



Prof. Dr.-Ing. R. Jünemann
Institutleiter

Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking
Abteilungsleiter im Fraunhofer-Institut für Transporttechnik und Warendistribution,
Dortmund



CARGO 2000

Ein neues Konzept für den schnellen Kleingutverkehr auf der Schiene

Eine Analyse der Verkehrsmärkte zeigt, daß die Deutsche Bundesbahn heute vor der folgenden, grob charakterisierten Marktsituation steht:

- ▷ In Teilmärkten, wie zum Beispiel bei hochwertigen Gütern über kurze und mittlere Entfernungen sowie für eiliges Versandgut und den Teilladungsverkehr, ist für die DB durch die Lkw-Transporteure eine sehr schwierige Wettbewerbslage vorhanden.
- ▷ In der Transportwirtschaft war und ist ein Trend zu immer kleineren Sendungsgrößen zu erkennen.
- ▷ Die Produktionswirtschaft fordert eine bedarfsgenaue Zustellung: die Realisierung der Just-in-Time-Forderung.
- ▷ Von der verladenden Wirtschaft wird die Attraktivität der Schiene für diese Anforderungen als sehr niedrig eingeschätzt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß es für die Bahn und ihre Zukunft von strategischer Bedeutung ist, ihre Wettbewerbsfähigkeit in zumindestens Teilen des Stückgutmarktes, vor allen Dingen für die hochwertigen Güter sowie den Teilladungsmarkt, deutlich zu erhöhen. Gefordert sind hier

- ▷ eine drastische Verkürzung der Beförderungszeiten auf der Bahn, möglichst unterhalb der Lkw-Fahrzeiten (für den Streckentransport);
- ▷ die Einführung einer durchgängigen Transportkette Haus-Haus zu Zeit-, Kosten- und Servicebedingungen der Straßentransporteure
- ▷ die Einbindung der Transportaufgaben in ein ganzheitliches Informationsnetzwerk, welches auch dem Kunden zugänglich sein muß;
- ▷ die Übernahme von zusätzlichen logistischen Dienstleistungen, durch die die DB sich als Anbieter gesamtlogistischer Problemlösungen präsentieren kann.

Wenn man diese Maximalforderungen erfüllen will und die Suche nach einem entsprechenden System von vornherein darauf ausgerichtet ist, solche technischen Systeme zu finden, die gegenüber der Straße einen grundsätzlichen sy-

stemimmanenten Vorteil erbringen, ergibt es sich zwangsläufig, sich von den heutigen Bahnsystemen zum Stückguttransport zu trennen.

Bei dem im folgenden dargestellten System CARGO 2000 geht es deshalb um die Realisierung eines automatischen Transports und Umschlags von Stückgütern im rangierlosen Betrieb von im Nachtsprung quer über die Bundesrepublik Deutschland laufenden Zügen.

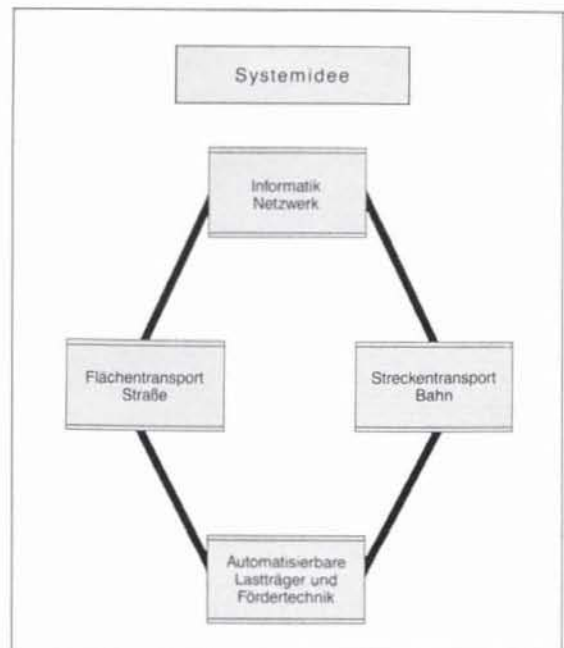


Bild 1: Systemidee CARGO 2000

Die Systemidee von CARGO 2000 beruht dabei auf den in Bild 1 dargestellten vier Grundideen:

- ▷ 1. Der Streckentransport wird durch die Bahn realisiert.
- ▷ 2. Der Flächentransport zu und von den CARGO-2000-Stationen geschieht mit dem Lkw.
- ▷ 3. Alle Transport-, Umschlags- und Lagerungsaufgaben werden in Lastträgern und durch automatisierte Förder- und Lagertechnik durchgeführt.
- ▷ 4. Das System CARGO 2000 zeichnet sich durch ein überlagertes durchgängiges Informa-

tionsnetzwerk aus, durch das die Bahn in die Lage versetzt wird, zu jedem Zeitpunkt sich selbst und ihren Kunden Auskunft über die Anzahl und den Standort der zu transportierenden Ladungen zu geben.

