

Anhang

A1: Konstruktive Verfahren und lokale Suche

Konstruktive Verfahren

Konstruktive Verfahren erzeugen Lösungen für kombinatorische Optimierungsprobleme, indem sukzessive und ohne *Backtracking* neue Komponenten zu einer Partiallösung⁷³⁶ hinzugefügt werden, bis eine vollständige Lösung existiert. Um Komponenten hinzuzufügen, können unterschiedliche Verfahren zum Einsatz kommen, z.B. zufällige Verfahren, Greedy-Verfahren oder einfache Regeln. Greedy-Verfahren werden häufig zur Bestimmung einer gültigen Ausgangslösung eingesetzt, nur in Ausnahmefällen lässt sich auf diese Weise eine optimale Lösung bestimmen.⁷³⁷

DORIGO gibt ein Beispiel für die Greedy-Konstruktion einer Lösung für das Travelling-Salesman-Problem.⁷³⁸ Es ist in der Abbildung leicht zu erkennen, dass diese Lösung nicht optimal ist.

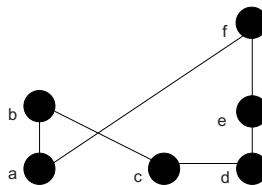


Abbildung A-1: Greedy-Konstruktion einer TSP-Lösung (suboptimal)⁷³⁹

Das Problem der gierigen Bestimmung einer Lösung liegt, wie in Abbildung A-1 erkennbar ist, in der Vernachlässigung globaler Zusammenhänge zwischen den einzelnen Knoten.

⁷³⁶ Es wird im Rahmen dieser Arbeit zwischen Lösungen und Teil- (bzw. Partial-)Lösungen differenziert. Ist von einer Lösung die Rede, so ist damit grundsätzlich eine Lösung als Ganzes zu sehen, ist nur ein Teil der Lösung gemeint, wird explizit von einer Partiallösung gesprochen.

⁷³⁷ Vgl. CORMEN, T. H. (2005), S. 370.

⁷³⁸ Das Traveling-Salesman-Problem wird in der Literatur ausführlich diskutiert. Die ursprüngliche Formulierung ist in FLOOD, M. M. (1956), S. 61-75 zu finden.

⁷³⁹ DORIGO, M.; STÜTZLE, T. (2004), S. 30.

In jedem Knoten wird lediglich der individuelle Nutzen optimiert. Zwar lässt sich mit Beginn des Verfahrens jeweils die kürzeste Verbindung zwischen zwei Elemente realisieren, der Einsatz dieser Verbindungen führt aber zu einer Verringerung des Spielraums für nachfolgende Knoten, so dass zuletzt die ungünstige Verbindung von f nach a in die Lösung aufgenommen werden muss.

Lokale Suche

Die lokale Suche basiert auf der iterativen Erforschung der Nachbarschaft einer Lösung. Es wird versucht, bestehende Lösungen durch lokale Änderungen zu verbessern. Hierfür ist es erforderlich zu definieren, welche Elemente Teil der Nachbarschaft sein sollen. DORIGO gibt folgende Definition für die Nachbarschaftsstruktur:

„A neighborhood structure is a function $N : S \mapsto 2^S$ that assigns a set of neighbors $N(s) \subseteq S$ to every $s \in S$. $N(s)$ is also called the neighborhood of s .“⁷⁴⁰

Es ist demnach nicht implizit gegeben, welche Elemente zu der Nachbarschaft eines Elements gehören: Erst mit der Definition der Nachbarschaftsfunktion wird die Umgebung festgelegt. Zudem ist zu definieren, auf welche Weise die Nachbarschaft zu durchsuchen ist. Hier kommen z.B. die *best-improvement*- oder auch *first-improvement*-Regel zum Einsatz.⁷⁴¹

A2: CSP-Eröffnungsheuristiken

Für das CSP werden zur Bestimmung einer gültigen Ausgangslösung zwei einfache Heuristiken eingesetzt.

⁷⁴⁰ DORIGO, M.; STÜTZLE, T. (2004), S. 31.

⁷⁴¹ Vgl. DORIGO, M.; STÜTZLE, T. (2004), S. 31.

```
procedure Einfache_Eröffnungsheuristik (EH2)
  Bestimme Arbeitsbereich AB für jeden QC
  Für jeden Job
    Bestimme Earliest Assignment Time (EAT) für jeden QC für jeden Job j
    Wenn Job position in AB von QC q liegt, dann
      Weise zu (QC q, Bay b, EAT)
end procedure
```

Abbildung A-2: CSP-Eröffnungsheuristik (Pseudocode)

Die einfache Eröffnungsheuristik basiert auf dem Ansatz, für jede Containerbrücke einen bestimmten Arbeitsbereich zu definieren. Die Abbildung zeigt den Pseudocode des Verfahrens. Alle Jobs, die in den Arbeitsbereich fallen, werden diesem QC zugeordnet.

Der Vorteil dieser Heuristik liegt in der einfachen Berechenbarkeit und dem Erreichen einer gültigen Lösung, weil sich die Containerbrücken aufgrund fixierter Arbeitsbereiche nicht schneiden können.

Zu kritisieren ist u.a. die Fixierung eines Arbeitsbereichs für alle Containerbrücken.⁷⁴² Mit der Festlegung auf einen bestimmten Arbeitsbereich verliert das Verfahren an Flexibilität.

Eine Abschwächung der aufgeführten Nachteile soll mit der folgenden Heuristik erreicht werden.⁷⁴³

⁷⁴² Der Arbeitsbereich eines QC ergibt sich in dieser Eröffnungsheuristik aus dem Quotienten der gesamten Kailänge dividiert durch die Anzahl zur Verfügung stehender Containerbrücken. Der Arbeitsbereich ist somit für jeden QC gleich groß.

⁷⁴³ Entgegen der Darstellungsreihenfolge beider Eröffnungsheuristiken in diesem Abschnitt soll die erweiterte Methode als EH1 bezeichnet werden, weil sie primär zur Entwicklung einer Ausgangslösung für das CSP zum Einsatz kommt. Vgl. hierzu Kapitel 6.1.1.3.

```

procedure Einfache_Eröffnungsheuristik (EH1)

    Bestimme Arbeitsbereich AB für jeden QC

    Für jeden Job
        Bestimme Earliest Assignment Time (EAT) für jeden QC für jeden Job j
        Wenn Schiff v keinen Nachfolger v' hat, dann
            Weise zu (QC q, Bay b, EAT) // wie in EH2
        sonst

            Wenn AB von v und AB von v' überlappen, dann
                Weise zu (QC q, Bay b, EAT),
                    so dass sich AB von v und AB von v'
                    nicht überlappen
            sonst
                Weise zu (QC q, Bay b, EAT) // wie in EH2

    end procedure

```

Abbildung A-3: Erweiterte CSP-Eröffnungsheuristik (Pseudocode)

Im Gegensatz zu der eben vorgestellten, sehr einfachen Eröffnungsheuristik werden hier die Nachfolger der Schiffe berücksichtigt, so dass, nicht direkt aufeinander folgend, dieselbe Containerbrücke eingesetzt wird. Sollten zwei aufeinander folgende Schiffe in denselben Arbeitsbereich einer Containerbrücke fallen, dann kann dieser Bereich verlassen werden, um die schnellere Bearbeitung der Schiffe gewährleisten zu können.

Mit dem Einsatz dieser Ausnahmeregelung in EH2 wird versucht, die starre Zuordnungsform von EH1 zu lösen, um so ein besseres Eröffnungsergebnis für das CSP zu erreichen. Der Ergebnisvergleich dieser Heuristiken wird in Kapitel 6.1.1.3 vorgestellt.

A3: CSP-Nachbarschaft (SA)

Für das Crane Scheduling Problem wird von dem Simulated Annealing auf zwei unterschiedliche Definitionen einer Nachbarschaft zurückgegriffen, die für die Entwicklung einer Lösung von Bedeutung sind.

In der untersuchten Instanz werden $J=176$ Jobs und $C=15$ QC betrachtet. Die CSP-Lösung lässt sich als Vektor der Länge J darstellen. Jedem Element des Vektors wird eine ganze Zahl i , $i \in \{0,1,\dots,C-1\}$ zugewiesen. Das Element beschreibt den Index desjenigen QC, der für die Bearbeitung des Jobs zuständig ist.

Die folgenden Abbildungen zeigen die eingesetzten Nachbarschaften für die CSP-Metaheuristik.

```
procedure Erzeuge_Nachbarn (NB1)

  Bestimme zufälliges Element der Lösung (Bay b)

  Bestimme Zufallselement ( $u \in \{0,1\}$ )

  Wenn ( $u \leq 0.5$ )
    Senke den Index q des zugeordneten QC für Bay b
    Bestimme EAT
    Weise zu (QC q, Bay b, EAT)

  sonst
    Erhöhe den Index q des zugeordneten QC für Bay b
    Bestimme EAT
    Weise zu (QC q, Bay b, EAT)

end procedure
```

Abbildung A-4: Erzeugen einer benachbarten Lösung für das CSP (NB1)

NB1 erzeugt ein benachbartes Element der Lösung. Hierfür wird zufällig ein Element der Lösung ausgewählt und die bislang zugewiesene Containerbrücke entweder durch ihren linken oder rechten Nachbarn ersetzt.

