

Containerlogistik



Aufgabe für das Finale der
Alympiade 2009

Garderen,
13. und 14. März 2009



getal en ruimte



Finale der Mathematik A-lympiade 2009:

Arbeitshinweise

Vorab:

- Lest zunächst die gesamte Aufgabenstellung durch, damit ihr einen Überblick darüber bekommt, was an diesem Wochenende alles zu tun ist.
- Verteilt Aufgaben, wo es möglich ist, und berätet gemeinsam, wo es nötig ist.
- Am Tisch der Kommission könnt ihr bei Bedarf allerlei Materialien, wie farbiges Papier, Scheren, A2-Bögen etc. erhalten.

Zeitplanung:

- Behaltet die Zeit im Blick, während ihr die unterschiedlichen Teilaufgaben bearbeitet.
- Richtet eure Planung so ein, dass ihr zeitig darüber nachdenkt, welche Daten ihr von der Beratungsstelle erhalten wollt. Die Liste mit den Daten muss spätestens am Freitag um 17:30 Uhr abgegeben sein.
- Plant für die Vorbereitung und Übung eurer Abschlusspräsentation am Samstag genügend Zeit ein!
- Samstagmittag um 13 Uhr müsst ihr eure Arbeit abgeben.

Einzureichen

Freitagabend: Die Liste mit den Daten, die ihr erfragen wollt.

Samstagmittag: Die Ausarbeitungen zu allen Aufgaben in Form einer Abhandlung. Diese Abhandlung muss unabhängig von der Aufgabenstellung gelesen werden können. Hängt die Liste mit den Daten als Anlage an.

Die Jury bekommt Kopien von eurer Ausarbeitung. Diese Kopien müssen durchweg gut lesbar sein. Schreibt deshalb mit schwarzem Stift und druckt nur im A4-Format. Zeichnungen, die ihr mit abgibt, müssen auch gut kopierbar sein und sollten deshalb nicht mit Bleistift angefertigt werden.

Beurteilung

Bei der Beurteilung wird unter anderem berücksichtigt:

- die Vollständigkeit der Antworten zu den unterschiedlichen Aufgabeteilen;
- die Darstellung der Berechnungen und die Vorgehensweise;
- die Effizienz der ausgearbeiteten Fahrtenpläne;
- der Gebrauch von Mathematik;
- die verwendete Argumentation und die Begründung der getroffenen Entscheidungen;
- der Tiefgang, mit dem die unterschiedlichen Aufgaben beantwortet wurden;
- die Präsentation: Form, Lesbarkeit, grafische Veranschaulichung usw.;
- die Originalität und Kreativität.

Containerlogistik



Abb. 1:
Containerumschlagplatz,
van Ceres Paragon Terminal
in Amsterdam

Einleitung

Viele Güter werden in Containern verschickt. Ein Teil dieser Fracht wird auf Schiffen transportiert. Sobald ein Containerschiff im Hafen ankommt, beginnt das Löschen (Entladen) und Beladen des Schiffes. Dies muss natürlich so schnell wie möglich geschehen. Die Kräne am Kai holen die Container vom Schiff und setzen sie neben dem Schiff wieder ab. Ein spezieller Gabelstapler, der sogenannte *Straddle Carrier*, hebt die Container auf und bringt sie auf einen Umschlagplatz, den sogenannten *Containerterminal*. Der Containerterminal setzt sich aus mehreren Lagerblöcken zusammen. Der Gabelstapler kann immer nur einen Container gleichzeitig transportieren (siehe Abbildung 2).



Abb. 2:
ein Straddle Carrier in Aktion

Ein Containerterminal hat eine *Seeseite* und eine *Landseite*. Im Containerterminal (siehe Abbildung 1) stehen die Container in Reihen, zwischen denen gerade genug Platz für die Räder des Straddle Carrier bleibt. Der Straddle Carrier fährt jedoch „über die Container hinweg“, wie ihr auch im Einleitungsfilm beobachten könntet. An einem festen Ort außerhalb des Containerterminals werden die Lastwagen beladen. Meistens sind dabei mehrere Straddle Carrier gleichzeitig im Einsatz. Den gesamten Vorgang (Löschen, Umschlag und Beladen) nennt man *Containerumschlag*. Dieser Umschlag muss hinsichtlich der Dauer und der Kosten so effizient wie möglich organisiert werden.

In dieser Aufgabe geht es darum, den Containerumschlag so effizient wie möglich zu gestalten.