Die Bild 2 zeigt zunächst einmal prinzipiell, wie diese Automatisierung realisiert werden soll.

Vergleichbar der Situation bei den InterCity (IC)-Personenzügen sollen sich in den sogenannten Netz- und Einschleusstationen des Systems CARGO 2000 die Züge auf zwei benachbarten Gleisen treffen, um dann die Ladungen sowohl zwischen den Zügen als auch zwischen den Stationsbereichen der Netz- und Einschleusstationen automatisch umschlagen und/oder lagern zu können.

Auf Basis dieser Systemidee hat die DB, unterstützt durch Förderungsmittel des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, an das Fraunhofer-Institut für Transporttechnik und Warendistribution in Dortmund (vor allen Dingen für die technischen Teile der Studie), das Institut für Bahntechnik in Berlin (für Straßenpotentialermittlungen) sowie das Ingenieurbüro Walter Krieg (als beratende Ingenieure) in der Schweiz, den Auftrag für die Durchführung einer „Feasibility-Study“ vergeben.

Ziel ist es, die technische und betriebswirtschaftliche Machbarkeit des Systems CARGO 2000 zu untersuchen. Im Rahmen einer viermonatigen Vorstudie sind zunächst erste grobe technische Systementwicklungen sowie Abschätzungen der wirtschaftlichen Machbarkeit des Systems CARGO 2000 durchgeführt und im November 1988 der Bahn präsentiert worden. Auf Basis dieser Arbeiten sollen im folgenden der technische Aufbau und die sich daraus ergebende Leistungsfähigkeit des Systems CARGO 2000 beschrieben werden.

Netzstruktur und Belastungssituation von CARGO 2000

Voraussetzung für den Nachweis der technischen Machbarkeit der Systemidee von CARGO 2000 ist es, zunächst ausgehend von einer Analyse der Potentiale die Stückgutmengen des Marktes zu erfassen, die in der Zukunft durch ein solches automatisches Bahnsystem befördert werden könnten, um hiermit zu realistischen Belastungsanforderungen für das System CARGO 2000 zu kommen.

Die Potentialermittlungen wurden hinsichtlich der von der Schiene selbst zu erhaltenden Mengen vom ITW in Dortmund und hinsichtlich des von der Straße zu bekommenden Potentials vom IFB in Berlin durchgeführt. Im Rahmen des Artikels soll auf die schwierigen und daher auch umfangreichen Arbeiten der Potentialermittlung sowie auf die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit

nicht näher eingegangen werden, da hier nur die neuen technischen Überlegungen zur automatischen Umschlagtechnik im Vordergrund stehen sollen. Für die hier beabsichtigte Darstellung des technischen Konzeptes von CARGO 2000 reicht es aus, von einem Gesamtpotential von insgesamt 12,35 Millionen Tonnen (pro Jahr) auszugehen.

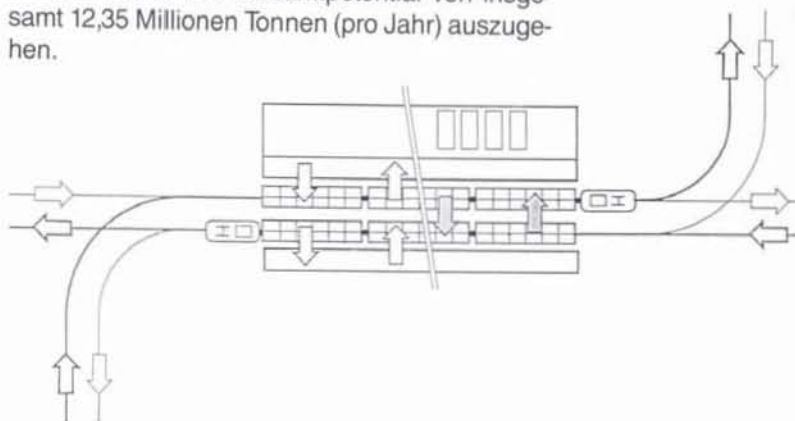


Bild 2: Prinzipbild einer Netzstation

Entsprechend den Zielen der Vorstudie wurde dieses Potential auf ein nach Vor-Überlegungen angenommenes Streckennetz für CARGO 2000 umgelegt.