Die folgende Abbildung zeigt den Pseudocode der zweiten eingesetzten Nachbarschaftsfunktion.

```
procedure Erzeuge_Nachbarn (NB2)

  Bestimme zufälliges Element der Lösung (Schiff v)

  Bestimme die Anzahl der Jobs des ausgewählten Schiffs

  Wähle QC q für die Bearbeitung des ersten Jobs von v

  Für alle Jobs von v
    Bestimme EAT
    Weise zu (QC q, Bay b, EAT)

  q++

end procedure
```

Abbildung A-5: Erzeugen einer benachbarten Lösung für das CSP (NB2)

NB2 variiert nicht nur ein einziges Element eines zufällig bestimmten Jobs, sondern alle Elemente eines zufällig ausgewählten Schiffs.

A4: Visualisierung von Ergebnissen isolierter Modelle

Im Folgenden sollen die Ergebnisse isolierter Lösungen dargestellt werden. Es wird zunächst das Ergebnis der Greedy-Zuordnung für die Containerbrückenzuordnung betrachtet. Die Visualisierung gibt eine neue Perspektive, um Schwachstellen in der Zuordnung aufdecken zu können.

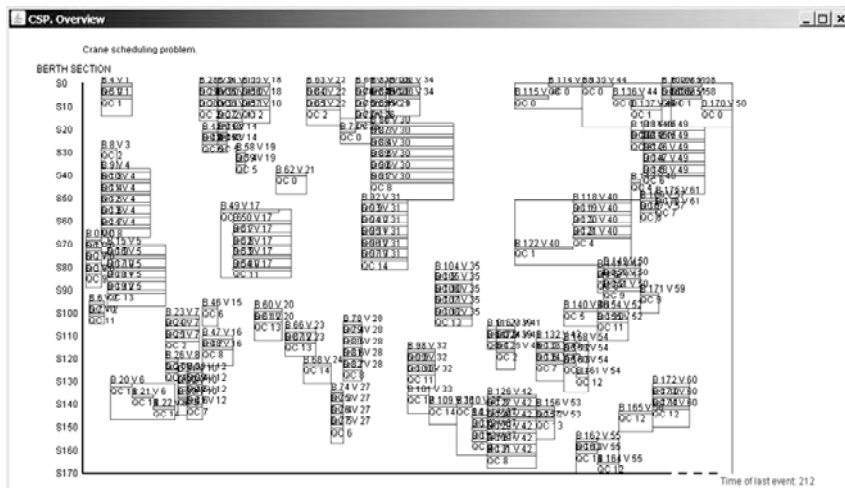


Abbildung A-6: Greedy CSP-Zuordnung

Die Abbildung zeigt die Zuordnung von Containerbrücken auf die einzelnen Jobs der Containerschiffe. Der Rahmen dieser Planung ist mit dem Ergebnis der Liegeplatzplanung gegeben. Die Operationszeiten der Schiffe variieren nun in Abhängigkeit von der QC-Zuordnung zu den Bays.⁷⁴⁴

Die Zuordnung eines Jobs zu derjenigen Containerbrücke, die diesen zum frühestmöglichen Zeitpunkt durchführen kann, erscheint zunächst sinnvoll. Die Abbildung deckt auf, dass diese Zuordnungsform eine Schwäche aufweist.

⁷⁴⁴ Schiffe sind in der Abbildung als transparente Rechtecke dargestellt. Darin sichtbar sind die Jobs abgebildet, die den QC zugeordnet sind.

Ebenfalls aus der Visualisierung des CSP soll das Ergebnis der in A2 vorgestellten Eröffnungsheuristik (EH2) betrachtet werden, weil sich ein typisches Lösungsbild aufgrund der fixierten Arbeitsbereiche für die Containerbrücken ergibt. Die folgende Abbildung zeigt die Bewegungen der Containerbrücken am Kai im Zeitablauf.

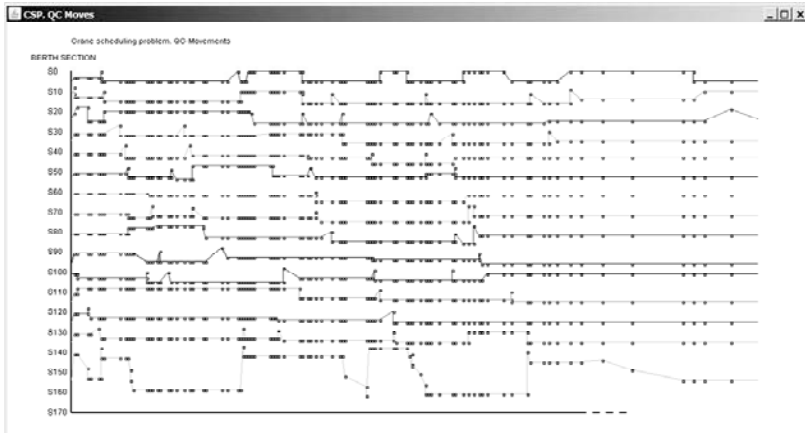


Abbildung A-7: Containerbrückenbewegung am Kai mit EH2

Es ist gut ersichtlich, dass die QC lediglich in dem ihnen definierten Bereich agieren.

Im Folgenden soll die Lagerplanung vorgestellt werden.

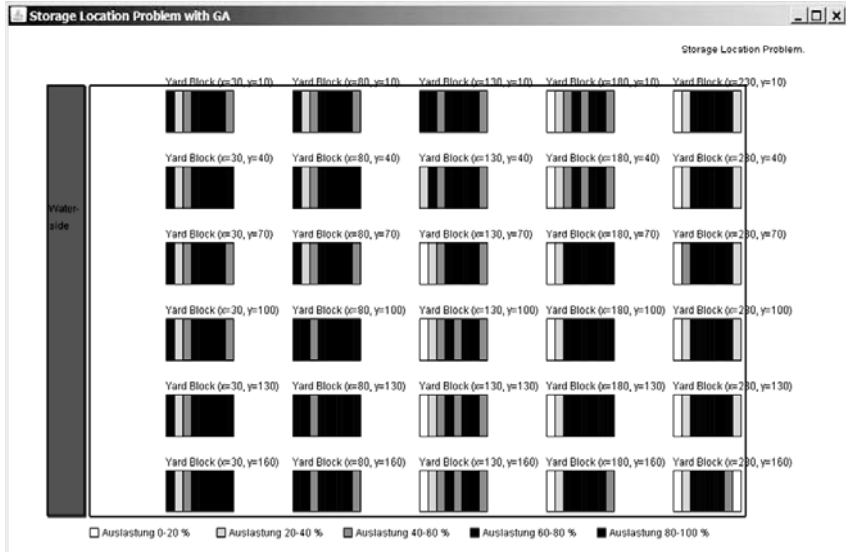


Abbildung A-8: Yard-Auslastung im Planungszeitraum

Die Abbildung zeigt die einzelnen Blöcke zur Lagerung von Containern im Yard. Jeder Block ist in acht Stufen gegliedert, die jeweils seine Auslastung im Planungszeitraum kennzeichnen. Der Planungszeitraum erstreckt sich über acht Tage. Insbesondere die näher am Kai liegenden Blöcke werden sehr stark beansprucht. Diese Lösung erscheint sinnvoll, weil die Zuordnung auch unter Berücksichtigung der Transportminimierung erfolgt.

A5: Port Model in Protégé

Das mit *Protégé* abgebildete Modell lässt sich in das HTML-Format exportieren und kann damit übersichtlich dargestellt werden. Die folgende Abbildung zeigt die Klassenhierarchie des implementierten Modells.

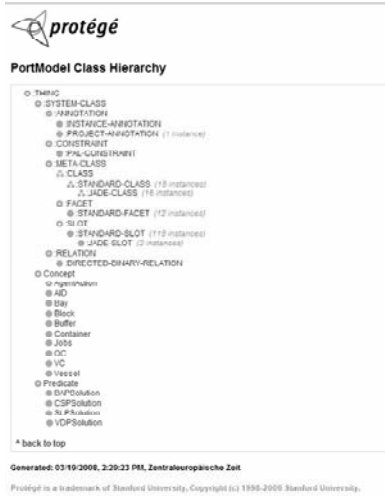


Abbildung A-9: Klassenhierarchie in Protégé

Beispielhaft soll zudem das Vessel-Entity in Protégé abgebildet aufgezeigt werden.

