



Jena Research Papers in Business and Economics

Umschlagbahnhöfe aus entscheidungsorientierter Sicht

Michael Kellner, Nils Boysen

16/2008

Jenaer Schriften zur Wirtschaftswissenschaft

Working and Discussion Paper Series
School of Economics and Business Administration
Friedrich-Schiller-University Jena

ISSN 1864-3108

Publisher:

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Carl-Zeiß-Str. 3, D-07743 Jena
www.jbe.uni-jena.de

Editor:

Prof. Dr. Hans-Walter Lorenz
h.w.lorenz@wiwi.uni-jena.de
Prof. Dr. Armin Scholl
armin.scholl@wiwi.uni-jena.de

www.jbe.uni-jena.de

Umschlagbahnhöfe aus entscheidungsorientierter Sicht

Planungsprobleme für einen effizienten Containerumschlag in Umschlagbahnhöfen

Dipl.-Wirt.-Inf. Michael Kellner und Prof. Dr. Nils Boysen, Jena

Trotz intensiver Fördermaßnahmen für die Bahn durch den Bund und die EU verlagert sich das Transportaufkommen immer weiter in Richtung der Straße. Nachteile der Bahn bestehen etwa in einer geringeren Durchschnittsgeschwindigkeit und Zuverlässigkeit sowie einer geringen Flexibilität. Durch die effiziente Planung des Containerumschlags in Umschlagbahnhöfen können die Nachteile der Bahn jedoch abgemildert werden. Dieser Beitrag beschreibt neben dem grundlegenden Aufbau von Umschlagbahnhöfen die wichtigsten strategischen, taktischen und operativen Planungsprobleme zur Ermöglichung eines effizienten Containerumschlags.

Dipl.-Wirt.-Inf. Michael Kellner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für ABWL/Operations Management der Friedrich-Schiller-Universität Jena; Prof. Dr. Nils Boysen ist Inhaber desselben Lehrstuhls. Bevorzugte Forschungsgebiete: Supply Chain Management, Produktion und Logistik, Optimierungsverfahren.

1. Beurteilung der Verkehrsträger

Seit vielen Jahren bestehen umfangreiche Förderprogramme von Seiten des Bundes und der *EU*, Teile des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene umzulenken. So eine Umverteilung ist aus gesamtwirtschaftlicher Sicht insbesondere aus zwei Gründen wünschenswert: Zunächst geht eine jüngste Prognose im Auftrag des *Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung* davon aus, dass der Güterverkehr gemessen am Referenzjahr 2005 bis zum Jahr 2030 um 69% steigen und damit auf ein Gesamtvolumen von insgesamt **982 Milliarden Tonnenkilometern** anwachsen wird (*ProgTrans*, 2007, S. 118). Dieses Wachstum wird durch das schon heute zum Teil überlastete Straßennetz allein nicht aufzufangen sein, ohne dass ernsthafte volkswirtschaftliche und ökologische Schäden zu befürchten sind (vgl. *BMVBW*, 2001, S. 3).

Weiterhin ist der Güterverkehr mit der Bahn deutlich **umweltschonender**. Ein Vergleich der Verkehrsträger zeigt, dass der Ausstoß an CO₂ beim LKW pro Tonnenkilometer dreimal höher ist als beim Schiff und sogar viermal höher als bei der Bahn (vgl. *APS*, 2008, S. 9).

Trotz umfangreicher Bemühungen ist jedoch der Anteil der Eisenbahn am Güterverkehrsaufkommen in der EU in den letzten 25 Jahren von 20% (1970) auf 10% (2005) gesunken (EU, 2007a, S. 2). Ein Umstand, der sich aus betriebswirtschaftlicher Sicht insbesondere auf drei Gründe zurückführen lässt. Als gravierender Nachteil der Bahn wird zunächst ihre **geringe Durchschnittsgeschwindigkeit** angesehen, die je nach Schätzung mit nur 7 (Alicke, 2002, S. 2) bis 10 km/h (VDA, 2006, S. 65) angesetzt wird und lediglich ein Fünftel des Lkw-Transports beträgt. Verzögerungen im Vergleich zum Lkw ergeben sich etwa durch lange Wartezeiten an Grenzen und Umschlagbahnhöfen sowie längere Transportwege durch ein – im Vergleich zur Straße – lichter geknüpftes Verkehrsnetz.