Die Festlegung der Relationen für das Transportnetz basiert auf den heutigen Hauptstrecken der Deutschen Bundesbahn und sieht eine Verbindung wichtiger Wirtschaftszentren analog dem InterCargo-System der DB vor.

Das Bild 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Netz- und Einschleusstationen von CARGO 2000. Die Einschleusstationen dienen dabei ausschließlich dem Umschlag der CARGO-Container zwischen Lkw und Bahn. Im Gegensatz hierzu wird bei den Netzstationen, die an den Kreuzungs- und Verzweigungspunkten von CARGO 2000 angeordnet sind, zusätzlich auch der Umschlag von Zug zu Zug beim Übergang von Ladungsträgern auf eine andere Transportrelation durchgeführt.

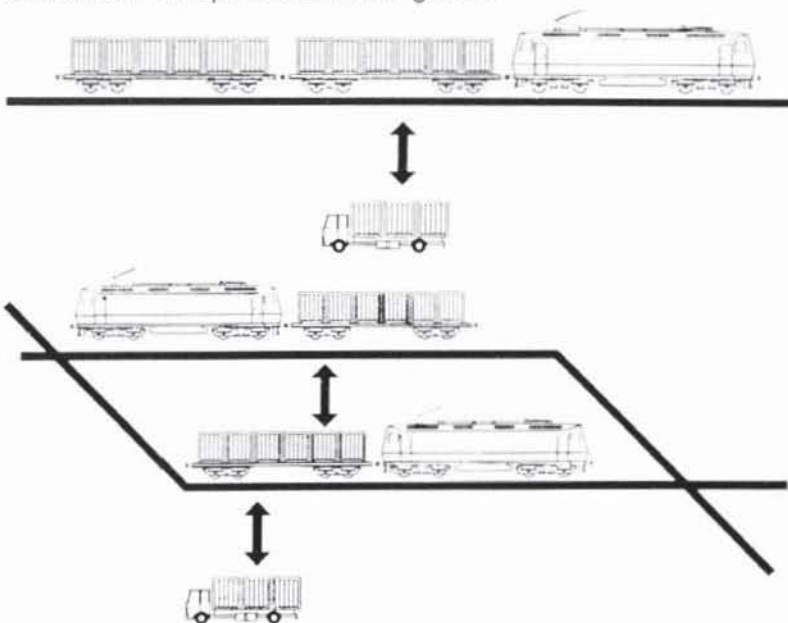


Bild 3: Prinzipbild der Netz- und Einschleusstationen des Systems CARGO 2000

Insgesamt wurden 27 Stationsstandorte für die Netzbetrachtung des Systems CARGO 2000 ausgewählt.

Neben den sich durch die Netzstruktur ergebenden Netzstationen wurden auch Einschleusstationen berücksichtigt. Diese sind entlang der Hauptstrecken der DB innerhalb der Bundesrepublik „gleichverteilt“ angeordnet oder dienen dazu, zusätzliche Wirtschaftszentren an das System CARGO 2000 anzubinden. Jeder Station wurde ein Einzugsbereich von 50 Kilometern zugeordnet.

Auf Basis von Gutanalysen, die in den heutigen DB-Umladebahnhöfen in

- ▷ Duisburg
- ▷ Frankfurt
- ▷ Hannover
- ▷ Kornwestheim

durchgeführt wurden sowie durch Abschätzung der Markterfordernisse ist als Größe des zu verwendenden Ladungsträgers zunächst von einer