Class: Vessel

Documentation:
 ◊ Concept

Superclasses:
 ◊ Concept

Subclasses:
 None

Types:
 ◊ JADE-CLASS

Slot Name	Documentation	Type	Cardinality
a	Vessel Arrival Time	Integer	0:1
baluh	Vessel Baluh Category	Integer	0:1
bayList	Vessel List of Bays	Class	0..*
c	Vessel Departure (Completion) Time	Integer	0:1
id		Integer	0:1
p	Vessel Processing Time	Integer	0:1
s	Vessel Size	Integer	0:1
teu	Vessel TEU	Integer	0:1
ti	Vessel Mooring Time (Decision Variable)	Integer	0:1
v	Vessel Starting Berth Section (Decision Variable)	Integer	0:1
vtrans	Vessel v-Position Before Transformation	Integer	0:1
w	Vessel relative Weight	Integer	0:1

Own Slots

Slot Name	Value
JADE IGNORE	false
JADE JAVA-BASE-CLASS	
JADE JAVA-CODE	
JADE NAME	
ROLE	Concrete
SLOT-CONSTRAINTS	

^a back to top

Abbildung A-10: Vessel-Entity in Protégé

A6: Kommunikation in JADE

Die Agentenplattform JADE bietet zur Prozessanalyse und -unterstützung eine grafische Benutzeroberfläche (GUI), mit deren Hilfe sich der Aufbau des Experiments darstellen lässt. Die grafische Unterstützung als Sequenzdiagramm dient auch der Modellvalidierung, weil sich der Kommunikationsprozess transparent darstellen lässt.⁷⁴⁵

Die folgende Abbildung verdeutlicht den Kommunikationsfluss für die sequenzielle Koordination.

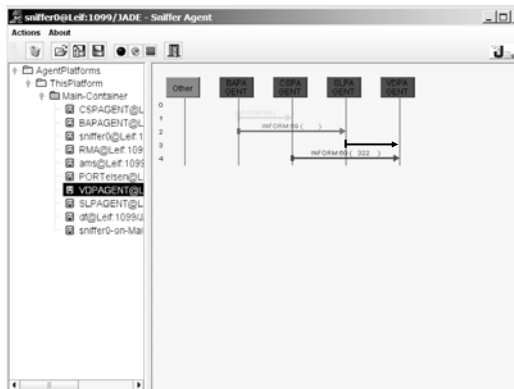


Abbildung A-11: Kommunikation bei sequenzieller Koordination

Im Vergleich dazu ist in der nachstehenden Abbildung das untersuchte MAS-basierte Kommunikationsprotokoll abgebildet.

⁷⁴⁵ Die Kommunikationsprotokolle lassen sich aus dem Koordinationsprozess ableiten. Dieser Prozess ist in Kapitel 6.1.2 vorgestellt. Die Darstellung als Sequenzdiagramm ist im Rahmen von Interaktionsdiagrammen aus der *Unified Modelling Language* bekannt, vgl. u.a. HANSEN, H. R.; NEUMANN, G. (2005), S. 240.

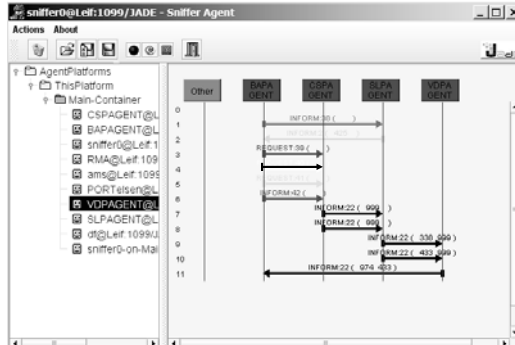


Abbildung A-12: Kommunikation bei MAS-basierter Koordination

Es zeigt sich, dass die Kommunikation, wie durch das Protokoll vorgegeben, abläuft.

A7: Verwendeter Datensatz

Die folgende Tabelle zeigt die für die Untersuchung in Kapitel 6 verwendeten Daten.

ID	Typ	Ankunftstag	Ankunftszeit	TEU	Länge
1	Medium (B)	1	1	504	215
2	Feeder (A)	1	2	542	142
3	Feeder (A)	1	2	266	99
4	Feeder (A)	1	6	136	90
5	Medium (B)	1	6	2429	296
6	Medium (B)	1	8	2413	271
7	Feeder (A)	1	9	549	155
8	Feeder (A)	1	10	889	192
9	Feeder (A)	1	12	226	98
10	Feeder (A)	1	13	458	156
11	Feeder (A)	1	20	293	193
12	Feeder (A)	1	21	811	201
13	Medium (B)	2	4	557	218
14	Feeder (A)	2	7	277	106
15	Feeder (A)	2	12	178	98
16	Feeder (A)	2	13	146	92
17	Feeder (A)	2	15	519	128
18	Medium (B)	2	21	2869	297
19	Feeder (A)	2	21	697	173
20	Feeder (A)	3	2	199	103
21	Feeder (A)	3	8	485	144
22	Feeder (A)	3	15	251	90
23	Feeder (A)	3	15	848	183
24	Feeder (A)	3	18	514	120
25	Feeder (A)	4	0	240	92

26	Feeder (A)	4	1	277	146
27	Feeder (A)	4	3	256	109
28	Medium (B)	4	3	491	227
29	Medium (B)	4	8	818	258
30	Feeder (A)	4	12	406	165
31	Jumbo (C)	4	16	4136	341
32	Medium (B)	4	17	2276	299
33	Feeder (A)	4	21	745	171
34	Feeder (A)	4	22	192	94
35	Feeder (A)	5	4	515	144
36	Medium (B)	5	5	1552	248
37	Feeder (A)	5	5	248	90
38	Medium (B)	5	6	519	222
39	Feeder (A)	5	9	559	112
40	Feeder (A)	5	10	164	104
41	Medium (B)	5	11	2496	284
42	Feeder (A)	5	13	512	189
43	Jumbo (C)	5	18	2448	318
44	Feeder (A)	5	23	739	186
45	Feeder (A)	6	9	768	192
46	Feeder (A)	6	9	235	98
47	Feeder (A)	6	10	296	82
48	Feeder (A)	6	11	134	109
49	Feeder (A)	6	11	97	87
50	Medium (B)	6	13	2616	286
51	Feeder (A)	6	16	908	186
52	Feeder (A)	6	17	179	98
53	Feeder (A)	6	18	504	135
54	Feeder (A)	6	21	326	141
55	Medium (B)	6	22	493	230
56	Feeder (A)	7	2	582	150
57	Feeder (A)	7	6	287	87
58	Feeder (A)	7	8	252	112
59	Feeder (A)	7	14	784	191
60	Feeder (A)	7	14	151	92
61	Feeder (A)	7	18	982	188
62	Feeder (A)	7	22	49	102

Tabelle A-1: Verwendeter Datensatz

A8: Yard-Layout

Für das Storage Location Problem wird auf den Yard zugegriffen. Die folgende Tabelle zeigt die verwendete Einstellung auf.

Zusätzlich wird die Zeit definiert, die ein Container im Yard verbleibt. Importcontainer erreichen den Hafen zwei Tage vor der geplanten Ankunft des Containerschiffs. Exportcontainer verlassen den Hafen drei Tage nach Abfertigung des Containerschiffs.

Block ID	Position (x, y)	Kapazität in
1	(30, 10)	720
2	(30, 40)	720
3	(30, 70)	720
4	(30, 100)	720
5	(30, 130)	720
6	(30, 160)	720
7	(80, 10)	720
8	(80, 40)	720
9	(80, 70)	720
10	(80, 100)	720
11	(80, 130)	720
12	(80, 160)	720
13	(130, 10)	720
14	(130, 40)	720
15	(130, 70)	720
16	(130, 100)	720
17	(130, 130)	720
18	(130, 160)	720
19	(180, 10)	720
20	(180, 40)	720
21	(180, 70)	720
22	(180, 100)	720
23	(180, 130)	720
24	(180, 160)	720
25	(230, 10)	720
26	(230, 40)	720
27	(230, 70)	720
28	(230, 100)	720
29	(230, 130)	720
30	(230, 160)	720

Tabelle A-2: Yard-Layout

Insgesamt steht für den Hafen eine Lagerkapazität von $30 * 720 = 21.600$ TEU zur Verfügung.

A9: XML-Daten

Die in den Tabellen bereitgestellten Informationen werden über eine XML-Datei von dem System eingelesen, deren Struktur wie folgt aufgebaut ist. In dem Beispiel sind der erste Block und das erste Containerschiff dargestellt.

```

<port>
  <!-- Yard Block -->
  <blocks>
    <block>
      <posX>      30    </posX>
      <posY>      10    </posY>
      <capacity>  720   </capacity>
    </block>
    <!-- ... -->
  </blocks>
  <!-- Containerschiffe -->
  <vessels>
    <vessel>
      <type>      B     </type>
      <day>       1     </day>
      <hour>      1     </hour>
      <teu>       504   </teu>
      <size>      22    </size>
    </vessel>
    <!-- ... -->
  </vessels>
</port>

```

Das Java-API JDOM unterstützt die Manipulation von XML-Dateien mit Java.⁷⁴⁶

A10: XML-Parameter

Die Parameter des Modells werden aus der folgenden XML-Struktur eingelesen.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<port>
  <id> 1 </id> <!-- Experiment Identification number -->
  <name> Bremerhaven </name> <!-- Port name -->
  <gui> 0 </gui> <!-- Show GUI (1 or 0) -->
  <save> 0 </save> <!-- Save Data (1 or 0) -->
  <bappool> 0 </bappool> <!-- Use BAP Pool for CSP -->

```

⁷⁴⁶ Vgl. o.A. (2008).

