

meiden eine langfristige Kapitalbindung und bezahlen für das Gerät nur solange es gebraucht wird. Allerdings werden von den Containerreedereien nur die Bedarfsspitzen oder ein gewisser Prozentsatz ihres Bedarfs mit Leasing-Containern abgedeckt [Witthöft, 2000].

Zu den vielen Spezialbetrieben, die sich um den Container herum entwickelten, gehören auch die Unternehmen, die die *Depothaltung* betreiben sowie die für die Reparatur und Wartung der Boxen. Häufig liegen alle diese Tätigkeiten in einer Hand. Leistungsfähige *Depots* sind ein wichtiger Baustein in den Logistikkonzepten von Reedereien und Leasing-Gesellschaften. Sie sorgen mit dafür, dass die Kunden schnell und kostengünstig mit der richtigen Box beliefert werden können. Betrieben werden die Depots in unterschiedlichen Formen, etwa als eigenständige Firmen oder auch als Töchter von großen Reedereien oder Umschlagbetrieben. Angesiedelt sind die Depots in der Regel in den Häfen, in der Nähe der großen Umschlaganlagen sowie an Plätzen im Binnenland, wo produziert und exportiert wird. Da in vielen Ländern, und gerade in den meisten Industrieländern, Fläche gewöhnlich sehr teuer ist, werden dem Flächenbedarf der Depotbetreiber häufig dadurch Grenzen gesetzt. Sie gehen dann mit dem Einsatz entsprechenden Gerätes in die Höhe, d.h. sie stapeln die Container bis zu 9 Lagen übereinander. Ohne EDV-Einsatz ist es dabei nicht möglich, den gewünschten Container zur geforderten Zeit ohne Verzug „wiederzufinden“ sowie die schnelle Abwicklung von Administration und Dokumentation sicherzustellen.

Zu dem Dienstleistungsangebot der Containereigentümer gehören teilweise auch das Packen von Containern, die zolltechnische Abfertigung sowie die Organisation des Vor- und Nachlaufes. Darüber hinaus verfügen viele der großen Depots auch über Werkstätten für die Reparatur und die Wartung von Containern. Es ist sinnvoll, die Depothaltung sowie Reparatur und Wartung aus einer Hand anzubieten [Witthöft, 2000].

## **6.5.3      Aufbau eines Containerterminals**

### **6.5.3.1    Schematischer Aufbau (Funktionsbereiche)**

Ein Containerterminal ist - wie auch jeder andere Terminal - ein komplexes System, das nur richtig funktionieren kann, wenn der Aufbau so geplant wird, dass ein reibungsloses Laden und Löschen von Schiffen möglich ist. Ein Containerterminal besteht aus mindestens drei Funktionsbereichen:

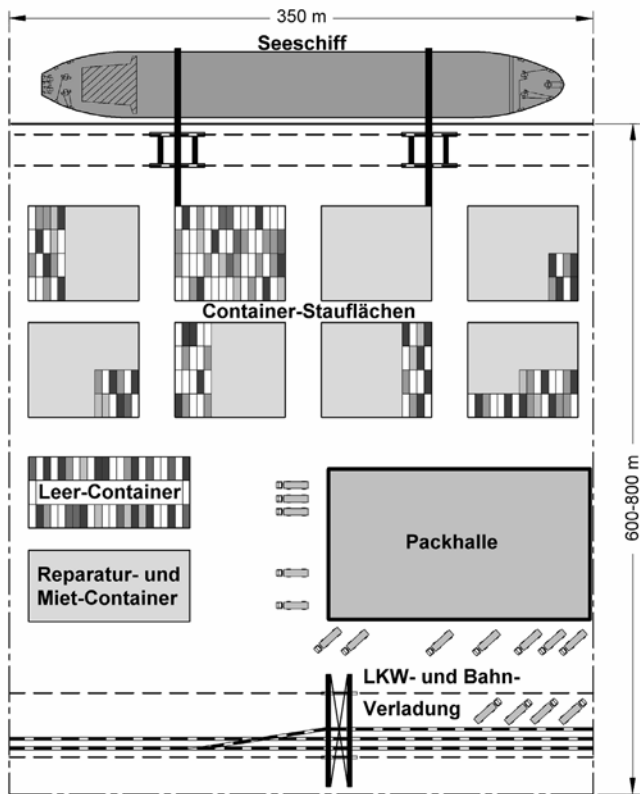
1. Umschlagbereich zwischen Schiff und Terminal (oder umgekehrt)
2. Lagerplatz = Container-Staufläche oder Container-Stapelfläche
3. Umschlagbereich zwischen Terminal und Landtransportmitteln.

