

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietrich Stein¹

CargoCap – Innovationen im Gütertransport

CargoCap ist die 5. Transportalternative, um Güter in Ballungsräumen durch unterirdische Fahrrohrleitungen schnell, zuverlässig und zeitgenau zu transportieren. Dieses innovative Konzept ist das Ergebnis interdisziplinärer Forschungs- und Entwicklungsarbeit an der Ruhr-Universität Bochum.

1. Motivation

Die Leistungsfähigkeit und das Entwicklungspotenzial eines Wirtschaftsstandortes werden selbst im Zeitalter der Telekommunikation maßgeblich durch das Leistungsvermögen der traditionellen Transportsysteme – Straße, Schiene, Luft und Wasser – bestimmt.

In der Bundesrepublik Deutschland hat insbesondere der Verkehrsweg Straße seine Leistungsgrenzen erreicht, so dass durch Verkehrsengepässe und Verzögerungen gravierende Kosten und Friktionen auftreten. Die direkten Folgen von Staus und Verspätungen kosten die deutsche Wirtschaft schon heute 100 Milliarden € jährlich [Quelle: ADAC].

Besonders betroffen von dieser zunehmend negativen Entwicklung sind Ballungsgebiete, die i.a. bereits eine hohe Bebauungsdichte und einen hohen Anteil an Verkehrsflächen besitzen. Ihre traditionell gewachsene Verkehrsinfrastruktur kann den steigenden Anforderungen an die Verkehrsleistung aufgrund von Flächennutzungskonkurrenzen, finanziellen Engpässen der öffentlichen Hand oder mangelnder Akzeptanz in der Bevölkerung nur unvollkommen bzw. gar nicht angepasst werden.

Diese Konfliktsituation zwischen erforderlicher Mobilität und örtlichen Restriktionen wird sich weiter verschärfen, da die Anzahl der Kraftfahrzeuge wesentlich schneller wächst als das Straßennetz. Hierzu tragen insbesondere die Entwicklungen der Wirtschaftsunternehmen zur Just-in-Time und Just-in-Case Produktionsweise bei, die eine zuverlässige und leistungsfähige Produktionslogistik mit weitverzweigten, flexiblen und kostengünstigen Verkehrssystemen

¹ Leiter der Arbeitsgruppe Leitungsbau und Leitungsinstandhaltung, Fakultät für Bauingenieurwesen, Ruhr-Universität Bochum

erfordern, die in der Lage sind, die notwendigen Mengen an Gütern sicher in einer bestimmten Zeit von einem Ort zum anderen zu transportieren.

Das Ergebnis dieser Entwicklungen ist ein sich täglich wiederholendes Verkehrschaos mit unterschiedlicher Ausdehnung. Dies führt zur sinkenden Leistungsfähigkeit der betroffenen Region mit entsprechender Auswirkung auf die Standortattraktivität für Bevölkerung und Unternehmen.

In Anbetracht dieser Ausweglosigkeit wurde im Jahr 1998 der interdisziplinäre Forschungsverbund „Transport- und Versorgungssysteme unter der Erde“ an der Ruhr-Universität Bochum mit Unterstützung des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen initiiert. Seine Aufgabe bestand darin, nach einer neuen, effizienten, umweltgerechten, kurzfristig realisierbaren und nachhaltigen Transportalternative zu suchen.

Das Ergebnis ist das innovative Konzept CargoCap, mit dem Güter in Ballungsräumen durch unterirdische Fahrrohrleitungen schnell, zuverlässig und zeitgenau transportiert werden können (Bild 1).

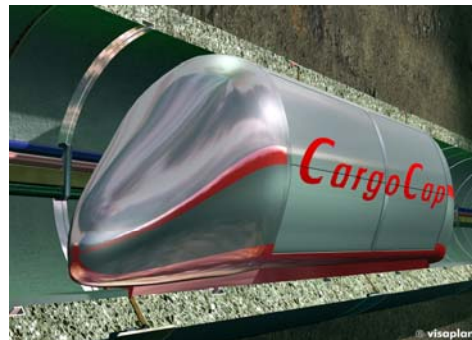


Bild 1: Transporteinheit CargoCap im Fahrrohr DN/ID 1600

2. Konzept CargoCap

CargoCap ist als eigenständiges, leistungsfähiges und problemlos erweiterbares System konzipiert, welches betriebliche Rentabilitätsanforderungen erfüllt. Es lässt sich technisch und rechtlich ohne Verletzung von Bürgerinteressen schnell realisieren und problemlos in die traditionellen Verkehrssysteme und Logistikkonzepte implementieren [1].

