: Mooring Equipment Guidelines. 3rd edition, 2008
- British Standard BS 6349: Maritime Structures
- Siwertell: High capacity ship unloaders. Prospekt 2012
- Telestack: [www.telestack.com](http://www.telestack.com), 04.2016