

530 | März 1993

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

Harald Poehls

Vergleichende Zeitmessungen beim Container-Umschlag

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

Vergleichende Zeitmessungen beim Container-Umschlag

Harald Poehls, Hamburg, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1993

ISBN: 3-89220-530-2

© Technische Universität Hamburg-Harburg
Schriftenreihe Schiffbau
Schwarzenbergstraße 95c
D-21073 Hamburg

<http://www.tuhh.de/vss>

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 530

Vergleichende Zeitmessungen beim Container-Umschlag

Harald Poehls

März 1993

"Bau und Betrieb von Containerschiffen"

STG-Sprechtag am 4.12.92 in Hamburg

Vortragsthema:

"Vergleichende Zeitmessungen beim Container-Umschlag"

Harald Poehls
Institut für Schiffbau
der Universität Hamburg

1. Problemstellung

Angesichts des wachsenden Wettbewerbsdrucks in der internationalen Containerschiffahrt sind in den letzten Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen worden, um durch neue Entwurfskonzepte die Produktivität von Containerschiffen zu verbessern. Sicherlich sind zahlreiche verschiedene Möglichkeiten denkbar, um die Produktivität verschiedener Schiffsentwürfe unter praktischen Betriebsbedingungen miteinander zu vergleichen. Letztlich werden bei gegebenem Ladungsaufkommen bzw. gegebenen Frachteinnahmen eines Schiffes stets dessen Betriebskosten von ausschlaggebender Bedeutung sein - wobei es nicht immer leicht ist, die Randbedingungen bei der Kostenentstehung vergleichbar zu halten. Insgesamt ist bekanntlich die Kostensenkung ganz allgemein der Antriebsmotor neuer Entwicklungen.

In der vorliegenden Untersuchung wird nur ein sehr schmaler Sektor aus diesem komplexen Feld näher untersucht: die entwurfsbezogene Umschlagszeit von Containern verschiedener Typen moderner, großer Vollcontainerschiffe. Die kostenmäßige Bewertung dieser Zeitmessungen kann dagegen hier nicht erfolgen und sollte der Schiffahrt und den Terminals überlassen bleiben.

Hauptziel der durchgeführten Zeitmessungen ist der Vergleich folgender Schiffstypen:

- Panmax-Containerschiffe ohne Lukendeckel ("Open-top" Containerschiffe) mit 11 Containerstapeln nebeneinander unter Hauptdeck
- Post-Panmax-Containerschiffe mit Breite größer als 32,2 m und mit Lukendeckeln
- Panmax-Containerschiffe mit 11 Containerstapeln nebeneinander im Laderaum und mit Lukendeckeln
- Konventionelle Panmax-Containerschiffe mit 10 Containerstapeln nebeneinander im Laderaum und mit Lukendeckeln

Nebenergebnis der Untersuchung ist die Feststellung folgender, zum Teil entwurfsbezogener Einflüsse auf die Umschlagszeit der Container:

- Verwendung verschiedener Twistlocks
- Ausrüstung der Schiffe mit verschiedenen Einweisersystemen der Container-Führungsschienen
- Unterschiede zwischen 20' und 40' Containern
- Unterschiede zwischen Import- und Export-Containern
- Einfluß der Kranzeiten für die Bewegung von Lukendeckeln und Laschkörben
- Einfluß der üblichen Stauung von 2 x 20' Containern in 40' Bays
- Unterschiede zwischen Containern auf Lukendeckeln und im Laderaum
- Einfluß von Containerblöcken auf Deck, über die Import-Container von der Wasserseite des Schiffes zum Kai gehoben werden müssen bzw. Export-Container umgekehrt.
- Vergleich der entwurfsbezogenen mit der terminalbezogenen Umschlagszeit (Definition siehe Abschnitt 2.).

Das Ergebnis der Zeitmessungen ist jeweils ein auf den Meßergebnissen beruhender, einfacher Algorithmus, mit dem der entwurfsbezogene Zeitbedarf für den Umschlag jedes Einzelcontainers in definierter Stauposition auf dem Schiff sowie die Gesamtzeit für das Be- oder Entladen einer ganzen Bay von 20' oder 40' Containern bestimmt werden können. Durch diese Algorithmen, die für Rechneranwendung leicht programmiert werden können, sind quantitative Vergleiche der oben genannten Einflußfaktoren verschiedener Schiffstypen möglich. Eine erhebliche Steigerung der Genauigkeit ließe sich durch eine präzise, mit den Seilführungen der Kräne gekoppelte, eventuell automatisierte Meßtechnik erreichen, die allerdings kostspielig wäre.

Die Untersuchung stützt sich auf Zeitmessungen, die in den Monaten Oktober und November 1992 für insgesamt 1170 Container (751 à 20' ; 419 à 40') der weiter unten angegebenen Schiffe an den Hamburger Terminals H H L A (Hamburger Hafen- und Lagerhaus AG) und E u r o k a i KG a.A. durchgeführt wurden, wobei pro Container 7 Teilzeiten des Zyklus bei Laderaumcontainern bzw. 5 bis 6 Teilzeiten bei Deckscontainern gemessen wurden. Die Unterteilung des Umschlagszyklus in mindestens 7 Teilzeiten war notwendig geworden, nachdem sich in Voruntersuchungen herausgestellt hatte, daß eine Unterteilung in nur 4 Teilzeiten wegen der zu stark streuenden Meßwerte zu praktisch unbrauchbaren Ergebnissen führt. Es müssen also die stärker stochastisch beeinflussten Teilzeiten, insbesondere die Zentrierungszeiten, von den übrigen Teilzeiten getrennt werden.

Beiden genannten Firmen sei an dieser Stelle ausdrücklich für die hervorragende Unterstützung gedankt, ohne die diese Messungen nicht möglich gewesen wären.

2. Randbedingungen

Ziel der Untersuchungen ist der Vergleich von Entwurfsalternativen hinsichtlich des Zeitbedarfs für den Containerumschlag. Daher mußten bei den Zeitmessungen nach Möglichkeit alle terminalseitigen Einflüsse auf die Umschlagszeit eliminiert werden. Gerade diese betrieblichen Randbedingungen eines Containerterminals machen die Messung der Umschlagszeiten oft schwierig und äußerst aufwendig, so daß die bereits erwähnten 1170 Container, die für die Auswertung geeignet waren, nur etwa die Hälfte der tatsächlich untersuchten Containerzahl darstellen.

Demnach ist folgende Definition wichtig:

- Die nominelle, entwurfsbezogene Umschlagszeit ist die ideale ("Netto"-) Umschlagszeit, die (soweit möglich) keine terminalbedingten Zusatzzeiten enthält und die Gegenstand dieser Untersuchung ist.
- Die effektive, terminalbezogene Umschlagszeit dagegen ist die tatsächliche ("Brutto"-) Umschlagszeit einschließlich aller terminalseitigen Stör-, Warte- und Checkzeiten (jedoch ohne Pausenzeiten und andere Zeiten), die für die Liegezeit eines Schiffes am Terminal bestimmend ist. Sie beträgt je nach Betrachtungszeitraum und betrieblichen Randbedingungen zwischen dem 1,05-fachen und dem mehr als zweifachen der entwurfsbezogenen, idealen ("Netto"-) Umschlagszeit. Durch Vergleich der tatsächlichen Kranspielzeiten mit der laufend protokollierten Uhrzeit kommt man zu dem Ergebnis, daß der Faktor im Mittel etwa die Größenordnung von 1,5 bis 1,7 hat.

Folgende terminalseitigen, durch Verzögerungen verursachten Zusatzzeiten müssen daher von der vorliegenden Untersuchung ausgeschlossen, d.h. dürfen nicht mitgemessen werden:

- Es muß ein "normaler, zügiger" Arbeitsablauf von etwa 30 bis 40 Cont. pro Stunde und Brücke zugrunde gelegt werden, also weder seltene absolute Höchstleistungen, die sich stets nur kurze Zeit aufrechterhalten lassen (ca. 45 bis 55 Cont. pro Stunde und Brücke), noch eine schleppende Abfertigung (ca. 10 bis 20 Cont. pro Stunde und Brücke), die sich aus folgenden Gründen ergeben kann:
 - weniger als die üblichen drei Van Carrier bzw. Chassis pro Brücke sind verfügbar;
 - weite Wege der Van Carrier bzw. Chassis zur Abstellposition der Container auf dem Terminal sind erforderlich;
 - Einsatz wenig bzw. nicht geübter Brückenfahrer;
 - Stückgutumschlag verschiedenster Art;
 - ungünstige Witterung wie starker Wind oder Nebel;
 - technische Störungen der Brücke, die deren Funktion beeinträchtigen, ohne sie zu beenden.

Erfahrungsgemäß sind unter diesen Gesichtspunkten die sogenannten "Pensum"-Schichten (meist in der Nacht) für Zeitmessungen am geeignetsten, d.h. Schichten, in denen das Pensum einer bestimmten Containerzahl pro Brücke und Schicht festliegt und es der Gang (Mannschaft) überlassen bleibt, in welcher (kürzeren) Zeit sie die Containerbewegungen erledigt.

- Zeiten für das Checken von Import-Containern auf Schäden und für den Datenfunk: häufig wird der Container zum Checken zwischen die Fahrwerke der Brücke abgesenkt; da dort jedoch die Sicherheit des Personals bezüglich Van Carrier-Betrieb nicht gewährleistet ist, muß der Container erneut gehoben und außerhalb der Brückenfahrwerke für den Abtransport mittels Van Carrier auf den Kai gestellt werden.
- Zeiten für das Verfahren der Brücke, für Verstellen oder Wechseln des Spreaders sowie alle Pausenzeiten.

Auch wenn die vorstehenden terminalseitigen (größeren) Zusatzzeiten von den Zeitmessungen ausgeschlossen bleiben, sind dennoch folgende (kleinere) Einflüsse in den gemessenen Umschlagszeiten enthalten, so daß diese gemittelt werden müssen:

- Auch geübte Brückenfahrer haben untereinander deutlich verschiedene Fahrweisen, wie z.B. Reaktionsschnelligkeit beim Ausnutzen der Pendelbewegungen des Spreaders oder verschiedene Bahnkurven des Spreaders durch verschiedene, gleichzeitige Kombination von Heben/Senken und Katzfahren des Spreaders;
- Auch geübten Brückenfahrern gelingt nicht immer auf Anhieb das schwierige, große Geschicklichkeit erfordernde Zentrieren des Spreaders mit bzw. ohne Container in die Einweiser der Zellführungen, auf die Eckbeschläge des Containers, auf das kaisseitige Chassis oder auf die Container-Fußpunkte auf den Lukendeckeln, so daß sich von Zeit zu Zeit immer wieder besonders große entsprechende Teilzeiten ergeben, deren Häufigkeit vom Fahrer, vom Einweisersystem, von der technischen Ausstattung (Steuerung) der Brücke und von den Windverhältnissen abhängt.
- Je nach der technischen Ausstattung der Brücken sind die maximalen Hub-/Senkgeschwindigkeiten und Katzfahrgeschwindigkeiten verschieden und werden auch von den Brückenfahrern verschieden genutzt.
- Die Containergewichte sind sehr verschieden (von ca. 4 t bis über 30 t) und beeinflussen die Hub-/Senkgeschwindigkeit, wenn auch nicht sehr stark.
- Bei sehr hohen Deckslagen der Container und insbesondere bei lukendeckellosen Schiffen mit ihren hohen Zellführungsgerüsten können bei Hochwasser und/oder geringem Schiffstiefgang die Hubwerte der Brücken in den Endlagenbereich kommen, in denen aus Sicherheitsgründen automatisch eine wesentlich geringere Hubgeschwindigkeit erzwungen wird.

- Während des Ent- und Beladens der Schiffe ändert sich laufend sowohl der Tidenwasserstand im Hamburger Hafen (Unterschied zwischen hoch und niedrig ca. 3 bis 4 m alle 12 Stunden) als auch der Schiffstiefgang (Unterschied ca. 1 bis 2 m), so daß die vertikalen Transportstrecken der Container sich laufend ändern.
- Die Import- und Export-Container werden von der Brücke auf wechselnden Kai-Spuren innerhalb und außerhalb der Brückenfahrwerke je nach Situation aufgenommen bzw. dort abgestellt, so daß die horizontalen Transportstrecken der Container verschieden sind; horizontale Abstände zur Schiffsseitenwand: ca. 9 m Spur I, ca. 18 m Spur II, ca. 27 m Spur III.

Diese vorstehenden (kleineren) Einflüsse können bei akzeptablem Aufwand nicht aus den Meßzeiten ausgeschlossen werden und sind daher implizit darin enthalten. Aus diesem Grunde ist stets eine Mittelung der entsprechenden Meßwerte vorzunehmen; der jeweilige Mittelwert ist um so aussagekräftiger ("genauer"), je größer die Anzahl der beteiligten Meßwerte ist. Auf eine statistische Auswertung wurde bewußt verzichtet, weil sie im untersuchten Zusammenhang nicht wesentlich erscheint.

3. Meßverfahren

Das Meßverfahren ist einfach: die Stoppuhr durchläuft jeweils einen vollen Bewegungszyklus vom Anheben des Import- bzw. Export-Containers bis zur Rückkehr des leeren Spreaders zum nächsten Container. Dabei werden entsprechend den Bewegungsskizzen auf Seite 6 folgende Zwischenzeiten abgelesen und auf den Datenblättern (Seite 6) notiert:

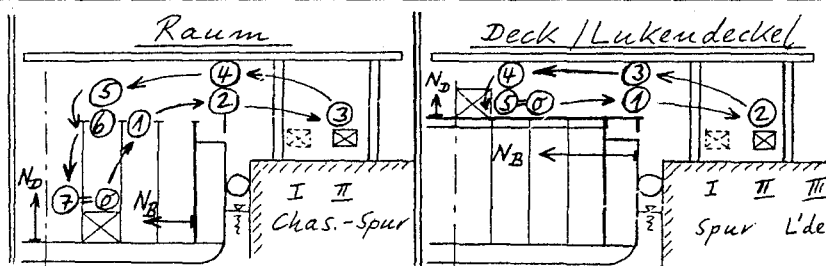
Import, Laderaum-Container:

- Zeit ① : Beginn des schiffsseitigen Hubvorganges des Containers im Laderaum
Zeit ① : Passieren des Containerbodens durch die Einweiser der Zellführungen
Zeit ② : Passieren der Containermitte über der kaiseitigen Außenwand des Schiffes
Zeit ③ : Ende des kaiseitigen Absenkvorganges des Containers
Zeit ④ : Passieren der Mitte des leeren Spreaders über der kaiseitigen Außenwand des Schiffes
Zeit ⑤ : Ankuft des leeren Spreaders über den Einweisern der Zellführungen, Beginn des Zentrierungsvorganges
Zeit ⑥ : Ende des Zentrierungsvorganges, Beginn des schiffsseitigen Absenkvorganges des leeren Spreaders im Zellenschacht
Zeit ⑦ : Ende des schiffsseitigen Absenkvorganges des leeren Spreaders im Zellenschacht, Beginn des nächsten Hubvorganges

[illegible]

Bay Nr.

Import (Löschen)

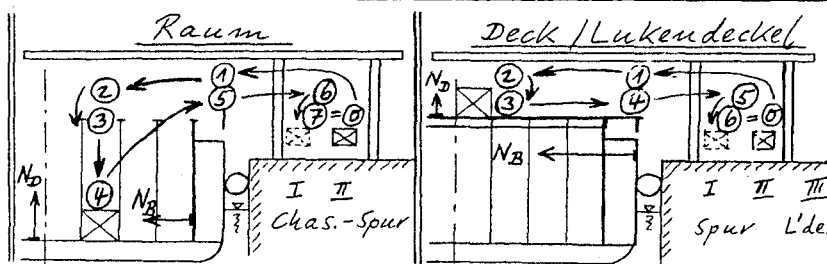
Ветеркинем:

Trimm:
Krängung:
Wetter:

[illegible]

Bay Nr.

Export (Laden)



Ветеркинем:

Trimm:
Krängung:
Wetter:

Import, Deck-Container:

- Zeit ① : Beginn des schiffsseitigen Hubvorganges des Deck-Containers
Zeit ② : Passieren der Containermitte über der kaiseitigen Außenwand des Schiffes
Zeit ③ : Ende des kaiseitigen Absenkvorganges des Containers
Zeit ④ : Passieren der Mitte des leeren Spreaders über der kaiseitigen Außenwand des Schiffes
Zeit ⑤ : Ankunft des leeren Spreaders über dem nächsten Deck-Container, Beginn des Zentrierungsvorganges
Zeit ⑥ : Ende des Zentrierungsvorganges, Beginn des Hubvorganges des nächsten Deck-Containers

Export, Laderaum-Container:

- Zeit ① : Beginn des kaiseitigen Hubvorganges des Containers
Zeit ② : Passieren der Containermitte über der kaiseitigen Außenwand des Schiffes
Zeit ③ : Ankunft des Containers über den Einweisern der Zellführungen, Beginn des schiffsseitigen Zentrierungsvorganges
Zeit ④ : Ende des schiffsseitigen Zentrierungsvorganges, Beginn des schiffsseitigen Absenkvorganges des Containers im Zellenschacht
Zeit ⑤ : Ende des schiffsseitigen Absenkvorganges des Containers im Zellenschacht
Zeit ⑥ : Passieren der Mitte des leeren Spreaders über der kaiseitigen Außenwand des Schiffes
Zeit ⑦ : Ankunft des leeren Spreaders über dem nächsten Container, Beginn des kaiseiten Zentrierungsvorganges
Zeit ⑧ : Ende des kaiseitigen Zentrierungsvorganges, Beginn des Hubvorganges des nächsten Containers

Export, Deck-Container:

- Zeit ① : Beginn des kaiseitigen Hubvorganges des Containers
Zeit ② : Passieren der Containermitte über der kaiseitigen Außenwand des Schiffes
Zeit ③ : Ankunft des Containers über den Twistlocks der Container-Fußpunkte des Lukendeckels bzw. eines anderen Deck-Containers, Beginn des schiffsseitigen Zentrierungsvorganges
Zeit ④ : Ende des schiffsseitigen Zentrierungsvorganges und Absetzen des Containers auf Lukendeckel bzw. auf einem anderen Deck-Container
Zeit ⑤ : Passieren der Mitte des leeren Spreaders über der kaiseitigen Außenwand des Schiffes

Zeit ⑤ : Ankunft des leeren Spreaders über dem nächsten Container, Beginn des kaiseitigen Zentrierungsvorganges

Zeit ⑥ : Ende des kaiseitigen Zentrierungsvorganges, Beginn des Hubvorganges des nächsten Containers

Alle auftretenden, terminalseitigen Warte-, Stör- und Check-Zeiten wurden nicht mitgemessen.