Diese Verzögerungen tragen ihr übriges zu einem weiteren Nachteil der Bahn, der **geringeren Zuverlässigkeit**, bei. So erreichen nach einer Studie aus dem Jahre 2006 nur 53% der im Güterverkehr eingesetzten Züge pünktlich ihr Ziel (EU, 2007b, S. 12). Schließlich benötigt die Bahn ein größeres Transportvolumen, um eine Direktverbindung zwischen zwei Städten wirtschaftliche betreiben zu können. Somit lassen sich mit dem konventionellen Bahntransport lediglich **größere Ballungszentren** anbinden, während in ländlichen Gebieten das vergleichsweise geringe Transportaufkommen nur mit dem Lkw wirtschaftlich zu befördern ist (vgl. Rotter, 2004, S. 347). Abb. 1 fasst die Beurteilung der beiden Verkehrsträger zusammen.

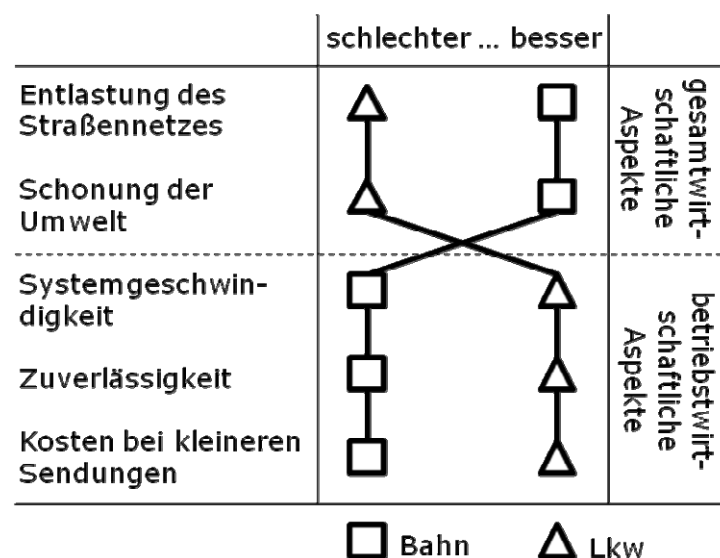


Abb. 1: Beurteilung der Verkehrsträger Eisenbahn und Lkw im Güterverkehr

Ein Ansatzpunkt, um die drei genannten Nachteile zumindest abzumildern, ist es, einen effizienten Betrieb von Umschlagbahnhöfen durch entsprechende Planungs- und Steuerungsmechanismen zu gewährleisten. Umschlagbahnhöfe bestehen zumeist aus **drei bis neun parallelen Gleisabschnitten**, Lkw-Linien und mehreren quer zur Fahrtrichtung angeordneten **Portalkränen**, die den Containerumschlag zwischen Lkw und/oder Güterzügen vornehmen (Boysen, 2007, S. 7). Gelingt in diesen Umschlagbahnhöfen ein effizienter Containerumschlag, so trägt dies direkt dazu bei, dass

die durchschnittliche Systemgeschwindigkeit erhöht und die Gefahr von Verspätungen reduziert wird. Umschlagbahnhöfe dienen aber nicht nur als Schnittstelle zwischen Lkw und Bahn im intermodalen Verkehr, sondern ermöglichen auch den Umschlag von Containern zwischen unterschiedlichen Güterzügen. Durch den direkten Containerumschlag zwischen Zügen können einzelne Containersendungen zu längeren Zügen konsolidiert werden, so dass aufgrund der **Bündelungsfunktion** von Umschlagbahnhöfen auch strukturschwache Gebiete erschlossen werden können. Folglich stellen geeignete Planungsverfahren, die einen effizienten Containerumschlag in Umschlagbahnhöfen ermöglichen, einen Ansatzpunkt dar, um erfolgreich Güterverkehr von der Straße auf die Schiene umzulenken.