Sind Container im *Port-to-Port-Verkehr* ein- und auspacken, ist noch ein vierter Funktionsbereich erforderlich. Dieser besteht aus Hallen, in denen Container be- und/oder entladen werden und die gleichzeitig als Warenlager dienen. Da heute viele Container im *Haus-zu-Haus-Verkehr*, das heißt ohne Umladen direkt vom Absender zum Empfänger transportiert werden, ist die Bedeutung dieses Bereiches

zurückgegangen. Er ist aber dennoch auf vielen Terminals vorhanden, die nicht zum Packen genutzten Flächen dienen als Lager. Bild 6.65 zeigt den schematischen Aufbau eines Containerterminals mit den vier Funktionsbereichen. Der Transport der Container zwischen den Funktionsbereichen erfolgt mit *Flurfördergeräten* (s. Abschn. 6.5.4.2).

Zur Gestaltung und Ausrüstung der Funktionsbereiche und ihrer Schnittstellen gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten. Abhängig ist die Wahl unter anderem von

- der Anzahl der umzuschlagenden Container
- der zur Verfügung stehenden Fläche
- der Art des Transportes der Container zwischen Binnenland und Seehafen



**Bild 6.65** Schematischer Aufbau eines Containerterminals mit seinen Funktionsbereichen  
[nach Becker et al., 1989, aktualisiert]

Unabhängig davon, welches Betriebssystem für einen Terminal gewählt wird, laufen in den einzelnen Funktionsbereichen ganz bestimmte Prozesse ab.

Im *ersten* Funktionsbereich (s. Abschn. 6.5.4) werden die Containerschiffe be- oder entladen. Während dies in den Anfängen der Containerschifffahrt hauptsächlich mit bordeigenen Hebezeugen geschah, haben heute auf mittleren und großen Terminals *Containerbrücken* diese Aufgabe übernommen. Nur in Häfen mit geringen Umschlagzahlen werden Container mit schiffseigenem Hebezeug, Kai- oder Mobilkranen gelöscht oder geladen.

Containerschiffe sind die einzigen Schiffe, die gleichzeitig be- und entladen werden können. Die Containerbrücke kann in Richtung Land vom Schiff löschen und auf dem Rückweg einen Container auf das Schiff verladen. Diese Vorgehensweise verlangt eine sehr gute Planung des Antransportes durch die Flurförderzeuge sowie der Sortierung und Stapelung auf dem Lagerplatz und im Schiff. Sie ist heute auf den großen Terminals Standard.

Der *Container-Lagerplatz (-Staufläche)* ist der *zweite* Funktionsbereich auf dem Terminal. Seine Aufgaben sind:

- Aufnahme der vom Schiff gelöschten Container und gleichzeitige Abgabe der zu verladenden Container
- Aufnahme von Exportcontainern, die von Bahn und LKW angeliefert werden und Abgabe von Importcontainern an diese

Diese Aufgaben fallen zeitlich meistens nicht zusammen. Daher ist das Containerlager eine Zwischenstation, in der die Container von wenigen Stunden bis zu mehreren Wochen verbleiben (*Dwell Time* = *Containerverweilzeit* auf dem Terminal). Es gibt verschiedene Möglichkeiten, diese Zwischenstation zu gestalten. Ist das Containerlager ein kompakter, relativ wenig Bodenfläche beanspruchender Stapel ohne Zwischenräume, wird es *Blocklager* genannt (Bild 6.66 und Bild 6.100). In diesem Fall übernehmen *Portalkrane*, so genannte *Transtainer* (s. Abschn. 6.5.4.3.1), die Stapelung der Container, die von Flurförderzeugen angeliefert werden.