```
<data> data\wochel4.xml </data>      <!-- Data file used -->

<!-- Save BAPSolution to this file -->
    <bapsolution> data\bapsolution.xml </bapsolution>
<!-- Save CSPSolution to this file -->
    <cspsolution> data\cspsolution.xml </cspsolution>
<!-- Save SLPSolution to this file -->
    <slpsolution> data\slpsolution.xml </slpsolution>
<!-- Save VDPSolution to this file -->
    <vdpsolution> data\vdpsolution.xml </vdpsolution>

<!-- Terminal Layout parameter -->
<quaylength>      170    </quaylength> <!-- Quay length, S in BAP model -->
<planninghorizon>  8     </planninghorizon> <!-- Planning horizon -->
<buffersize>      2     </buffersize> <!-- Buffer size for QC -->

<!-- Yard relevant parameter -->
<!-- Time import container stays in port (days) -->
    <importContainerStay> 3 </importContainerStay>
<!-- Time export container stays in port (days) -->
    <exportContainerStay> 2 </exportContainerStay>
<!-- Distribution of import and export containers (percent) -->
    <exportFactor> 40 </exportFactor>

<blockdensity> 60    </blockdensity> <!-- for yard blocks (Murty, FRE) -->

<!-- Entity Parameter -->

<entities>
    <numQC> 15    </numQC>      <!-- Number of QC available at the port -->
    <numVC> 50    </numVC>      <!-- Number of VC available at the port -->
</entities>

<!-- Moves of a QC per hour -->
    <moves>      25    </moves>
<!-- Velocity of a VC at the yard in m/sec -->
    <vcvelocity> 600   </vcvelocity>
<!-- Number of VC working for one QC -->
    <gangsize>   3     </gangsize>

<!-- Solution parameter -->
```

```

<solution>

  <!-- Berth Allocation Problem -->
  <bap>

    <id> 5 </id> <!-- Choose solution method -->

    <!-- ID 1: Use Guan and Cheung -->
    <!-- ID 2: Use Genetic Algorithm -->
    <!-- ID 3: Use Simulated Annealing -->
    <!-- ID 4: Use Random Solution -->
    <!-- ID 5: Set Solution from file -->

    <!-- Use weighted fitness function (1 or 0) -->
    <useweight> 1 </useweight>
    <!-- Time in port weight in fitness function: in percent -->
    <tip> 100 </tip>
    <!-- Berth on arrival weight in fitness function: in percent -->
    <boa> 0 </boa>
    <!-- Waiting Time weight in fitness function: in percent -->

    <wt> 0 </wt>
    <!-- Distance weight in fitness function: in percent -->
    <dist> 0 </dist>
    <!-- QC Demand restriction weight in fitness function: in percent -->
    <qcdemand> 0 </qcdemand>
    <!-- Method related parameters -->
    <parameter> 5 </parameter> <!-- Iterations -->
    <!-- For GA: Pop size -->
    <!-- For SA: Cooling rate -->

    <parameter> 10 </parameter>
    <!-- For GA: Crossover rate -->
    <!-- For SA: Temperature -->

    <parameter> 40 </parameter>
    <!-- For GA: Mutation rate -->

    <parameter> 40 </parameter>
    <!-- FOR GA: -->
    <!-- 1: Best, 2: Tournament, 3: Roulette, 4: Threshold -->

```



```

<!-- No effect for other (implemented) methods -->

<parameter> 1 </parameter>
<!-- FOR GA: Selector rate -->
<!-- No effect for other (implemented) methods -->

<parameter> 60 </parameter>
</bap>

<!-- Crane Scheduling Problem -->
<csp>

<id> 5 </id>
<!-- ID 1: Use Ant Colony Optimization -->
<!-- ID 2: Use Genetic Algorithm -->
<!-- ID 3: Use Random Solution -->
<!-- ID 4: Use Simulated Annealing -->
<!-- ID 5: Set Solution from simple decision rule (SDR) -->
<!-- ID 6: Other method -->
<!-- ID 7: Set Solution from file -->

<!-- Use weighted fitness function (1 or 0) -->
<useweight> 1 </useweight>
<!-- Time in port weight in fitness function: in percent -->
<tip> 100 </tip>
<!-- Berth on arrivals weight in fitness function: in percent -->
<boa> 0 </boa>
<!-- Waiting Time weight in fitness function: in percent -->
<wt> 0 </wt>
<!-- Operation Time weight in fitness function: in percent -->
<opt> 0 </opt>

<!-- QC Waiting Time weight in fitness function: in percent -->
<qcwt> 0 </qcwt>
<!-- QC distance weight in fitness function: in percent -->
<qcdist> 0 </qcdist>
<!-- QC productivity weight in fitness function: in percent -->
<qcprod> 0 </qcprod>
<!-- QC job distribution weight in fitness function: in percent -->
<qcvar> 0 </qcvar>
<!-- Bay Waiting Time weight in fitness function: in percent -->
<baywt> 0 </baywt>

```

```

<!-- Method related parameters -->
<parameter> 10 </parameter>          <!-- Iterations -->
<parameter> 10 </parameter>          <!-- Population size -->
<!-- For ACO: Phi -->
<!-- For GA: Selector [as in BAP] -->
<!-- For SA: Temperature -->

<parameter> 30 </parameter>
<!-- For ACO: # Ants for Evaluations -->
<!-- For GA: Mutation-->
<!-- For SA: Cooling rate -->
<!-- For SDR: 1: Rule 1 , 2: Rule 2 -->

<parameter> 3          </parameter>
<!-- For ACO: Q -->
<!-- For SDR and SA: Neighborhood Structure (1 or 2) -->
<!-- For GA: Crossover -->

<parameter> 1          </parameter>
</csp>

<Storage Location Problem -->
<slp>
  <id>2</id>
  <!-- ID 1: Genetic Algorithm -->
  <!-- ID 2: Murty Fill Ratio Equalization -->

  <ktp>2</ktp>
  <!-- 1: Use MODI with NWE -->
  <!-- 2: Use MODI with VAM -->

<!-- Vessel related unbalance weight in fitness function: in percent -->
  <vrub> 50          </vrub>
<!-- All container related unbalance weight in fitness function: in percent -->
  <acrub> 50         </acrub>
<!-- Landside related unbalance weight in fitness function: in percent -->
  <lrub> 0           </lrub>
<!-- Punishment block overbooking: in fitness units -->
  <punish> 100       </punish>
<parameter> 30 </parameter> <!-- Iterations -->
<parameter> 35 </parameter> <!-- Population size -->

```