Eine Charakterisierung der wichtigsten Planungsprobleme in Umschlagbahnhöfen ist Gegenstand dieses Beitrags. Dazu erfolgt in Abschn. 2 eine genauere Darstellung des Aufbaus von Umschlagbahnhöfen. Anschließend werden in Abschn. 3 strategische und taktische Planungsprobleme thematisiert. Die operativen Problemstellungen folgen in Abschn. 4, während Abschn. 5 den Beitrag beschließt.

2. Charakterisierung von Umschlagbahnhöfen

In Umschlagbahnhöfen ermöglichen große Portalkräne den Containerumschlag zwischen Lkw und/oder Güterzügen. Je nach beteiligten Transportmitteln, zwischen denen die Portalkräne Container umsetzen, lassen sich zwei wichtige Funktionen der Bahnhöfe unterscheiden:

- Einerseits dienen Umschlagbahnhöfe als Schnittstelle im **intermodalen Verkehr**, indem hier Container von Lkw auf Güterzüge umgesetzt werden können (und entsprechend anders herum). In diesem Fall übernehmen die Güterzüge die längeren Transportrelationen, während Lkw lediglich für das Einsammeln und Verteilen der Container auf der sog. „letzten Meile“ benötigt werden. Da zwei unterschiedliche Transportmodi am Güterverkehr beteiligt sind, spricht man vom intermodalen Transport.
- Andererseits können in Umschlagbahnhöfen Container auch direkt zwischen unterschiedlichen Zügen umgesetzt werden. In diesem Fall dient ein Umschlagbahnhof als sog. Hub in einem **Hub&Spoke-System**. Mehrere kürzere Güterzüge ähnlicher Destination können zu weniger und damit längeren Zügen konsolidiert werden, um auf diese Weise sog. „economies of transportation“ realisieren zu können. Vor allem für diese **Bündelungsfunktion** stellen Umschlagbahnhöfe eine wesentlich effizientere Alternative zu herkömmlichen Rangier- oder Verschiebebahnhöfen (siehe Hiller, 1983) dar, die zur Umstellung von Güterzügen ein langwieriges Verschieben über einen Rangierhügel und ein System von Weichen erfordern.

Der grundlegende Aufbau eines Umschlagterminals ist in Abb. 2 schematisch dargestellt.

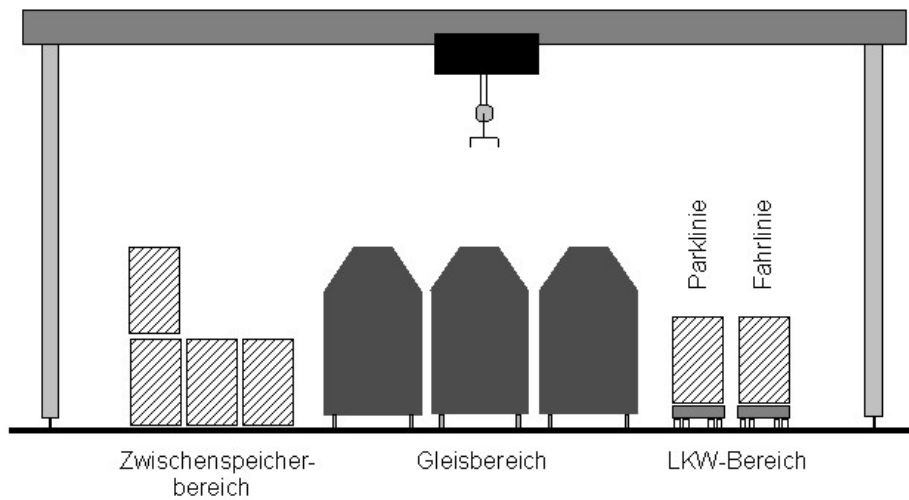


Abb. 2: Schematischer Aufbau eines Umschlagterminals

Die quer zur Fahrtrichtung angeordneten, zumeist auf eigenen Schienen betriebenen Portalkräne überspannen neben mehreren, parallel angeordneten Gleisen für die Güterzüge zusätzliche Lkw-Linien und typischerweise einen Zwischenlagerbereich (Ballis/Golias, 2002, S. 598). Im größten deutschen Umschlagterminal in *Köln-Eifeltor* versorgen sechs hintereinander gestaffelte Portalkräne neun parallele Gleise für Güterzüge (Boysen/Pesch, 2008, S. 2).