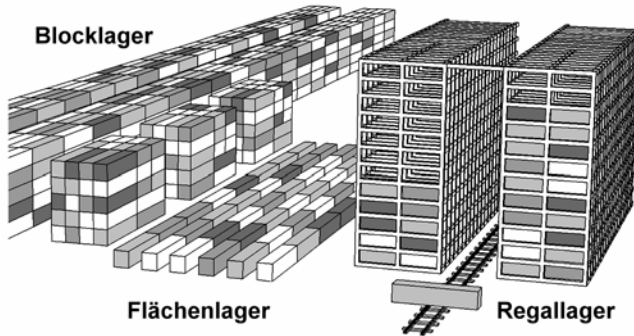
Eine zweite Variante ist das weitflächige, mit Flurförderzeugen wie z.B. *Straddle-Carriern* (s. Abschn. 6.5.4.2) bediente Flächenlager (Bild 6.66 und Bild 6.67). Das Lager verfügt über großzügige Verkehrswege und die Container lagern bis zu 4fach gestapelt, getrennt nach Export und Import sowie vorsortiert für die verschiedenen Landtransportmittel.

Die dritte, allerdings seltene Variante ist das Regallager (Bild 6.66), in das die Container durch Vertikal- und Horizontalförderer ein- und ausgelagert werden. Diese Art der Stapelung bietet sich vor allem für Terminals mit hohen Umschlagzahlen, aber sehr geringer Grundfläche an. Ein Beispiel dafür ist Hong Kong mit Hochregallager, die 12 Etagen aufweisen.

Die Gestaltung des *dritten* Funktionsbereiches wird durch die Art der Landtransportmittel bestimmt. Sind es hauptsächlich LKW, ist dieser Funktionsbereich oft räumlich in den zweiten integriert. Die LKW werden auf gesonderten Stellplätzen am Ende des Containerlagers oder auch mitten im Lager be- oder entladen, z.B. durch *Straddle-Carrier* oder *Portalkrane* (s. Abschn. 6.5.4.2 und 6.5.4.3). Erfolgt hingegen die Bahnverladung außerhalb des Containerlagers, so wird eine Querung der Gleise durch die Flurförderzeuge vermieden und dadurch die Effizienz sowie die Sicherheit auf dem Terminal erhöht. Die Be- und Entladung erfolgt

entweder direkt mit den anliefernden Flurfördergeräten oder durch die Gleise überspannende Portalkrane.

Die Aufnahme des Containerterminals Bremerhaven lässt die verschiedenen Funktionsbereiche deutlich erkennen (Bild 6.67), s. auch Abschn. 6.5.6.1.



**Bild 6.66** Containerlager: Blocklager, Flächenlager und Regallager  
[nach Lüscher et al., 1981]



**Bild 6.67** Aufnahme des Containerterminals Bremerhaven mit den verschiedenen Funktionsbereichen [bremenports GmbH, 2003]

Da nur ein fahrendes Schiff Geld einbringt, muss der Hafenaufenthalt möglichst kurz gehalten werden. Dies ist vor allem durch die schnelle Be- und Entladung des Schiffes zu erzielen. Um dies zu gewährleisten, sind auch die Funktionsbereiche optimal aufeinander abzustimmen.

Die Länge eines Containerterminals ist abhängig von der Anzahl vorgesehener Liegeplätze. In Hamburg Altenwerder wurde z.B. eine Liegeplatzplatzlänge von 350 m angesetzt. Die Tiefe des Terminals ist abhängig vom gewählten Betriebssystem, dessen Wahl auch entscheidend von der Größe der zur Verfügung stehenden Fläche beeinflusst wird. Sie beträgt beispielsweise in Hamburg Altenwerder 600 m, und bei dem in Wilhelmshaven geplanten Jade-Weser-Port 750 m. Als Anhaltswert können 600–800 m angesetzt werden.

### 6.5.3.2 Betriebssysteme

#### 6.5.3.2.1 Einflussfaktoren auf die Wahl des Betriebssystems

Einen erfolgreichen Containerterminal zu planen und zu betreiben ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Es wird zukünftig immer mehr darum gehen, die Betriebskosten zu senken, gleichzeitig aber den gebotenen Service und die Effizienz des Betriebes zu verbessern.

Die neuen, großen Containerschiffe, die derzeit gebaut werden und die noch größeren, die schon geplant sind und werden, stellen neue Herausforderungen an die Terminalbetreiber, die Effektivität und Geschwindigkeit der Be- und Entladevorgänge weiter zu steigern. Dies verlangt aber nicht nur immer größere und schnellere *Containerbrücken*, sondern auch leistungsstarke Geräte für den *Horizontaltransport*, die mit der Steigerung der Umschlagmenge der Containerbrücken mithalten können. Deshalb ist die richtige Wahl des Betriebssystems für einen Terminal von existenzieller Bedeutung.