Die Spreader-Zyklen beim Bewegen von Lukendeckeln sowie beim Einsatz von Laschkörben für das Abräumen bzw. Einsetzen des Twistlocks von Deck-Containern wurden lediglich als jeweilige Gesamtzeit gemessen und protokolliert.

Die Laschzeiten für die seefeste Verzurrung der Export-Deck-Container nach dem Laden bzw. das Lösen der Verzurrungen des Import-Deck-Container vor dem Löschen brauchen in der Untersuchung der Umschlagszeiten nicht berücksichtigt und daher auch nicht gemessen zu werden. Sie haben nach aller Erfahrung keinen Einfluß auf die Liegezeit des Schiffes am Terminal, da diese Arbeiten durch spezielle Firmen stets parallel zu den Arbeiten der Containerbrücken erledigt werden, so daß sie die Brückenzeiten - bis auf den bereits erwähnten Einsatz der Laschkörbe - nicht beanspruchen^{*)}. Selbstverständlich verhält es sich anders bei den Laschkosten, die hier jedoch nicht untersucht werden.

Sehr wichtig für die Zeitmessungen ist das korrekte Feststellen der schiffsseitigen Stauposition des jeweiligen Containers und ihre Protokollierung in den auf Seite 6 gezeigten Datenblättern. Dabei werden folgende Stau-Koordinaten verwendet (vgl. Skizzen auf Seite 6):

- Horizontal N_B als Nummer des jeweiligen Containerstapels, stets von der Kai-seite aus gezählt, und zwar

- im Laderaum vom Seitenlängsschott aus,
- an Deck von Seite Deck (Außenhaut) aus.

Diese Unterscheidung ist notwendig, solange die Raumstapel und die Decksstapel nicht dasselbe Raster in vertikaler Richtung aufweisen, wie es bei lukendeckellosen Schiffen der Fall ist.

- Vertikal N_D als Nummer der jeweiligen Containerlage, stets von unten aus gezählt, und zwar

- im Laderaum vom Innenboden aus,
- an Deck von der Oberseite der Lukendeckel aus.

Die in den Datenblättern auf Seite 6 enthaltene Container-Nummer wurde bei den ersten Zeitmessungen noch protokolliert, um das zugehörige Containergewicht M in Tonnen aus den Lösch- und Ladeplänen heraussuchen zu können. Dies wurde je-

^{*)} Ausnahme: kleinere Containerblöcke

doch bald aufgegeben, weil die Protokollierung bei dem hohen Umschlagstempo sehr schwierig ist und weil der Einfluß des Containergewichtes auf die Umschlagszeiten von untergeordneter Bedeutung ist, vgl. Abschnitt 2.. Das letztere gilt auch für die Protokollierung und den Einfluß der jeweiligen Kaispur auf die Zeitmessungen.

4. Auswertungsverfahren

Wie aus den Datenblättern auf Seite 6 ersichtlich ist, erhält man die jeweiligen Teilspielzeiten T_i der Containerbrücken als Differenz der gemessenen Zwischenzeiten wie folgt:

$$T_i \text{ [sek]} = \text{Zeit } \textcircled{i} \text{ [sek]} - \text{Zeit } \textcircled{i-1} \text{ [sek]}$$

Die Bezeichnungen der so erhaltenen Teilspielzeiten T_i der Brücken gehen aus folgender Tabelle hervor (vgl. auch die Bewegungsskizzen auf Seite 6):

Teilspiel	Import		Export	
	Raum	Deck	Raum	Deck
Heben mit Container	T_1		T_1	T_1
Katzfahrt mit Container	T_2	T_1	T_2	T_2
Senken mit Container	T_3	T_2	T_4	
Zentrieren (Kai) mit Cont.	- Nur bei DAF - Chassis -			
Zentrieren (Kai) ohne Cont.			T_7	T_6
Heben ohne Container	T_4	T_3	T_5	
Katzfahrt ohne Cont.	T_5	T_4	T_5	T_4
Zentrieren (Schiff) ohne Cont.	T_6	T_5		
Zentrieren (Schiff) mit Cont.			T_3	T_3
Senken ohne Container	T_7		T_6	T_5

Als weitere Bezeichnungen werden verwendet:

- T_S Gesamtspielzeit = Summe der Teilspielzeiten T_i eines Zyklus
- T_R Gesamtlade- bzw. -löschzeit der Raum-Container einer Bay = Summe der Gesamtspielzeiten T_{SR} dieser Laderaum-Container
- T_D Gesamtlade- bzw. -löschzeit der Deck-Container einer Bay = Summe der Gesamtspielzeiten T_{SD} dieser Deck-Container
- T_B Gesamtlade- bzw. -löschzeit aller Container einer Bay = Summe aus T_R und T_D .

Aus den in Abschnitt 2. genannten Gründen stellen alle durch die Auswertung der Meßergebnisse erhaltenen Zeiten grundsätzlich Mittelwerte dar. Wenn im folgenden von einer "Streuung" der Mittelwerte die Rede ist, so ist dieser Begriff nicht im statistischen Sinne, sondern nur im qualitativ-optischen Sinne zu verstehen, da auf eine statistische Auswertung, wie schon erwähnt, verzichtet wurde.

Zu den obigen Teilspielzeiten T_i sind zusätzlich zu Abschnitt 2. folgende Anmerkungen zu machen:

Import, Laderaum-Container

- T_1 Die schiffsseitige Hebezeit mit Container im Zellenschacht hängt von N_D ab und wird für $N_D = \text{const}$ aus je etwa 3 bis 25 T_1 -Werten für verschiedene N_B gemittelt; die Streuung der gemittelten Werte ist gering.
- T_2 Die Katzfahrtzeit mit Container hängt von N_B ab und wird für $N_B = \text{const}$ aus je etwa 3 bis 25 T_2 -Werten für verschiedene N_D gemittelt; die Streuung der gemittelten Werte ist gering. Die implizit in T_2 enthaltene Zeit für die Vertikalbewegung des Containers über Deck kann, mangels eines optischen Bezugspunktes, nicht explizit erfaßt werden.
- T_3 Die kaiseitige Absenkzeit mit Container ist unabhängig von N_B und N_D und wird aus allen verfügbaren Meßwerten (etwa jeweils 30 bis 100) gemittelt; sie hängt vor allem von der Höhe des oberen Endes der Zellführungen über Kai ab und damit vom jeweiligen Schiffstyp.
- T_4 Die kaiseitige Hebezeit ohne Container: es gilt das gleiche wie für die Absenkzeit mit Container T_3 .
- T_5 Die Katzfahrtzeit ohne Container: es gilt das gleiche wie für die Katzfahrt mit Container T_2 ; abweichend von T_2 ist es bei T_5 jedoch schwierig zu entscheiden, wann die Katzfahrt beendet ist und der nachfolgende schiffsseitige Zentrierungsvorgang beginnt, zumal die Brückenfahrer die Einweiser auf verschiedene Weise ansteuern, um den Zentrierungsvorgang zu erleichtern; die Folge ist eine wesentlich größere Streuung der gemittelten T_5 -Werte.
- T_6 Die schiffsseitige Zentrierungszeit ohne Container hängt, außer von der Geschicklichkeit des Brückenfahrers, vom Einweisersystem des Schiffes und von der Spreadergröße (20', 40') ab und wird aus allen verfügbaren Meßwerten (etwa jeweils 30 bis 100) gemittelt; typisch für geübte Brückenfahrer ist, daß T_6 in der Regel kurz ist, jedoch von Zeit zu Zeit längere, selten aber sehr lange Werte erscheinen.

- T_7 Die schiffsseitige Absenkzeit ohne Container im Zellenschacht: es gilt das gleiche wie für die Hebezeit mit Container T_1 ; die Grenze zwischen T_7 und T_6 ist relativ besser als die Grenze zwischen T_5 und T_6 zu erkennen, so daß die Streuung der T_7 -Werte im allgemeinen geringer ist als die der T_5 -Werte, jedoch größer als die der T_1 - und T_2 -Werte.

Import, Deck-Container

Hier wird, mangels eines optischen Bezugspunktes, das schiffsseitige Heben und Senken mit bzw. ohne Container ignoriert und nur die (horizontale) Katzfahrzeit gemessen, und zwar für alle Deck-Containerlagen gleich; die schiffsseitige Hebe- bzw. Absenkzeit ist also implizit in der Katzfahrzeit enthalten.

- T_1 Die Katzfahrzeit mit Container hängt von N_B ab und wird für $N_B = \text{const}$ aus etwa 2 bis 10 T_1 -Werten für verschiedene N_D gemittelt; wegen der geringen Anzahl von Meßwerten ist die Streuung der gemittelten Werte relativ groß.
- T_2, T_3 Die kaisseitige Absenkzeit mit Container bzw. die kaisseitige Hebezeit ohne Container ist unabhängig von N_B , jedoch abhängig von N_D und der Höhe der Luken-deckeloberseite über Kai; sie wird vereinfacht für die jeweils vorliegende Decks-lagenzahl aus allen verfügbaren Meßwerten (etwa jeweils 10 bis 40) zu einem N_D -unabhängigen Wert gemittelt.
- T_4 Die Katzfahrzeit ohne Container: es gilt das gleiche wie für die Katzfahrzeit mit Container T_1 ; die Streuung der gemittelten T_4 -Werte wird gegenüber den T_1 -Werten noch weiter vergrößert durch die Unsicherheit der Grenze zwischen T_4 und T_5 .
- T_5 Die schiffsseitige Zentrierungszeit ohne Container hängt nur von der Geschicklichkeit des Brückenfahrers und der Spreadergröße ab und wird aus allen verfügbaren Meßwerten (etwa jeweils 10 bis 40) gemittelt. Zur Erleichterung des Zentrierungsvorganges stehen dem Brückenfahrer die klappbaren Zentrierungshilfen am Spreader zur Verfügung, ein Gegenfahren mit anschließendem Absenken ist nur sehr beschränkt möglich.

Export, Laderaum-Container

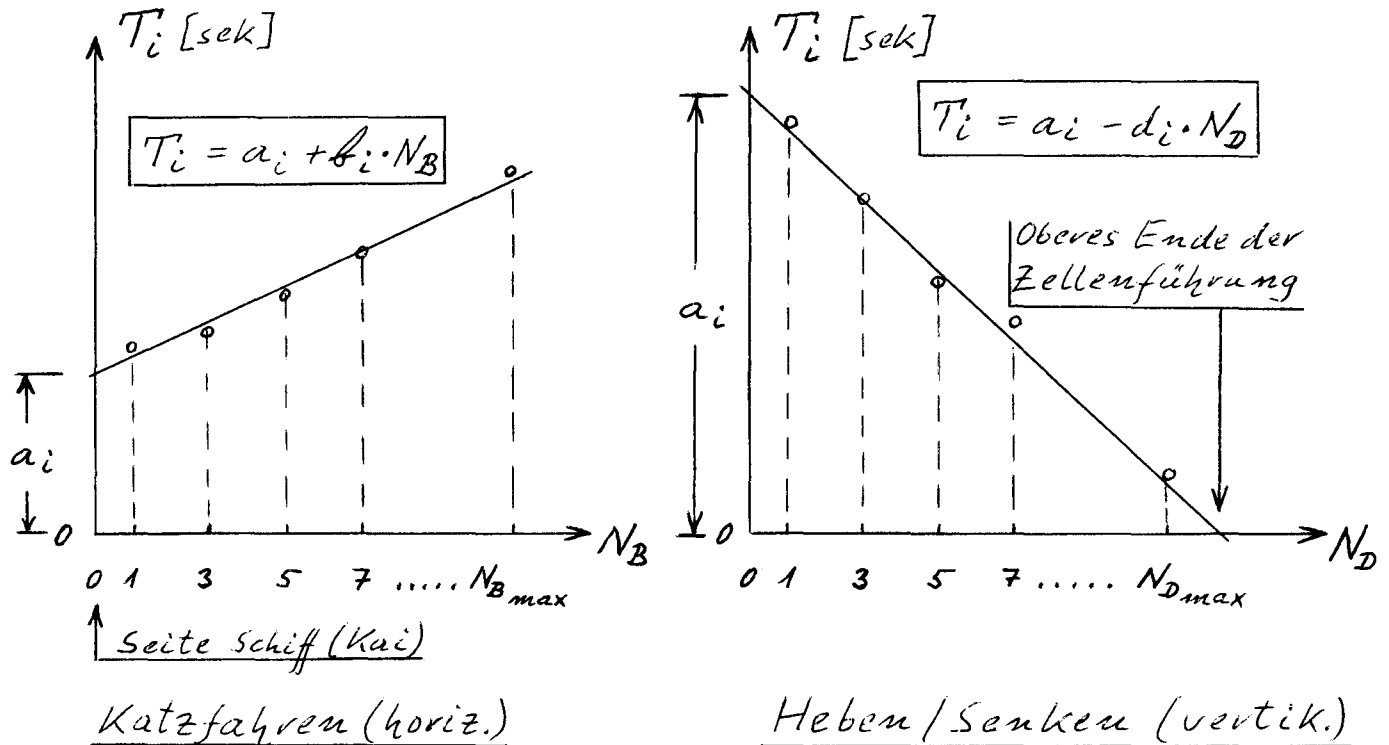
- T_1, T_6 Die kaisseitige Hebezeit mit Container bzw. Absenkzeit ohne Container: es gilt das gleiche wie für die Teilspielzeiten T_4 und T_3 (Import, Laderaum-Container).
- T_2 Die Katzfahrzeit mit Container: es gilt das gleiche wie für die Katzfahrzeit ohne Container T_5 (Import, Laderaum-Container).

- T_3 Die schiffsseitige Zentrierungszeit mit Container: es gilt das gleiche wie für die schiffsseitige Zentrierungszeit ohne Container T_6 (Import, Laderaum-Container), nur mit dem Unterschied, daß die schiffsseitige Zentrierung mit Container wesentlich schwieriger als die ohne Container ist (besonders bei 40'-Containern), da der Brückenfahrer von oben nur unzureichend sehen kann, wie die unteren Ecken des hängenden Containers zu den Einweisern stehen.
- T_4 Die schiffsseitige Absenkzeit mit Container im Zellenschacht: es gilt das gleiche wie für die Absenkzeit ohne Container T_7 (Import, Laderaum-Container), nur mit dem Unterschied, daß das Absenken mit Container deutlich vorsichtiger und daher langsamer erfolgen muß als das Absenken ohne Container, um ein zu hartes Aufsetzen des Containers in seiner Stauposition zu vermeiden; dies gilt um so mehr, als der Brückenfahrer im engen Zellenschacht von oben meist überhaupt nicht direkt sehen kann, wann der Container aufsetzt.
- T_5 Die kombinierte, schiffsseitige Hebe- und Katzfahrzeit ohne Container hängt von N_D und N_B ab und sollte daher eigentlich in einen vertikalen und einen horizontalen Teil geteilt werden; der banale Grund, warum dies hier nicht geschieht, ist das auf Seite 6 gezeigte Datenblatt, das nicht mehr als 7 Teilspielzeiten vorsieht, wobei die Erfassung der schiffs- und kaisseitigen Zentrierungszeiten wichtiger erschien. Daher wurde T_5 nur abhängig von N_B dargestellt und für $N_B = \text{const}$ aus je etwa 3 bis 25 T_5 -Werten für verschiedene N_D gemittelt, so daß die N_D -Abhängigkeit implizit in T_5 enthalten ist.
- T_7 Die kaisseitige Zentrierungszeit ohne Container: es gilt das gleiche wie für die schiffsseitige Zentrierungszeit ohne Container T_5 (Import, Deck-Container), wobei hier wesentlich mehr Meßwerte (etwa jeweils 30 bis 100) für die Mittelung zur Verfügung standen als bei den Deck-Containern.

Export, Deck-Container

Hier gelten im wesentlichen die entsprechenden Anmerkungen zu den einzelnen Teilspielzeiten wie bei den Import-Deck-Containern, allerdings mit dem Unterschied, daß beim Export zwei Zentrierungsvorgänge (schiffs- und kaisseitig) erforderlich sind. Dabei ist besonders der schiffsseitige Zentrierungsvorgang mit Container schwierig und oft langwierig, weil der Brückenfahrer insbesondere den ersten Export-Container einer Deckslage völlig ohne Führungshilfen punktgenau auf den Twistlocks absetzen muß. Bei den nachfolgenden Deck-Containern ist es dann schon etwas leichter, weil man schon stehende Container zum vorsichtigen Gegenfahren und anschließenden Absenken des Containers benutzen kann.