Abb. 3: Systematisierung der Planungsprobleme

Die Planungsprobleme, die sich nun in Bezug auf ein solches Umschlagterminal ergeben, können aus zeitlicher Sicht in **strategische**, **taktische** und **operative Probleme** unterteilt werden, während die für die Planung notwendigen Daten ebenfalls entlang der Zeit in unsichere Prognosedaten und konkrete Planungsdaten unterschieden werden können. In Abb. 3 wird dieser Zusammenhang graphisch veranschaulicht und in den folgenden Abschnitten sollen die auftretenden Probleme genauer erläutert werden.

3. Strategische und taktische Planung

Zu den langfristigen Entscheidungen, die im Hinblick auf einen Umschlagsbahnhof getroffen werden müssen, gehören die Standortwahl und Layoutplanung des Terminals. Die **Standortwahl** kann dabei nicht allein aufgrund der Lage zu den Produktionszentren und Absatzorten getroffen werden. Vielmehr muss die Einbindung in das bestehende Schienen- und Straßennetz sowie die Lage weiterer Terminals im Rahmen einer interdependenten Netzwerkplanung erfolgen. Ähnliche Problemstellungen ergeben sich auch in Flug- und Straßenverkehrsnetzen. Entsprechende Planungsunterstützung bieten die sog. „**Hub-Location**“ oder auch „Terminal-Location“ Probleme (vgl. *Macharis/Bontekoning*, 2004, S. 410). Hierbei werden für ein bestehendes Netzwerk diejenigen Hub-Standorte lokalisiert, zwischen denen die zentralen Transportverbindungen eingerichtet werden. Diese Strecken zeichnen sich dann durch einen höheren Auslastungsgrad der Transportmittel und somit geringere Transportkosten aus. Im Fall der Bahn werden durch die Zusammenlegung einzelner Transporte aus strukturschwächeren Regionen überhaupt erst respektable Größenordnungen erreicht, die einen Gütertransport auf der Schiene ermöglichen.

Innerbetriebliche Standortprobleme werden auch als **Layoutplanung** bezeichnet und umfassen den Aufbau und die Ausstattung eines Terminals. Da Umschlagbahnhöfe Teil eines übergeordneten Schienennetzes sind, hat die Standortwahl direkte Auswirkungen auf die Layoutplanung. Je nachdem, wie viele Güter über einen bestimmten Knoten des Netzwerks transportiert werden sollen, bestimmt sich dessen Größe in Hinblick auf die Anzahl der Gleise, LKW-Linien und das benötigte Umschlagequipment. Weiterhin ist zu klären, ob der Terminal primär als Schnittstelle im intermodalen Verkehr oder als Umschlagplatz zwischen Güterzügen dienen soll. Entsprechend dieser Einflussgrößen sind die folgenden **Systemelemente** festzulegen (vgl. *Ballis/Golias*, 2002, S. 595):

- Anzahl und Länge der parallel verlaufenden Gleise
- Anzahl und Anordnung der Abstellgleise zum Parken von Zügen und Waggonen
- Lagertechnik und Dimensionierung des Zwischenlagers
- Anzahl und Wirkungsbereich der Portalkräne
- Lade- und Parkzonen für LKW's
- Layout des internen Straßennetzes mitsamt eines „Gates“ für die Verbuchung der Waren und Verwaltung der Stellplätze

Zu den mittelfristigen Planungsproblemen zählt hauptsächlich die taktische Ausrichtung eines Terminals, wobei insbesondere über die angebotenen Dienstleistungen eines Terminals zu entscheiden ist. Neben dem eigentlichen Containerumschlag können mit zunehmender Serviceband-

breite auch Lagerungs-, Instandhaltungs- und Reparaturdienstleistungen angeboten werden. Als eine weitere taktische Aufgabe kann auch die Einsatzplanung der Arbeitskräfte und die Koordination von langfristig bekannten Wartungsarbeiten gezählt werden (vgl. *Macharis/Bontekoning*, 2004, S. 406).