Der Transportvorgang erfolgt durch individuell angetriebene, computergesteuerte Transporteinheiten (Caps), die über ein Fassungsvermögen von je zwei Euro-Paletten nach CCG 1 (B x T x H = 800 x 1.200 x 1.050 mm) verfügen.

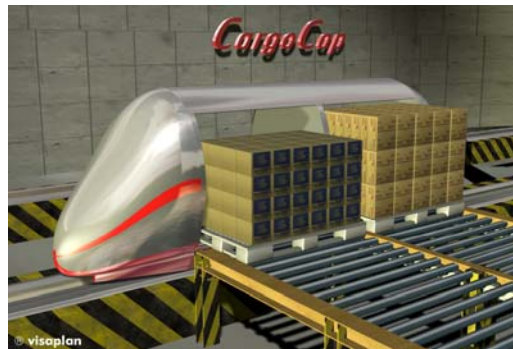


Bild 2: Automatisierte Be- und Entladung der CargoCaps über konventionelle Rollenbahnen

Der Einsatz der Euro-Palette als genormter und in der Praxis bewährter Lastträger garantiert eine leichte Implementierung von CargoCap in bestehende Materialflusketten und konventionelle Verkehrssysteme. Durch die Beladung mit nur zwei Euro-Paletten pro Cap wird eine hohe Verteilungsflexibilität der Waren und Güter gewährleistet (Bild 2). Zu den von CargoCap zu transportierenden Gütern zählen Konsum- und Investitionsgüter, Sammel- und Stückgüter, Produktionsbauteile, Paket- und Expressfracht sowie Nahrungs- und Genussmittel. Ca. 2/3 aller in der Bundesrepublik transportierten Waren dieser Art passen ohne weiteres Aufbrechen der Ladung in den CargoCap-Frachtraum.

Die technische und juristische Realisierbarkeit sowie die Wirtschaftlichkeit von CargoCap wurde im Rahmen des Verbundforschungsprojekts an dem regionalen Entwurf einer doppelt geführten Ost-West-Trasse durch das Ruhrgebiet mit einer Gesamtlänge von ca. 75 km untersucht. Diese sog. Ruhrgebietstrasse führt überwiegend unter öffentlichem Straßenraum in direkter Nähe zur staubelasteten Bundesautobahn A 40 von Unna über Dortmund, Bochum, Essen und Oberhausen bis nach Duisburg. Als anschlusswürdige Gebiete wurden Innenstadtbereiche, Gewerbegebiete, Geschäftszentren, Logistikparks, Standorte von Wirtschaftsunternehmen, Flughäfen sowie ausgewählte Standorte des „Kombinierten Verkehrs“ identifiziert und berücksichtigt (Bild 3).

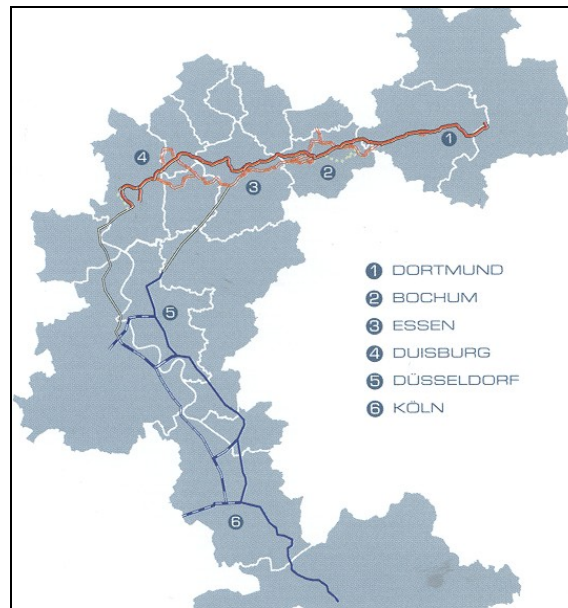


Bild 3: Geplante Ruhrgebietstrasse von CargoCap und potentielle Erweiterung in das Rheinland

Ziel der Ruhrgebietstrasse ist es, Güter per LKW nur bis an den Rand des Ballungsraumes zu bringen. Der Transport in Gewerbegebiete und Zentren der Städte findet dann im Untergrund unabhängig und unbeeinflusst von oberirdischen Verkehrsengpässen unter Gewährleistung einer hohen Betriebs- und Verkehrssicherheit sowie einem äußerst geringen Gefahrenpotenzial gegenüber Dritten statt.

