Hefte zur Logistik

Prof. Dr. Siegfried Jetzke

Heft 2

Anlieferstrategien – *cross docking*

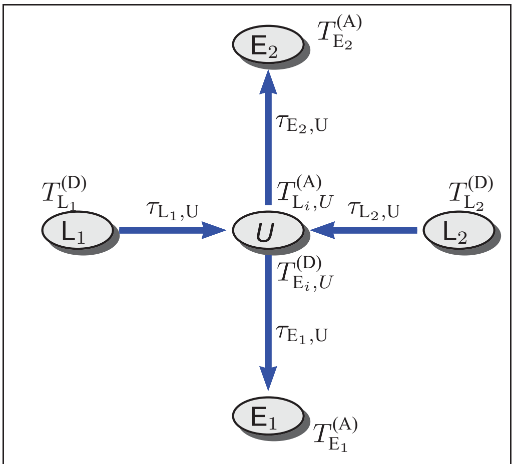
August 2010

Inhaltsverzeichnis

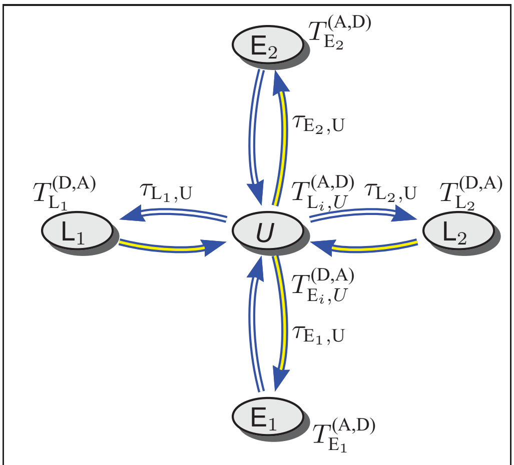
2

Anlieferstrategien – *cross docking*

2.1 *cross docking*



(a) Nur Material



(b) Voll- und Leergut

Abb. 2.1: *Cross docking* bzw. bestandsloser Umschlag , bei dem zwei Empfänger E_1 und E_2 mit Waren von zwei Lieferanten L_1 und L_2 über einen Umschlagpunkt U beliefert werden. $T^{(D,A)}_{P}$ sind Abfahrts- bzw- Ankunftszeiten an Ort P., $T^{(A,D)}_{P,U}$ Abfahrts- bzw. Ankunftszeit am Umschlagpunkt bei der Fahrt nach bzw. von Ort P und $\tau_{P,U}$ sind die Fahrzeiten zwischen P und dem Umschlagpunkt.

Eine besondere Form stellt das *cross docking* dar, wie es in Abbildung 2.1 für ein einfaches Beispiel dargestellt ist.

Betrachten wir zunächst nur den Transport von Material, wie in Abbildung 2.1(a) dargestellt. Ein möglicher Transport von Behältern wird nicht berücksichtigt. Zur Vereinfachung der Diskussion nehmen wir zunächst an, dass alle Fahr- und Abfahrtszeiten bekannt und konstant seien. Mögliche Verzögerungen sollen also außer Acht gelassen werden, wohlwissend, dass dieses praxisfern ist. Um keine unnötigen Kosten enstehen zu lassen, soll der vollständige Vorgang mit zwei LKWs abgewickelt werden. Im Folgenden soll zwischen

- asynchroner und
- synchroner

Realsierung unterschieden werden.