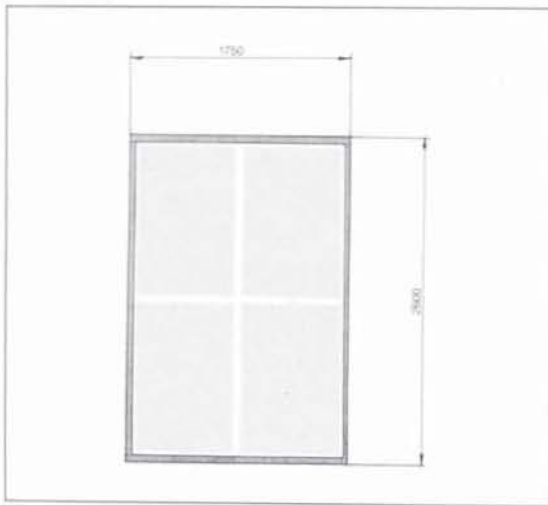


Bild 4: Grundfläche des CARGO 2000 Containers

in Bild 4 dargestellten Grundfläche von vier Europaletten (bei Berücksichtigung von üblichen Übermaßen) ausgegangen worden. Hauptbeweggrund für diese Festlegung der Ladungsträgergrundfläche war das Ziel von CARGO 2000, in der Zukunft möglichst kundenreine (das heißt sendungsreine) Container zu erhalten, um hier-

durch tatsächlich zu einer vom Versender zum Empfänger effizienten Transportkette zu kommen und damit die Systemvorteile von CARGO 2000 optimal nutzen zu können.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, daß im Rahmen der Hauptstudie zusätzliche, auch alternative Containergrößen mit zwei, vier und sechs Europoolpalettenplätzen untersucht werden sollen.

Mit Hilfe der Potentialwerte und bezogen auf eine mit Hilfe der Gutstrukturanalyse gebildeten durchschnittlichen Sendungsgröße wurde die Umrechnung in Containerzahlen durchgeführt. Hierbei wurden auch die Verlustvolumina berücksichtigt, die durch die Sperrigkeit einzelner Einheiten oder durch die Containerbildung selbst entstehen.

Aus den vorliegenden Daten wurden Containerzahlen je Tag — unter Berücksichtigung der ungleichmäßigen Verteilung des Aufkommens über die Woche — berechnet. In Anlehnung an die derzeit vorliegenden zeitlichen Belastungen der DB-Umladestellen wurde für CARGO 2000 eine wöchentliche Spitzenbelastung von 25 Prozent des gesamten Wochenaufkommens an einem Arbeitstag angenommen. Auf Grundlage dieser Annahmen ergaben sich folgende Containerzahlen als Belastungswerte für das CARGO-Netz:

- ▷ 61 600 beladene Container
- ▷ 96 600 Gesamtanzahl (einschließlich Leer-, Reserve- und Reparaturcontainer).

Im Rahmen der Vorstudie wurde nun berechnet, wieviele Container aus dem gesamten Netzbereich bei den getroffenen Annahmen über den Knotenbahnhof Mannheim (Station 16) laufen würden. Bild 5 zeigt die Container-Transportmatrix, die angibt, wieviele Container aus den einzelnen Richtungen (Strecken) in Mannheim eintreffen, und über welche Strecken diese Container die Netzstation verlassen. Das Ortsgut für die Station Mannheim ist gesondert gekennzeichnet.

Die Netzstation Mannheim wurde ausgewählt, weil sie erstens eine ausgesprochene Knotenfunktion mit insgesamt fünf Streckenrichtungen aufweist, und weil sie andererseits mit den insge-

Transportmatrix (Container je Tag in Mannheim)							
aus Richtung über Strecke	Frankfurt	Mainz	Saarbrücken	Karlsruhe	Stuttgart	Mannheim Ortsgut	Summe
in Richtung über Strecke							
Frankfurt	—	—	269	1116	2084	828	4297
Mainz	—	—	395	755	4360	1196	6706
Saarbrücken	342	726	—	94	288	296	1746
Karlsruhe	961	1031	74	—	—	394	2460
Stuttgart	1442	6385	182	—	—	770	8779
Mannheim Ortsgut	816	1461	106	269	679	—	3331
Summe	3561	9603	1026	2234	7411	3484	27319

Bild 5: Transportmatrix

samt 27319 Containern, die über Mannheim führen, eine sehr hohe Container-Umschlagszahl aufweist.

Technisches Konzept der Netzstation

Auf Basis der in Bild 5 angenommenen Umschlagbelastungen wird im folgenden nun gezeigt, aus welchen technischen Elementen sich eine Netzstation von CARGO 2000 zusammensetzt. Entsprechend Bild 6 besteht eine Netzstation aus insgesamt sieben Einzelementen. Die Hauptelemente für das System sind dabei der Container und die in der Station anzuwendende Umschlagtechnik. Die Konzipierung dieser beiden Elemente soll im folgenden näher beschrieben werden.