4. Operative Planungsprobleme

Die operative Planung schließlich beschäftigt sich damit, die täglich anfallenden Be-, Ent- und Umladevorgänge im Terminal mittels des vorhandenen Equipments effizient durchzuführen. Der Containerumschlag im Umschlagbahnhof erfolgt dabei zumeist tagsüber, da die Fahrt der Güterzüge aufgrund der im Vergleich zum Personenverkehr niedrigeren Geschwindigkeit häufig auf die Nacht beschränkt ist (Ballis/Golias, 2002, S. 597). **Ziel** der operativen Planung ist es dabei, den Containerumschlag soweit als möglich zu beschleunigen, um Durchschnittsgeschwindigkeit und Zuverlässigkeit der Bahn zu erhöhen. Als **Inputdatum** für die operative Planung dienen die abzufertigenden Container und Züge mit ihren entsprechenden Fahrplänen. Gegeben sind somit Container, die zwischen Lkw und Zug zu be- oder entladen sind, sowie die direkt zwischen Zügen auszutauschenden Warensendungen. Da im Rahmen der operativen Planung sehr viele Elemente miteinander zu koordinieren sind, bietet sich eine Zerlegung des gesamten Problems in die folgenden handhabbaren **Teilprobleme** an (vgl. *Boysen/Pesch*, 2008, S. 3):

- Sequenzierung der Züge
- Zuordnung der Züge zu Gleisen
- Reihenfolgeplanung der Kranbewegungen

Diese operativen Planungsprobleme sollen im Folgenden näher charakterisiert werden, wobei wir uns aus Platzgründen auf Terminals beschränken wollen, die primär der Bündelungsfunktion dienen und somit insbesondere Container unter Güterzügen zur Konsolidierung austauschen.

4.1. Sequenzierung der Züge

Zunächst ist im Rahmen der Sequenzierung über die **Abfertigungsfolge** der **Züge** auf den parallelen Gleisen zu entscheiden. Dabei ist zu beachten, dass die Zugabfertigung jeweils in sog. Bündeln von gemeinsam abgefertigten Zügen erfolgt, wobei ein Bündel genau so viele Züge umfasst, wie parallele Gleise zur Abfertigung im Terminal vorhanden sind (vgl. *Rotter*, 2004, S. 352). Somit sind im Rahmen der Sequenzierung die Züge den nacheinander abgefertigten Bündeln zuzuordnen. Bei dieser Zuordnungsentscheidung sind insbesondere zwei Zielsetzungen zu beachten:

- Wenn ein Container zwischen zwei Zügen umgesetzt werden muss und beide Züge einem gemeinsamen Bündel zugeordnet sind, so kann die Containerbewegung durch den Portalkran direkt zwischen den beiden Zügen erfolgen. Befinden sich die Züge jedoch in unterschiedlichen Bündeln, so muss der Container zunächst vom Zug genommen und im Zwischenlager verwahrt werden, bis im späteren Bündel der Zielzug abgefertigt wird und der Container letztlich vom Zwischenlager auf den Zielzug verbracht werden kann. So eine Zwischenlagerung erfordert somit einen doppelten Zugriff auf den Container durch den Portalkran (sog. **Doublehandling**). Da insbesondere das „Zugreifen“ der Kräne sehr lange dauert – so werden mit herkömmlichen Portalkränen lediglich 20 bis 25 Container pro Stunde umgeschlagen (Rotter, 2004, S. 358) –, ist eine Zwischenlagerung möglichst zu vermeiden. Somit besteht ein Ziel der Sequenzierung darin, die Züge so zu Bündeln zuzuordnen, dass möglichst viele Container direkt und ohne Zwischenlagerung zwischen den jeweiligen Zügen umgesetzt werden können.
- Weiterhin ist zu beachten, dass ein Zug A erst dann endgültig abgefertigt werden kann, wenn in einem der vorherigen oder spätestens im selben Bündel alle Züge bereits entladen wurden, die einen Container für den Zug A geladen haben. Andernfalls muss der Zug A zu einem späteren Zeitpunkt, wenn endgültig alle für ihn bestimmten Container angeliefert wurden, noch einmal in den Terminal einfahren. Die Notwendigkeit solcher sog. **Revisits** ist möglichst zu vermeiden, da das Einfahren eines Zuges vergleichsweise viel Zeit bedarf.