```
</slp>  
  
<Vehicle Dispatching Problem -->  
<tp><!-- Use crane pooling --></tp>  
  
</solution>  
</port>
```

A11: Adjazenzmatrix (aus dem Liegeplatzplan resultierend)

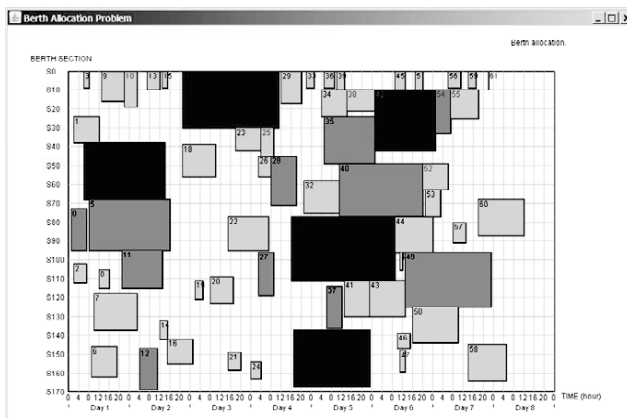


Abbildung A-13: Beispiel Liegeplatzzuordnung und resultierende Adjazenzmatrix

Definition Adjazenzmatrix nach MEINEL und MUNDHENK.⁷⁴⁷

Sei $G = (V, E)$ ein (gerichteter) Graph mit der Knotenmenge $V = \{v_1, \dots, v_n\}$. Die $n \times n$ Matrix $A_G = (a_{i,j})_{1 \leq i,j \leq n}$ mit $a_{i,j} = 1$ falls $(v_i, v_j) \in E$ und $a_{i,j} = 0$ sonst

heißt Adjazenzmatrix von G .

Die aus dem Liegeplatzplan resultierende Adjazenzmatrix ist im Folgenden abgebildet. Diese Matrix zeigt alle Vorgänger eines Containerschiffs, die gemäß diesem Plan zuvor abgefertigt werden müssen.

⁷⁴⁷ MEINEL, C.; MUNDHENK, M. (2000), S. 245.

Literaturverzeichnis

AARTS, E.; KORST, J.; MICHIELS, W. (2007)

AARTS, E. ; KORST, J. ; MICHIELS, W.: Simulated Annealing. In: GONZALEZ, T. F. (Hrsg.): *Handbook of Approximation Algorithms and Metaheuristics*. Boca Raton [u.a.] : Chapman & Hall/ CRC, 2007.

ADAM, D. (1996)

ADAM, D.: *Planung und Entscheidung*. Wiesbaden: 4. Aufl. 1996.

ADAM, D. et al. (2004)

ADAM, D. et al.: *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre - Koordination betrieblicher Entscheidungen: die Fallstudie Peter Pollmann*. Berlin [u.a.]: 3. Aufl. Springer, 2004.

amazon.de (2008)

amazon.de: *amazon.de*. URL <http://www.amazon.de/>. - abgerufen am 02.03.2008.

BEA, F. X.; FRIEDL, B.; SCHWEITZER, M. (2005)

BEA, F. X. ; FRIEDL, B. ; SCHWEITZER, M.: *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. Stuttgart: 9. Aufl. Lucius & Lucius, 2005.

BIERWIRTH, C.; MEISEL, F. (2007)

BIERWIRTH, C. ; MEISEL, F.: A fast Heuristic for Quay Crane Scheduling with Interference Constraints. In: *Journal of Scheduling, Preprint* (2007).

BIETHAHN, J. et al. (2004)

BIETHAHN, J. et al.: *Optimierung und Simulation*. München [u.a.]: Oldenbourg, 2004.

BIETHAHN, J. et al. (2005)

BIETHAHN, J. et al.: *Methoden der praktischen Entscheidungsfindung*. Göttingen: 5. Aufl. 2005.

BIETHAHN, J.; MEIER, L.; KLETTNER, N. (2006)

BIETHAHN, J. ; MEIER, L. ; KLETTNER, N.: Agenten in der Hafenlogistik. In: KÜFER, K. et al. (Hrsg.): *Multicriteria Decision Making and Fuzzy Systems, Theory, Methods and Applications*. Aachen : Shaker, 2006.

BIETHAHN, J.; MUCKSCH, H.; RUF, W. (2004)

BIETHAHN, J. ; MUCKSCH, H. ; RUF, W.: *Ganzheitliches Informationsmanagement Bd. 1: Grundlagen*. München: 6. Aufl. Oldenbourg, 2004.

BIETHAHN, J.; NOMIKOS, M. (2002)

BIETHAHN, J. ; NOMIKOS, M.: *Ganzheitliches E-Business*. München [u.a.]: Oldenbourg, 2002.

BISH, E. K. et al. (2005)

BISH, E. K. et al.: Dispatching vehicles in a mega container terminal. In: *OR Spektrum* 27 (2005) S. 491–506.

BLOECH, J. (2003)

BLOECH, J.: *Managementlehre und Optimalplanung*. Göttingen: 2003.

BLOECH, J. et al. (2008)

BLOECH, J. et al.: *Einführung in die Produktion*. Berlin [u.a.]: 6. Aufl. Springer, 2008.

BOERSCH, I.; HEINSOHN, J.; SOCHER, R. (2007)

BOERSCH, I. ; HEINSOHN, J. ; SOCHER, R.: *Wissensverarbeitung*. München: 2. Aufl. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, 2007.

BORCHERT, J.; GOOS, P.; STRAHLER, B. (2004)

BORCHERT, J. ; GOOS, P. ; STRAHLER, B.: Forschungsansätze. In: SCHUMANN, M. (Hrsg.): *Arbeitsbericht Nr. 25/2004*. 2004.

BÖSE, J. et al. (2000)

BÖSE, J. et al.: *Vehicle Dispatching at Seaport Container Terminals Using Evolutionary Algorithms*. Hawaii: 2000.

BORGELT, C. et al. (2003)

BORGELT, C. et al.: *Neuro-Fuzzy-Systeme*. Wiesbaden: 3. Aufl. Vieweg, 2003.

BRINKMANN, B. (2005)

BRINKMANN, B.: *Seehäfen: Planung und Entwurf*. Berlin [u.a.]: Springer, 2005.

BRODERSEN, O.; SCHUMANN, M. (2007)

BRODERSEN, O. ; SCHUMANN, M.: Einsatz der Particle Swarm Optimization zur Optimierung universitärer Stundenpläne. In: SCHUMANN, M. (Hrsg.): *Arbeitsbericht Nr. 05/2007*. 2007.

BRUZZONE, A.; SIGNORILE, R. (1998)

BRUZZONE, A. ; SIGNORILE, R.: Simulation and Genetic Algorithms for Ship Planning and Shipyard Layout. In: *Simulation* 71 (1998) Nr. 2, S. 74-83.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2007a)

Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): *Verkehrspolitische Orientierung für einen Masterplan Güterverkehr und Logistik*. 2007a.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2007b)

Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): *Seeverkehrsprognose 2025*. URL <http://www.bmvbs.de/Verkehr/Wasser-,1477/Seeverkehrsprognose.htm>. - abgerufen am 29. Oktober 2007b.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (2007)

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): *Monitoring-Bericht des BMWi nach § 51 EnWG zur Versorgungssicherheit bei Erdgas*. 2007.

CAIRE, G.; CABANILLAS, D. (2004)

CAIRE, G. ; CABANILLAS, D.: *JADE TUTORIAL - APPLICATION-DEFINED CONTENT LANGUAGES AND ONTOLOGIES*. 2004.

CHARNES, A.; COOPER, W. (1954)

CHARNES, A. ; COOPER, W.: The stepping stone method of explaining linear programming calculations in transportation problems. *In: Management Science* 1 (1954) S. 49-69.

CHEN, P. et al. (2003)

CHEN, P. et al.: The general yard allocation problem. *In: LNCS 2724/2003* (2003).

CORDEAU, J. et al. (2005)

CORDEAU, J. et al.: Models and Tabu Search Heuristics for the Berth-Allocation Problem. *In: Transportation Science* 39 (2005) Nr. 4, S. 526-538.

CORMEN, T. H. (2005)

CORMEN, T. H.: *Introduction to algorithms*. Boston, Mass. [u.a.]: 2. ed. Aufl. McGraw-Hill, 2005.

CUDAHY, B. J. (2006)

CUDAHY, B. J.: *Box boats: how container ships changed the world*. New York, NY: 1. Aufl. Fordham Univ. Press, 2006.

DAGANZO, C. F. (1989)

DAGANZO, C. F.: The crane scheduling problem. *In: Transportation Research -B-23B* (1989) Nr. 3, S. 159-175.

DAGANZO, C. F. (1999)

DAGANZO, C. F.: *Logistic System Analysis*. Berlin [u.a.]: 3. Aufl. Springer, 1999.

DAI, J. et al. (2004)

DAI, J. et al.: *Berth Allocation Planning Optimization in Container-Terminals*. 2004.

DARWIN, C. (1860)

DARWIN, C.: *On the Origin of species by means of natural selection: or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: 1860.

DAVIDSSON, P. et al. (2005)

DAVIDSSON, P. et al.: Agent-Based Approaches to Transport Logistics. In: KLÜGL, F.; BAZZAN, A. ; OSSOWSKI, S. (Hrsg.): *Applications of Agent Technology in Traffic and Transportation*. Basel : Birkhäuser Verlag, 2005.

DE CASTILHO, B.; DAGANZO, C. F. (1993)

DE CASTILHO, B. ; DAGANZO, C. F.: Handling Strategies For Import Containers At Marine Terminals. In: *Transportation Research B* 27b (1993) Nr. 2, S. 151-166.

DOMSCHKE, W. (1997)

DOMSCHKE, W.: *Logistik: Rundreisen und Touren*. München [u.a.]: 4. Aufl. Oldenbourg, 1997.

DOMSCHKE, W.; DREXL, A. (2007)

DOMSCHKE, W. ; DREXL, A.: *Einführung in Operations Research: mit 63 Tabellen*. Berlin [u.a.]: 7. Aufl. Springer, 2007.

DOMSCHKE, W.; SCHOLL, A. (2002)

DOMSCHKE, W. ; SCHOLL, A.: *Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre*. Berlin [u.a.]: 2. Aufl. Springer, 2002.

DORIGO, M.; STÜTZLE, T. (2004)

DORIGO, M. ; STÜTZLE, T.: *Ant colony optimization*. 2004.

DURFEE, E.; LESSER, V.; CORKILL, D. (1989)

DURFEE, E. ; LESSER, V. ; CORKILL, D.: Trends in cooperative distributed problem solving. In: *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 1 (1989) Nr. 1, S. 63- 83.