Die Konstruktion des eigentlichen Containers richtet sich nach den Flächengrundmaßen der Bild 4. Unter Berücksichtigung der im Rahmen der Studie aufgestellten Anforderungslisten ist dabei entsprechend Bild 7 darauf geachtet worden, daß der Ladungsträger nicht nur automatisch handhabbar ist, sondern daß er durch unterschiedliche Lastaufnahmepunkte sowohl Eckbeschläge und Gabelstaplertaschen als auch die Konstruktion eines Unterfahrtunnels im Bereich von konventionellen Umschlagtechniken und für moderne Umschlaggeräte — wie beispielsweise ein Satellitenfahrzeug — verwendungsfähig ist. Die äußeren Abmaße der Containerhülle wurden entsprechend den Bestimmungen der Straßenverkehrsordnung (im Vorgriff auf eine Ausnahmeregelung) auf 2,60 Meter Breite und den internationalen Maßvorgaben der RIV (Reglemento Internazionale de Veicoli) ausgerichtet. Die wichtigsten Elemente der Anforderungsliste sind ebenfalls der Bild 7 zu entnehmen. Ein in dieser Art konstruierter Container bietet die Möglichkeit, daß entsprechend Bild 8 dieser sowohl vom Lkw als auch von einem Bahntragwagen transportiert werden kann.

Der zweite Hauptfunktionsträger der Netzstation ist das auszuwählende Umschlagssystem selbst. Mit Hilfe dieses Umschlagssystems muß der automatische Containerumschlag in folgenden drei Funktionsbereichen gewährleistet werden:

- ▷ Umschlag Schiene — Schiene
- ▷ Umschlag Schiene — Lager
- ▷ Umschlag Lager — Straße.

Beim Umschlag Straße — Schiene müssen aus betriebstechnischen Gründen (sowie zur Übernahme von logistischen Zusatzaufgaben, wie zum Beispiel Zwischenlagern, Kommissionieren und Erbringen von Distributionsleistungen) außerdem Puffermöglichkeiten vorgesehen werden. Im Rahmen von sehr systematischen morphologischen Untersuchungen sind alle für diese Anforderungen des Umschlags geeigneten Sy-

steme analysiert und bewertet worden. Aufgrund dieser Analysen wurde die in Bild 9 perspektivisch gezeichnete Art von Netzstation entwickelt. Diese Netzstation geht von den im folgenden dargestellten Leistungsanforderungen aus:

- ▷ Zuglänge mit 40 Waggon = 600 Meter;
- ▷ sieben Container je Waggon;
- ▷ 280 Container pro Zug;
- ▷ Gleislänge in der Umschlagstation jeweils 600 Meter;
- ▷ durchschnittlich 95,04 Containerumschläge pro Zug;
- ▷ durchschnittlich 36,21 Container pro Zug im Ortsumschlag;
- ▷ pro Zug 30 Minuten Zeitraster (das bedeutet, jeder Zug hat 30 Minuten Aufenthalt in einer Station, wobei aber die An- und Abfahrt vom Haupt-