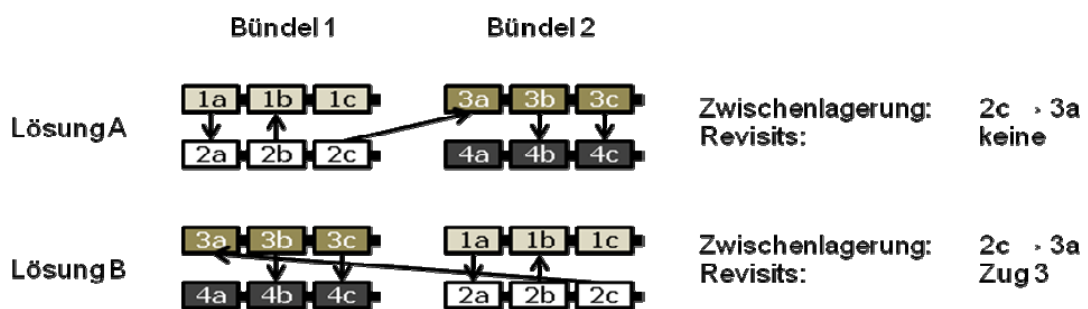


Abb. 4: Zwei alternative Lösungen für das Sequenzierungsproblem

Abb. 4 verdeutlicht ein Beispiel für das Sequenzierungsproblem. Insgesamt vier Züge (1-4) mit jeweils drei Containern (a-c) sind zwei Bündeln von jeweils zwei Zügen zuzuordnen, so dass im Terminal somit zwei parallele Gleise zur Abfertigung vorhanden sind. In Lösung A sind die Züge 1 und 2 dem Bündel 1 zugeordnet, so dass die Containerbewegungen zwischen diesen Zügen (1a→2a und 2b→1b) ohne Zwischenlagerung durchgeführt werden können. Nur die Containerbewegung zum Zug 3 (2c→3a) kann nicht direkt erfolgen, da die Züge 3 und 4 erst im späteren Bündel 2 abgefertigt werden. Somit ist dieser Container zwischenzulagern.

In Lösung B ist die Abfolge der Bündel genau umgekehrt. Die Züge 3 und 4 sind dem ersten Bündel zugeordnet und die Züge 1 und 2 dem späteren (Bündel 2). Da aber zum Zeitpunkt, da Zug 3 abgefertigt werden soll, der Zug 2 noch aussteht und somit der Container 2c sich noch nicht im Zwischenlager befindet, muss Zug 3 zu einem späteren Zeitpunkt (Bündel 3) nochmals in den Umschlagterminal einfahren, um den Container 2c aufzunehmen. Da beide Lösungen genau eine Zwischenlagerung erfordern – Lösung B aber zusätzlich noch einen Revisit –, ist Lösung A vorzuziehen.

Eine detaillierte Beschreibung des Sequenzierungsproblems und geeigneter Lösungsverfahren findet sich bei Boysen/Pesch (2008).

4.2. Zuordnung der Züge zu Gleisen

Bündelweise werden nun die jeweils zugeordneten Züge an das hierarchisch untergeordnete Problem der Gleiszuordnung weitergereicht. Hier gilt es, jedem Zug eines Bündels ein Gleis (**vertikale Positionierung**) und eine Parkposition auf dem jeweiligen Gleis (**horizontale Positionierung**) zuzuordnen. Als Ziel dieser Zuweisung gilt es, die Länge der Containerbewegungen und somit die vom Portalkran mit den Containern zurückzulegende Strecke zu minimieren. Abb. 5 verdeutlicht die Problemstellung anhand eines Beispiels, bei dem drei Züge eines Bündels positioniert werden müssen.