Einstieg

Zum Einstieg werdet ihr eine vereinfachte Situation untersuchen. In Abbildung 3 seht ihr eine schematische Darstellung eines Lagerblockes im Containerterminal. Man erkennt Container, die heraustransportiert werden müssen, sowie freie Plätze, auf denen Container abgesetzt werden sollen. In der Anlage findet ihr diese Abbildungen vergrößert und in Farbe vor. Der Lagerblock besteht aus sechs Reihen mit jeweils neun Plätzen, auf denen ein Container abgesetzt werden kann. Insgesamt können auf diesem Block also 54 Container abgesetzt werden. Am Anfang und am Ende einer jeden Reihe befinden sich die *Umschlagpunkte*. Container, die aus dem Lagerblock kommen, werden dort abgesetzt. Container, die in den Containerterminal gelangen sollen, stehen dort bereit. (Vorsicht, die Zeichnung ist nicht maßstabsgetreu: In einem Umschlagpunkt können mehrere Container stehen.)

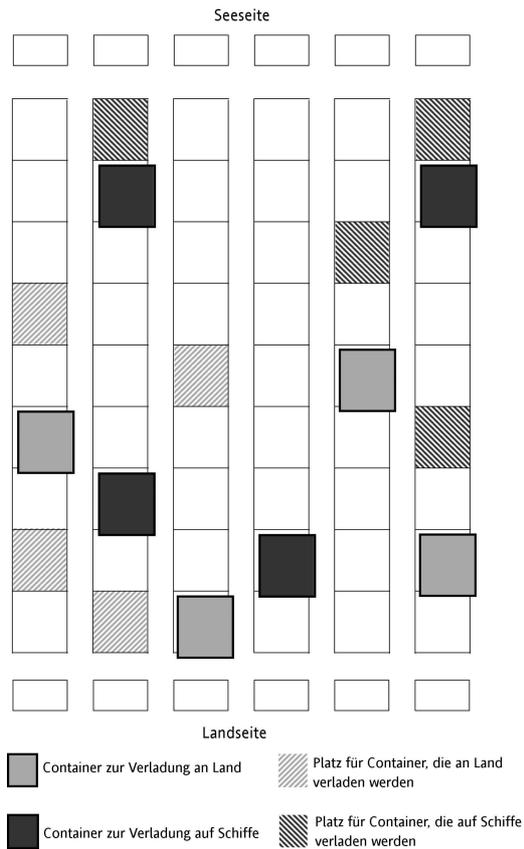


Abb. 3:
schematische Darstellung eines Containerterminals

Für den Containerumschlag sind nun vier unterschiedliche Bewegungen von Bedeutung:

- von der Seeseite, gerade aus dem Schiff gelöscht, in den Containerterminal hinein: Die entsprechenden Container werden auf den blau schraffierten Flächen abgestellt.
- von der Landseite, gerade vom LKW antransportiert, in den Containerterminal hinein: Die entsprechenden Container werden auf den grün schraffierten Flächen abgestellt.

In der Fachsprache werden diese Bewegungen als *Terminalimporte* bezeichnet.

- aus dem Containerterminal zur Seeseite, um auf das Schiff geladen zu werden: Die entsprechenden Container sind blau eingezeichnet.
- aus dem Containerterminal zur Landseite, um auf einen LKW geladen zu werden: Die entsprechenden Container sind grün eingezeichnet.

In der Fachsprache werden diese Bewegungen als *Terminalexporte* bezeichnet.

Eine der oben beschriebenen Bewegungen kann z. B. folgendermaßen ablaufen: Der Straddle Carrier beginnt seine Route am Umschlagpunkt links unten. Dort stehen zwei Container bereit, die in den Containerterminal hinein müssen. In der Reihe, in welcher der Straddle Carrier fährt, steht ein Container, der an die Landseite gebracht werden muss. Der Straddle Carrier kann in einer Reihe hin und her fahren. Er kann nur in eine andere Reihe wechseln, indem er eine Reihe ganz bis zum Ende durchfährt und dann dreht. Drehen kostet mehr Zeit, als eine Vor- und Zurückbewegung zwischen zwei Containern einer Reihe.

Aufgabe 1

In der Abbildung 3 sind acht Terminalimporte und acht Terminalexporte dargestellt. Dies sind die Aufträge für den Straddle Carrier. Ein Straddle Carrier allein wird diese Arbeit ausführen. Der Straddle Carrier beginnt und beendet seine Arbeit am Umschlagpunkt links unten.