Bild 6: Teilkomponenten einer Netzstation

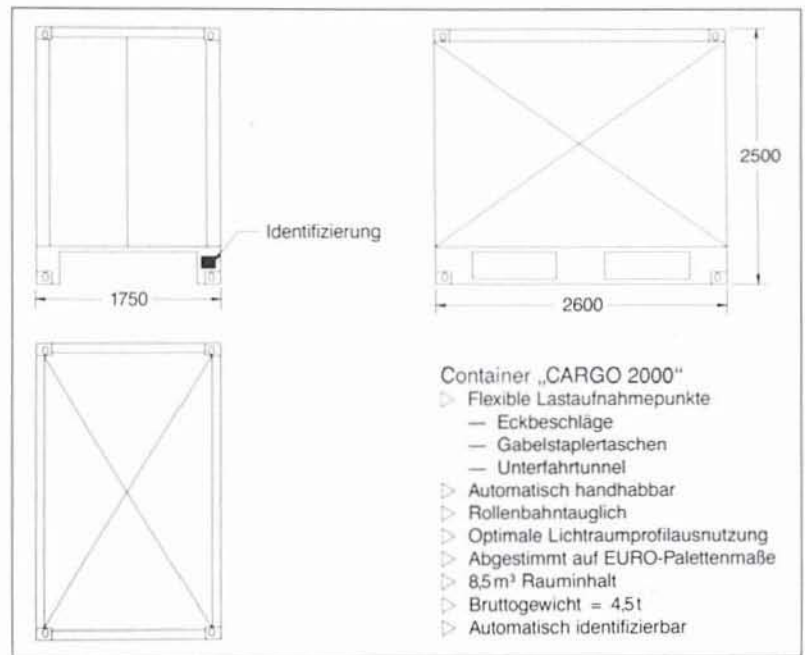


Bild 7: Containerdaten

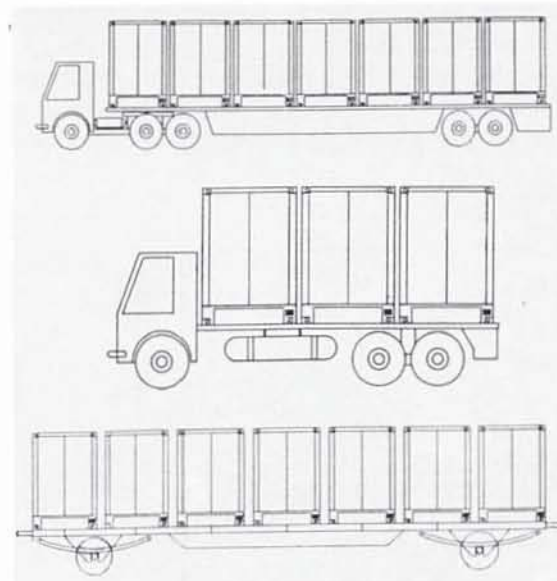


Bild 8: CARGO-Container auf Lkw-Fahrzeugen und Bahntragwagen

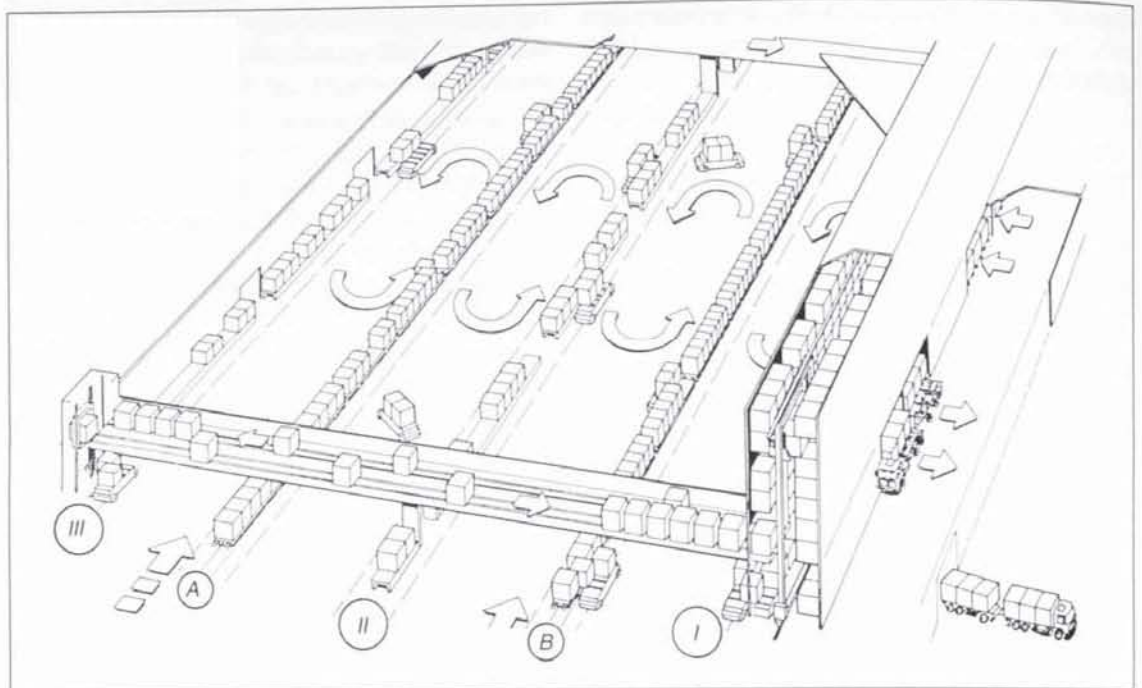


Bild 9: Darstellung Netzstation CARGO 2000

gleis mit eingerechnet werden muß. So bleiben etwa 20 Minuten Umschlagzeit pro Zug);

- ▷ pro elf Stunden Nacht müssen 92 Züge abgefertigt werden;
- ▷ maximal 3484 Container im Ortsumschlag.