Nach der Berechnung der gemittelten Teilspielzeiten T_i werden diese, soweit sie von N_B oder N_D abhängen, für jedes untersuchte Schiff getrennt für verschiedene Fälle wie z.B. Import, Export, 20'- oder 40'-Container, Laderaum- oder Deck-Container, etc. in Zeit-Weg-Diagrammen wie folgt aufgetragen:



Die Geraden werden nach Augenmaß so durch die aufgetragenen Mittelwerte der Teilspielzeiten gelegt, daß sie diese mit möglichst geringen Abweichungen wiedergeben. Diese Geraden können durch folgende Funktionen dargestellt werden:

$$T_i = a_i + b_i \cdot N_B \quad \text{bzw.} \quad T_i = a_i - d_i \cdot N_D$$

Die Gesamtspielzeit T_{SR} für Laderaum-Container läßt sich dann als Summe der jeweiligen Teilspielzeiten T_i wie folgt darstellen:

$$T_{SR} = a + b \cdot N_B - d \cdot N_D \quad (a, b, d = \text{const})$$

bzw. für Deck-Container:

$$T_{SD} = a + b \cdot N_B$$

Da für übliche Containergrößen der horizontale Abstand der Stapel voneinander

$$N_B = 8 \text{ Fuß} + \text{Zwischenabstand} \approx 2,5 \text{ Meter}$$

und der vertikale Abstand der Lagen voneinander

$$N_D = 8,5 \text{ Fuß} \approx 2,6 \text{ Meter}$$

beträgt, stellen die Abszissen der obigen Diagramme die horizontalen bzw. vertikalen Wege dar, die die Container am Kran zurücklegen.

Der reziproke Wert der Steigung der obigen Geraden, multipliziert mit der Einheit von 2,5 bzw. 2,6 Meter, gibt daher die mittleren Krangeschwindigkeiten bei den Teilspielzeiten T_i wieder:

$$\text{mittl.horizont.Katzfahrgeschwindigkeit} = \frac{1}{b_i} \cdot 2,5 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\text{mittl. vertik. Hubgeschwindigkeit} = \frac{1}{d_i} \cdot 2,6 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Die Konstanten in der Gleichung für die Gesamtspielzeit T_{SR} bzw. T_{SD} dagegen liefern die mittleren Krangeschwindigkeiten jeweils für Hin- und Rückweg:

$$\text{mittl.horiz.Katzfahrgeschwindigkeit (hin und zurück)} = \frac{1}{b} \cdot 2,5 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\text{mittl.vert. Hubgeschwindigkeit (hin und zurück)} = \frac{1}{d} \cdot 2,6 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Wie die weiter unten dargestellten Ergebnisse zeigen, liefert die Konstante a in der obigen Gleichung für die Gesamtspielzeit T_{SR} bzw. T_{SD} den weitaus größten Anteil (über 90 %) der Gesamtspielzeit, während die Terme $b \cdot N_B$ und $d \cdot N_D$ quantitativ nur unwesentlich zur Gesamtspielzeit (und damit auch zur Beladungszeit T_B einer Bay) beitragen, zumal sie entgegengesetztes Vorzeichen haben. Darum ist es wichtig zu beachten, was die Konstante a enthält: sie ist die Summe aus

- a) den kaiseitigen, von N_B und N_D unabhängigen Hebe- und Absenkzeiten mit bzw. ohne Container, die vor allem vom Höhenunterschied der oberen Enden der Zellführungen bzw. der Deckscontainerlagen zum Kai abhängen;
- b) den jeweils beteiligten Zentrierungszeiten
- c) den Konstanten a_i der beteiligten Teilspielzeiten $T_i = a_i + b_i \cdot N_B$ (bzw. $a_i - d_i \cdot N_D$)

Zu a): Dieser Anteil an der Konstanten a wird durch zwei Effekte nachteilig vergrößert:

- durch Verwendung neuartiger, (halb-) automatischer Twistlocks, die auf dem Kai durch 2 Hilfskräfte an den unteren Containerecken angebracht bzw. von diesen abgenommen werden; durch Verwendung von 4 statt nur 2 Hilfskräften könnte dieser Einfluß zwar gemindert, aber nicht beseitigt werden (abgesehen von den zusätzlichen Lohnkosten);
- durch schiffstypabhängige, große Höhenunterschiede der oberen Enden der Zellführungen zum Kai. Dies erklärt übrigens vielleicht auch die Anstrengungen, die einige Terminals wie z.B. La Spezia oder Rotterdam unternommen haben, indem sie Vorrichtungen (sog. Trolleys) geschaffen haben, die es erlauben, die Container nicht in Kaihöhe, sondern wesentlich darüber (ca. 10 m) vom Kran abzunehmen bzw. an ihn abzugeben.

- Zu b) Dieser Anteil an der Konstanten a zeigt die wirtschaftliche Bedeutung, die der optimalen Gestaltung der Einweiser zu den Zellenführungen zukommt. Am besten bewährt haben sich hier wohl um ca. 0,3 bis 0,5 m in Querrichtung höhenversetzte Einweiser zum Gegenfahren, die zumindest in Längsrichtung (besser auch Querrichtung) trichterförmig und nicht zu eng ausgebildet sind.
- Zu c) Die Auswertung der Zeitmessungen zeigt, daß die weiter oben erwähnten Funktionen der Teilspielzeiten $T_i = a_i + b_i \cdot N_B$ und $T_i = a_i - d_i \cdot N_D$ für $N_B = 0$ bzw. $N_D = 0$ positive Werte annehmen, vgl. Skizzen auf Seite 13. Für $N_D = 0$ (Innenboden des Schiffes) ist dies unmittelbar einzusehen; was aber bedeutet für $N_B = 0$, also an der kaiseitigen Schiffseite, eine Zeit $a_i > 0$, obwohl doch noch gar kein (horizontaler) Weg zurückgelegt ist? Die Erklärung liegt darin, daß der Container über dem Schiff eben nicht eine rein horizontale Bewegung, sondern auch zum Teil erhebliche Vertikalbewegungen ausführt, deren Zeitbedarf implizit in $T_i = f(N_B)$ enthalten ist. Je größer diese Vertikalbewegungen sind, was z.B. bei T_5 der Export-Laderaum-Container besonders stark zutrifft (vgl. die betr. Anmerkung auf Seite 12), desto größer ist a_i und damit auch die Konstante a . Dieser Effekt kann nicht vermieden, sondern höchstens durch möglichst flaches Fahren der Container über das Schiff etwas verringert werden.

Eine einfache Möglichkeit zur Kontrolle, wie die obige Funktion für die Gesamtspielzeit T_{SR} der Laderaum-Container bzw. T_{SD} der Deck-Container mit den gemessenen Zeitwerten übereinstimmt, besteht im Vergleich der Mittelwerte. Hierzu berechnet man für die Koordinaten-Mittelwerte einer Bay

$$N_B = \frac{N_{B_{\max}} - 1}{2} + 1 \quad \text{und} \quad N_D = \frac{N_{D_{\max}} - 1}{2} + 1$$

die Funktionswerte T_{SR} bzw. T_{SD} und vergleicht sie mit dem arithmetischen Mittelwert aller gemessenen Zykluszeiten (7) der Laderaum-Container bzw. (5) (oder (6) bei Export) der Deck-Container, vgl. Seite 6. In fast allen Fällen betrug die Abweichung nur wenige Prozente, in einem Fall maximal 12,5 %. Dieser Vergleich ist natürlich so nur im Mittelschiffsbereich möglich, wo die Container in horizontaler und vertikaler Richtung gleichmäßig verteilt sind (im Vor- und Hinterschiff dagegen V-förmig wegen der Schiffsform).

Zum Vergleich verschiedener Schiffsentwürfe oder Schiffstypen hinsichtlich der jeweils erforderlichen, entwurfsbezogenen Lösch- bzw. Ladezeit ist es erforderlich, die Summe der Gesamtspielzeiten aller Raum- und Deckcontainer einer Bay zu bilden:

Laderaum-Container

Gesamtspielzeit für jeden einzelnen Container

$$T_{S_R} = a + b \cdot N_B - d \cdot N_D \quad (1) \quad (\text{vgl. Seite 13})$$

Allgemeine Formel für die Umschlagszeit (Laden oder Löschen) der Laderaum-Container einer beliebigen Bay:

$$T_R = \sum_{j=1}^{N_{D_{\max}}} \left[N_{B_{\max j}} \cdot (a - d \cdot j) + b \cdot \sum_{i=1}^{N_{B_{\max j}}} i \right] \quad (2)$$

Es wird also erst über alle Stapel i der j -ten Lage und dann über alle Lagen j summiert.

Für Bays im Mittelschiffsbereich vereinfacht sich die Formel etwas: dort ist

$$N_{B_{\max j}} = N_{B_{\max}} = \text{const},$$

d.h. alle Lagen haben gleich viele Stapel nebeneinander. Damit ändert sich die obige Summenformel zu

$$T_R = a \cdot N_{B_{\max}} \cdot N_{D_{\max}} + b \cdot N_{D_{\max}} \cdot \sum_{i=1}^{N_{B_{\max}}} i - d \cdot N_{B_{\max}} \cdot \sum_{j=1}^{N_{D_{\max}}} j \quad (3)$$

Hiervon wäre noch die Zeit für die fehlenden Kimm-Container abzuziehen, was man aber vernachlässigen kann, wenn man nur alle Untersuchungsalternativen gleich behandelt.

Deck-Container

Gesamtspielzeit für jeden einzelnen Container:

$$T_{S_D} = a + b \cdot N_B \quad (4) \quad (\text{vgl. Seite 13})$$

Allgemeine Formel für die Umschlagszeit (Laden oder Löschen) der Deck-Container:

$$T_D = a \cdot N_{B_{\max}} \cdot N_{D_{\max}} + b \cdot N_{D_{\max}} \cdot \sum_{i=1}^{N_{B_{\max}}} i \quad (5)$$

Gesamte_Bay

Umschlagszeit (Laden oder Löschen) aller Container einer Bay:

$$T_B = T_R + T_D \quad (6)$$

In den vorstehenden Formeln (1) bis (6) nehmen die Konstanten a, b, d verschiedene Werte an, je nach dem untersuchten Fall: Schiff, Import, Export, 20'- oder 40'-Container, Laderaum- oder Deckcontainer, Sonderfälle. Die Konstanten ergeben sich durch Auswertung der entsprechenden Zeitmessungen. $N_{B_{\max}}$ und $N_{D_{\max}}$ bezeichnen die jeweils vorhandene Gesamtzahl der Stapel bzw. Lagen einer Bay.

Die vorstehenden Formeln für die entwurfsbezogenen Umschlagszeiten müssen zur Vergleichbarkeit gegebenenfalls ergänzt werden durch Pauschalzeiten für das Bewegen von Lukendeckeln und Laschkörben, obwohl diese Zeiten verschwindend gering im Vergleich zu der oben bereits diskutierten Konstanten a (Terme $a \cdot N_{B_{\max}} \cdot N_{D_{\max}}$ in den obigen Formeln (3) und (5)) sind. Diese Pauschalzeiten haben nach Messungen etwa folgende (maximale) Werte:

Pro Lukendeckel einer Bay (Umstauen an Bord oder Ablegen auf bzw. Holen vom Kai):

$$T_{LD} = 180 \text{ sek.}$$

Laschkorbeinsatz pro Lage Deck-Container über der 1. Lage einer Bay:

$$T_{LK} = 120 \text{ sek.}$$

Durch Division der erhaltenen Umschlagszeiten T_R , T_S oder T_B durch die jeweilige Containerzahl erhält man eine mittlere Kranspielzeit $\bar{T}_S$ für die Bay, die bei richtiger Rechnung mit der auf Seite 15 berechneten mittleren Spielzeit genau übereinstimmen muß; nur annähernde Übereinstimmung dagegen mit der dort erwähnten, gemessenen mittleren Spielzeit.

Durch Division einer Stunde = 3600 sek. durch die mittlere Kranspielzeit $\bar{T}_S$ erhält man schließlich die entwurfsbezogene, nominelle Umschlagsrate für ein Schiff pro Containerbrücke:

$$\frac{3600}{\bar{T}_S} \quad \text{Container pro Stunde,}$$

die größenordnungsmäßig mit dem Faktor 0,5 bis 0,7 (vgl. Seite 3) zu multiplizieren ist, um die ungefähre terminalbezogene, effektive Umschlagsrate (inkl. aller Stör-, Warte- und Checkzeiten, jedoch ohne Pausenzeiten und andere Zeiten) zu erhalten.

5. Ergebnisse und Vergleiche

Die Auswertungsergebnisse der Zeitmessungen beim Container-Umschlag sind, geordnet nach Schiffen und Fällen, auf den nachfolgenden Seiten 31 bis 54 tabellarisch zusammengefaßt, so daß die ab Seite 23 beschriebenen Vergleiche durchgeführt werden können. Eine Übersicht über die insgesamt 18 Fälle der 6 Schiffe ermöglicht die folgende Tabelle:

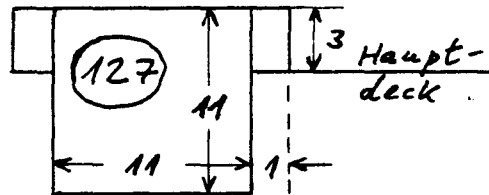
Schiff	Import	Export	Raum	Deck	Bay	20'	40'	2x20' in 40'	über Block	Seite
Nedlloyd Oceania/ Europa (Seite 31)	x		x		x		x			32
	x		x		x	x				33
		x	x		x		x			34
		x	x		x	x				35
CGM Normandie (Seite 36)	x		x	x	x	x	x			37
		x	x			x				38
		x	x				x			39
Bunga Pel. (Seite 40)	x		x			x				41
Hannover Express (Seite 42)	x		x	x	x		x		x	43
	x		x					x		44
		x	x	x	x	x				45
		x	x				x			46
Frankfurt Express (Seite 47)	x		x	x	x		x		x	48
	x		x					x		49
	x		x			x				50
		x	x			x				51
		x	x	x	x		x			52
Ever Globe (Seite 53)	x		x					x		54

Zu den tabellarischen Auswertungsergebnissen ab Seite 32 sind folgende Anmerkungen zu machen:

- Die mittleren Gesamtspielzeiten im rechten Teil der Tabellen wurden zur Kontrolle entsprechend den Erläuterungen auf Seite 15 ermittelt.
- Die mittleren Geschwindigkeiten der Container-Brücke beim Katzfahren und Heben/Senken werden entspr. Seite 14 aus den Teilspielzeiten T_i berechnet. In eindeutiger Definition können sie jedoch nur für die Containerbewegungen in den Zellführungen (schiffsseitiges Heben/Senken) angegeben werden. Alle anderen Bewegungen sind nicht geführt und daher nicht eindeutig definiert: das Katzfahren enthält entspr. Seite 10 außer der von N_B abhängigen Horizontalbewegung auch einen Vertikalanteil, der nicht definiert ist und vom Fahrstil des Brückenfahrers und gegebenenfalls den baulichen Gegebenheiten des Schiffes (z.B. enge Laschbrücken) abhängt; das kaiseitige Heben/Senken enthält außer der vom Höhenunterschied Schiff/Kai abhängigen Vertikalbewegung auch einen von der jeweils benutzten Kaispur abhängigen Horizontalanteil von erheblicher Größe (bis ca. 27 m für Spur III, vgl. Seite 5) sowie einen nicht definierten Vertikalanteil in Verbindung mit dem Katzfahren in unbestimmter Höhe über Deck. Die Teilspielzeit T_5 für Export enthält außerdem den Vertikalanteil aus der Containerbewegung in der Zellenführung, vgl. Seite 12. Die entsprechenden Geschwindigkeitsangaben sind daher in den Tabellen mit "inkl.horiz." bzw. "inkl.vert." bzw. "über Laschbr." gekennzeichnet und können, wenn überhaupt, nur als sehr grobe Vergleichswerte dienen. Genauere Daten können nur mit aufwendigerer Meßtechnik, gekoppelt mit den Seilführungen der Brücken, gewonnen werden. Die mittleren Geschwindigkeiten für das kaiseitige Heben/Senken werden durch Vergleich der mittleren gestoppten Zeit mit der ungefähren Höhe Schiff/Kai ($= D + h_{\text{Süll}} - \text{Tiefgang} - \text{Kaihöhe über Wasser}$) gewonnen.
- Die sich als Summe jeweils ergebende Gesamtspielzeit für Laderaum bzw. Deck in Form von Glg. (1) kann graphisch in Diagrammform dargestellt werden. Da die Gleichungsform jedoch kompakter ist, wird die Diagrammform zur Veranschaulichung nur an einem Beispiel gezeigt: Seite 30, Vergleich der erforderlichen Gesamtspielzeit für Import 40' der Schiffe Nedlloyd Oceania/Europa und Hannover Express.