Die Ruhrgebietstrasse stellt die sog. Mindestnetzgröße dar, die bereits einen wirtschaftlich rentablen Betrieb ermöglicht. Jede Netzerweiterung - regional oder innerstädtisch - bringt zusätzliche wirtschaftliche Erfolge, so dass CargoCap als lohnende Investition in die Zukunft bewertet werden kann.

Derzeit werden die Möglichkeiten und Potenziale einer Streckenerweiterung in das Rheinland sondiert, um insbesondere die drei Flughäfen Dortmund, Düsseldorf und Köln/Bonn, als größtem Frachtflughafen in Nordrhein-Westfalen, in das CargoCap-System zu integrieren und damit der Entwicklung im Logistiksektor Rechnung zu tragen.

Die bisherigen Untersuchungen haben ergeben, dass CargoCap in der Lage ist, die ökonomische Entwicklung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Wirtschaftsstandorten umweltgerecht und nachhaltig zu unterstützen. Diese Einschätzung findet sich auch in der Koalitionsvereinbarung 2000-2005 von SPD

und Bündnis 90 / Die Grünen in Nordrhein-Westfalen wieder. Dort heißt es: „..Wir unterstützen [...] technische Weiterentwicklungen von Logistiksystemen und Güterumschlag, wie z.B. moderner unterirdischer Rohrtransportsysteme [...].“

3. Transporttechnik

Die Caps sind aerodynamisch geformt, wobei Laufräder die Tragfunktion und seitliche Führungsrollen die Spurführung übernehmen. Die dafür notwendigen Elemente der Trag- und Spurführung sind direkt in der Fahrrohrleitung implementiert.

Bei den Caps handelt es sich um Zero Emission-Fahrzeuge; der Antrieb erfolgt elektrisch über konventionelle Drehstrommotore, die durch Frequenzumrichter gespeist werden. Weitere Charakteristika sind eine robuste Konstruktion, hohe Betriebssicherheit, geringer Energieverbrauch, niedrige Anschaffungskosten sowie eine lange Lebensdauer bei gleichzeitig geringem Wartungsaufwand.

Ein Bordcomputer übernimmt die individuelle Steuerung der autonom fahrenden Caps, die sich bei erhöhtem Transportbedarf zu dicht fahrenden, nicht mechanisch gekoppelten Verbänden gruppieren. Der minimale Abstand beträgt 2,0 m und wird über radargestützte Überwachungssysteme kontrolliert und geregelt.

Dieser geringe Abstand erfordert in Verbindung mit der individuellen Steuerung der Caps die Entwicklung eines neuartigen Verzweigungssystems, in dem die Weiche selbst das passive Element ist und die Transporteinheit die Ein- und Ausschleusung aus dem Verband ohne Geschwindigkeitsreduzierung aktiv steuert. Auf diese Weise führt die vermeintlich geringe Transportgeschwindigkeit von 36 km/h bei konstantem Transportfluss zu einer erheblichen Verkürzung der Transportzeit gegenüber dem LKW im Ballungsraum.

Im Interesse der schnellen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit wurden bei der Konzeptionierung von CargoCap grundsätzlich vorhandene, in der Praxis bewährte Bauteile und Komponenten verwendet. Dabei wurde darauf geachtet, das System gegenüber technischen Innovationen offen zu halten, so dass zukünftige Entwicklungen, wie z.B. im Bereich der Linearmotor- und Magnet-schwebetechnik sowie der berührungslosen Energieübertragung, problemlos übertragen werden können.

4. Fahrrohrleitungen

Die Verlegung der kreisförmigen Fahrrohrleitungen mit DN/ID 1600 im öffentlichen Straßenraum neben, unter oder über vorhandenen Infrastruktureinrichtungen, wie z.B. Ver- und Entsorgungsleitungen, Strom- und Telekommunikationskabel, U-Bahn- oder Straßentunnel und anderen Tiefbauwerken, ist mittels der Verfahren des grabenlosen Leitungsbaus nach dem Prinzip des Rohrvortriebs ohne Beeinträchtigung der umliegenden Strukturen möglich (Bild 4) [2].