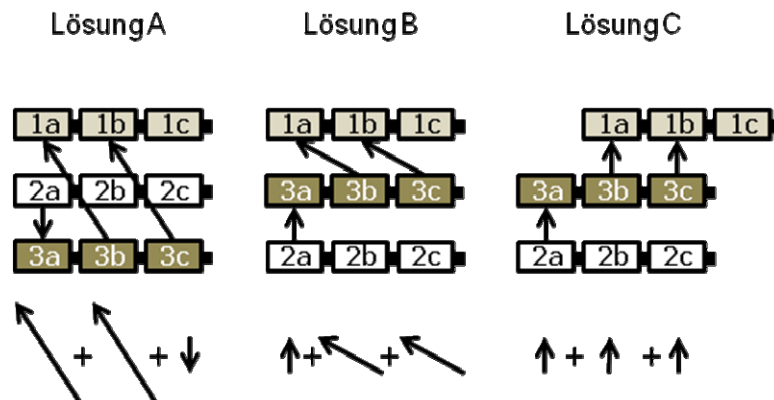


Abb. 5: Drei alternative Lösungen für die Gleiszuordnung

In Lösung A sind die Gleise einfach nach der Zugnummer (1, 2, 3) vergeben und es besteht eine einheitliche horizontale Parkposition je Gleis. In Lösung B ist die Zug-Gleis-Zuordnung verändert (1, 3, 2). Anhand der Pfeile unterhalb der Lösungen ist sofort ersichtlich, dass diese Umsortierung der Züge die Gesamtlänge der Pfeile reduziert hat. Schließlich ist in Lösung C auch die horizontale Parkposition von Zug 1 angepasst, indem dieser auf seinem Gleis nach vorn verschoben ist. Wiederum ist eine deutliche Reduktion der Strecke der Containerbewegungen eingetreten.

Das geschilderte Problem kann zum sog. **quadratischen Zuordnungsproblem** umformuliert werden, so dass zur Lösung des Gleiszuordnungsproblems die für diese Problemklasse entwickelten Verfahren herangezogen werden können.

4.3. Reihenfolgeplanung der Kranbewegungen

Sind schließlich auch die Parkpositionen der Züge festgelegt, so ist letztlich exakt determiniert, welche Containerbewegungen zwischen welchen Positionen durchzuführen sind. Dabei beeinflusst die Reihenfolge, in der Containerbewegungen durchgeführt werden, die **Gesamtstrecke** der **Portalkräne** und somit auch die Gesamtdauer der Zugabfertigung. Verdeutlicht wird dieser Zusammenhang durch das Beispiel aus Abb. 6. Dabei wird unterstellt, dass durch die vorherigen Planungsschritte drei Züge zu einem entsprechenden Bündel zusammengefasst und positioniert wurden. Die drei resultierenden Containerbewegungen (1)-(3) gilt es, durch einen einzelnen Portalkran in einer geeigneten Reihenfolge abzuarbeiten.

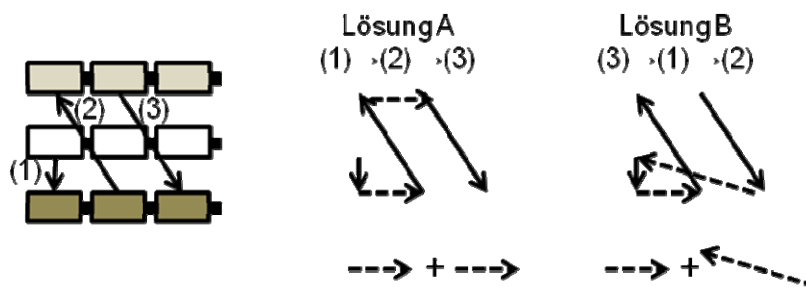


Abb. 6: Zwei alternative Lösungen für die Reihenfolgeplanung der Kranbewegungen

Die durchgezogenen Pfeile repräsentieren die gegebenen Containerbewegungen, während die gestrichelten Pfeile die **Leerstrecken** des Portalkrans vom Zielpunkt der vorangegangenen Containerbewegung bis zum Startpunkt der nächsten darstellen. Im Beispiel wird davon ausgegangen, dass während des Wechsels der Züge zwischen zwei Bündeln genug Zeit für den Portalkran besteht, um bereits die Startposition der ersten Containerbewegung einzunehmen. In Lösung A wurde die Reihenfolge (1)→(2)→(3) gewählt, während Lösung B die Containerbewegungen in der Abfolge (3)→(1)→(2) abfertigt. Da offensichtlich durch die Reihenfolge lediglich die Leerstrecken beeinflusst werden, offenbart ein Vergleich der entsprechenden Pfeile (unterhalb der jeweiligen Lösung), dass Lösung A in einer geringeren Gesamtstrecke resultiert und damit auch die Dauer der Abfertigung im Vergleich zur Lösung B verringert.