Im folgenden werden, wie für einige Fälle im unteren Teil der Tabellen ausgeführt, die nominellen, entwurfsbezogenen Umschlagzeiten zu Vergleichszwecken nach Glgn. (1), (3) und (5) berechnet, wobei sich die Konstanten a, b, d aus den entsprechenden Tabellen der Fälle ergeben:

Nedlloyd Oceania/Europa für 127 Cont. pro Bay:



Gesamtspielzeit nach Glg.(1):

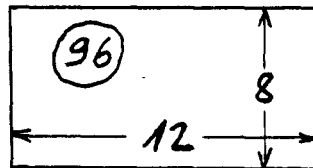
$$T_s = a + b \cdot N_B - d \cdot N_D$$

Nominelle Umschlagzeit nach Glg.(3):

$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 11 \cdot 11 + b \cdot 11 \cdot (2+3+\dots+12) - d \cdot 11 \cdot (1+2+\dots+11) \\ &\quad + (a+b \cdot 1) \cdot 3 - d \cdot 1 \cdot (9+10+11) \\ &\quad + (a+b \cdot 13) \cdot 3 - d \cdot 1 \cdot (9+10+11) \\ &= \underline{a \cdot 127 + b \cdot 889 - d \cdot 786} \end{aligned}$$

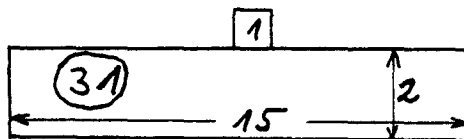
CGM Normandie und Bunga Pelangi für 127 Cont. pro Bay:

Raum:



$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 12 \cdot 8 + b \cdot 8 \cdot (1+2+\dots+12) \\ &\quad - d \cdot 12 \cdot (1+2+\dots+8) \\ &= \underline{a \cdot 96 + b \cdot 624 - d \cdot 432} \end{aligned}$$

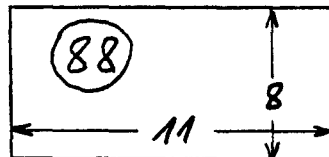
Deck:



$$\begin{aligned} T_D &= a \cdot 15 \cdot 2 + b \cdot 2 \cdot (1+2+\dots+15) \\ &\quad + a \cdot 1 + b \cdot 1 \cdot 7 \\ &= \underline{a \cdot 31 + b \cdot 247} \end{aligned}$$

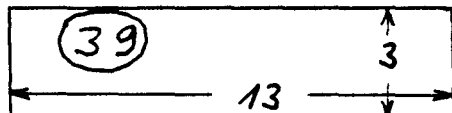
Hannover Express für 127 Cont. pro Bay:

Raum:



$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 11 \cdot 8 + b \cdot 8 \cdot (1+2+\dots+11) \\ &\quad - d \cdot 11 \cdot (1+2+\dots+8) \\ &= \underline{a \cdot 88 + b \cdot 528 - d \cdot 396} \end{aligned}$$

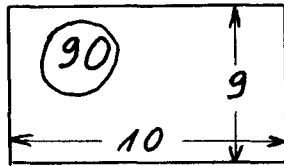
Deck:



$$\begin{aligned} T_D &= a \cdot 13 \cdot 3 + b \cdot 3 \cdot (1+2+\dots+13) \\ &= \underline{a \cdot 39 + b \cdot 273} \end{aligned}$$

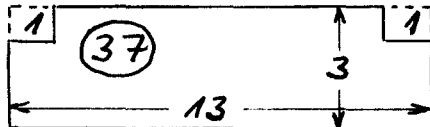
Frankfurt Express für 127 Cont. pro Bay:

Raum:



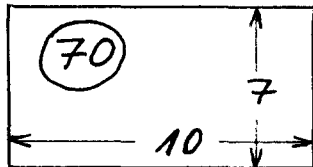
$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 10 \cdot 9 + b \cdot 9 \cdot (1+2+\dots+10) \\ &\quad - d \cdot 10 \cdot (1+2+\dots+9) \\ &= \underline{a \cdot 90 + b \cdot 495 - d \cdot 450} \end{aligned}$$

Deck:



$$\begin{aligned} T_D &= a \cdot 13 \cdot 3 + b \cdot 3 \cdot (1+2+\dots+13) \\ &\quad - a \cdot 1 - b \cdot 1 \cdot 1 \\ &\quad - a \cdot 1 - b \cdot 1 \cdot 13 \\ &= \underline{a \cdot 37 + b \cdot 259} \end{aligned}$$

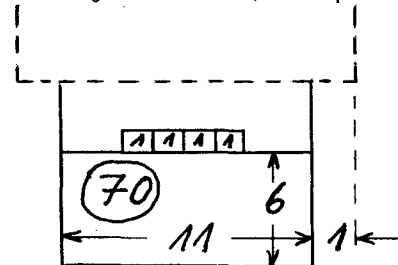
Ever Globe für 70 Cont. im Raum (Deck nicht gemessen):



$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 10 \cdot 7 + b \cdot 7 \cdot (1+2+\dots+10) \\ &\quad - d \cdot 10 \cdot (1+2+\dots+7) \\ &= \underline{a \cdot 70 + b \cdot 385 - d \cdot 280} \end{aligned}$$

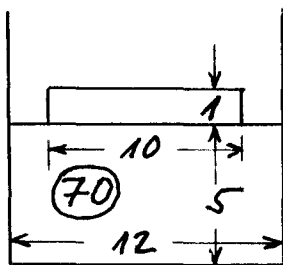
Damit Ever Globe (70 Cont. im Raum) mit anderen Schiffen verglichen werden kann, müssen diese ebenfalls mit 70 Containern im Raum be-/entladen werden:

Nedlloyd Oceania/Europa:



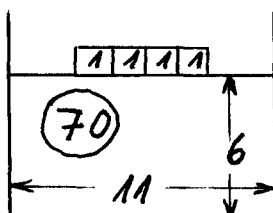
$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 11 \cdot 6 + b \cdot 6 \cdot (2+3+\dots+12) \\ &\quad - d \cdot 11 \cdot (1+2+\dots+6) \\ &\quad + (a-d \cdot 7) \cdot 4 + b \cdot (5+6+6+8) \\ &= \underline{a \cdot 70 + b \cdot 488 - d \cdot 259} \end{aligned}$$

CGM Normandie und Bunga Pelangi:



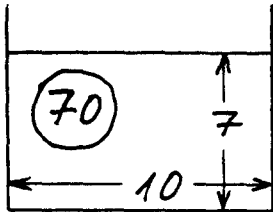
$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 12 \cdot 5 + b \cdot 5 \cdot (1+2+\dots+12) \\ &\quad - d \cdot 12 \cdot (1+2+\dots+5) \\ &\quad + (a-d \cdot 6) \cdot 10 + b \cdot (2+3+\dots+11) \\ &= \underline{a \cdot 70 + b \cdot 455 - d \cdot 240} \end{aligned}$$

Hannover Express:



$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 11 \cdot 6 + b \cdot 6 \cdot (1+2+\dots+11) \\ &\quad - d \cdot 11 \cdot (1+2+\dots+6) \\ &\quad + (a-d \cdot 7) \cdot 4 + b \cdot (4+5+6+7) \\ &= \underline{a \cdot 70 + b \cdot 418 - d \cdot 259} \end{aligned}$$

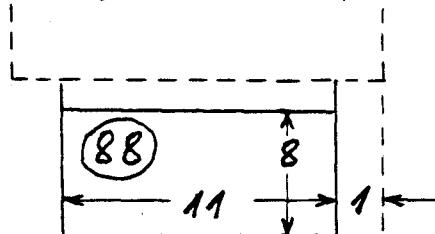
Frankfurt Express:



$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 10 \cdot 7 + b \cdot 7 \cdot (1+2+\dots+10) \\ &\quad - d \cdot 10 \cdot (1+2+\dots+7) \\ &= \underline{a \cdot 70 + b \cdot 385 - d \cdot 280} \end{aligned}$$

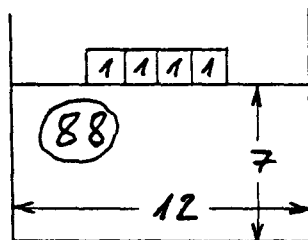
Damit Hannover Express (88 Cont. im Raum) mit anderen (größeren) Schiffen verglichen werden kann, müssen diese ebenfalls mit 88 Containern im Raum be-/entladen werden:

Nedlloyd Oceania/Europa:



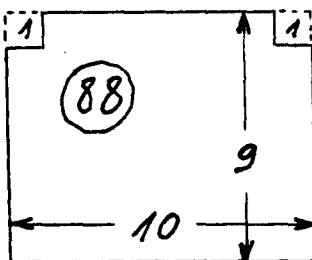
$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 11 \cdot 8 + b \cdot 8 \cdot (2+3+\dots+12) \\ &\quad - d \cdot 11 \cdot (1+2+\dots+8) \\ &= \underline{a \cdot 88 + b \cdot 616 - d \cdot 396} \end{aligned}$$

CGM Normandie und Bunga Pelangi:



$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 12 \cdot 7 + b \cdot 7 \cdot (1+2+\dots+12) \\ &\quad - d \cdot 12 \cdot (1+2+\dots+7) \\ &\quad + (a-d \cdot 8) \cdot 4 + b \cdot (5+6+7+8) \\ &= \underline{a \cdot 88 + b \cdot 572 - d \cdot 368} \end{aligned}$$

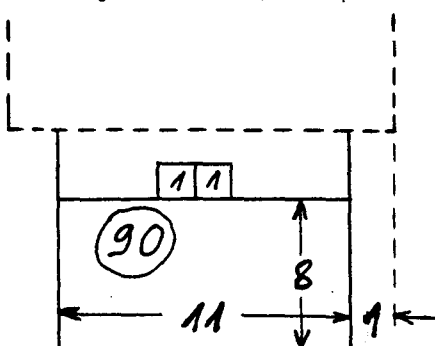
Frankfurt Express:



$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 10 \cdot 9 + b \cdot 9 \cdot (1+2+\dots+10) \\ &\quad - d \cdot 10 \cdot (1+2+\dots+9) \\ &\quad - (a-d \cdot 9) \cdot 2 - b \cdot (1+10) \\ &= \underline{a \cdot 88 + b \cdot 484 - d \cdot 432} \end{aligned}$$

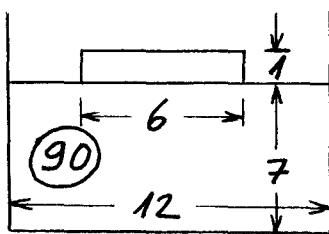
Damit Frankfurt Express (90 Cont. im Raum) mit anderen (größeren) Schiffen verglichen werden kann, müssen diese ebenfalls mit 90 Containern im Raum be-/entladen werden:

Nedlloyd Oceania/Europa:



$$\begin{aligned} T_R &= a \cdot 11 \cdot 8 + b \cdot 8 \cdot (2+3+\dots+12) \\ &\quad - d \cdot 11 \cdot (1+2+\dots+8) \\ &\quad + (a-d \cdot 9) \cdot 2 + b \cdot (6+7) \\ &= \underline{a \cdot 90 + b \cdot 629 - d \cdot 414} \end{aligned}$$

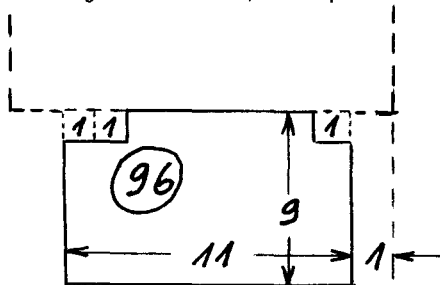
CGM Normandie und Bunga Pelangi:



$$\begin{aligned}
 T_R &= a \cdot 12 \cdot 7 + b \cdot 7 \cdot (1+2+\dots+12) \\
 &\quad - d \cdot 12 \cdot (1+2+\dots+7) \\
 &\quad + (a-d \cdot 8) \cdot 6 + b \cdot (4+5+\dots+9) \\
 &= \underline{a \cdot 90 + b \cdot 585 - d \cdot 384}
 \end{aligned}$$

Damit CGM Normandie/Bunga Pelangi (96 Cont. im Raum) mit Nedlloyd Oceania/Europa verglichen werden kann, müssen diese ebenfalls mit 96 Containern im Raum be-/ent-laden werden:

Nedlloyd Oceania/Europa:



$$\begin{aligned}
 T_R &= a \cdot 11 \cdot 9 + b \cdot 9 \cdot (2+3+\dots+12) \\
 &\quad - d \cdot 11 \cdot (1+2+\dots+9) \\
 &\quad - (a-d \cdot 9) \cdot 3 - b \cdot (2+11+12) \\
 &= \underline{a \cdot 96 + b \cdot 668 - d \cdot 468}
 \end{aligned}$$

Aus der Übersichtstabelle (Seite 18) der insgesamt 18 Fälle, für die Zeitmessungen beim Container-Umschlag durchgeführt wurden, ist zu erkennen, daß (einschließlich der zugehörigen Tabellen für die Teilspielzeiten) eine große Zahl von Vergleichsmöglichkeiten besteht, von denen nachfolgend einige der wichtigsten gezeigt werden.

Vergleich der nominellen Umschlagzeiten für Bay(=Raum + Deck = 127 Cont.), Import, 40' (inkl. Pauschalzeiten für Lukendeckel und Laschkorb):

Schiff	T_B [sek]	T_B [Std.]	T_B [%]	$\bar{T}_{SB}$ [sek]	Cont./Std.
Nedlloyd Oc./Eur.	12.207	3,39	100	96,1	37,5
CGM Norm.	13.157	3,65	107,8	103,6	34,7
Hann.Expr.	10.677	2,97	87,5	84,1	42,8
Frankf.Expr.	9.101	2,53	74,6	71,7	50,2

Bei diesem Vergleich fällt auf, daß CGM Normandie eine deutlich höhere Umschlagzeit benötigt als Nedlloyd Oceania/Europa, obwohl letztere eine wesentlich größere Hubhöhe für alle Container erfordert. Mindestens zum Teil muß dies offensichtlich auf einen Brückenfahrer zurückgeführt werden, der zwar nicht ungeübt,

aber noch nicht routiniert ist; darauf deuten auch die folgenden Teilspielzeiten (Raum) aus den entspr. Ergebnistabellen hin:

T_6 (Zentrieren Schiff) = 8,3 sek (6,2; 6,0; 5,6 bei den anderen Schiffen)

T_3 (Senken Kai) = 22,7 sek (18,9; 14,7; 13,8 bei den anderen Schiffen)

T_4 (Heben Kai) = 21,9 sek (19,6; 12,1; 12,2 bei den anderen Schiffen)

Die zugehörigen mittleren Geschwindigkeiten für Katzfahren und Heben/Senken (siehe entspr. Tabellen) sind bei CGM Normandie am kleinsten, was ebenfalls auf einen noch nicht routinierten Brückenfahrer hindeutet. Der höhere Zeitbedarf ist also höchstens zum Teil (etwa durch die engen Verhältnisse zwischen den Laschbrücken, so daß der Brückenfahrer hoch über die Laschbrücken ausweicht und daher mehr Zeit braucht) auf den Schiffsentwurf, dagegen hauptsächlich auf den Brückenfahrer zurückzuführen.

Wesentlich plausibler dagegen ist der Vergleich der HAPAG-Schiffe mit den Nedlloyd-Schiffen: erwartungsgemäß ist der Zeitbedarf der Nedlloyd-Schiffe infolge der wesentlich größeren Hubhöhen aller Container wesentlich größer, vgl. die Teilspielzeiten aller Vertikalbewegungen in den Tabellen.

Vergleicht man die beiden HAPAG-Schiffe miteinander, so zeigt sich, daß Frankfurt Express etwa 15 % weniger Umschlagszeit als Hannover Express benötigt. Die Analyse der Teilspielzeiten in den Tabellen zeigt, außer kleineren Abweichungen für die Raum-Container, folgende markanten Unterschiede für die Deck-Container:

T_2 (Senken mit Container auf den Kai) beträgt bei Hannover Express mit 33,4 sek das 2,3-fache (!) des Wertes von Frankfurt Express (14,7 sek), weil darin die Zeit für das Abnehmen der automatischen Twistlocks enthalten ist. Rechnerisch bedeutet dieser Unterschied der T_2 -Werte von 18,7 sek, daß sich ein Laschkorbeinsatz, der für eine ganze Lage Deck-Container (= 13 Container) benötigt wird, bereits nach genau der Hälfte dieser 13 Container "amortisiert":

$$\frac{120}{18,7} = 6,4$$

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die beim Export erforderliche Teilspielzeit T_1 für das Heben der Deck-Container: 25,3 sek für Hannover Express gegen 14 sek bei Frankfurt Express, weil in T_1 die Zeit für das Anstecken der automatischen Twistlocks unter die Export-Container der Hannover Express enthalten ist ("Amortisation" des Laschkorbeinsatzes nach 10 bis 11 Con-

tainern), d.h. man erhält auch dort keine Zeiteinsparung durch automatische Twistlocks.

T_3 (Heben ohne Container) ist mit 18,9 sek bei Hannover Express wesentlich größer als bei Frankfurt Express (13,5 sek), was wohl vor allem auf die vorhandenen Laschbrücken zurückzuführen ist, ^{die} vom Brückenfahrer meist hoch von oben und nicht horizontal dazwischen angefahren werden; dieser Einfluß zeigt sich auch bei der Konstanten der Funktion für Katzfahrt ohne Container (T_4): 7,4 sek gegen 5,4 sek.

T_5 (Zentrieren (Schiff) ohne Container) ist mit 9,6 sek bei Hannover Express wesentlich größer als bei Frankfurt Express (5,0 sek), was vermutlich durch immer wieder aufgetretene Schwierigkeiten mit den automatischen Twistlocks verursacht worden ist.

Dagegen sind die Zeiten für Zentrieren ohne Container, also des leeren Spreaders, bei Raum-Containern praktisch gleich: 6,0 sek bei Hannover Express gegen 5,6 sek bei Frankfurt Express. Mögliche Erklärung: die Einweiser der Hannover Express sind zwar enger, aber höhenversetzt, während die Einweiser der Frankfurt Express umgekehrt wesentlich weiter, aber nicht höhenversetzt sind, so daß im Durchschnitt die gleichen Zeitverluste entstehen.

Beim Export (20'-Container) sieht dieser letztere Vergleich der beiden HAPAG-Schiffe hinsichtlich Zeitbedarf für das Zentrieren mit Containern in die Einweiser dagegen ganz anders aus, vgl. die entspr. Tabellen: 11,3 sek für Hannover Express gegen 4,3 sek (!) für Frankfurt Express. Das Zentrieren der Container in die Einweiser der Hannover Express, die infolge der 11 Stapel im Laderaum bei Panmax-Breite relativ eng sein müssen, ist also wesentlich schwieriger als bei der Frankfurt Express mit nur 10 Stapeln im Laderaum, obwohl letztere Einweiser nicht höhenversetzt sind, so daß ein punktgenaues Anfahren statt des einfacheren Gegenfahrens erforderlich ist.

Vergleich der nominellen Umschlagzeiten für Bay (= Raum + Deck = 127 Cont.), Export (inkl. Pauschalzeiten für Lukendeckel und Laschkorb):

Schiff	T_B [sek]	T_B [Std.]	T_B [%]	$\bar{T}_{SB}$ [sek]	Cont./Std.
Hann.Expr.	11.053	3,07	100	87,0	41,4
Frankf.Expr.	10.098	2,81	91,4	79,5	45,3

Aus den vorstehend bereits erläuterten Gründen (Twistlocks, Einweiser, Laschbrücken) ist der Zeitbedarf hier also für Frankfurt Express um 8,6 % kleiner als für Hannover Express, obwohl bei Frankfurt Express 40'-Container und bei Hannover Express 20'-Container angenommen wurden, vgl. die entspr. Tabellen der Teilspielzeiten. Im allgemeinen sind 40'-Container nämlich schwieriger zu bewegen und haben daher höheren Zeitbedarf als 20'-Container, wie der folgende Vergleich zeigt. In Wirklichkeit ist der obige Unterschied also entsprechend größer.