Stellt für den Straddle Carrier einen möglichst effizienten Fahrtenplan auf, um die vorgegebenen Terminalimporte und -exporte auszuführen. Erläutert den Fahrtenplan klar und deutlich und begründet, weshalb er so effizient wie möglich ist. Achtet darauf, dass aus dem Plan alle Aktionen deutlich hervor gehen.

Weitere Überlegungen

In Aufgabe 1 kennt ihr bereits die Stellen, an denen Container für den Terminalimport abgesetzt werden müssen. Die Container stehen auch an den unterschiedlichen Umschlagpunkten bereit. In der folgenden Aufgabe werdet ihr diese Plätze selbst festlegen.

Außerdem könnt ihr die Container übereinander setzen. Die Straddle Carrier sind hoch genug, um einen Container über maximal zwei übereinander gestapelte Container hinweg zu heben. Auf diese Weise verdoppelt sich die Kapazität des Containerterminals. Es kann allerdings vorkommen, dass ein Container, der unten steht, heraustransportiert werden muss, der darüberliegende Container aber nicht. In diesem Fall müssen der obere Container innerhalb des Terminals umgesetzt werden. Diese Aktion nennt man *umziehen*.

In der Abbildung 4 ist ein Containerterminal mit acht Reihen und sechs Plätzen pro Reihe abgebildet. Auch diese Zeichnung findet ihr vergrößert in der Anlage vor.

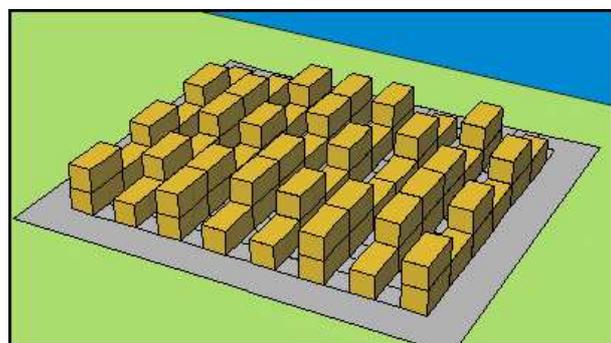
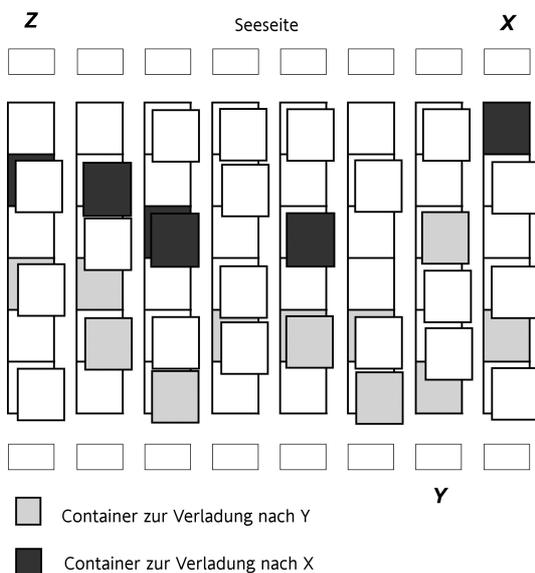


Abb. 4:
Terminal mit Containern in 3D-Darstellung

Schiffe legen an, um gelöscht oder beladen zu werden (bei X und Z). Dies geschieht mit Hilfe von zwei Kränen am Kai. Solch ein Kran kann immer nur einen Container gleichzeitig bearbeiten. LKW fahren zum Be- und Entladen zum Punkt Y.

Ein Schiff mit hundert Containern hat bei X angelegt. Folgende Aktionen müssen durchgeführt werden:

- Zwölf Container müssen vom Schiff gelöscht und bei X in den Terminal importiert werden: Zwei dieser Container müssen in der Nähe der Seeseite gelagert und zehn Container in der Nähe der Landseite abgestellt werden. Die genauen Einlagerungsplätze für diese Container sind nicht weiter spezifiziert. Sie können noch bestimmt werden.
- Zwölf Container, die an der Landseite gelagert sind, müssen mit LKW bei Y abtransportiert werden. Sind sind in der Abbildung 4 grün eingezeichnet.
- Sechs Container auf der Seeseite müssen aus dem Terminal exportiert und zu einem Schiff bei Z verfrachtet werden. Diese Container sind in der Abbildung 4 blau eingezeichnet.