Im Fall des Beispiels mit lediglich einem einzelnen Portalkran entspricht das Reihenfolgeproblem dem sog. **asymmetrischen Travelling-Salesman Problem**. Als Besonderheit ist dabei zu beachten, dass die Entfernungen nicht Euklidisch zu bestimmen sind, sondern sich aus dem jeweiligen

Maximum der Längs- und Seitwärtsbewegung ergeben, da die Kräne zwei unabhängige Antriebe für die jeweilige Bewegungsrichtung besitzen (Alicke, 2002, S. 4). Sind – wie in realen Umschlagterminals – mehrere Portalkräne vorhanden, so wird die Lösung des Problems deutlich komplizierter. Zusätzlich zur Reihenfolgeplanung ist dann auch eine Zuordnung der Containerbewegungen zu den Kränen vorzunehmen. Dabei ist zu beachten, dass die Portalkräne sich nicht überholen können, da sie sich hintereinander gestaffelt auf einem exklusiv für die Kräne vorbehaltenen Gleis fortbewegen. Dadurch ergibt sich dann unter Umständen auch die Notwendigkeit, Container von einem Kran an den nächsten zu „übergeben“, was stets ein Absetzen des jeweiligen Containers im Zwischenlager erfordert.

5. Ausblick

Trotz intensiver Förderungsmaßnahmen hat es die Bahn nachwievor schwer, sich gegenüber dem Lkw-Transport zu behaupten. Ein wichtiger Ansatzpunkt, die Schwächen der Bahn im Vergleich zum Lkw abzumildern, besteht darin, bessere Planungs- und Steuerungsmechanismen zu entwickeln, die für einen effizienteren Containerumschlag in den Umschlagterminals sorgen. Weitere Instrumente bestehen in der Weiterentwicklung des technischen Equipments und einer Optimierung der Güterzug-Fahrpläne. Insgesamt ist zu konstatieren, dass insbesondere die operative Planung des Containerumschlags in Umschlagbahnhöfen bislang noch wenig Beachtung in der wissenschaftlichen Literatur erfahren hat; ein Umstand der in Anbetracht der großen gesamtwirtschaftlichen Bedeutung nicht befriedigen kann.

Literatur

- Alicke, K., Modeling and optimization of the intermodal terminal Mega Hub, in: OR Spectrum, Vol. 24 (2002), S. 1-17.
- Allianz-pro-Schiene e.V. (APS), Umweltschonend mobil - Bahn, Auto, Flugzeug, Schiff im Umweltvergleich, 3. Aufl., Berlin 2008.
- Ballis, A., J. Golias, Comparative evaluation of existing and innovative rail-road freight transport terminals, in: Transportation Research Part A, Vol. 36 (2002), S. 593-611.
- Boysen, N., Über die Synchronisierung von Güterströmen in der Umschlaglogistik, erscheint in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft (2008).
- Boysen, N., E. Pesch, Scheduling freight trains in rail-rail transshipment yards, Jenaer Schriften zur Wirtschaftswissenschaft, Nr. 11 (2008), Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW), Bericht des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen zum kombinierten Verkehr, Berlin 2001.
- Hiller, W., Rangierbahnhöfe, Berlin 1983.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (EU), Mitteilung der Kommission an den Rat und das europäische Parlament: Aufbau eines vorrangig für den Güterverkehr bestimmten Schienennetzes, Brüssel 2007a.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (EU), Mitteilung der Kommission an den Rat und das europäische Parlament: über die Überwachung der Entwicklung des Schienenverkehrsmarkts, Brüssel 2007b.
- Macharis, C., Y.M. Bontekoning, Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review, in: European Journal of Operational Research, Vol. 153 (2004), S. 400-416.
- ProgTrans AG, Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050: Schlussbericht Projekt Nr. 26.0185/2006, Basel 2007.

Rotter, H., New operating concepts for intermodal transport: the mega hub in Hanover/Lehrte in Germany, in:
Transportation Planning and Technology, Vol 27 (2004), S. 347-365.
Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA), Jahresbericht 2006, Frankfurt am Main 2006.