Entsprechend Bild 9 wird jetzt anhand einer Zweigleis-Netzstation der Aufbau und der Funktionsablauf in einer CARGO-Netzstation beschrieben:

Das Zentrum der Anlage bilden die beiden parallelen Bahngleise „A“ und „B“. Sowohl auf der rechten als auf der linken Seite des jeweiligen Bahngleises befinden sich dann die Umschlagflächen, auf denen sich fahrerlose Transportfahrzeuge befinden, die den Umschlag sowohl zwischen den Containerzügen als auch den neben den Umschlagflächen angeordneten Pufferplätzen vornehmen.

Diese Pufferplätze bestehen aus einfachen Stahlrahmen und haben insgesamt Stellplätze für 280 Ladungsträger. In einer zweigleisigen An-

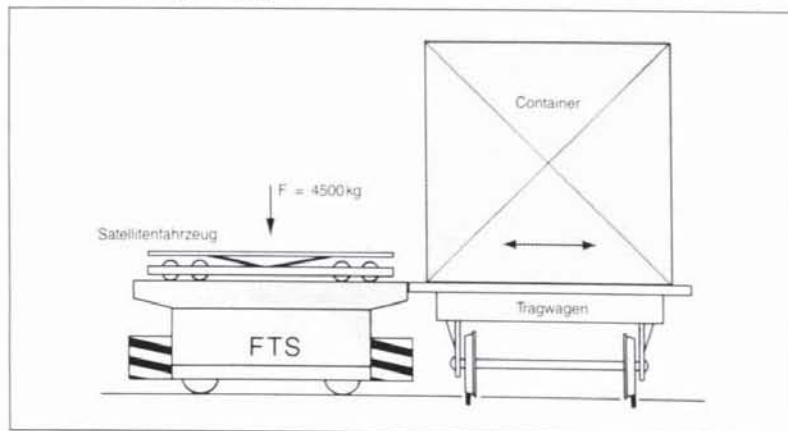
lage sind drei Pufferreihen angeordnet. Die Pufferreihe I kann direkt vom Lager aus bedient werden: Alle Container, die vom Gleis „B“ in den Ortsumschlag kommen, müssen auf der Pufferreihe I abgestellt werden. Die Pufferreihe II, die nicht vom Lager direkt bedient werden kann, dient zum Umschlag zwischen zwei Zügen, die auf den Gleisanlagen „A“ und „B“ stehen.

Die Pufferreihe III ist über Aufzugsysteme und Stetigförderer mit dem Lager verbunden. Hierbei sind sowohl die Vertikal- als auch die Horizontalförderer in Doppelausführungen angeordnet, so daß ein Fördersystem zum Transport ins Lager und das andere Fördersystem zum Transport vom Lager benutzt werden kann.

Das Hochregallager dient zur Zwischenlagerung des Ortsumschlagguts. Die Spediteure liefern am späten Nachmittag die Container für den Nachtumschlag an und holen am Morgen die Container aus dem Hochregallager ab. In der Nacht ergibt sich durch ein- und abgehende Züge ein ständiges Ein- und Auslagern. Sowohl die Bedienung des Hochregallagers als auch die Umladung vom Hochregallager auf die Lkw und vom Lkw in das Hochregallager wird über Regalförderzeuge abgewickelt.

Den eigentlichen Umschlagvorgang auf den drei Umschlagflächen nehmen fahrerlose Transportsysteme vor. Die Bild 10 zeigt den schematischen Aufbau eines solchen fahrerlosen Transportsystems. Das FTS wird über Induktionsdrähte geleitet und kann über Identifizierungspunkte an den entsprechenden Waggon des Stückgut-Zuges automatisch herangeführt werden. Nach der Feinpositionierung geschieht dann der eigentliche Umschlag über ein auf dem FTS mitgeführtes Satellitenfahrzeug.

Bild 10: Umschlagfahrzeug



Dieses Satellitenfahrzeug fährt in den Einfahrtunnel des Containers (siehe Bild 8) ein, hebt den Container an und fährt mit dem Container zurück auf das FTS. Danach senkt sich die Hubplattform des Satellitenfahrzeugs ab, und das FTS-System kann den eigentlichen Umschlagvorgang zu dem zugeordneten Pufferbereich vornehmen.