Die Kräne am Kai können die Container nur an einer ganz bestimmten Stelle neben dem Schiff absetzen. Solche Stellen sind durch X und Z angegeben. Damit das Löschen (und Laden) eines Schiffes zügig und kontinuierlich verläuft, müssen die Container also sofort vom Löschplatz wegtransportiert werden. Dies übernehmen die Straddle Carriers. Für das Beladen eines Schiffes gilt dies genauso: Der Kran auf dem Schiff bei Z muss kontinuierlich Container auf das Schiff laden. LKW-Fahrer wollen ebenfalls nicht allzu lange auf ihre Container warten.

In dieser Situation reicht ein einzelner Straddle Carrier vermutlich nicht aus. Durch den Einsatz mehrerer Straddle Carriers kann der Containerumschlag so geplant werden, dass die Kräne am Kai kontinuierlich ausladen können. Der Einsatz der Straddle Carriers ist natürlich mit Kosten verbunden.

Aufgabe 2

Untersucht, wie viele Straddle Carriers in der oben beschriebenen Situation für einen möglichst effizienten Containerumschlag notwendig sind. Erstellt für die einzusetzenden Straddle Carriers Fahrtenpläne und berechnet die Dauer und die Kosten des gesamten Containerumschlags. Im weiteren Text erfahrt ihr, wie ihr an die notwendigen Informationen gelangt.

TIPP: Solange euch die benötigten Daten noch nicht vorliegen, erstellt schon einmal einen Plan, so dass ihr die Kosten sofort berechnen könnt, sobald ihr eure Informationen erhalten habt.

Die Beratungsstelle

Um die oben formulierte Aufgabe „durchrechnen“ zu können, benötigt ihr natürlich Daten. Diese erhaltet ihr am Freitag in folgender Weise an der Beratungsstelle:

- Erstellt eine Liste der Daten, die ihr benötigt. Diese Daten können Zahlenmaterial (z. B. ein Abstand oder eine Fahrzeit etc.) oder auch die Antwort auf eine ja-oder-nein-Frage sein.

- Ihr könnt höchstens zehn Daten anfordern.
- Gebt eure Wunschliste am Freitagmittag vor 17:30 Uhr bei Aldine oder Iris ab. Alle erhalten ihre gewünschten Daten vor 19:30 Uhr.
- Am Freitagabend ist die Beratungsstelle zwischen 20:00 Uhr und 21:30 Uhr geöffnet. Ein Teammitglied kann dann zu einem vorher zugeteilten Zeitpunkt fünf Minuten lang an der Beratungsstelle Informationen erfragen.

Abschließende Überlegungen

Wie bereits in der Einleitung dargestellt wurde, ist der Containerumschlag nur ein kleiner Teil der gesamten logistischen Kette vom Lieferanten bis zum Kunden. Die Optimierung der Wege für die Straddle Carriers, welche die Aufträge für den Terminalimport und -export ausführen, trägt zur Verbesserung der Effizienz des gesamten Umschlagprozesses im Containerterminal bei. Dies spart Zeit und Geld. Durch den Einsatz mathematischer Modelle und Berechnungen können noch mehr Prozesse im Terminal optimiert werden. Demnach wird ein Fortschritt in der Optimierung der gesamten Logistikkette in großem Maßstab Einsparungen erbringen, die in diesen Zeiten der Wirtschaftskrise von großer Bedeutung sein können.

Abschlussauftrag

In der Anlage findet ihr eine schematische Darstellung der Situation im Containerterminal. Beschreibt kurz für jedes der nummerierten Felder in dem Diagramm, welche Möglichkeiten zur Optimalisierung ihr in dem jeweiligen Prozess erkennt. Beantwortet dabei immer beispielsweise die folgenden Fragen:

Welche Prozesse im Containerterminal selbst könnt ihr noch weiter optimieren? Gebt zu jedem Prozess im Diagramm an, wie die Optimierung realisiert werden soll. Gebt auch an, welche Informationen und Berechnungen dazu nötig sind und welche positiven und negativen Folgen sich für die gesamte Kette ergeben.

Präsentation

Im Laufe des Wochenendes wird euch eine Frage ausgehändigt. Ihr sollt dazu eine Antwort formulieren, die ihr exakt zwei Minuten lang vortragt. Dazu ist einige Übung erforderlich. Jede Frage wird an zwei Teams gestellt. Die Fragen sind in der Weise zusammengestellt, dass die Anwesenden bei der Präsentation einen guten Gesamteindruck der Aufgabe bekommen.