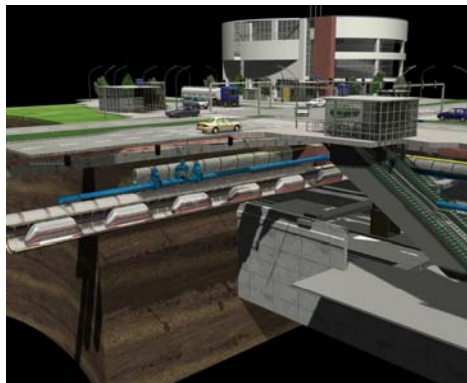


Bild 4: Unterbringung der CargoCap-Fahrrohrleitungen im öffentlichen Straßenraum neben bestehenden Infrastruktureinrichtungen

Beim Rohrvortrieb werden von einem Startschacht aus mit Hilfe einer Hauptpresstation vorgefertigte Vortriebsrohre durch den Baugrund bis in einen Zielschacht vorgetrieben. Der anstehende Boden oder Fels wird an der Ortsbrust mechanisch abgebaut und durch den vorgetriebenen Rohrstrang nach über Tage abgefördert. Eine steuerbare Schildmaschine, die dem ersten Rohr vorgeschaltet ist, ermöglicht den genauen Vortrieb in gerader oder gekrümmter Linienführung.

Im Sinne eines wirtschaftlichen Vortriebs wird generell das Erreichen einer großen Vortriebslänge von einem Startschacht aus angestrebt, da insb. die Herstellung von Schachtbauwerken einen erheblichen Kostenfaktor bei der Verlegung von Leitungen darstellt.

Moderne Vortriebsmaschinen erreichen bereits jetzt beeindruckende Leistungen hinsichtlich der Vortriebslänge und der auffahrbaren Radien bei gekrümmter Linienführung.

Im Zusammenhang mit CargoCap sind mittelfristig jedoch Weiterentwicklungen erforderlich, die es ermöglichen, Standardvortriebslängen ≥ 2000 m und Kurvenradien ≥ 40 m zu realisieren.

Da für die grabenlose Verlegung der Fahrrohrleitungen im öffentlichen Straßenraum mit Hilfe des Rohrvortriebs weder ein Planfeststellungsbeschluss noch eine Plangenehmigung erforderlich sind, kann i.d.R. auf die bestehende Bauplanung zurückgegriffen werden. Ein Baugenehmigungsverfahren ist für die Fahrrohrleitung nicht erforderlich, da ein Ausnahmetatbestand gegeben ist, der die Anwendung der Landesbauordnung ausschließt. Lediglich für die einzelnen Stationen bleibt es bei der bauordnungsrechtlichen Genehmigungsbedürftigkeit.

Darüber hinaus werden durch die bevorzugte Nutzung des öffentlichen Straßenraumes langwierige privatrechtliche Verhandlungen mit Grundstückseigentümern vermieden, so dass eine schnelle Implementierung von CargoCap in die bestehende Infrastruktur möglich ist.

5. Stand der Arbeiten

Die theoretische Forschungs- und Entwicklungsarbeit ist mit der Formulierung des Transportkonzepts nahezu abgeschlossen. Um die gewonnenen Ergebnisse konsequent in praktische Anwendungen umzusetzen, ist aus Sicht des Projektteams eine Realisierung von CargoCap in drei Stufen zweckmäßig.



Bild 5: CargoCap-Modell im Maßstab 1:2

In der **ersten Stufe** sollen die grundlegenden technischen Komponenten der Transporteinheiten in Vorversuchen auf einer Modellanlage getestet werden. Diesem Zweck soll eine Modellstrecke im Maßstab 1:2 auf dem Gelände der Ruhr-Universität Bochum dienen, in der insbesondere die Komponenten der

Trag- und Spurführung experimentell untersucht und optimiert werden. Die Modellstrecke (Bild 5) dient zudem der Erprobung der neu entwickelten Verzweigungsvorrichtung und der ersten Entwürfe der Steuerungs- und Überwachungskomponenten sowie der Daten- und Energieübertragung.

Die **zweite Stufe** umfasst den Bau und Betrieb einer Teststrecke im Maßstab 1:1. Beim Bau und Betrieb der Teststrecke sollen alle Komponenten der Bauverfahrenstechnik, Maschinenbautechnik, Elektrotechnik sowie Steuerungs- und Informationstechnik vor Überführung in die Praxis getestet und verbessert werden. Die Teststrecke ist als langfristige, interdisziplinär nutzbare Einrichtung für die Ruhr-Universität Bochum, aber auch für die spätere Betreibergesellschaft von CargoCap angedacht und zur praktischen Erprobung sowie Umsetzung aller sich im Laufe der Nutzung von CargoCap ergebenden notwendigen Veränderungen und Weiterentwicklungen konzipiert. Die kontinuierlichen Arbeiten an der Teststrecke zur Optimierung einzelner Bauteile oder Komponenten sichern die ständige Weiterentwicklung von CargoCap hinsichtlich einer technisch ausgereiften, nachhaltigen und wirtschaftlichen Gesamtkonzeption (Bild 6).