Vergleich der nominellen Umschlagzeiten zwischen 20'- und 40'-Raum-Containern im Export für 88 Container:

Schiff	Cont.	T_R [sek]	T_R [Std.]	T_R [%]	$\bar{T}_{SR}$ [sek]	Cont./Std.
Nedll.Oc./Eur.	20'	10.124	2,81	100	115,0	31,3
	40'	11.639	3,23	115,0	132,3	27,2
CGM Norm.	20'	10.512	2,92	100	119,5	30,1
	40'	11.086	3,08	105,5	126,0	28,6
Hann.Expr.	20'	7.097	1,97	100	80,6	44,6
	40'	7.364	2,05	103,8	83,7	43,0
Frankf.Expr.	20'	6.374	1,77	100	72,4	49,7
	40'	6.995	1,94	109,7	79,5	45,3

Bezogen auf Nedlloyd Oceania/Europa, ergeben sich aus dieser Tabelle folgende Vergleiche:

Schiff	Nedll.Oc./Eur.	CGM Norm.	Hann.Expr.	Frankf.Expr.
20'	100 %	103,8 %	70,1 %	63,0 %
40'	100 %	95,3 %	63,3 %	60,1 %

Für den Export-Umschlag von 40'-Containern wird also erwartungsgemäß durchweg mehr Zeit benötigt als für 20'-Container; der Mehrbedarf liegt je nach Schiffstyp zwischen etwa 4 und 15 %. Ein Vergleich für den Import-Umschlag (ebenfalls 88 Raum-Cont.) zeigt die umgekehrte Tendenz (Wegfallen des schwierigen Zentrierens mit Cont.):

Schiff	Cont.	T_R [sek]	T_R [Std.]	T_R [%]	$\bar{T}_{SR}$ [sek]	Cont./Std.
Nedlloyd.Oc./Eur.	20'	9311	2,59	100	105,8	34,0
	40'	9044	2,51	97,1	102,8	35,0

Was aber als noch wesentlicher angesehen werden muß, ist der obige Vergleich (S.26 u., kl.Tab.) verschiedener Schiffe untereinander: da bei den Nedlloyd-Schiffen alle Container über die volle Höhe gehoben werden müssen, wirkt sich für Teilbeladung der Nedlloyd-Schiffe die Ersparnis an Umschlagzeit bei den anderen Schiffen noch wesentlich stärker als bei voller Beladung aus; die anderen Schiffe benötigen für 88 Raum-Container im Export bis zu 40 % (!) weniger Beladungszeit als die Nedlloyd-Schiffe, wobei sich die Ersparnis bei 40'-Containern tendenziell stärker bemerkbar macht als bei 20'-Containern. Einzelheiten können den entspr.Tabellen für die Teilspielzeiten entnommen werden.

Vergleich der nominellen Umschlagzeiten zwischen Import und Export bei 88 Raum-Containern à 20' und 40':

Schiff	Cont.	T_R [sek]	T_R [Std.]	T_R [%]	$\bar{T}_{SR}$ [sek]	Cont./Std.
Nedlloyd Oceania/ Europa	Imp.20'	9.311	2,59	100	105,8	34,0
	Exp.20'	10.124	2,81	108,7	115,0	31,3
	Imp.40'	9.044	2,51	100	102,8	35,0
	Exp.40'	11.639	3,23	128,7	132,3	27,2
CGM Normandie	Imp. 20'+40' }	9.421	2,62	100	107,1	33,6
	Exp.20'	10.512	2,92	111,6	119,5	30,1
	Exp.40'	11.086	3,08	117,7	126,0	28,6
Bunga Pel.	Imp.20'	8.426	2,34	89,4	95,8	37,6
Hannover Express	Imp.40'	6.395	1,78	100	72,7	49,5
	Exp.40'	7.364	2,05	115,2	83,7	43,0
Frankfurt Express	Imp.20'	6.031	1,68	100	68,5	52,5
	Exp.20'	6.374	1,77	105,7	72,4	49,7
	Imp.40'	6.112	1,70	100	69,5	51,8
	Exp.40'	6.995	1,94	114,5	79,5	45,3

Der z.T. erhebliche Mehrbedarf an Umschlagszeit bei Export gegenüber Import beträgt also für 20'-Container je nach Schiffstyp zwischen etwa 6 und 12 %, für 40'-Container zwischen etwa 15 und 30 %; die größeren Werte sind bei den Nedlloyd-Schiffen zu erwarten. Der niedrige Wert der Bunga Pelangi (89,4 %, bezogen auf CGM Normandie) dürfte sich, wie weiter oben bereits ausgeführt, aus der geringeren Routine des Brückenfahrers der CGM Normandie erklären; der Wert der Bunga Pelangi ist daher vermutlich realistisch.

Beachtenswert ist auch hier wieder, daß die vergleichbaren Umschlagzeiten der Schiffe mit Lukendeckel etwa 30 bis 40 % niedriger liegen als die der luken-deckellosen Nedlloyd-Schiffe. Einzelheiten siehe entspr. Tabellen für die Teilspielzeiten im Vergleich.

Vergleich der nominellen Umschlagzeiten zwischen 20', 40' und 2 x 20'-Containern in 40'-Bay für 88 Import-Container im Raum:

Schiff	Cont.	T_R [sek]	T_R [Std.]	T_R [%]	$\bar{T}_{SR}$ [sek]	Cont./Std.
Hann.	40'	6395	1,78	100	72,7	49,5
Express	2x20'	7156	1,99	111,9	81,3	44,3
Frankf.	40'	6112	1,70	100	69,5	51,8
Express	20'	6031	1,68	98,7	68,5	52,5
	2x20'	6403	1,78	104,8	72,8	49,5

Bekanntlich hat es sich in den letzten Jahren als praktikabel erwiesen, 20'-Container in 40'-Bays ohne Zwischengerüste zu fahren, indem man die 20'-Container lediglich durch einfache oder doppelte Staustücke sichert und in den Zellen 40'-Container auf die 20'-Lagen setzt. Dies erhöht die Flexibilität der Schiffe bezüglich der Containergröße erheblich.

Für die Umschlagszeit bedeutet das allerdings, daß Verzögerungen entstehen, da die Spreader (mit und ohne Container) nur auf einer Seite geführt werden; insbesondere die Zentrierungsvorgänge an den Einweisern der Zellenführungen (sowie unten beim Aufsetzen des Spreaders bzw. im Export-Fall des Containers auf die Staustücke) sind schwieriger und daher im Mittel langwieriger. Der Vergleich zeigt, daß sich die Löschzeit wegen der relativ weiten Einweiser der Frankfurt Express nur um etwa 5 % vergrößert; in den engeren Einweisern und Führungen der Hannover Express dagegen sind diese Verzögerungen erwartungsgemäß deutlich größer (ca. 12 %). Im Export-Fall, der nicht gemessen wurde, werden die Verzögerungen noch wesentlich größer sein.

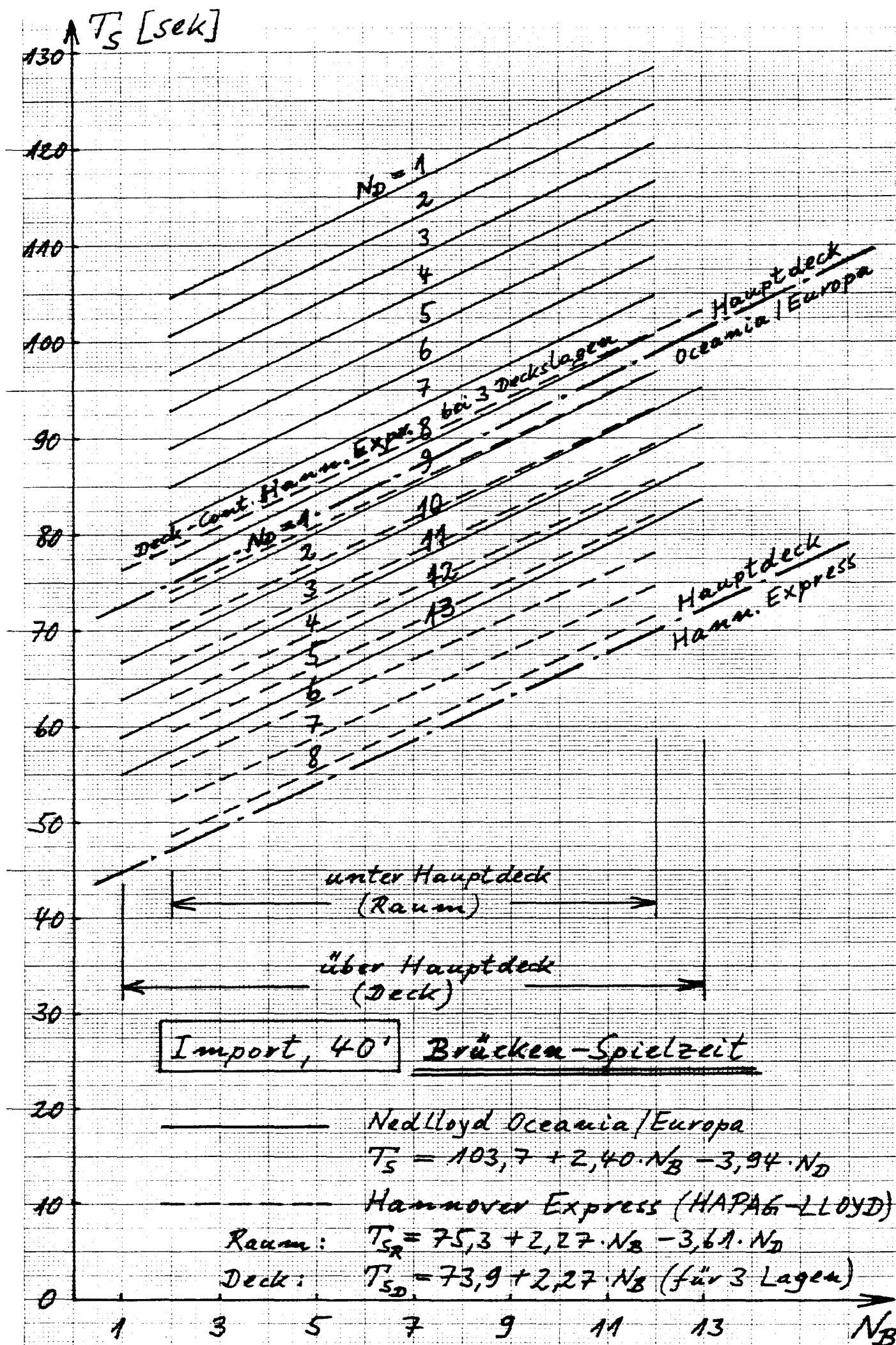
Vergleich dreier Schiffstypen mit 2 x 20'-Containern in 40'-Bays für 70 Import-Container im Raum:

Schiff	$T_R[\text{sek}]$	$T_R[\text{Std.}]$	$T_R[\%]$	$\bar{T}_{SR}[\text{sek}]$	Cont./Std.
Hann.Expr.	5990	1,66	100	85,6	42,1
Frkf.Expr.	5373	1,49	89,7	76,8	46,9
Ever Globe	4762	1,32	79,5	68,0	52,9

6. Zusammenfassung

An zwei Hamburger Terminals wurden Zeitmessungen des Container-Umschlags mit 7 Schiffen (5 unterschiedliche Typen) durchgeführt. Dabei wurde der Spreaderzyklus so in Teilspielzeiten unterteilt, daß genauere Analysen möglich wurden. Terminalseitige Zusatzzeiten wurden eliminiert.

Durch das Auswertungsverfahren wurde ein zuverlässiges, leicht programmierbares Rechenmodell geschaffen, mit dem es möglich ist, einerseits die gemessenen und gemittelten Werte ausreichend genau wiederzugeben und andererseits Vergleichsrechnungen für verschiedene Schiffstypen und zahlreiche unterschiedliche Fälle durchzuführen und so die nominellen, entwurfsbezogenen Umschlagszeiten der Alternativen miteinander zu vergleichen. Kosten werden nicht betrachtet; das Verfahren ist hierfür jedoch leicht zu erweitern.



Zeitmessungen beim Container-Umschlag

Schiffsname: Nedlloyd Oceania und Europa

Schiffstyp: Panmax mit 11 Stapeln, ohne Lukendeckel

Terminal: Eurokai

Datum: 12./13.10.1992 und
26./27.10.1992

Hauptdaten:

Lü.a. = 266,0 m ; L_{pp} = 253,0 m ; B = 32,24 m

$T_{Entw.}$ = 11,0 m ; $T_{Fest.}$ = 12,5 m

Δ = 67.432 t }
dw = 47.157 t } bei T = 12,5 m

LSW = 20.275 t

Max. Container-Kapazität = 3568 TEU } $\frac{LSW}{TEU} = 5,683 \frac{t}{TEU}$

Anteil Deck-Container = 42,5 % oberhalb Hauptdeck

D = 23,5 m ; $H = D + \cancel{h_{st11}} = 36$ m

T = ca. 8,5 m ; Kaihöhe = ca. 6 m über Wasser
 $\xrightarrow{\text{Zellführung}}$

Lukenanordnung:

Laderaum 1: Einfachluke;

Laderaum 2: zwei Dreifachluken; sonst keine Luken

Laschung der Deck-Container:

Auf Lukendeckeln mit Normal-Twistlocks und Zurrstangen; sonst keine Laschung

Einweiser der Zellenführungen:

Quer: um ca. 0,3 m höhenversetzt, kein Trichter (nur Flacheisen)

Längs: Trichter

Container-Raster (Mittelschiff, horiz. x vert.):

unter Hauptdeck: 11 x 9 ; über Hauptdeck: 13 x 4

Bemerkungen:

Querabstand der Container im Laderaum nur 4 bis 5 cm, da kein Einweiser-trichter (Gefahr bei beschädigten Containern !). Stauung von 45', 48', 49'-Containern auf Lukendeckeln vorn möglich.

Schiffsname: Nedlloyd Oceania und Europa

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Import, 40'

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 92 $\hat{a}$ 40' in Bay 20, 40.

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 (Heben mit Container) = $30,0 - 2,19 \cdot N_D$ T_2 (Katzfahrt mit Container) = $1,4 + 1,20 \cdot N_B$ T_3 (Senken mit Container) = 18,9 T_4 (Heben ohne Container) = 19,6 T_5 (Katzfahrt ohne Container) = $3,6 + 1,20 \cdot N_B$ T_6 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.) = 6,2 T_7 (Senken ohne Container) = $24,0 - 1,75 \cdot N_D$ Gesamtspielzeit (Raum) = $T_{SR} = \sum T_i = 103,7 + 2,40 \cdot N_B - 3,94 \cdot N_D$ Mittl. Geschwindigkeit
Katzfahren

	Heben/Senken
1,19 m/s	
2,08 m/s:	inkl. vert.
inkl. horiz.:	ca. 1,2 m/s
inkl. horiz.:	ca. 1,2 m/s
2,08 m/s:	inkl. vert.
1,49 m/s	

Für 151 Cont. einer Bay

Mittl. Gesamtspielzeit

 $(N_B = 7 ; N_D = 7) :$ $T_{SR} = 92,9 \text{ sek.}$ $\hat{a} 38,8 \text{ Cont. Std.}$

Gemessen: 92,3 sek.

Abweichung: + 0,7 %

Deck: Zahl der gestoppten Container: $\hat{a}$ in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 () = T_2 () = T_3 () = T_4 () = T_5 () = T_6 () =Mittl. Geschwindigkeit
Katzfahren

	Heben/Senken

Mittl. Gesamtspielzeit

 $(N_B =) :$ $T_{SD} = \text{sek.}$ $\hat{a} \text{ Cont. Std.}$ Gemessen: sek. %
Abweichung:Gesamtspielzeit (Deck) : $T_{SD} = \sum T_i =$ Berechnete nominelle
Umschlagzeiten fürRaum, Glg. (3) : $T_R = 12.207 \text{ sek.} \hat{a} 3,39 \text{ Std.}; 127 \text{ Cont.} + T_{SR} = 96,1 \text{ sek.} \hat{a} 37,5 \text{ Cont./Std.}$ Deck, Glg. (5) : $T_D = - \text{sek.} \hat{a} \text{ Std.}; - \text{Cont.} + T_{SD} = - \text{sek.} \hat{a} - \text{Cont./Std.}$ 127 Cont. $\hat{a}$ 40' : $T_B = 12.207 \text{ sek.} \hat{a} 3,39 \text{ Std.}; 127 \text{ Cont.} + T_{SB} = 96,1 \text{ sek.} \hat{a} 37,5 \text{ Cont./Std.}$

Schiffsname: Nedlloyd Oceania und Europa

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Import, 20'Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 88 $\hat{a}$ 20' in Bay 31,33,35,37.

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 (Heben mit Container) = $29,0 - 2,18 \cdot N_D$ T_2 (Katzfahrt mit Container) = $-0,7 + 1,44 \cdot N_B$ T_3 (Senken mit Container) = 21,4 T_4 (Heben ohne Container) = 20,4 T_5 (Katzfahrt ohne Container) = $10,0 + 0,75 \cdot N_B$ T_6 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.) = 5,3 T_7 (Senken ohne Container) = $22,5 - 1,69 \cdot N_D$ Gesamtspielzeit (Raum) = $T_{SR} = \sum T_i = 107,9 + 2,19 \cdot N_B - 3,87 \cdot N_D$

Mittl. Geschwindigkeit

Katzfahren	Heben/Senken
	1,19 m/s
1,74 m/s:	inkl.vert.
inkl.horiz.:	ca. 1,1 m/s
inkl.horiz.:	ca. 1,1 m/s
3,33 m/s:	inkl.vert.
	1,54 m/s

Für 151 Cont. einer Bay

Mittl. Gesamtspielzeit

 $(N_B = 7 ; N_D = 7) :$ $\bar{T}_{SR} = 96,1 \text{ sek.}$ $\hat{=} 37,5 \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$

Gemessen: 109,6 sek. (?)