Die Entscheidung für ein Betriebssystem hängt von folgenden Faktoren ab:

- Schiffsgröße
- zur Verfügung stehende Landfläche
- erforderliche Stapeldichte der Container pro Hektar (Gestaltung des Containerlagers)
- Kostengefüge (Löhne, Finanzierungsmöglichkeiten, Abgaben)
- angestrebte Containerbrückenproduktivität [TEU/Zeiteinheit]
- Gestalt des Terminals
- eventuelle Beschränkungen durch den Baugrund
- Umweltbedingungen wie Wind-, Eis- und Schneeverhältnisse
- mittlere Verweildauer der Container im Lager
- TEU-Faktor (1,6 bedeutet zum Beispiel, 60% aller Container sind 40 ft lang)
- Anteil Kühlcontainer
- Anteil Gefahrgutcontainer
- Anteil Leergutcontainer
- LCL- (Less than Containerload)-Anteil
- Reparaturcontaineranteil
- die infrastrukturellen Anbindungen an Schiene, Straße und Wasserwege

Bei der Vielzahl der geschilderten Einflussfaktoren wird deutlich, dass es nicht „den universellen, optimalen Container-Terminal“ geben kann.

Die gängigen Geräte zur Erfüllung der Aufgaben in den im Abschn. 6.5.3.1 erläuterten Funktionsbereichen sind:

- am Seeschiff:
  - Containerbrücken (Ship To Shore Cranes, STS-Cranes)
  - Kaikrane
  - Hafenmobilkrane (Mobile Cranes)
- für die Horizontaltransporte:
  - Portalhubwagen (Straddle-Carrier = Van-Carrier)
  - Zugmaschinen mit Chassis (Tractor/Trailer) oder Rolltrailer
  - Zugmaschinen mit Anhänger (Trailerzug = Tractor/Multitrailer)
  - Containerstapler
  - Reach-Stacker
  - Shuttle Carrier
  - fahrerlose Tieflader (Automated Guided Vehicles)
  - Automatic Guided Straddle-Carrier
  - Noell-LMTT-System (Linear Motor Transfer System)
- im Lagerbereich:
  - Portalhubwagen (Straddle-Carrier)
  - gummibereifte Stapelkrane (Rubber-Tyred-Gantry-Cranes, RTG)
  - schienengebundene Stapelkrane (Rail-Mounted-Gantry-Cranes, RMG)
  - Containerstapler = Front-Stapler (Fork Lift Trucks)
  - Ausleger-Stapler (Reach-Stacker)
  - Brückenlaufkrane (Overhead-Bridge-Cranes, OHBC)
- am LKW:
  - Portalhubwagen (Straddle-Carrier)
  - gummibereifte Stapelkrane (Rubber-Tyred-Gantry-Cranes, RTG)
  - schienengebundene Stapelkrane (Rail-Mounted-Gantry-Cranes, RMG)
  - Gabelstapler (Fork Lift Trucks)
  - Ausleger-Stapler (Reach-Stacker)
- im Bahnbereich:
  - Portalhubwagen (Straddle-Carrier)
  - schienengebundene Stapelkrane (RMG)
  - Ausleger-Stapler (Reach-Stacker)
- am Binnenschiff:
  - Containerbrücken
  - Kaikrane
  - Hafenmobilkrane

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass es bei den vorgenannten Geräten diverse Größen und Sonderformen gibt, z.B. Ein-Katz- oder Mehrfach-Katz-Containerbrücken, Portalstapler für 2-, 3- oder 4-hoch-Lagerung, Stapelkrane unterschiedlichster Höhe und Breite, Doppelstock-Chassis, Gabelstapler und Reach-Stacker mit verschiedenen Höhen und Tragfähigkeiten und unterschiedliche Kombinationen dieser Geräte, d.h. Mischsysteme, wird deutlich, welche Vielfalt von Gerätekombinationen möglich ist und untersucht werden muss, um das für die speziellen Rahmenbedingungen eines Terminals optimale Betriebssystem festzulegen [Poetzl, 2002].

Trotz der genannten Vielfalt gibt es jedoch einige Grundsysteme [Poetzl, 2002], die im Folgenden stichpunktartig mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen vorgestellt werden. Stellvertretend für die Umschlaggeräte am Schiff wurde dabei von der effizientesten Lösung, der Containerumschlagbrücke, ausgegangen.

Bedingt durch die Unterschiede der eingesetzten Geräte führt die Wahl des Betriebssystems zu sehr unterschiedlichen Terminallayouts.