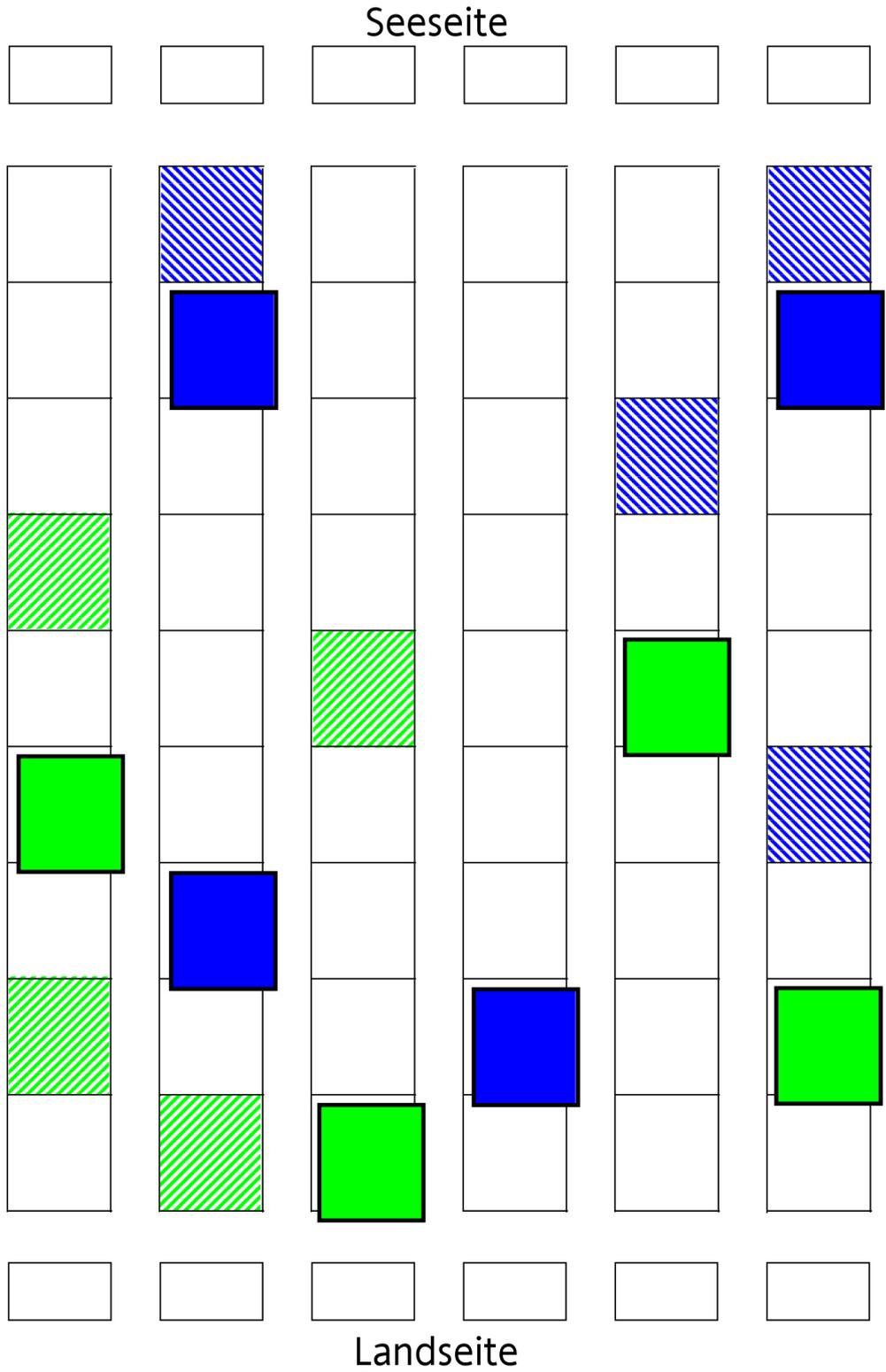
Impressum:

Alympiadekommission: Tom Goris, Dd de Haan, Aldine van der Ham - Aaten, Willem Hoekstra, Matthias Lippert, Johan van de Leur, Ruud Stolwijk, Iris Vis en Monica Wijers.