Asynchrone Realisierung Die Ankunftszeit beider LKWs ist nicht aufeinander abgestimmt. Die Bearbeitung kann erst beginnen, wenn das zweite Fahrzeugt angekommen ist. Für den Bearbeitungsbeginn $T_s^{(\mathrm{W})}$ gilt

$$T_s^{(\mathrm{W})} = \max\bigl(T_{\mathrm{L}_1,\mathrm{U}}^{(A)}, T_{\mathrm{L}_2,\mathrm{U}}^{(A)}\bigr) = \max\bigl(T_{\mathrm{L}_1}^{(\mathrm{D})} + \tau_{\mathrm{L}_1,\mathrm{U}}, T_{\mathrm{L}_2}^{(\mathrm{D})} + \tau_{\mathrm{L}_2,\mathrm{U}}\bigr) \tag{A2.1a}$$

Sei $\tau^{(\mathrm{W})}$ die Bearbeitungsdauer so folgt für das Bearbeitungsende $T_e^{(\mathrm{W})}$

$$T_e^{(\mathrm{W})} = T_s^{(\mathrm{W})} + \tau^{(\mathrm{W})} = \max\bigl(T_{\mathrm{L}_1}^{(D)} + \tau_{\mathrm{L}_1,\mathrm{U}}, T_{\mathrm{L}_2}^{(D)} + \tau_{\mathrm{L}_2,\mathrm{U}}\bigr) + \tau^{(\mathrm{W})} \tag{A2.1b}$$

und für die Ankunftszeiten beim Empfänger:

$$T_{\mathrm{E}_i}^{(\mathrm{A})} = T_e^{(\mathrm{W})} + \tau_{\mathrm{E}_i,\mathrm{U}} = \max\bigl(T_{\mathrm{L}_1}^{(D)} + \tau_{\mathrm{L}_1,\mathrm{U}}, T_{\mathrm{L}_2}^{(D)} + \tau_{\mathrm{L}_2,\mathrm{U}}\bigr) + \tau^{(\mathrm{W})} + \tau_{\mathrm{E}_i,\mathrm{U}} \tag{A2.1c}$$

Gleichung (A2.1c) bestimmt die Ankunftszeiten bei den Empfängern in Abhängigkeit von den Abfahrtszeiten bei den Absendern. Bedingt dadurch, dass der später beim Umschlagpunkt ankommende LKW den Bearbeitungsbeginn bestimmt, werden alle folgenden Zeiten durch diesen LKW festgelegt. Zu beachten bei diesem Vorgehen ist, dass der früher ankommende LKW warten muss: Ein vollkommen bestandsloser Umschlag ist nicht realisiert.

Diese Diskussion könnte analog natürlich auch in umgekehrter Richtung erfolgen, d. h. dass die Ankunftszeiten bei den Empfängern vorgegeben werden.

Synchrone Realisierung Wartezeiten sollen vermieden werden, d. h. die LKWs sollen gleichzeitig ankommen. Um dieses umzusetzen, muss Gleichung (A2.1a) zu

$$T_s^{(\mathrm{W})} = T_{\mathrm{L}_1,\mathrm{U}}^{(A)} = T_{\mathrm{L}_2,\mathrm{U}}^{(A)} \Rightarrow T_{\mathrm{L}_1}^{(\mathrm{D})} + \tau_{\mathrm{L}_1,\mathrm{U}} = T_{\mathrm{L}_2}^{(\mathrm{D})} + \tau_{\mathrm{L}_2,\mathrm{U}} \tag{A2.2a}$$

umgeschrieben werden. Beide LKWs kommen nun zur selben Zeit an.

$$T_e^{(\mathrm{W})} = T_s^{(\mathrm{W})} + \tau^{(\mathrm{W})} \tag{A2.2b}$$

Für die Ankunftszeiten bei den Empfängern ergibt sich:

$$T_{\mathrm{E}_1}^{(\mathrm{A})} = T_{\mathrm{s}}^{(\mathrm{W})} + \tau^{(\mathrm{W})} + \tau_{\mathrm{E}_1,\mathrm{U}} = T_{\mathrm{L}_1}^{(\mathrm{D})} + \tau_{\mathrm{L}_1,\mathrm{U}} + \tau^{(\mathrm{W})} + \tau_{\mathrm{E}_1,\mathrm{U}} \tag{A2.2c}$$

$$= T_{\mathrm{L}_2}^{(\mathrm{D})} + \tau_{\mathrm{L}_2,\mathrm{U}} + \tau^{(\mathrm{W})} + \tau_{\mathrm{E}_1,\mathrm{U}} \tag{A2.2d}$$