Abweichung: -12,3 % (?)

Deck: Zahl der gestoppten Container: $\hat{a}$ in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 () = T_2 () = T_3 () = T_4 () = T_5 () = T_6 () =

Mittl. Geschwindigkeit

Katzfahren	Heben/Senken

Mittl. Gesamtspielzeit

 $(N_B =) :$ $\bar{T}_{SD} = \text{sek.}$ $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$ Gemessen: sek. %
Abweichung:Gesamtspielzeit (Deck) : $T_{SD} = \sum T_i =$ Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für

127 Cont. $\hat{a}$ 20' :

Raum, Glg. (3) : $T_R = 12.608 \text{ sek.} \hat{=} 3,50 \text{ Std.}; 127 \text{ Cont.} \rightarrow \bar{T}_{SR} = 99,3 \text{ sek.} \hat{=} 36,3 \text{ Cont./Std.}$

Deck, Glg. (5) : $T_D = - \text{sek.} \hat{=} - \text{Std.}; - \text{Cont.} \rightarrow \bar{T}_{SD} = - \text{sek.} \hat{=} - \text{Cont./Std.}$

Bay, Glg. (6) : $T_B = 12.608 \text{ sek.} \hat{=} 3,50 \text{ Std.}; 127 \text{ Cont.} \rightarrow \bar{T}_{SB} = 99,3 \text{ sek.} \hat{=} 36,3 \text{ Cont./Std.}$

Schiffsname: Nedlloyd Oceania und Europa

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Export, 40'

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 11 à 40' in Bay 24

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 (Heben mit Container) = 25,6

T_2 (Katzfahrt mit Container) = $7,6 + 1,2 \cdot N_B$

T_3 (Zentrieren (Schiff) mit Cont.) = 8,7

T_4 (Senken mit Container) = $38,6 - 2,84 \cdot N_D$

T_5 (Heben/Katzfahrt ohne Container) = $17,2 + 0,72 \cdot N_B$

T_6 (Senken ohne Container) = 24,1

T_7 (Zentrieren (Kai) ohne Cont.) = 9,8

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = T_{SR} = \sum T_i = 131,6 + 1,92 \cdot N_B - 2,84 \cdot N_D$$

Für 151 Cont. einer Bay
Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B = 7$; $N_D = 7$):

$$\bar{T}_{SR} = 125,2 \text{ sek.}$$

$$\hat{=} 28,8 \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$$

Gemessen: 126,0 sek.

Abweichung: -0,6 %

Mittl. Geschwindigkeit Katzfahren		Mittl. Geschwindigkeit Heben/Senken
inkl. horiz.:	inkl. vert.	
2,08 m/s:		ca. 0,9 m/s
		inkl. vert.
3,47 m/s:		0,92 m/s
inkl. horiz.:		inkl. vert.
		ca. 0,95 m/s

Deck: Zahl der gestoppten Container: $\hat{a}$ in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 () =

T_2 () =

T_3 () =

T_4 () =

T_5 () =

T_6 () =

Mittl. Geschwindigkeit

Katzfahren		Mittl. Geschwindigkeit Heben/Senken

Mittl. Gesamtspielzeit

($N_B =$) :

$$\bar{T}_{SD} = \text{sek.}$$

$$\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$$

Gemessen: sek.
Abweichung: %

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)} : T_{SD} = \sum T_i =$$

Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für

127 Cont. à 40' :

$$\text{Raum, Glg. (3)} : T_R = 16,188 \text{ sek.} \hat{=} 4,50 \text{ Std.}; 127 \text{ Cont.} \rightarrow \bar{T}_{SR} = 127,5 \text{ sek.} \hat{=} 28,2 \text{ Cont./Std.}$$

$$\text{Deck, Glg. (5)} : T_D = - \text{sek.} \hat{=} - \text{Std.}; - \text{Cont.} \rightarrow \bar{T}_{SD} = - \text{sek.} \hat{=} - \text{Cont./Std.}$$

$$\text{Bay, Glg. (6)} : T_B = 16,188 \text{ sek.} \hat{=} 4,50 \text{ Std.}; 127 \text{ Cont.} \rightarrow \bar{T}_{SB} = 127,5 \text{ sek.} \hat{=} 28,2 \text{ Cont./Std.}$$

Schiffsname: Nedlloyd Oceania und Europa

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Export, 20'

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 27 à 20' in Bay 17

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 (Heben mit Container) = 22,4

T_2 (Katzfahrt mit Container) = $8,4 + 0,75 \cdot N_B$

T_3 (Zentrieren (Schiff) mit Cont.) = 9,3

T_4 (Senken mit Container) = $27,1 - 1,99 \cdot N_D$

T_5 (Heben/Katzfahrt ohne Container) = $20,0 + 0,72 \cdot N_B$

T_6 (Senken ohne Container) = 22,8

T_7 (Zentrieren (Kai) ohne Cont.) = 5,7

Gesamtspielzeit (Raum) = $T_{SR} = \sum T_i = 113,7 + 1,47 \cdot N_B - 1,99 \cdot N_D$

Mittl. Geschwindigkeit	
Katzfahren	Heben/Senken
inkl. horiz.:	ca. 1,0 m/s
3,33 m/s:	inkl. vert.
	1,31 m/s
3,47 m/s:	inkl. vert.
inkl. horiz.:	ca. 1,0 m/s

Für 151 Cont. einer Bay
Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B = 7$; $N_D = 7$):

$\bar{T}_{SR} = 110,1$ sek.

$\hat{=} 32,7$ Cont.
Std.

Gemessen: 114,7 sek.

Abweichung: -4,0 %

Deck: Zahl der gestoppten Container: à in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 () =

T_2 () =

T_3 () =

T_4 () =

T_5 () =

T_6 () =

Mittl. Geschwindigkeit	
Katzfahren	Heben/Senken

Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B =$) :

$\bar{T}_{SD} =$ sek.

$\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$

Gemessen: sek.
Abweichung: %

Gesamtspielzeit (Deck) : $T_{SD} = \sum T_i =$

Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für

127 Cont. à 20' :

Raum, Glg. (3) : $T_R = 14,183$ sek. $\hat{=} 3,94$ Std.; 127 Cont. $\rightarrow \bar{T}_{SR} = 111,7$ sek. $\hat{=} 32,2$ Cont./Std.

Deck, Glg. (5) : $T_D = -$ sek. $\hat{=} -$ Std.; - Cont. $\rightarrow \bar{T}_{SD} = -$ sek. $\hat{=} -$ Cont./Std.

Bay, Glg. (6) : $T_B = 14,183$ sek. $\hat{=} 3,94$ Std.; 127 Cont. $\rightarrow \bar{T}_{SB} = 111,7$ sek. $\hat{=} 32,2$ Cont./Std.

Zeitmessungen beim Container-Umschlag

Schiffsname: CGM Normandie

Schiffstyp: Post-Panmax, mit Lukendeckeln

Terminal: Eurokai

Datum: 19./20.10.1992

Hauptdaten:

LÜ.a. = 275,6 m ; L_{pp} = 261,4 m ; B = 37,10 m

$T_{Entw.}$ = 12,4 m ; $T_{Fest.}$ = 13,5 m

Δ = 81.841 t
dw = 62.277 t } bei T = 13,5 m

LSW = 19.564 t

Max. Container-Kapazität = 4419 TEU } $\frac{LSW}{TEU} = 4,427 \frac{t}{TEU}$

Anteil Deck-Container = 53,6 %

D = 21,5 m ; $H = D + h_{Süll} = 23$ m

T = ca. 8,0 m ; Kaihöhe = ca. 6 m über Wasser

Lukenanordnung:

Dreifachluken mit 5-2-5 Stapeln unter Deck

5-3-5 Stapeln über Deck

Laschung der Deck-Container:

Laschbrücken bis ca. 5 m über Hauptdeck;

Normal-Twistlocks mit Zurrstangen

Einweiser der Zellenführungen:

Quer: um ca. 0,3 m höhenversetzt

Quer und längs: relativ enge Trichter

Kein Längs-Trichter an Zwischengerüst in 2 x 20'-Bay

Container-Raster (Mittelschiff, horiz. x vert.):

Laderaum 12 x 8 ; Deck 15 x 4 (5)

Bemerkungen:

Querabstand der Container im Laderaum ca. 15 cm, wegen Einweiser-Trichter.
Relativ enge Bays (20' und 40') zwischen den Laschbrücken, Zurr-Spannschrauben beidrehen !

Schiffsname: CGM Normandie

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Import, 20'/40'-Mischung

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 93 $\hat{a}$ 20' in Bay 25, 33, 28
26 $\hat{a}$ 40'

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 (Heben mit Container)	$= 22,3 - 2,29 \cdot N_D$
T_2 (Katzfahrt mit Container)	$= 2,8 + 1,34 \cdot N_B$
T_3 (Senken mit Container)	$= 22,7$ (über Laschbr.)
T_4 (Heben ohne Container)	$= 21,9$ (über Laschbr.)
T_5 (Katzfahrt ohne Cont.)	$= 8,1 + 1,34 \cdot N_B$
T_6 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.)	$= 8,3$
T_7 (Senken ohne Container)	$= 22,1 - 2,15 \cdot N_D$

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = T_{SR} = \sum T_i = 108,2 + 2,68 \cdot N_B - 4,44 \cdot N_D$$

Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B = 6,5$; $N_D = 4,5$):
 $T_{SR} = 105,6$ sek.
 $\hat{=} 34,1$ Cont.
Std.

Gemessen: 101,7 sek.
Abweichung: +3,8 %

Deck: Zahl der gestoppten Container: 13 $\hat{a}$ 20' in Bay 25, 42
7 $\hat{a}$ 40'

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 (Katzfahrt mit Container)	$= 1,6 + 1,35 \cdot N_B$
T_2 (Senken mit Container)	$= 16,6$ (über Laschbr.)
T_3 (Heben ohne Container)	$= 19,6$ (über Laschbr.)
T_4 (Katzfahrt ohne Container)	$= 3,1 + 1,35 \cdot N_B$
T_5 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.)	$= 9,7$
T_6 ()	$=$

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)} : T_{SD} = \sum T_i = 50,6 + 2,70 \cdot N_B \text{ (für 3 Lagen)}$$

Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B = 8$):
 $T_{SD} = 72,2$ sek.
 $\hat{=} 49,9$ Cont.
Std.

Gemessen: 78,2 sek.
Abweichung: -7,7 %

Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für
127 Cont. $\hat{a}$ 20'/
40':

Raum, Glg. (3): $T_R = 10,141$ sek. $\hat{=} 2,82$ Std.; 96 Cont. $\rightarrow T_{SR} = 105,6$ sek. $\hat{=} 34,1$ Cont./Std.
Deck, Glg. (5): $T_D = 2,236$ sek. $\hat{=} 0,62$ Std.; 31 Cont. $\rightarrow T_{SD} = 72,1$ sek. $\hat{=} 49,9$ Cont./Std.
Bay, Glg. (6): $T_B = 13,157$ sek. $\hat{=} 3,65$ Std.; 127 Cont. $\rightarrow T_{SB} = 103,6$ sek. $\hat{=} 34,7$ Cont./Std.

Schiffsname: CGM Normandie

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Export, 20'

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 53 à 20' in Bay 35

Teilspielzeiten in Sek.:

		Mittl. Geschwindigkeit	
		Katzfahren	Heben/Senken
T_1 (Heben mit Container)	$) = 21,0$ (über Laschbr.)	inkl. horiz.: ca. 0,4 m/s (?)	
T_2 (Katzfahrt mit Container)	$) = 11,0 + 1,13 \cdot N_B$	2,21 m/s: inkl. vert.	
T_3 (Zentrieren (Schiff) mit Cont.)	$) = 7,1$		
T_4 (Senken mit Container)	$) = 24,7 - 2,42 \cdot N_D$		1,07 m/s
T_5 (Heben/Katzfahrt ohne Container)	$) = 18,7 + 1,02 \cdot N_B$	2,45 m/s: inkl. vert.	
T_6 (Senken ohne Container)	$) = 24,4$ (über Laschbr.)	inkl. horiz.: ca. 0,4 m/s (?)	
T_7 (Zentrieren (Kai) ohne Container)	$) = 8,7$		

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = T_{SR} = \sum T_i = 115,6 + 2,15 \cdot N_B - 2,42 \cdot N_D$$

Deck: Zahl der gestoppten Container: à in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

		Mittl. Geschwindigkeit	
		Katzfahren	Heben/Senken
T_1 (	$) =$		
T_2 (	$) =$		
T_3 (	$) =$		
T_4 (	$) =$		
T_5 (	$) =$		
T_6 (	$) =$		

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)} : T_{SD} = \sum T_i =$$

Berechnete nominelle Umschlagzeiten für

96 Cont. à 20' :	Raum, Glg. (3) :	$T_R = 11.394 \text{ sek.} \hat{=} 3,16 \text{ Std.};$	96 Cont. →	$T_{SR} = 118,7 \text{ sek.} \hat{=} 30,3 \text{ Cont./Std.}$
	Deck, Glg. (5) :	$T_D = \text{sek.} \hat{=} \text{Std.};$	Cont. →	$T_{SD} = \text{sek.} \hat{=} \text{Cont./Std.}$
	Bay, Glg. (6) :	$T_B = \text{sek.} \hat{=} \text{Std.};$	Cont. →	$T_{SB} = \text{sek.} \hat{=} \text{Cont./Std.}$

Schiffsname: CGM Normandie

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Export, 40'

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 30 $\hat{a}$ 40' in Bay 18

Teilspielzeiten in Sek.:

		Mittl. Geschwindigkeit	
		Katzfahren	Heben/Senken
T_1 (Heben mit Container)	$= 26,7$ (über Laschbr.)	inkl.horiz.: ca. 0,3 m/s (?)	Mittl. Gesamtspielzeit
T_2 (Katzfahrt mit Container)	$= 11,0 + 1,13 \cdot N_B$	2,21 m/s: inkl.vert.	$(N_B = 6,5; N_D = 4,5):$
T_3 (Zentrieren (Schiff) mit Cont.)	$= 10,9$		$\bar{T}_{SR} = 125,3$ sek.
T_4 (Senken mit Container)	$= 22,3 - 2,19 \cdot N_D$	1,19 m/s	$\hat{=} 28,7$ Cont.
T_5 (Heben/Katzfahren ohne Container)	$= 15,3 + 1,43 \cdot N_B$	1,75 m/s: inkl.vert.	Gemessen: 123,1 sek.
T_6 (Senken ohne Container)	$= 22,2$ (über Laschbr.)	inkl.horiz.: ca. 0,4 m/s (?)	Abweichung: +1,8 %
T_7 (Zentrieren (Kai) ohne Container)	$= 10,1$		

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = \bar{T}_{SR} = \sum T_i = 118,5 + 2,56 \cdot N_B - 2,19 \cdot N_D$$

Deck: Zahl der gestoppten Container: $\hat{a}$ in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

		Mittl. Geschwindigkeit	
		Katzfahren	Heben/Senken
T_1 ()	$=$		Mittl. Gesamtspielzeit
T_2 ()	$=$		$(N_B =) :$
T_3 ()	$=$		$\bar{T}_{SD} =$ sek.
T_4 ()	$=$		$\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$
T_5 ()	$=$		Gemessen: sek.
T_6 ()	$=$		Abweichung: %

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)} : \bar{T}_{SD} = \sum T_i =$$

Berechnete nominelle Umschlagzeiten für

96 Cont. $\hat{a}$ 40' :

Raum, Glg. (3) :	$T_R = 12.027$ sek. $\hat{=} 3,34$ Std.;	$\bar{T}_{SR} = 125,3$ sek. $\hat{=} 28,7$ Cont./Std.
Deck, Glg. (5) :	$T_D =$ sek. $\hat{=} \text{Std.};$	$\bar{T}_{SD} =$ sek. $\hat{=} \text{Cont./Std.}$
Bay, Glg. (6) :	$T_B =$ sek. $\hat{=} \text{Std.};$	$\bar{T}_{SB} =$ sek. $\hat{=} \text{Cont./Std.}$

Zeitmessungen beim Container-Umschlag

Schiffsname: Bunga Pelangi (MISC)

Schiffstyp: Post-Panmax, mit Lukendeckeln

Terminal: Eurokai

Datum: 2./3.11.1992

Hauptdaten:

Lü.a. = 275,0 m ; L_{pp} = 263,0 m ; B = 37,10 m

$T_{Entw.}$ = 12,5 m ; $T_{Fest.}$ = 13,62 m

Δ = 83.197 t
dw = 59.697 t } bei T = 13,62 m

LSW = 23.500 t

Max. Container-Kapazität = 4469 TEU } $\frac{LSW}{TEU} = 5,258 \frac{t}{TEU}$

Anteil Deck-Container = 53,9 %

D = 21,7 m ; $H = D + h_{Süll} = 23$ m

T = ca. 8,0 m ; Kaihöhe = ca. 6 m über Wasser

Lukenanordnung:

Dreifachluken mit 5-2-5 Stapeln unter Deck

5-3-5 Stapeln über Deck

Laschung der Deck-Container:

Laschbrücken bis ca. 5 m über Hauptdeck;

Normal-Twistlocks mit Zurrstangen

Einweiser der Zellenführungen:

Quer: um ca. 0,3 m höhenversetzt

Quer und längs: relativ enge Trichter

Kein Längs-Trichter an Zwischengerüst in 2 x 20'-Bay

Container-Raster (Mittelschiff, horiz. x vert.):

Laderaum 12 x 8; Deck 15 x 4 (5)

Bemerkungen:

Querabstand der Container im Laderaum ca. 15 cm, wegen Einweiser-Trichter.
Relativ enge Bays (20' und 40') zwischen den Laschbrücken, Zurr-Spannschrauben beidrehen !