Mit Dank an Dr. Iris F. A. Vis, Universitair Hoofddocent Logistiek aan de Vrije Universiteit Amsterdam, Faculteit der Economische Wetenschappen en Bedrijfskunde. Aufgabe 1 basiert auf: Vis, I.F.A. and Roodbergen, K.J. (2009), Scheduling of container storage and retrieval, Operations Research, forthcoming. Zie ook <http://www.irisvis.nl/container/>

Fotos und Zeichnungen: Tom Goris (Titel, Abbildungen 3,4,5), Ceres Paragon terminals, Amsterdam (Abbildung 1), www.usatoday.net (Abbildung 2), Iris Vis (Anlage 3)

Anlage 1



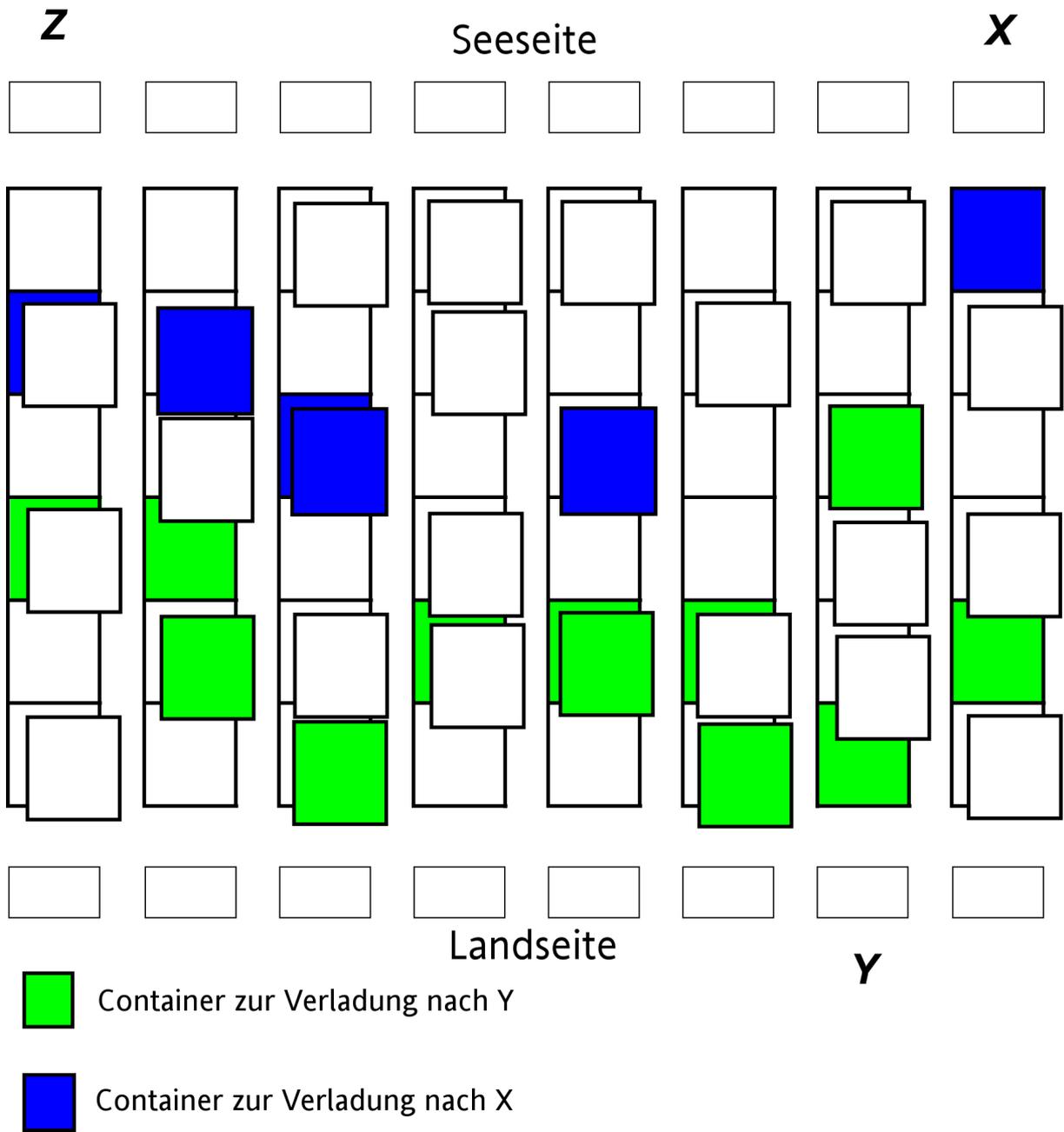
 Container zur Verladung an Land

 Platz für Container, die an Land verladen werden

 Container zur Verladung auf Schiffe

 Platz für Container, die auf Schiffe verladen werden

Anlage 2



Anlage 3:

Schematische Übersicht über alle logistischen Prozesse im Containerterminal