$$T_{\mathrm{E}_2}^{(\mathrm{A})} = T_{\mathrm{s}}^{(\mathrm{W})} + \tau^{(\mathrm{W})} + \tau_{\mathrm{E}_2,\mathrm{U}} = T_{\mathrm{L}_1}^{(\mathrm{D})} + \tau_{\mathrm{L}_1,\mathrm{U}} + \tau^{(\mathrm{W})} + \tau_{\mathrm{E}_2,\mathrm{U}} \tag{A2.2e}$$

$$= T_{\mathrm{L}_2}^{(\mathrm{D})} + \tau_{\mathrm{L}_2,\mathrm{U}} + \tau^{(\mathrm{W})} + \tau_{\mathrm{E}_2,\mathrm{U}} \tag{A2.2f}$$

Dieses ist ein Gleichungssystem mit den Unbekannten $T_{\mathrm{L}_1}^{(\mathrm{D})}$, $T_{\mathrm{L}_2}^{(\mathrm{D})}$, $T_{\mathrm{E}_1}^{(\mathrm{A})}$, $T_{\mathrm{E}_2}^{(\mathrm{A})}$ und $T_{\mathrm{s}}^{(\mathrm{W})}$, in dem das Festlegen eines einzigen Wertes alle anderen bestimmt. Nehmen wir an, wir würden die Abfahrtszeit bei dem ersten Lieferanten $T_{\mathrm{L}_1}^{(\mathrm{D})}$ vorgeben. Dann ergibt sich aus (A2.2a) die Abfahrtszeit $T_{\mathrm{L}_2}^{(\mathrm{D})}$ bei dem zweiten und mit den Gleichungen (A2.2c) –(A2.2f) alle übrigen. Die Realisierung verlangt also eine Absprache oder eine Mitteilung eines Akteurs an alle übrigen, zwischen alle beteiligten Akteuren.

Weisheit 2.1 *Bei einem bestandslosen Umschlag werden alle Zeiten durch die Vorgabe einer einzigen Zeit festgelegt.*

Was passiert in diesem Beispiel, wenn die Empfänger Zeitfenster ergeben und für die sich ergende Ankunftszeit kein Zeitfenster Verfügbar ist? Die Vorgabe von Zeitfenstern bedeutet nichts anders als die Vorgabe von Ungleichungen. Ist für die Ankunftszeit $T_{\mathrm{E}_i}^{(\mathrm{A})}$ ein Zeitfenster $T_{\mathrm{E}_i}^{(\mathrm{A})} \in [T_{\mathrm{E}_i,0}^{(\mathrm{A})} - \tau^{(\mathrm{F})}, T_{\mathrm{E}_i,0}^{(\mathrm{A})} + \tau^{(\mathrm{F})}]$ gegeben, so heißt dieses:

$$T_{\mathrm{E}_i}^{(\mathrm{A})} > T_{\mathrm{E}_i,0}^{(\mathrm{A})} - \tau^{(\mathrm{F})} \tag{A2.3a}$$

$$T_{\mathrm{E}_i}^{(\mathrm{A})} < T_{\mathrm{E}_i,0}^{(\mathrm{A})} + \tau^{(\mathrm{F})} \tag{A2.3b}$$

Diese Ungleichung machen nichts anderes als den Raum möglicher Lösungen einzuschränken.

Werden bei mehreren Akteuren eines solchen Umschlagsystems Zeitfenster verwendet, muss geprüft werden, ob es überhaupt möglich ist, eine Lösung zu finden. Eine tägliche Vergabe kann dazu führen, dass eine Realisierung an einem Tag möglich ist, aber an einem anderen nicht. In diesem Fall ist es nicht möglich, auf einer taktischen Ebene die Durchführbarkeit zu überprüfen. Taktisch muss festgelegt werden, wie die Zeitfenster bei verschiedenen Akteuren miteinander verbunden sein müssen. Eine individuelle Vergabe ist dann nur noch bei Einhalten dieser Regeln möglich.