#### 6.5.3.2.2 Straddle-Carrier-System (Portalstaplersystem)

- *Straddle-Carrier (Van-Carrier)* werden für alle Aktivitäten genutzt: Stapeln der Container, Transport auf dem Terminal und Be- und Entladen von LKW und Eisenbahn (Bild 6.68).
- Pro Containerbrücke werden 2–4 Straddle-Carrier benötigt.
- In einigen Fällen wird dieses System noch durch Stapler ergänzt, die im Lager die Leercontainer stapeln und die Straddle-Carrier von dieser Arbeit entlasten.
- Das Straddle-Carrier-System wird oft auf mittleren und großen Terminals eingesetzt. Die Lagerkapazität beträgt ca. 450 bis 500 TEU pro Hektar bei 3fach-Stapelung, wobei maximal 4fach-Stapelung möglich ist.

Vorteile:

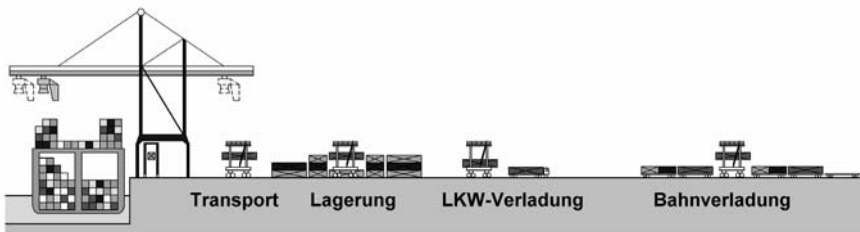
- Kein gebrochener Verkehr zwischen Containerbrücke und Containerlager bzw. zwischen Lager und LKW/Waggon.
- Hohe Produktivität der Containerbrücke. Diese kann kontinuierlich arbeiten, da ein Pufferbereich unter der Brücke vorhanden ist, in dem die Container direkt auf den Boden abgesetzt werden, dadurch keine Wartezeiten der Brücke auf Transportfahrzeuge (Bild 6.69).
- Hohe Anzahl gleichzeitig möglicher Containerbewegungen.
- Ausfall eines Portalstaplers hat vergleichsweise geringen Einfluss auf den Gesamtumschlag.
- Durch die relativ geringe Stapelhöhe wird eine gute Erreichbarkeit der einzelnen Container ohne großen Umstapelaufwand ermöglicht.
- Geringere Personalkosten durch die geringere Anzahl von Fahrzeugen im Vergleich zu dem Chassis-Systemen (s. 6.5.3.2.3).
- Keine Störung des Betriebes durch LKW, da diese außerhalb des Containerlagers be- und entladen werden.
- Das System ist flexibel bei Änderungen: Straddle-Carrier können auf dem Terminal leicht verlegt werden, wenn der Betriebsablauf dies erfordert und Verän-



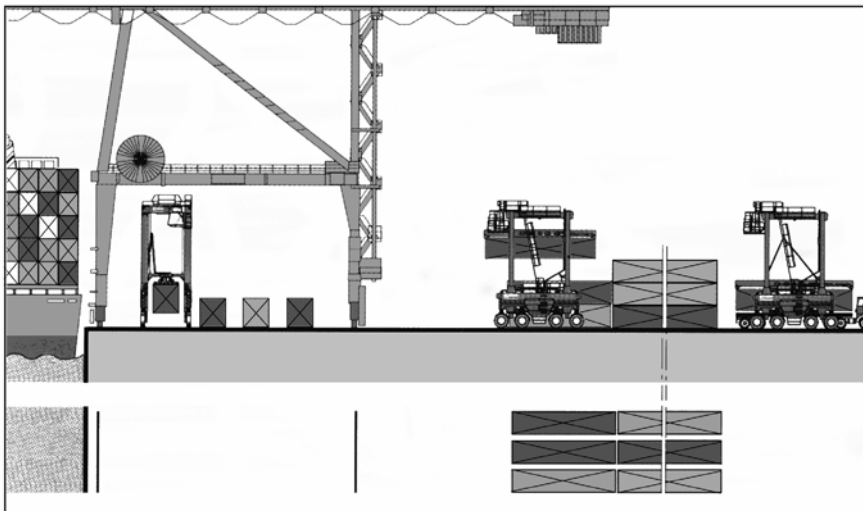
derungen der Terminalanlage sind ebenfalls sehr einfach, da keine vorgegebenen Fahrstraßen benötigt werden.