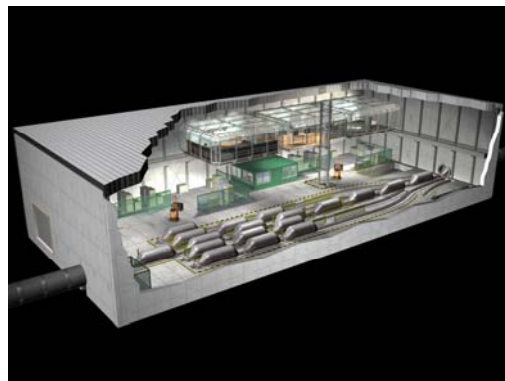


Bild 6: Steuer- und Leitzentrale der geplanten CargoCap-Teststrecke im Maßstab 1:1

Zudem können alle vorstellbaren, den Betrieb von CargoCap potentiell beeinträchtigenden Risikosituationen in-situ simuliert und dementsprechend konstruktive sowie betriebstechnische Sicherheitskonzepte erarbeitet und erprobt werden. Weitere Aufgabenstellungen für die Teststrecke werden insbesondere die Optimierung der Instandhaltung im weitesten Sinne sein, um die angestrebte hohe Lebensdauer der Bauwerke, Fahrzeuge und Ausrüstungen zu sichern.

Als **dritte Stufe** ist parallel zum Bau und Betrieb der Teststrecke die Umsetzung von CargoCap als offene und geschlossene Lösung vorgesehen. Als Referen-

zanlage für die offene Lösung soll die oben erwähnte Ruhrgebietstrasse entweder in Teilbereichen oder als Gesamtlösung dienen.

Die geschlossene Lösung soll in die innerbetriebliche Logistik eines Industrie- oder Versandunternehmens implementiert werden, wobei grundsätzlich die gleichen Systemprinzipien gelten, wie für die Ruhrgebietstrasse. Die Abmessungen des Fahrrohrdurchmessers und der Caps werden jedoch neben anderen Parametern flexibel an die spezifischen Anforderungen angepasst.

6. Ausblick / Vision

Den Güterverkehr auf unseren Straßen zu reduzieren, ist ein vordringliches Ziel der Verkehrspolitik des Landes Nordrhein-Westfalen und des Projektes CargoCap. Die diesbezüglichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an der Ruhr-Universität Bochum haben die technische und rechtliche Machbarkeit sowie die wirtschaftlichen Vorteile bestätigt.

Ein solches weitverzweigtes, effektives Transportsystem im Ruhrgebiet, in anderen Ballungsräumen oder Metropolen ist in der Lage, die Erreichbarkeit von Produktionsstätten, Handelszentren und letztlich von bisher peripher gelegenen Standorten zu verbessern, indem die Transportqualität für den notwendigen Transportumfang gewährleistet wird.

CargoCap ist nicht nur eine interessante Transportalternative, sondern auch ein wirtschaftlich attraktives, innovatives Investitionsobjekt, das durch die privatwirtschaftliche Sichtweise den knappen Mitteln der öffentlichen Hand Rechnung trägt. Dass auch die öffentlichen Interessen Berücksichtigung finden, dafür sorgt ein entsprechendes Betreibermodell auf der Basis des Public-Private-Partnership.

Heute ist es für alle Haushalte, Gewerbe- und Industrieunternehmen eine Selbstverständlichkeit, über Leitungsnetze mit Strom, Wasser, Gas, Fernwärme und Abwasser ver- und entsorgt zu werden. CargoCap bietet die Chance, dass in etwas fernerer Zukunft unterirdische Fahrrohrleitungen nicht nur die Stadtzentren miteinander verbinden, sondern netzwerkartig den gesamten Ballungsraum erschließen könnten. Waren könnten dann in Fahrrohrleitungen mit geringerem Durchmesser direkt zu jedem Haushalt geliefert und die Vision vom lückenlosen elektronischen Einkauf würde so Realität werden (Bild 7).



Bild 7: Hausanschluss als Vision des CargoCap-Konzeptes

Literatur:

- [1] Stein, D.: „Transport- und Versorgungssysteme unter der Erde – Transport von Stückgut durch Rohrleitungen“, Forschungsberichte, Ministerium für Schule, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, 1999, 2000, 2001
- [2] Stein, D.: „Grabenloser Leitungsbau“, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2003