ELLINGER, T.; BEUERMANN, G.; LEISTEN, R. (2003)

ELLINGER, T. ; BEUERMANN, G. ; LEISTEN, R.: *Operations Research*. Berlin [u.a.]: 6. Aufl. Springer, 2003.

Eurogate (2007)

Eurogate: *Eurogate*. URL <http://www.eurogate.de>. - abgerufen am 27.11.2007.

European Logistics Association (2008)

European Logistics Association: *European Logistics Association (ELA)*. URL <http://www.elalog.org/>. - abgerufen am 02.03.2008.

FIPA (2008)

FIPA: *Foundation for Intelligent Physical Agents*. URL <http://www.fipa.org/>. - abgerufen am 19.03.08.

FISCHER, H. (2006)

FISCHER, H.: *Ein systemorientierter Ansatz zur Modularisierung von Planspielen mit dem Ziel der Komplexitätssteuerung und Integration in Standardsoftware*. Göttingen, 2006.

FLANAGAN, D. (2006)

FLANAGAN, D.: *Java in a Nutshell*. Beijing [u.a.]: 4. Aufl. O'Reilly, 2006.

FLEISCHMANN, B. (2004)

FLEISCHMANN, B.: Begriffliche Grundlagen der Logistik. In: ARNOLD, D. et al. (Hrsg.): *Handbuch Logistik*. 2004.

FLOOD, M. M. (1956)

FLOOD, M. M.: The Traveling-Salesman Problem. In: *Journal of the Operations Research Society Of America* 4 (1956) Nr. 1, S. 61-75.

FU, Z. et al. (2007)

FU, Z. et al.: Port space allocation with a time dimension. In: *Journal of the Operational Research Society* 58 (2007) Nr. 6, S. 797-807.

GAMBARDELLA, L. M. et al. (2001)

GAMBARDELLA, L. M. et al.: An optimization methodology for intermodal terminal management. In: *Journal of Intelligent Manufacturing* 12 (2001) S. 521-534.

GHANEA-HERCOCK, R. (2003)

GHANEA-HERCOCK, R.: *Applied evolutionary algorithms in Java*. New York [u.a.]: Springer, 2003.

GUAN, Y.; CHEUNG, R. K. (2004)

GUAN, Y. ; CHEUNG, R. K.: The berth allocation problem: models and solution methods. In: *OR Spectrum* 26 (2004) S. 75-92.

GÜNTHER, H.; KIM, K. (2007)

GÜNTHER, H. ; KIM, K.: Container Terminals and terminal operations. In: KIM, K. H. ; GÜNTHER, H. (Hrsg.): *Container terminals und cargo systems: design, operations management, and logistics control issues*. Berlin [u. a.] : Springer, 2007.

Hafen Hamburg (2007)

Hafen Hamburg: *Hafen Hamburg*. URL <http://www.hafen-hamburg.de/>. - abgerufen am 29. Oktober 2007.

HANSEN, H. R.; NEUMANN, G. (2005)

HANSEN, H. R. ; NEUMANN, G.: *Wirtschaftsinformatik 1*. Stuttgart: 9. Aufl. Lucius & Lucius, 2005.

HARDER, R. (2008)

HARDER, R.: *OpenTS - Java Tabu Search*. URL <http://www.coin-or.org/Ots/index.html>. - abgerufen am 10.03.08.

HAROLD, E. R. (2004)

HAROLD, E. R.: *XML*. Bonn: 2. Aufl. mitp, 2004.

HARTMANN, S. (2004)

HARTMANN, S.: A General Framework for Scheduling Equipment and Manpower at Container Terminals. In: *OR Spectrum* 26 (2004) S. 51-74.

HAX, H. (1974)

HAX, H.: *Entscheidungsmodelle in der Unternehmung*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt, 1974.

HEINRICH, L. J. (1994)

HEINRICH, L. J.: *Systemplanung I*. München [u.a.]: 6. Aufl. Oldenbourg, 1994.

HENESEY, L. (2004)

HENESEY, L.: *Enhancing Container Terminal Performance: A Multi Agent Systems Approach*. Blekige Institute of Technology, Karlshamn, Sweden, Department of Systems and Software Engineering, 2004.

HEPPNER, F.; GRENANDER, U. (1990)

HEPPNER, F. ; GRENANDER, U.: A stochastic nonlinear Model for coordinated Bird Flocks. In: KRASNER, S. (Hrsg.): *The Ubiquity of Chaos*. Washington: 1990.

HOLGUÍN-VERAS, J.; JARA-DÍAZ, S. (1999)

HOLGUÍN-VERAS, J. ; JARA-DÍAZ, S.: Optimal pricing for priority service and space allocation in container ports. In: *Transportation Research -B-* 33 (1999) Nr. 2, S. 81- 106.

HOLLAND, J. (1998)

HOLLAND, J.: *Adaption in natural and artificial systems. An introduction analysis with applications to biology, control and artificial intelligence*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1998.

HUNTER, J. (2008)

HUNTER, J.: *jdom.org*. URL <http://www.jdom.org/>. - abgerufen am 17.01.08.

IHDE, G. (1996)

IHDE, G.: Sustainable Mobility. In: BLOECH, J. ; IHDE, G. (Hrsg.): *Vahdens Großes Logistik Lexikon*. München : Vahlen, 1996.

IHDE, G. (2001)

IHDE, G.: *Transport, Verkehr, Logistik*. München: 3. Aufl. Vahlen, 2001.

ILOG (2007)

ILOG: *ILOG Optimization CPLEX*. URL <http://www.ilog.com>. - abgerufen am 26.11.2007.

IMAI, A.; NAGAIWA, K.; CHAN, T. W. (1997)

IMAI, A. ; NAGAIWA, K. ; CHAN, T. W.: Efficient Planning Of Berth Allocation For Container Terminals In Asia. In: *Journal of Advanced Transportation* 31 (1997) Nr. 1, S. 75-94.

IMAI, A.; NISHIMURA, E.; PAPADIMITRIOU, S. (2001)

IMAI, A. ; NISHIMURA, E. ; PAPADIMITRIOU, S.: The dynamic berth allocation problem for a container port. In: *Transportation Research Part B: Methodological* 35 (2001) Nr. 4, S. 401-417.

ISERMANN, H. (1996)

ISERMANN, H.: Stauraumplanung. In: BLOECH, J. ; IHDE, G. B. (Hrsg.): *Vah lens Großes Logistik Lexikon*. München : Vahlen, 1996.

ISL (2008)

ISL: *ISL - Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik*. URL <http://www.isl.org/>. - abgerufen am 30.01.2008.

JadeWeserPort (2008)

JadeWeserPort: *JadeWeserPort*. URL <http://www.jadeweserport.de>. - abgerufen am 05.02.2008.

JIN, C.; LIU, X.; GAO, P. (2004)

JIN, C. ; LIU, X. ; GAO, P.: An Intelligent Simulation Method Based on Artificial Neural Network for Container Yard Operation. In: YIN, F. ; WANG, J. ; GUO, C. (Hrsg.): *ISNN 2004, LNCS 3174*. 2004.

JUNG, A. (2005)

JUNG, A.: The Box That Makes the World Go Round. In: *Spiegel Special International Edition 7/2005* (2005) S. 120- 121.

Kalmar Industries (2008)

Kalmar Industries: *KALMAR CONTAINER HANDLING SYSTEMS COMPLETE RANGE OF PRODUCTS AND KNOWHOW*. URL http://www.rrtobe.com/salesmaterial_store_pdf_low_res/CHS_KIOY0309E-17.pdf. - abgerufen am 13.02.2008.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, D. A. (2002)

KELTON, W. D. ; SADOWSKI, R. P. ; SADOWSKI, D. A.: *Simulation with Arena*. Boston [u.a.]: 2. Aufl. McGraw-Hill, 2002.

KENNEDY, J.; EBERHART, R. (1995)

KENNEDY, J. ; EBERHART, R.: *Particle Swarm Optimization*. Perth, Australia: 1995.

KIA, M.; SHAYAN, E.; GHOTB, F. (2000)

KIA, M. ; SHAYAN, E. ; GHOTB, F.: The importance of information technology in port terminal operations. In: *International Journal of Physical Distribution and Logistics* 30 (2000) Nr. 3, S. 331-344.

KIM, K. H.; KIM, H. B. (1999)

KIM, K. H. ; KIM, H. B.: Segregating space allocation models for container inventories in port container terminals. In: *International Journal of Production Economics* 59 (1999) S. 415-423.

KIM, K. H.; LEE, K. M.; HWANG, H. (2003)

KIM, K. H. ; LEE, K. M. ; HWANG, H.: Sequencing delivery and receiving operations for yard cranes in port container terminals. In: *International Journal Production Economics* 84 (2003) S. 283–292.

KIM, K. H.; MOON, K. C. (2003)

KIM, K. H. ; MOON, K. C.: Berth scheduling by simulated annealing. *In: Transportation Research - B - 37* (2003) Nr. 6, S. 541-560.

KIM, K. H.; PARK, Y. (2004)

KIM, K. H. ; PARK, Y.: A crane scheduling method for port container terminals. *In: European Journal of Operational Research* 156 (2004) S. 752-768.

KIM, K. H.; PARK, Y. M.; RYU, K. (2000)

KIM, K. H. ; PARK, Y. M. ; RYU, K.: Deriving decision rules to locate export containers in container yards. *In: European Journal of Operational Research* 124 (2000) S. 89-101.

KLEIN, R. (2008)

KLEIN, R.: *Mathematische Methoden der Wirtschaftswissenschaften*. URL http://www.wiwi.uni-augsburg.de/bwl/klein/service_decisionsupportsysteme.html. - abgerufen am 12.03.08.