Nachteile:

- Hohe Anschaffungskosten für die Straddle-Carrier.
- Hohe Wartungs- und Energiekosten.
- Hohe Personalkosten im Vergleich mit Transtainern und AGV-System.
- Großer Flächenbedarf, da im Vergleich mit Transtainern niedrige Stapelhöhe und hoher Fahrweganteil.
- Bei langen Fahrstrecken sind die Straddle-Carrier als Transportfahrzeuge weniger geeignet, da sie im Gegensatz zu Zugmaschine/Chassis (s. u.) eine wesentlich geringere Höchstgeschwindigkeit haben und zudem teurer sind.



**Bild 6.68** Straddle-Carrier-System [nach Poetzl, 2002]



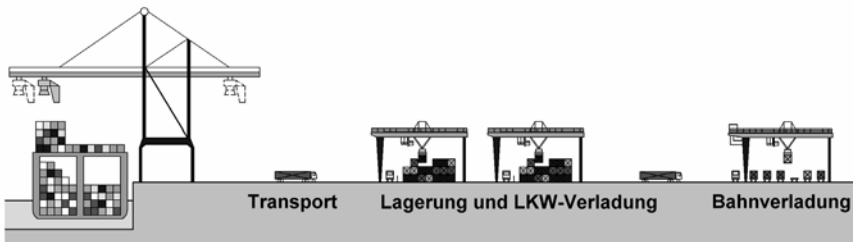
**Bild 6.69** Straddle-Carrier-System: Bedienung der Containerbrücke  
[nach Kalmar Industries, 2002]



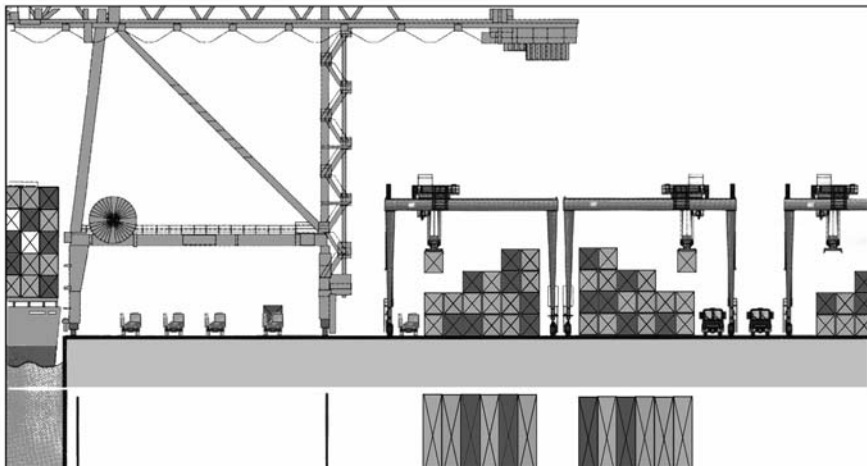
### 6.5.3.2.3 Gummibereifte Stapelkrane (Rubber-Tyred-Gantries)

#### 1. Rubber-Tyred-Gantries (RTG-System) mit Zugmaschinen-/Chassissystem

- Beim *RTG-System* werden die Horizontaltransporte durch terminaleigene und auch fremde Zugmaschinen mit Chassis oder Shuttle-Carrier (s. 6.5.3.2.4) durchgeführt, die die Container nahe ihrem Lagerort an den RTG übergeben bzw. von diesem übernehmen. Die RTG stapeln die Container ein/aus (Bild 6.70).
- Pro Containerbrücke werden zwei RTGs und vier bis fünf Zugmaschinen mit Chassis benötigt (Bild 6.71).
- Die Kapazität des Lagers liegt bei etwa 750 bis 800 TEU pro Hektar bei 4fach Stapelung, maximal möglich ist eine 8fach Stapelung.
- RTGs werden oft auf großen und sehr großen Terminals eingesetzt.



**Bild 6.70** Gummibereifte Stapelkrane (RTG-System) mit Zugmaschinen-/Chassissystem  
[nach Poetzl, 2002]



**Bild 6.71** RTG-System: Bedienung der Containerbrücke  
[nach Kalmar Industries, 2002]



<http://www.springer.com/978-3-540-20587-6>

Seehäfen

Planung und Entwurf

Brinkmann, B.

2005, XX, 524 S. 323 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-540-20587-6