Schiffsname: Bunga Pelangi (MISC)

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Import, 20'

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 80 à 20' in Bay 19

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 (Heben mit Container)	$) = 17,8 - 1,66 \cdot N_D$	Mittl. Geschwindigkeit Katzfahren	1,57 m/s	Mittl. Gesamtspielzeit ($N_B = 6,5$; $N_D = 4,5$): $\bar{T}_{SR} = 94,7$ sek. $\hat{=} 38,0$ Cont. Std. Gemessen: 91,7 sek. Abweichung: +3,3 %
T_2 (Katzfahrt mit Container)	$) = 1,8 + 1,18 \cdot N_B$	2,12 m/s:	inkl. vert.	
T_3 (Senken mit Container)	$) = 23,5$ (über Laschbr.)	inkl. horiz.:	ca. 0,4 m/s(?)	
T_4 (Heben ohne Container)	$) = 22,9$ (über Laschbr.)	inkl. horiz.:	ca. 0,4 m/s(?)	
T_5 (Katzfahrt ohne Container)	$) = 4,7 + 1,18 \cdot N_B$	2,12 m/s:	inkl. vert.	
T_6 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.)	$) = 6,2$			
T_7 (Senken ohne Container)	$) = 17,4 - 1,66 \cdot N_D$		1,57 m/s	

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = \bar{T}_{SR} = \sum T_i = 94,3 + 2,36 \cdot N_B - 3,32 \cdot N_D$$

Deck: Zahl der gestoppten Container: à in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 (	$) =$	Mittl. Geschwindigkeit Katzfahren		Mittl. Gesamtspielzeit ($N_B =$) : $\bar{T}_{SD} =$ sek. $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$ Gemessen: sek. Abweichung: %
T_2 (	$) =$			
T_3 (	$) =$			
T_4 (	$) =$			
T_5 (	$) =$			
T_6 (	$) =$			

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)} : \bar{T}_{SD} = \sum T_i =$$

Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für

96 Cont. à 20' :

Raum, Glg. (3) :	$T_R = 9091$	sek. $\hat{=} 2,53$ Std.;	96 Cont. $\rightarrow$	$\bar{T}_{SR} = 94,7$ sek. $\hat{=} 38,0$ Cont./Std.
Deck, Glg. (5) :	$T_D =$	Std.;	Cont. $\rightarrow$	$\bar{T}_{SD} =$ sek. $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$
Bay, Glg. (6) :	$T_B =$	Std.;	Cont. $\rightarrow$	$\bar{T}_{SB} =$ sek. $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$

Zeitmessungen beim Container-Umschlag

Schiffsname: Hannover Express, HAPAG-LLOYD

Schiffstyp: Panmax mit 11 Stapeln, mit Lukendeckeln

Terminal: HHLA

Datum: 17.10.1992

Hauptdaten:

Lü.a. = 294,0 m ; L_{pp} = 281,6 m ; B = 32,25 m

$T_{Entw.}$ = 12,0 m ; $T_{Fest.}$ = 13,52 m

Δ = 88.425 t
dw = 67.686 t } bei T = 13,52 m

LSW = 20.740 t

Max. Container-Kapazität = 4409 TEU } $\frac{LSW}{TEU} = 4,704 \frac{t}{TEU}$

Anteil Deck-Container = 48,2 %

D = 21,4 m ; H = D + $h_{Süll}$ = 23 m

T = ca. 9 m ; Kaihöhe = ca. 5 m über Wasser

Lukenanordnung:

Dreifachluken mit 4-3-4 Stapeln

Laschung der Deck-Container:

z.T. Laschbrücken bis ca. 5 m über Hauptdeck, automatische Twistlocks mit Zurrstangen

Einweiser der Zellenführungen:

Quer: um ca. 0,5 bis 0,7 m höhenversetzt
Quer und längs: relativ enge Trichter

Container-Raster (Mittelschiff, horiz. x vert.):

Laderaum 11 x 8; Deck 13 x 5 (4)

Bemerkungen:

Zeitverluste durch öfter versagende automatische Twistlocks sowie durch deren Anstecken bzw. Abnehmen am Kai.

Es werden auch 2 x 20'-Container in 40'-Bays mit Einzelstauflächen und 40'-Cont. darüber gefahren.

Schiffsname: Hannover Express, HAPAG-LLOYD

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Import, 40'

*) $T_2 = 6,0 + 1,13 \cdot N_B$,
falls Cont. über Block (3
Lagen Deckscont.) gehoben

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 41 à 40' in Bay 42, 50

Teilspielzeiten in Sek.:

		Mittl. Geschwindigkeit Katzfahren	Heben/Senken
T_1 (Heben mit Container)	$= 16,5 - 1,83 \cdot N_D$		1,42 m/s
T_2 (Katzfahrt mit Container)	$= 2,6 + 1,13 \cdot N_B$ *)	2,21 m/s:	inkl. vert.
T_3 (Senken mit Container)	$= 14,7$ (über Laschbr.)	inkl. horiz.:	ca. 0,6 m/s
T_4 (Heben ohne Container)	$= 12,1$ (über Laschbr.)	inkl. horiz.:	ca. 0,7 m/s
T_5 (Katzfahrt ohne Container)	$= 7,4 + 1,14 \cdot N_B$	2,19 m/s:	inkl. vert.
T_6 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.)	$= 6,0$		
T_7 (Senken ohne Container)	$= 16,0 - 1,78 \cdot N_D$		1,46 m/s

Mittl. Gesamtspielzeit

 $(N_B = 6; N_D = 4,5):$ $\bar{T}_{SR} = 72,7 \text{ sek.}$ $\hat{=} 49,5 \text{ Cont. Std.}$

Gemessen: 68,8 sek.

Abweichung: +5,7 %

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = \bar{T}_{SR} = \sum T_i = 75,3 + 2,27 \cdot N_B - 3,61 \cdot N_D$$

Deck: Zahl der gestoppten Container: 33 à 40' in Bay 42

Teilspielzeiten in Sek.:

		Mittl. Geschwindigkeit Katzfahren	Heben/Senken
T_1 (Katzfahrt mit Cont.)	$= 4,6 + 1,13 \cdot N_B$	2,21 m/s:	inkl. vert.
T_2 (Senken mit Container)	$= 33,4$ (automat. Twistlocks)	inkl. horiz.:	ca. 0,3 m/s
T_3 (Heben ohne Container)	$= 18,9$ (über Laschbr.)	inkl. horiz.:	ca. 0,5 m/s
T_4 (Katzfahrt ohne Container)	$= 7,4 + 1,14 \cdot N_B$	2,19 m/s:	inkl. vert.
T_5 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.)	$= 9,6$		
T_6 (-)	$=$		

Mittl. Gesamtspielzeit

 $(N_B = 7):$ $\bar{T}_{SD} = 89,8 \text{ sek.}$ $\hat{=} 40,1 \text{ Cont. Std.}$

Gemessen: 91,7 sek.

Abweichung: -2,1 %

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)}: \bar{T}_{SD} = \sum T_i = 73,9 + 2,27 \cdot N_B \text{ (für 3 Lagen)}$$

Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für

127 Cont. à 40' :	Raum, Glg. (3) :	$T_R = 6395 \text{ sek.} \hat{=} 1,78 \text{ Std.};$	$\bar{T}_{SR} = 72,7 \text{ sek.} \hat{=} 49,5 \text{ Cont./Std.}$
	Deck, Glg. (5) :	$T_D = 3502 \text{ sek.} \hat{=} 0,97 \text{ Std.};$ $+ 3 \cdot 180 (\text{LD}) + 2 \cdot 120 (\text{LK})$	$\bar{T}_{SD} = 89,8 \text{ sek.} \hat{=} 40,1 \text{ Cont./Std.}$
	Bay, Glg. (6) :	$T_B = 10.677 \text{ sek.} \hat{=} 2,97 \text{ Std.};$	$\bar{T}_{SB} = 84,1 \text{ sek.} \hat{=} 42,8 \text{ Cont./Std.}$

Schiffsname: Hannover Express, HAPAG-LLOYD

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Import, 2 x 20'-Cont. in 40'-Bay

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 97 à 20' in Bay 51

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 (Heben mit Container) = $16,5 - 1,83 \cdot N_D$ T_2 (Katzfahrt mit Container) = $2,6 + 1,13 \cdot N_B$ T_3 (Senken mit Container) = $14,7$ (über Laschbr.) T_4 (Heben ohne Container) = $12,1$ (über Laschbr.) T_5 (Katzfahrt ohne Container) = $7,4 + 1,14 \cdot N_B$ T_6 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.) = $11,6$ T_7 (Senken ohne Container) = $20,5 - 2,28 \cdot N_D$ Gesamtspielzeit (Raum) = $T_{SR} = \sum T_i = 85,4 + 3,40 \cdot N_B - 5,44 \cdot N_D$

Mittl. Geschwindigkeit	
Katzfahren	Heben/Senken
	1,42 m/s
2,21 m/s:	inkl. vert.
inkl. horiz.:	ca. 0,6 m/s
inkl. horiz.:	ca. 0,7 m/s
2,19 m/s:	inkl. vert.

Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B = 6$; $N_D = 4,5$): $\bar{T}_{SR} = 81,3$ sek. $\hat{=} 44,3$ Cont.
Std.

Gemessen: 87,2 sek.

Abweichung: -6,8 %

Deck: Zahl der gestoppten Container: $\hat{a}$ in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 () = T_2 () = T_3 () = T_4 () = T_5 () = T_6 () =Mittl. Geschwindigkeit
Katzfahren

Mittl. Geschwindigkeit	
Katzfahren	Heben/Senken

Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B =$) : $\bar{T}_{SD} =$ sek. $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$ Gemessen: sek.
Abweichung: %Gesamtspielzeit (Deck) : $T_{SD} = \sum T_i =$ Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für

88 Cont. à 20' :

Raum, Glg. (3) :	$T_R = 7156$	sek. $\hat{=} 1,99$	Std.;	88	Cont.	$\rightarrow \bar{T}_{SR} = 81,3$	sek. $\hat{=} 44,3$	Cont./Std.
Deck, Glg. (5) :	$T_D =$	sek. $\hat{=} \text{Std.};$			Cont.	$\rightarrow \bar{T}_{SD} =$	sek. $\hat{=} \text{Cont./Std.}$	
Bay, Glg. (6) :	$T_B =$	sek. $\hat{=} \text{Std.};$			Cont.	$\rightarrow \bar{T}_{SB} =$	sek. $\hat{=} \text{Cont./Std.}$	

Schiffsname: Hannover Express, HAPAG-LLOYD

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Export, 20'

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 37 à 20' in Bay 53

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 (Heben mit Container) = 9,8 T_2 (Katzfahrt mit Container) = $5,0 + 1,09 \cdot N_B$ T_3 (Zentrieren (Schiff) mit Cont.) = 11,3 T_4 (Senken mit Container) = $19,0 - 2,0 \cdot N_D$ T_5 (Heben/Katzfahrt ohne Container) = $14,3 + 0,75 \cdot N_B$ T_6 (Senken ohne Container) = 13,8 T_7 (Zentrieren (Kai) ohne Container) = 5,4

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = T_{SR} = \sum T_i = 78,6 + 1,84 \cdot N_B - 2,0 \cdot N_D$$

Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B = 6$; $N_D = 4,5$):

$$\bar{T}_{SR} = 80,6 \text{ sek.}$$

$$\hat{=} 44,6 \text{ Cont. Std.}$$

Gemessen: 84,7 sek.

Abweichung: -4,8 %

Deck: Zahl der gestoppten Container: 34 à 20' in Bay 53

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 (Heben mit Container) = 25,3 (automat. Twistlocks) T_2 (Katzfahrt mit Container) = $3,2 + 0,96 \cdot N_B$ T_3 (Zentrieren (Schiff) mit Cont.) = 10,2 T_4 (Katzfahrt ohne Container) = $7,2 + 0,78 \cdot N_B$ T_5 (Senken ohne Container) = 14,1 T_6 (Zentrieren (Kai) ohne Container) = 6,2

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)} : T_{SD} = \sum T_i = 66,2 + 1,74 \cdot N_B \text{ (für 4 Lagen)}$$

Mittl. Geschwindigkeit
Katzfahren

inkl. horiz.: ca. 0,4 m/s(?)

2,60 m/s: inkl. vert.

3,21 m/s: inkl. vert.

inkl. horiz.: ca. 0,6 m/s

Mittl. Gesamtspielzeit

$$(N_B = 7) :$$

$$\bar{T}_{SD} = 78,4 \text{ sek.}$$

$$\hat{=} 45,9 \text{ Cont. Std.}$$

Gemessen: 79,3 sek.

Abweichung: -1,1 %

Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für

127 Cont. à 20':

Raum, Glg. (3) : $T_R = 7096 \text{ sek.} \hat{=} 1,97 \text{ Std.}$; 88 Cont. → $\bar{T}_{SR} = 80,6 \text{ sek.} \hat{=} 44,6 \text{ Cont./Std.}$ Deck, Glg. (5) : $T_D = 3057 \text{ sek.} \hat{=} 0,85 \text{ Std.}$; 39 Cont. → $\bar{T}_{SD} = 78,4 \text{ sek.} \hat{=} 45,9 \text{ Cont./Std.}$ Bay, Glg. (6) : $T_B = 11.053 \text{ sek.} \hat{=} 3,07 \text{ Std.}$; 127 Cont. → $\bar{T}_{SB} = 87,0 \text{ sek.} \hat{=} 41,4 \text{ Cont./Std.}$

Schiffsname: Hannover Express, HAPAG-LLOYD

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Export, 40'

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 30 $\hat{a}$ 40' in Bay 42, 46

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 (Heben mit Container) = 12,5

T_2 (Katzfahrt mit Container) = 5,0 + 1,09 · N_B

T_3 (Zentrieren (Schiff) mit Cont.) = 9,0

T_4 (Senken mit Container) = 23,4 - 2,46 · N_D

T_5 (Heben/Katzfahrt ohne Container) = 9,0 + 0,75 · N_B

T_6 (Senken ohne Container) = 14,3

T_7 (Zentrieren (Kai) ohne Cont.) = 10,5

Gesamtspielzeit (Raum) = $T_{SR} = \sum T_i = 83,7 + 1,84 \cdot N_B - 2,46 \cdot N_D$

Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B = 6$; $N_D = 4,5$):

$\bar{T}_{SR} = 83,7$ sek.

$\hat{a} 43,0$ Cont.
Std.

Gemessen: 74,9 sek.
Abweichung: +11,8 %

Deck: Zahl der gestoppten Container: $\hat{a}$ in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 () =

T_2 () =

T_3 () =

T_4 () =

T_5 () =

T_6 () =

Gesamtspielzeit (Deck): $T_{SD} = \sum T_i =$

Mittl. Geschwindigkeit

Katzfahren Heben/Senken

Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B =$) :

$\bar{T}_{SD} =$ sek.

$\hat{a}$ Cont.
Std.

Gemessen: sek.
Abweichung: %

Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für

88 Cont. $\hat{a}$ 40' :

Raum, Glg. (3) : $T_R = 7363$ sek. $\hat{a}$ 2,05 Std.; 88 Cont. $\rightarrow \bar{T}_{SR} = 83,7$ sek. $\hat{a}$ 43,0 Cont./Std.

Deck, Glg. (5) : $T_D =$ sek. $\hat{a}$ Std.; Cont. $\rightarrow \bar{T}_{SD} =$ sek. $\hat{a}$ Cont./Std.

Bay, Glg. (6) : $T_B =$ sek. $\hat{a}$ Std.; Cont. $\rightarrow \bar{T}_{SB} =$ sek. $\hat{a}$ Cont./Std.

Zeitmessungen beim Container-Umschlag

Schiffsname: Frankfurt Express, HAPAG-LLOYD

Schiffstyp: Panmax mit 10 Stapeln, mit Lukendeckeln

Terminal: HHLA

Datum: 23./24.10.1992

Hauptdaten:

Lü.a. = 287,7 m ; L_{pp} = 273,3 m ; B = 32,20 m

$T_{Entw.}$ = 10,96 m ; $T_{Fest.}$ = 13,06 m

Δ = 76.410 t
dw = 51.540 t } bei T = 13,06 m

LSW = 24.870 t
Max. Container-Kapazität = 3430 TEU } $\frac{LSW}{TEU} = 7,251 \frac{t}{TEU}$

Anteil Deck-Container = 43,4 %

D = 24,0 m ; $H = D + h_{Süll} = 26$ m

T = ca. 10 m ; Kaihöhe = ca. 5 m über Wasser

Lukenanordnung:

Doppelluken mit 5-5 Stapeln unter Deck

51/2 - 51/2 Stapeln über Deck

Laschung der Deck-Container:

Normal-Twistlocks mit Zurrstangen

Keine Laschbrücken

Einweiser der Zellenführungen:

Nicht höhenversetzt

Quer und längs: relativ weite Trichter

Container-Raster (Mittelschiff, horiz. x vert.):

Laderaum 10 x 9 ; Deck 13 x 4

Bemerkungen:

Es werden auch 2 x 20'-Container in 40'-Bays mit Einzelstaustücken und 40'-Container darüber gefahren.