Für die Auswahl von FTS-Systemen für das Umschlagssystem sprachen die in Bild 11 aufgeführten Vorteile. Besonders hervorzuheben ist die

Vorteile CARGO 2000

- ▷ Angepaßte Containergröße für Teilladungen
- ▷ Produktionsnahe Be-/und Entladung der Container
- ▷ Variable Innenausstattung für kleinere Teile und magazinierte Teile
- ▷ Einfache Distribution innerhalb der Werksgelände
- ▷ Schneller, automatischer Containerumschlag
- ▷ Automatisierte Containerhandhabung
- ▷ Verbesserung der Transport- und Lieferzeiten
- ▷ Informationstechnische Kontrolle und Verfolgung des Transports
- ▷ DB als Anbieter gesamtlogistischer Problemlösungen

Bild 11: Vorteile von fahrerlosen Transportsystemen

Tatsache, daß durch das überlagerte Informationssystem bereits vor Ankunft des Zuges eine Vorpositionierung der FTS-Fahrzeuge möglich ist und daß je nach Zugbeladung durch Schwerpunktbildung auch eine unterschiedliche Anzahl von FTS-Systemen in den einzelnen Sektionen eines Gesamtzuges durchgeführt werden kann.

Bezogen auf die Belastungssituation der Netzstation Mannheim ergeben sich auf Basis des hier geschilderten Ablaufs folgende Kapazitäten für Fördermittel, Umschlaggerät, Lagerfläche:

- ▷ Sechs-Gleis-Netzstation
- ▷ zwölf Umschlagflächen
- ▷ Hochregallagerfläche mit 25 200 Quadratmetern, 4000 Stellplätze, 30 Regalförderzeuge
- ▷ 135 fahrerlose Transportsysteme auf zwölf Umschlagflächen
- ▷ 18 Vertikal- oder Horizontalparallelförderwege für den Anschluß des Pufferbereichs III an das Lager
- ▷ neun Pufferplatzreihen mit je 280 Pufferplätzen
- ▷ 30 Lkw-Laderampen.

Auf der Basis des hier geschilderten Funktionsablaufs in einer Netzstation und der angegebenen Kapazität an Förder-, Umschlag- und Lagermitteln ist die aus dem Potential ermittelte Belastung für die beispielhaft gewählte Netzstation Mannheim nach dem System von CARGO 2000 technisch zu erfüllen. Hierbei muß berücksichtigt werden, daß im Rahmen der nur viermonatigen Vorstudie die technische Realisierbarkeit zunächst nur grob abgeschätzt werden konnte.

Erst im Rahmen der anlaufenden Hauptstudie wird es möglich sein, die vielfältigen Optimie-

rungsmöglichkeiten dieses Systems zu nutzen. Beispielsweise sei hier erwähnt, daß bei der Vorstudie nur ein einziges Streckennetz angenommen wurde und somit sämtliche Optimierungsmöglichkeiten sowohl hinsichtlich der Variation des Streckennetzes als auch der Gestaltung der Fahrpläne noch vorhanden sind.

Auch bei den ausgewählten Techniken der Netzstationen und Umschlagstationen ist im Rahmen der Vorstudie jeweils mit sehr vorsichtigen Schätzungen und Annahmen operiert worden. Auch hier gibt es eine Reihe von weiteren Optimierungsmöglichkeiten, wie beispielsweise den Einsatz sogenannter „Outdoor-FTS-Systeme (fahrerlose Transportsysteme, die auch im freien, nicht überdachten Gelände fahren können) sowie die weitere Detaillierung der Umschlag- und Lagertechnik.

Ebenfalls weiter optimiert werden die Container sowohl hinsichtlich ihrer Größe als auch der Möglichkeiten der automatischen Handhabung im Inneren: der Kommissionierung von Teilladungen unterhalb der Größe einer ganzen Palette.

Auf der Basis des hier geschilderten technischen Konzepts können für CARGO 2000 die in Bild 12

Vorteile der FTS:

- ▷ Flexibel und universell für alle Transporte auf der Umschlaganlage einsetzbar
- ▷ Hohe Ausfallsicherheit des Gesamtsystems
- ▷ Je nach örtlichem Bedarf disponierbare Umschlagleistung
- ▷ Modernste zukunftsweisende aber erprobte Technologie
- ▷ Ausbau- und Umbaufähigkeit
- ▷ Automatisierung möglich und realisiert

Bild 12: Vorteile des Systems CARGO 2000

angeführten Vorteile genannt werden. Das neue System bietet damit aus unserer Sicht gute Möglichkeiten, den Transport von Kleingut/Teilladungen der Bahn auf eine zukunftsweisende, moderne Alternative zum Lkw-Straßentransport zu bringen.