KOSCHKE, R. et al. (2007)

KOSCHKE, R. et al.: *Informatik trifft Logistik*. Bremen: 2007.

KOZAN, E.; PRESTON, P. (2006)

KOZAN, E. ; PRESTON, P.: Mathematical modelling of container transfers and storage locations at seaport terminals. *In: OR Spectrum* 28 (2006) S. 519-537.

KRISHNA, V. (2002)

KRISHNA, V.: *Auction theory*. San Diego [u.a.]: Academic Press, 2002.

LACKNER, A. (2004)

LACKNER, A.: *Dynamische Tourenplanung mit ausgewählten Metaheuristiken: eine Untersuchung am Beispiel des kapazitätsrestriktiven dynamischen Tourenplanungsproblems mit Zeitfenstern*. Göttingen: 1. Aufl. Cuvillier, 2004.

LANGER, H. et al. (2006)

LANGER, H. et al.: *Integration von Software-Agenten und Soft-Computing-Methoden für die Transportplanung*. Göttingen: Cuvillier, 2006.

LAUX, H.; LIERMANN, F. (2005)

LAUX, H. ; LIERMANN, F.: *Grundlagen der Organisation*. Berlin [u.a.]: 6. Aufl. Springer, 2005.

LEE, L. H. et al. (2006)

LEE, L. H. et al.: An optimization model for storage yard management in transshipment hubs. *In: OR Spectrum* 28 (2006) S. 539-561.

LEGATO, P.; MONACO, M. F. (2004)

LEGATO, P. ; MONACO, M. F.: Human resources management at a marine container terminal. *In: European Journal of Operational Research* 156 (2004) S. 769-781.

LEHNER, F. (2006)

LEHNER, F.: *Wissensmanagement*. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 2006.

LEMPER, B. (2003)

LEMPER, B.: *Containerschifffahrt und Welthandel - eine Symbiose*. 2003.

LEVINSON, M. (2006)

LEVINSON, M.: *The Box*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2006.

LIM, A. et al. (2004)

LIM, A. et al.: Crane scheduling with spatial constraints. In: *Naval Research Logistics* 51 (2004) S. 386-406.

LIM, A.; RODRIGUES, B.; SONG, L. (2004)

LIM, A. ; RODRIGUES, B. ; SONG, L.: Manpower allocation with time windows. In: *Journal of the Operational Research Society* 55 (2004) S. 1178–1186.

LIM, A.; RODRIGUES, B.; XU, Z. (2007)

LIM, A. ; RODRIGUES, B. ; XU, Z.: A m-Parallel Crane Scheduling Problem with a Non-crossing Constraint. In: *Naval Research Logistics* 54 (2007) Nr. 2, S. 115-127.

LIM, A.; XU, Z. (2005)

LIM, A. ; XU, Z.: A critical-shaking neighborhood search for the yard allocation problem. In: *European Journal of Operational Research* (2005).

Lindo Systems Inc. (2007)

Lindo Systems Inc.: *LINDO System's LINDO API page*. URL <http://lindo.com/products/api/dllm.html>. - abgerufen am 11.11.2007.

LIU, J.; WAN, Y.; WANG, L. (2006)

LIU, J. ; WAN, Y. ; WANG, L.: Quay Crane Scheduling at Container Terminals To Minimize the Maximum Relative Tardiness of Vessel Departures. In: *Naval Research Logistics* 53 (2006) Nr. 1, S. 60-74.

LOKUGE, P.; ALAHAKOON, D. (2007)

LOKUGE, P. ; ALAHAKOON, D.: Improving the adaptability in automated vessel scheduling in container ports using intelligent software agents. In: *European Journal of Operational Research* 177 (2007) S. 1985–2015.

MEERSMANS, P. J. M. (2002)

MEERSMANS, P. J. M.: *Optimization of Container Handling Systems*. Rotterdam, 2002.

MEERSMANS, P. J.; DEKKER, R. (2001)

MEERSMANS, P. J. ; DEKKER, R.: *Operations Research supports container handling*. Economic Institute Report EI 2001-22, 2001.

MEFFERT, K. (2008)

MEFFERT, K.: *JGAP: Java Genetic Algorithms Package*. URL <http://jgap.sourceforge.net/>. - abgerufen am 21.01.08.

MEIER, L. (2006)

MEIER, L.: Analyse und Systematisierung entscheidungsrelevanter Einflüsse in Container-Terminal-Prozessen. In: BIETHAHN, J. (Hrsg.): *Proceedings zum 10. Symposium: Simulation als betriebliche Entscheidungshilfe: neuere Werkzeuge und Anwendungen aus der Praxis - 13. - 15. März 2006 in Braunlage*. Göttingen : Inst. für Wirtschaftsinformatik, 2006.

MEIER, L. et al. (2005)

MEIER, L. et al.: *SIMULATION AND OPTIMIZATION OF SELECTED CLASSIFICATION NUMBERS AT A CONTAINER TERMINAL: TECON - RIO GRANDE, BRAZIL*. 2005.

MEIER, L.; FISCHER, H. (2006)

MEIER, L. ; FISCHER, H.: *Koordination integrierter Logistikprozesse im Hafen*. Göttingen: Cuvillier, 2006.

MEIER, L.; LACKNER, A. (2005)

MEIER, L. ; LACKNER, A.: *Simulation und Optimierung von handshake operations eines Container Terminals*. 2005.

MEIER, L.; SCHUMANN, R. (2007)

MEIER, L. ; SCHUMANN, R.: *Coordination of interdependent Planning Systems, a case study*. Bremen: 2007.

MEINEL, C.; MUNDHENK, M. (2000)

MEINEL, C. ; MUNDHENK, M.: *Mathematische Grundlagen der Informatik*. Stuttgart [u.a.]: Teubner, 2000.

MEISEL, F.; BIERWIRTH, C. (2005)

MEISEL, F. ; BIERWIRTH, C.: *Integration of Berth Allocation and Crane Assignment to Improve the Resource Utilization at a Seaport Container Terminal*. Berlin: Springer, 2005.

MERKEL, H. (1995)

MERKEL, H.: *Logistik-Management-Systeme*. München [u.a.]: Oldenbourg, 1995.

MERTENS, P. et al. (2005)

MERTENS, P. et al.: *Grundzüge der Wirtschaftsinformatik*. Berlin [u.a.]: 9. Aufl. Springer, 2005.

MERTENS, P. (1982)

MERTENS, P.: *Simulation*. Stuttgart: 2. Aufl. Poeschel, 1982.

METROPOLIS, N. et al. (1953)

METROPOLIS, N. et al.: Equation of state calculations by fast computing machines. In: *Journal of Chemical Physics* 21 (1953) Nr. 6, S. 1087-1092.

MIKUS, B. (2003)

MIKUS, B.: *Strategisches Logistikmanagement: ein markt-, prozess- und ressourcenorientiertes Konzept*. Wiesbaden: 1. Aufl. Dt. Univ.-Verl., 2003.

MINSKY, M. (1994)

MINSKY, M.: *Künstliche Intelligenz ist Evolution: Jenseits des Konnektionismus*. Braunschweig [u.a.]: Vieweg, 1994.

MOCCIA, L. et al. (2006)

MOCCIA, L. et al.: A Branch-and-Cut Algorithm for the Quay Crane Scheduling Problem in a Container Terminal. In: *Naval Research Logistics* 53 (2006) Nr. 1, S. 45-59.

MONETT DÍAZ, D. (2005)

MONETT DÍAZ, D.: *Agent-Based Configuration of (Metaheuristic) Algorithms*. Aachen: Shaker, 2005.

MOORTY, R.; CHUNG-PIAW, T. (2006)

MOORTY, R. ; CHUNG-PIAW, T.: Berth management in container terminal: the template design problem. In: *OR Spectrum* 28 (2006) S. 495-518.

MÜLLER-MERBACH, H. (1992)

MÜLLER-MERBACH, H.: *Operations Research: Methoden und Modelle der Optimalplanung*. München: 10. Nachdr. der 3. Aufl. Vahlen, 1992.

MURTY, K. G. et al. (2005)

MURTY, K. G. et al.: A decision support system for operations in a container terminal. In: *Decision Support Systems* 39 (2005) S. 309– 332.

NG, W.; MAK, K. (2005)

NG, W. ; MAK, K.: Yard crane scheduling in port container terminals. In: *Applied Mathematical Modelling* 29 (2005) S. 263-276.

Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (2006)

Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft Arbeit und Verkehr: *Tiefwasserhafen Wilhelmshaven - Eurogate gewinnt Ausschreibung für JadeWeserPort*. 2006.

NISHIMURA, E.; IMAI, A.; PAPADIMITRIOU, S. (2001)

NISHIMURA, E. ; IMAI, A. ; PAPADIMITRIOU, S.: Berth allocation planning in the public berth system by genetic algorithms. In: *European Journal of Operational Research* 131 (2001) S. 282-292.

NISSEN, V. (1994)

NISSEN, V.: *Evolutionäre Algorithmen*. Wiesbaden: DeutscherUniversitätsVerlag, 1994.

NISSEN, V. (2002)

NISSEN, V.: *Anwendbarkeit von Fuzzy Sets in der Projektarbeit einer Unternehmensberatung*. 2002.

NISSEN, V.; BIETHAHN, J. (1995)

NISSEN, V. ; BIETHAHN, J.: *Evolutionary Algorithms in Management Applications*. Berlin [u.a.]: Springer, 1995.

NOTTEBOOM, T.; WINKELMANS, W. (2002)