Es ist sicher einleuchtend, dass die Einbeziehung mehrere LKWs die Anzahl der Freiheitsgrade nicht erhöht. Wenn die Anzahl der Lieferanten und Empfänger erhöht wird, bleibt immer eine einzige Größe, die alle übrigen eindeutig bestimmt. Werden Zeitfenster verwendet, wird die Menge zulässiger Lösungen verkleinert.

Eindeutig natürlich nur, wenn wir die Annahme beibehalten, dass sämtliche Dauern konstant sind. Was geschieht nun, wenn beispielsweise die Fahr- oder Arbeitszeiten nicht konstant sind und mögliche Abweichungen vorgegeben werden. Die Bearbeitungsdauer könnte innerhalb eines Intervalls erfolgen, d. h.

$$\tau^{(\mathrm{W})} \in [\tau_0^{(\mathrm{W})}, \tau_0^{(\mathrm{W})} + \Delta\tau^{(\mathrm{W})}] \tag{A2.4a}$$

oder für den Bearbeitungsbeginn könnte ein Zeitfenster vorgegeben werden, d. h.

$$T_s^{(\mathrm{W})} \in [T_0^{(\mathrm{W})} - \Delta T^{(\mathrm{W})}, T_0^{(\mathrm{W})} + \Delta T^{(\mathrm{W})}]\,. \tag{A2.4b}$$

Beide Gleichungen bedeuten nichts anderes, als dass ein LKW wieder warten kann bzw. muss.

Was passiert, wenn in diesem System unvorgesehene Verögerungen eintreten, die Fahrzeiten beispielsweise durch einen Stau verlängert werden. Für Fahrzeiten $\tau_{\mathrm{P,U}}$ könnten geeignete Verteilung gewählt werden. Aus diesen Verteilungen heraus würden sich wiederum Verteilungen für die Zeiten ergeben. Dieses ändert nichts an der Tatsache, dass ein Akteur alle Zeiten festlegt. Dieses ändert nur etwas an der Art der Ergebnisse: Ergaben sich im Fall konstanter Geschwindigkeiten eindeutig alle Zeiten, so führen Schwankungen dazu, dass für die sich ergebenden Zeiten nur noch gesagt werden, dass das Fahrzeug mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in einem bestimmten Fenster ankommt.

Zusätzliche Schwierigkeiten treten dann auf, wenn am Umschlagspunkt Zeitfenster vereinbart worden sind und eine Verspätung, die über einen festgelegten Wert hinausgeht dazu führt, dass ein LKW jegliches Recht auf eine zügige Bearbeitung verliert. Sollte dieser LKW sowohl Waren anliefern als auch Waren abholen, kommt es zu einer Situation, in der das gesamte System betroffen sein kann. Da es sich hierbei um, im Sinne der Verfügbarkeit zusammengesetzter Systeme, ein serielles System handelt, ist die Verfügbarkeit des Gesamtsystems stets kleiner als die Verfügbarkeit der schlechtesten Komponente: Fällt ein Fahrzeug aus, fallen alle anderen Fahrzeuge –ganz oder teilweise – aus. Die Erhöhung der Zuverlässigkeit ist nur durch Puffer – im Bestand oder in der Zeit – oder durch den Einsatz zusätzlicher Ressourcen zu erreichen. Hier bedarf es wie üblich einer sorgfältigen Betrachtung von Nutzen und Kosten.

Eine Weiterführung dieser Überlegungen auf den Austausch von Waren und Behältern, wie in Abbildung 2.1(b) gezeigt, bleibt dem Interessierten als nicht triviale Übung überlassen.

Überlegungen, die Reihenfolge an *cross dock terminals* zu optimieren (**?**), verlangen eine entsprechende Freiheit bei den Ankunfts- und Abfahrtzeiten.

Eine Diskussion ist beispielsweise in **?** zu finden.