Schiffsname: Frankfurt Express, HAPAG-LLOYD

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Import, 40'

*) $T_2 = 8,5 + 1,26 \cdot N_B$,
falls Cont. über Block (4
Lagen Deckscont.) gehoben

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 29 à 40' in Bay 42, 54

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 (Heben mit Container)	) = $19,0 - 1,9 \cdot N_D$
T_2 (Katzfahrt mit Container)	) = $1,2 + 1,26 \cdot N_B$ *)
T_3 (Senken mit Container)	) = 13,8
T_4 (Heben ohne Container)	) = 12,2
T_5 (Katzfahrt ohne Container)	) = $3,7 + 1,26 \cdot N_B$
T_6 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.)	) = 5,6
T_7 (Senken ohne Container)	) = $18,5 - 1,85 \cdot N_D$

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = T_{SR} = \sum T_i = 74,0 + 2,52 \cdot N_B - 3,75 \cdot N_D$$

Deck: Zahl der gestoppten Container: 37 à 40' in Bay 38, 42, 57

Teilspielzeiten in Sek.:

T_1 (Katzfahrt mit Container)	) = $5,4 + 1,26 \cdot N_B$
T_2 (Senken mit Container)	) = 14,7
T_3 (Heben ohne Container)	) = 13,5
T_4 (Katzfahrt ohne Container)	) = $5,4 + 1,26 \cdot N_B$
T_5 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.)	) = 5,0
T_6 (-)	) =

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)} : T_{SD} = \sum T_i = 44,0 + 2,52 \cdot N_B \text{ (für 3 Lagen)}$$

Mittl. Geschwindigkeit
Katzfahren

1,37 m/s
1,98 m/s: inkl. vert.
inkl. horiz.: ca. 0,8 m/s
inkl. horiz.: ca. 0,9 m/s
1,98 m/s: inkl. vert.
1,41 m/s

Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B = 5,5$; $N_D = 5$):

$$T_{SR} = 69,1 \text{ sek.}$$

$$\hat{=} 52,1 \text{ Std.}$$

Gemessen: 65,9 sek.

Abweichung: +4,9 %

Mittl. Geschwindigkeit
Katzfahren

1,98 m/s: inkl. vert.
inkl. horiz.: ca. 0,75 m/s
inkl. horiz.: ca. 0,8 m/s
1,98 m/s: inkl. vert.

Mittl. Gesamtspielzeit

$$(N_B = 7):$$

$$T_{SD} = 61,6 \text{ sek.}$$

$$\hat{=} 58,4 \text{ Cont. Std.}$$

Gemessen: 50,3 sek. (?)

Abweichung: +22,5 %

Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für

127 Cont. à 40':

$$\text{Raum, Glg. (3)} : T_R = 6220 \text{ sek.} \hat{=} 1,73 \text{ Std.}; 90 \text{ Cont.} \rightarrow T_{SR} = 69,1 \text{ sek.} \hat{=} 52,1 \text{ Cont./Std.}$$

$$\text{Deck, Glg. (5)} : T_D = 2281 \text{ sek.} \hat{=} 0,63 \text{ Std.}; 37 \text{ Cont.} \rightarrow T_{SD} = 61,6 \text{ sek.} \hat{=} 58,4 \text{ Cont./Std.}$$

$$\text{Bay, Glg. (6)} : T_B = 9101 \text{ sek.} \hat{=} 2,53 \text{ Std.}; 127 \text{ Cont.} \rightarrow T_{SB} = 71,7 \text{ sek.} \hat{=} 50,2 \text{ Cont./Std.}$$

Schiffsname: Frankfurt Express, HAPAG-LLOYD

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Import, 2 x 20'-Cont. in 40'-Bay

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 20 à 20' in Bay 42

Teilspielzeiten in Sek.:

		Mittl. Geschwindigkeit Katzfahren	Mittl. Geschwindigkeit Heben/Senken	
T_1 (Heben mit Container)	$= 19,0 - 1,9 \cdot N_D$		1,37 m/s	
T_2 (Katzfahrt mit Container)	$= 1,2 + 1,26 \cdot N_B$	1,98 m/s: inkl.vert.		Mittl. Gesamtspielzeit ($N_B = 5,5$; $N_D = 5$):
T_3 (Senken mit Container)	$= 13,8$	inkl.horiz.: ca. 0,8 m/s		$\bar{T}_{SR} = 72,4$ sek.
T_4 (Heben ohne Container)	$= 12,2$	inkl.horiz.: ca. 0,9 m/s		$\hat{=} 49,8$ Cont. $\frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$
T_5 (Katzfahrt ohne Container)	$= 3,7 + 1,26 \cdot N_B$	1,98 m/s: inkl.vert.		Gemessen: 80,2 sek.
T_6 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.)	$= 5,6$			Abweichung: -9,7 %
T_7 (Senken ohne Container)	$= 25,0 - 2,5 \cdot N_D$	1,04 m/s		

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = \bar{T}_{SR} = \sum T_i = 80,5 + 2,52 \cdot N_B - 4,40 \cdot N_D$$

Deck: Zahl der gestoppten Container: à in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

		Mittl. Geschwindigkeit Katzfahren	Mittl. Geschwindigkeit Heben/Senken	
T_1 ()	$=$			Mittl. Gesamtspielzeit ($N_B =$) :
T_2 ()	$=$			$\bar{T}_{SD} =$ sek.
T_3 ()	$=$			$\hat{=}$ Cont. $\frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$
T_4 ()	$=$			Gemessen: sek.
T_5 ()	$=$			Abweichung: %
T_6 ()	$=$			

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)} : \bar{T}_{SD} = \sum T_i =$$

Berechnete nominelle Umschlagzeiten für

90 Cont. à 20':

Raum, Glg. (3) :	$T_R = 6512$	sek. $\hat{=} 1,81$ Std.;	90	Cont. →	$\bar{T}_{SR} = 72,4$	sek. $\hat{=} 49,8$	Cont./Std.
Deck, Glg. (5) :	$T_D =$	Std.;		Cont. →	$\bar{T}_{SD} =$	sek. $\hat{=}$	Cont./Std.
Bay, Glg. (6) :	$T_B =$	Std.;		Cont. →	$\bar{T}_{SB} =$	sek. $\hat{=}$	Cont./Std.

Schiffsname: Frankfurt Express, HAPAG-LLOYD

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Import, 20'Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 18 $\hat{a}$ 20' in Bay 57

Teilspielzeiten in Sek.:

		Mittl. Geschwindigkeit	
		Katzfahren	Heben/Senken
T_1 (Heben mit Container)	$= 19,0 - 1,9 \cdot N_D$		1,37 m/s
T_2 (Katzfahrt mit Container)	$= 1,2 + 1,26 \cdot N_B$	1,98 m/s: inkl. vert.	
T_3 (Senken mit Container)	$= 13,8$	inkl. horiz.: ca. 0,8 m/s	
T_4 (Heben ohne Container)	$= 12,2$	inkl. horiz.: ca. 0,9 m/s	
T_5 (Katzfahrt ohne Cont.	$= 3,7 + 1,26 \cdot N_B$	1,98 m/s: inkl. vert.	
T_6 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.	$= 2,9$		
T_7 (Senken ohne Container)	$= 22,0 - 2,2 \cdot N_D$		1,18 m/s

Mittl. Gesamtspielzeit

 $(N_B = 5,5; N_D = 5)$: $\bar{T}_{SR} = 68,2$ sek. $\hat{=} 52,8$ Cont.
Std.

Gemessen: 65,7 sek.

Abweichung: +3,8 %

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = \bar{T}_{SR} = \sum T_i = 74,8 + 2,52 \cdot N_B - 4,10 \cdot N_D$$

Deck: Zahl der gestoppten Container: $\hat{a}$ in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

		Mittl. Geschwindigkeit	
		Katzfahren	Heben/Senken
T_1 (	) =		
T_2 (	) =		
T_3 (	) =		
T_4 (	) =		
T_5 (	) =		
T_6 (	) =		

Mittl. Gesamtspielzeit

 $(N_B =)$: $\bar{T}_{SD} =$ sek. $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$

Gemessen: sek.

Abweichung: %

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)} : \bar{T}_{SD} = \sum T_i =$$

Berechnete nominelle Umschlagzeiten für

90 Cont. $\hat{a}$ 20' :

Raum, Glg. (3) :	$T_R = 6134$ sek. $\hat{=} 1,70$ Std.;	$\bar{T}_{SR} = 68,2$ sek. $\hat{=} 52,8$ Cont./Std.
Deck, Glg. (5) :	$T_D =$ Std.;	$\bar{T}_{SD} =$ sek. $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$
Bay, Glg. (6) :	$T_B =$ Std.;	$\bar{T}_{SB} =$ sek. $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$

Schiffsname: Frankfurt Express, HAPAG-LLOYD

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Export, 20'

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 109 $\hat{a}$ 20' in Bay 27, 37

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 (Heben mit Container) = 11,8 T_2 (Katzfahrt mit Container) = $6,0 + 0,78 \cdot N_B$ T_3 (Zentrieren (Schiff) mit Cont.) = 4,3 T_4 (Senken mit Container) = $23,2 - 2,19 \cdot N_D$ T_5 (Heben/Katzfahrt ohne Container) = $13,8 + 0,58 \cdot N_B$ T_6 (Senken ohne Container) = 11,3 T_7 (Zentrieren (Kai) ohne Cont.) = 5,3

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = T_{SR} = \sum T_i = 75,7 + 1,36 \cdot N_B - 2,19 \cdot N_D$$

Mittl. Gesamtspielzeit
($N_B = 5,5$; $N_D = 5$):

$$\bar{T}_{SR} = 72,2 \text{ sek.}$$

$$\hat{=} 49,8 \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$$

Gemessen: 71,0 sek.

Abweichung: +1,7 %

Deck: Zahl der gestoppten Container: $\hat{a}$ in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 () = T_2 () = T_3 () = T_4 () = T_5 () = T_6 () =

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)} : T_{SD} = \sum T_i =$$

Mittl. Geschwindigkeit

Katzfahren

Heben/Senken

Mittl. Gesamtspielzeit

($N_B =$) :

$$\bar{T}_{SD} = \text{sek.}$$

$$\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$$

Gemessen:

Abweichung: sek. %

Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für90 Cont. $\hat{a}$ 20' :Raum, Glg. (3) : $T_R = 6501$ sek. $\hat{=} 1,81$ Std.; 90 Cont. $\rightarrow \bar{T}_{SR} = 72,2$ sek. $\hat{=} 49,8$ Cont./Std.Deck, Glg. (5) : $T_D =$ sek. $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$ Cont. $\rightarrow \bar{T}_{SD} =$ sek. $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$ Cont./Std.Bay, Glg. (6) : $T_B =$ sek. $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$ Cont. $\rightarrow \bar{T}_{SB} =$ sek. $\hat{=} \frac{\text{Cont.}}{\text{Std.}}$ Cont./Std.

Schiffsname: Frankfurt Express, HAPAG-LLOYD

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Export, 40'

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 30 à 40' in Bay 30

Teilspielzeiten in Sek.:

$$T_1 \text{ (Heben mit Container)} = 15,2$$

$$T_2 \text{ (Katzfahrt mit Container)} = 6,2 + 1,06 \cdot N_B$$

$$T_3 \text{ (Zentrieren (Schiff) mit Container)} = 3,9$$

$$T_4 \text{ (Senken mit Container)} = 25,7 - 2,54 \cdot N_D$$

$$T_5 \text{ (Heben/Katzfahrt ohne Container)} = 13,0 + 0,75 \cdot N_B$$

$$T_6 \text{ (Senken ohne Container)} = 13,3$$

$$T_7 \text{ (Zentrieren (Kai) ohne Cont.)} = 4,7$$

$$\text{Gesamtspielzeit (Raum)} = T_{SR} = \sum T_i = 82,0 + 1,81 \cdot N_B - 2,54 \cdot N_D$$

$$\text{Mittl. Gesamtspielzeit} \\ (N_B = 5,5; N_D = 5):$$

$$\bar{T}_{SR} = 79,3 \text{ sek.}$$

$$\hat{=} 45,4 \text{ Cont.} \\ \text{Std.}$$

$$\text{Gemessen: } 74,4 \text{ sek.}$$

$$\text{Abweichung: } +6,6 \%$$

Deck: Zahl der gestoppten Container: 48 à 40' in Bay 30

Teilspielzeiten in Sek.:

$$T_1 \text{ (Heben mit Container)} = 14,0$$

$$T_2 \text{ (Katzfahrt mit Container)} = 4,5 + 1,04 \cdot N_B$$

$$T_3 \text{ (Zentrieren (Schiff) mit Cont.)} = 8,4$$

$$T_4 \text{ (Katzfahrt ohne Container)} = 6,4 + 0,69 \cdot N_B$$

$$T_5 \text{ (Senken ohne Container)} = 12,9$$

$$T_6 \text{ (Zentrieren (Kai) ohne Container)} = 5,6$$

$$\text{Gesamtspielzeit (Deck)} : T_{SD} = \sum T_i = 51,8 + 1,73 \cdot N_B \text{ (für 4 Lagen)}$$

$$\text{Mittl. Gesamtspielzeit} \\ (N_B = 7):$$

$$\bar{T}_{SD} = 63,9 \text{ sek.}$$

$$\hat{=} 56,3 \text{ Cont.} \\ \text{Std.}$$

$$\text{Gemessen: } 66,2 \text{ sek.}$$

$$\text{Abweichung: } -3,5 \%$$

Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für

127 Cont. à 40' :

$$\text{Raum, Glg. (3)} : T_R = 7133 \text{ sek.} \hat{=} 1,98 \text{ Std.; } 90 \text{ Cont.} \rightarrow \bar{T}_{SR} = 79,3 \text{ sek.} \hat{=} 45,4 \text{ Cont./Std.}$$

$$\text{Deck, Glg. (5)} : T_D = 2365 \text{ sek.} \hat{=} 0,66 \text{ Std.; } 37 \text{ Cont.} \rightarrow \bar{T}_{SD} = 63,9 \text{ sek.} \hat{=} 56,3 \text{ Cont./Std.}$$

$$\text{Bay, Glg. (6)} : T_B = 10.098 \text{ sek.} \hat{=} 2,81 \text{ Std.; } 127 \text{ Cont.} \rightarrow \bar{T}_{SB} = 79,5 \text{ sek.} \hat{=} 45,3 \text{ Cont./Std.}$$

Zeitmessungen beim Container-Umschlag

Schiffsname: Ever Globe, Evergreen

Schiffstyp: Panmax mit 10 Stapeln, mit Lukendeckeln

Terminal: HHLA

Datum: 16.10.1992

Hauptdaten:

Lü.a. = 230,8 m ; L_{pp} = 216,3 m ; B = 32,20 m

$T_{Entw.}$ = 10,53 m ; $T_{Fest.}$ = 11,59 m

Δ = 57.482 t
dw = 43.285 t } bei T = 11,59 m

LSW = 14.197 t
Max. Container-Kapazität = 2728 TEU } $\frac{LSW}{TEU} = 5,204 \frac{t}{TEU}$

Anteil Deck-Container = 54,4 %

D = 18,65 m ; H = D + $h_{Süll}$ = 20 m

T = ca. 9,5 m ; Kaihöhe = ca. 5 m über Wasser

Lukenanordnung:

Dreifachluken mit 3-4-3 Stapeln unter Deck
31/2-4-31/2 Stapeln über Deck

Laschung der Deck-Container:

Normal-Twistlocks mit Zurrstangen
Keine Laschbrücken

Einweiser der Zellenführungen:

Nicht höhenversetzt
Quer und längs relativ weite Trichter

Container-Raster (Mittelschiff, horiz. x vert.):

Laderaum 10 x 7; Deck 13 x 5

Bemerkungen:

Es werden auch 2 x 20'-Container in 40'-Bays mit Doppelstaustücken und 40'-Container darüber gefahren.

Schiffsname: Ever Globe, Evergreen

Fall (Import/Export, 20'/40', Sonderfall): Import, 2 x 20'-Cont. in 40'-Bay

Laderaum: Zahl der gestoppten Container: 5 $\hat{a}$ 20' in Bay 4

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 (Heben mit Container) = 12,9 - 1,52 · N_D T_2 (Katzfahrt mit Container) = 5,0 + 0,64 · N_B T_3 (Senken mit Container) = 13,6 T_4 (Heben ohne Container) = 11,7 T_5 (Katzfahrt ohne Container) = 6,8 + 0,64 · N_B T_6 (Zentrieren (Schiff) ohne Cont.) = 7,8 T_7 (Senken ohne Container) = 17,5 - 2,06 · N_D Gesamtspielzeit (Raum) = $T_{SR} = \sum T_i = 75,3 + 1,28 \cdot N_B - 3,58 \cdot N_D$ Deck: Zahl der gestoppten Container: $\hat{a}$ in Bay

Teilspielzeiten in Sek.:

 T_1 () = T_2 () = T_3 () = T_4 () = T_5 () = T_6 () =Gesamtspielzeit (Deck) : $T_{SD} = \sum T_i =$ Berechnete nominelle
Umschlagzeiten für70 Cont. $\hat{a}$ 20' :Raum, Glg. (3) : $T_R = 4761$ sek. $\hat{a}$ 1,32 Std.; 70 Cont. $\rightarrow T_{SR} = 68,0$ sek. $\hat{a}$ 52,9 Cont./Std.Deck, Glg. (5) : $T_D =$ Std.; Cont. $\rightarrow T_{SD} =$ sek. $\hat{a}$ Cont./Std.Bay, Glg. (6) : $T_B =$ Std.; Cont. $\rightarrow T_{SB} =$ sek. $\hat{a}$ Cont./Std.

Mittl. Geschwindigkeit Katzfahren	Mittl. Geschwindigkeit Heben/Senken
3,91 m/s:	1,71 m/s
inkl. vert.	
inkl. horiz.:	ca. 0,4 m/s
inkl. horiz.:	ca. 0,5 m/s
3,91 m/s:	inkl. vert.
	1,26 m/s

Mittl. Gesamtspielzeit

 $(N_B = 5,5; N_D = 4)$: $T_{SR} = 68,0$ sek. $\hat{a}$ 52,9 Cont./Std.

Gemessen: 67,1 sek.

Abweichung: +1,3 %

Mittl. Geschwindigkeit Katzfahren	Mittl. Geschwindigkeit Heben/Senken

Mittl. Gesamtspielzeit

 $(N_B =)$: $T_{SD} =$ sek. $\hat{a}$ Cont./Std.Gemessen: sek.
Abweichung: %