NOTTEBOOM, T. ; WINKELMANS, W.: *Stakeholder Relations Management in ports: dealing with the interplay of forces among stakeholders in a changing competitive environment*. Panama City: 2002.

NTB (2007)

NTB: *North Sea Terminal Bremerhaven*. URL <http://www.ntb.eu>. - abgerufen am 27.11.2007.

o.A. (1996)

o.A.: Twenty Foot Equivalent Unit (TEU). In: BLOECH, J. ; IHDE, G. B. (Hrsg.): *Vahlers Großes Logistik Lexikon*. München : Vahlen, 1996.

o.A. (2008)

o.A.: *JDOM*. URL <http://www.jdom.org/>. - abgerufen am 05.04.08.

o.A. (2008a)

o.A.: *JADE - Java Agent Development Framework*. URL <http://jade.tilab.com/>. - abgerufen am 12.03.08.

o.A. (2008b)

o.A.: *Tools for Agent-Based Modelling*. URL http://www.swarm.org/index.php?title=Tools_for_Agent-Based_Modelling. - abgerufen am 19.03.08.

o.A. (2008c)

o.A.: *The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System*. URL <http://protege.stanford.edu/>. - abgerufen am 12.03.08.

o.A. (2008d)

o.A.: *Ontology Bean Generator*. URL <http://protege.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?OntologyBeanGenerator>. - abgerufen am 12.03.08.

PAGE, B.; KREUTZER, W. (2005)

PAGE, B. ; KREUTZER, W.: *The Java Simulation Handbook*. Aachen: Shaker Verlag, 2005.

PARK, Y.; KIM, K. H. (2003)

PARK, Y. ; KIM, K. H.: A Simultaneous Scheduling Method for Berth and Quay Cranes. In: *OR Spectrum* 25 (2003) S. 1-23.

PARUNAK, H. (1991)

PARUNAK, H.: Characterizing the Manufacturing Scheduling Problem. In: *Journal of Manufacturing Systems* 10 (1991) Nr. 3, S. 241-259.

PAWELLEK, G.; SCHÖNKNECHT, A. (2007)

PAWELLEK, G.; SCHÖNKNECHT, A.: Größenentwicklung von Containerschiffen und Auswirkung auf die intermodale Transportkette. In: *Logistics Journal* 2007 (2007) Nr. 4, S. 1-17.

PETERKOFSKY, R. I.; DAGANZO, C. F. (1990)

PETERKOFSKY, R. I.; DAGANZO, C. F.: A branch and bound solution method for the crane scheduling problem. In: *Transportation Research B* 24 (1990) Nr. 3, S. 159-172.

PFOHL, H. C. (2004a)

PFOHL, H. C.: *Logistikmanagement*. Berlin [u.a.]: 2. Aufl. Springer, 2004a.

PFOHL, H. C. (2004b)

PFOHL, H. C.: *Logistiksysteme: betriebswirtschaftliche Grundlagen*. Berlin [u.a.]: 7. Aufl. Springer, 2004b.

POCHERT, B. (2005)

POCHERT, B.: *Konzeption einer unscharfen Balanced Scorecard: Möglichkeiten der Fuzzyfizierung einer Balanced Scorecard zur Unterstützung des Strategischen Managements*. Göttingen: 1. Aufl. Cuvillier, 2005.

PUMPE, D. (2000)

PUMPE, D.: *Ein Referenzmodell zur Planung und Steuerung der Abläufe in Seehafen-Containerterminals*. Berlin: Mensch-und-Buch-Verl., 2000.

REBOLLO, M. et al. (2000)

REBOLLO, M. et al.: *A Multi-Agent System for the Automation of a Port Container Terminal*. Barcelona: 2000.

RIEGER, S. (2007)

RIEGER, S.: *Einheitliche Authentifizierung in heterogenen IT-Strukturen für ein sicheres e-Science-Umfeld*. Göttingen: Cuvillier, 2007.

Rockwell Automation (2008)

Rockwell Automation: *Rockwell Automation - Arena Simulation Software*. URL <http://www.arenasimulation.com/>. - abgerufen am 05.02.2008.

RÜBEL, G. (2004)

RÜBEL, G.: *Grundlagen der Realen Außenwirtschaft*. München [u.a.]: Oldenbourg, 2004.

SAANEN, Y. A. (2004)

SAANEN, Y. A.: *An approach for designing robotized marine container terminals*. Delft, Technische Universiteit Delft, 2004.

SAMMARRA, M. et al. (2007)

SAMMARRA, M. et al.: A tabu search heuristic for the quay crane scheduling problem. In: *Journal of Scheduling* 10 (2007) S. 327-336.

SCHÖNSLEBEN, P. (2007)

SCHÖNSLEBEN, P.: *Integrales Logistikmanagement: Operations und Supply Chain Management in umfassenden Wertschöpfungsnetzwerken*. Berlin [u.a.]: 5. Aufl. Springer, 2007.

SCHOTT, R. (1989)

SCHOTT, R.: *Stauplanung für Containerschiffe*. Göttingen: Vandenhoeck Ruprecht, 1989.

SCHUBERT, A. (2002)

SCHUBERT, A.: *Unternehmens Balanced Scorecard mit Fuzzy Logik*. 2002.

SCHUMANN, M.; DIEKMANN, T.; DOBRINDT, M. (2007)

SCHUMANN, M. ; DIEKMANN, T. ; DOBRINDT, M.: *Methoden der Entscheidungsfindung I, Skript zur Veranstaltung an der Universität Göttingen*. Göttingen: 2007.

SCHWERDTFEGER, H.; ZABERN, T.; PÖLKING-EIKEN, H. (1991)

SCHWERDTFEGER, H. ; ZABERN, T. ; PÖLKING-EIKEN, H.: *Bremen/Bremerhaven Container Story: die Erfolgsgeschichte einer Kiste, die den Hafen veränderte*. Bremen: 1. Aufl. Steintor, 1991.

SEIDELMANN, C. (2004)

SEIDELMANN, C.: Kombiniertes Verkehr. In: ARNOLD, D. et al. (Hrsg.): *Handbuch Logistik*. 2004.

SONDERGELD, L. (2001)

SONDERGELD, L.: *Performance analysis methods for heuristic search optimization with an application to cooperative agent algorithms*. Aachen: Shaker, 2001.

STAHLBOCK, R.; VOß, S. (2007)

STAHLBOCK, R. ; VOß, S.: Operations research at container terminals: a literature update. In: *OR Spectrum Online first* (2007).

STEENKEN, D.; VOß, S.; STAHLBOCK, R. (2004)

STEENKEN, D. ; VOß, S. ; STAHLBOCK, R.: Container terminal operation and operations research: a classification and literature review. In: *OR spectrum* 26 (2004) S. 3-49.

TEAM, R. D. C. (2007)

TEAM, R. D. C.: *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2007.

The Eclipse Foundation (2008)

The Eclipse Foundation: *Eclipse - an open development platform*. URL <http://www.eclipse.org/>. - abgerufen am 19.03.08.

TRANBERG, L. K. (2005)

TRANBERG, L. K.: *Optimizing Yars Operations In Port Container Terminals*. 2005.

VACCA, I.; BIERLAIRE, M.; SALANI, M. (2007)

VACCA, I. ; BIERLAIRE, M. ; SALANI, M.: *Optimization of Container Terminal Operations*. Zürich: 2007.

VAHRENKAMP, R. (2005)

VAHRENKAMP, R.: *Logistik*. München [u.a.]: 5. Aufl. Oldenbourg, 2005.

VAN AART, C. et al. (2002)

VAN AART, C. et al.: *Creating and Using Ontologies in Agent Communication*. 2002.

ver.di (2008)

ver.di: *ver.di: ÖTV*. URL <http://www.verdi.de/archiv/oetv>. - abgerufen am 11.02.2008.

VIS, I. (2008)

VIS, I.: *Container logistics*. URL <http://www.irisvis.nl/container/>. - abgerufen am 01.04.08.

VIS, I. F.; DE KOSTER, R. (2003)

VIS, I. F. ; DE KOSTER, R.: Transshipment of containers at a container terminal: an overview. *In: European Journal of Operational Research* 147 (2003) S. 1-16.

VIS, I.; HARIKA, I. (2004)

VIS, I. ; HARIKA, I.: Comparison of vehicle types at an automated container terminal. *In: OR Spectrum* 26 (2004) S. 117-143.

WANG, F.; LIM, A. (2007)

WANG, F. ; LIM, A.: A stochastic beam search for the berth allocation problem. *In: Decision Support Systems* 42 (2007) S. 2186-2196.

WEBER, J.; KUMMER, S. (1998)

WEBER, J. ; KUMMER, S.: *Logistikmanagement*. Stuttgart: 2. Aufl. Schäffer-Poeschel, 1998.

WÖHE, G.; DÖRING, U. (2002)

WÖHE, G. ; DÖRING, U.: *Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. München: 21. Aufl. Vahlen, 2002.

WOOLDRIDGE, M. (2008)

WOOLDRIDGE, M.: *An Introduction to MultiAgent Systems*. URL <http://www.csc.liv.ac.uk/~mjlw/pubs/imas/>. - abgerufen am 10.03.08.

WOOLDRIDGE, M. J. (2005)

WOOLDRIDGE, M. J.: *An introduction to multiagent systems*. Chichester [u.a.]: Reprint. Aufl. Wiley, 2005.

World Trade Organization (2006)

World Trade Organization: *World Trade Report 2006*. 2006.

ZHANG, C. et al. (2003)

ZHANG, C. et al.: Storage space allocation in container terminals. In: *Transportation Research -B-* 37 (2003) S. 883-903.

ZHU, Y.; LIM, A. (2006)

ZHU, Y. ; LIM, A.: Crane scheduling with non-crossing constraint. In: *Journal of the Operational Research Society* 57 (2006) Nr. 12, S. 1464-1471.