

# Flugs von der Strasse auf die Schiene

Von Elsbeth Heinzelmann\*

**Je einfacher der Verlad vom Lastwagen auf die Bahn vor sich geht, umso grösser ist die Chance für den kombinierten Güterverkehr. Das sagten sich Ingenieure der Firmen Neuweiler und Tuchschnid Engineering. Mit den Mechatronikern der Zürcher Hochschule Winterthur entwickelten sie ein Handlingsystem, mit dem Lastwagenchauffeure selbstständig Container von der Strasse auf die Schiene umladen können.**

Ein Flammeninferno entfachte sich am 4. Juni 2005 im 12,5 km langen Fréjus-Tunnel, nachdem ein mit Reifen beladener Lastwagen Diesel verloren hatte und in Brand geraten war. Das Feuer griff auf fünf weitere Fahrzeuge über und tötete zwei Lastwagenchauffeure. Kein Einzelfall: Am 24. März 1999 fing im Montblanc-Tunnel ein Lastwagen Feuer, 39 Menschen kamen ums Leben, die meisten erstickten grausam in den giftigen Gasen. Am 29. Mai 1999 krachten im Tauerntunnel 60 Fahrzeuge aufeinander. Nach der Massenkarambolage, ausgelöst durch einen Lastwagen, breitete sich Feuer aus und tötete zwölf Menschen. Im Oktober 2001 stiessen zwei Lastwagen im Gotthard-Tunnel frontal zusammen, wobei der eine in Flammen aufging und im Tunnel mehrere Explosionen auslöste. Bei diesem bisher schwersten Unglück in einem Schweizer Strassentunnel starben elf Menschen. Die Liste liesse sich ohne Weiteres fortsetzen.

## Technologien für die Rollende Landstrasse

Trotz des hohen Risikos, das der Schwerverkehr in den grossen Alpentunnels bedeutet, besorgen heute Lastwagen zwei Drittel des Gütertransports von Italien über die Alpen zu den übrigen EU-Ländern. Die Hälfte davon rollt durch den Fréjus-Tunnel in Frankreich, über den Brennerpass in Österreich und durch den Gotthardtunnel in der Schweiz. Diese Tatsache war der Grund dafür, dass die EU-Kommission nach dem Brand im Fréjus-Tunnel einen Aufschlag von 25% auf die Maut im Alpenraum vorgeschlagen



Neuweiler AG

Das entwickelte System für den horizontalen Umschlag von ISO-Container und Wechselbehälter unter der Fahrleitung beim Umladen. (Bild 1)

hatte. Die Einnahmen sollen dazu dienen, neue Gleise zu erschliessen und den Schienentransport zu fördern.

Voraussetzung für diese Verlagerung sind effiziente, sichere und Kosten reduzierende Systeme für den Container-Umschlag. Innovative Komponenten für die Schienenfahrzeugindustrie sind die Domäne des Maschinenbauers Neuweiler AG in Kreuzlingen. Zusammen mit der Tuchschnid Engineering AG in Frauenfeld, Spezialist für kombinierten Verkehr, entwickelte die Firma im EU-Forschungsprojekt InHoTra (Interoperable Intermodal Horizontal Transshipment) ein Gerät für den horizontalen Umschlag von Standardbehältern zwischen Schienen- und Strassentransportmitteln. Es handelt sich dabei um eine Weiterentwicklung des Abroll-Container-Systems ACTS für den kombinierten Verkehr, das sich beispielsweise für Kehrtrichtransporte als praxistauglich erwiesen hat. Für das nötige Know-how in Steuerung und Regelung sorgte das Institut für mechatronische Systeme (IMS). Die Forscher des IMS der Zürcher Hochschule Winterthur brachten unter Federführung von Mechatronik-Professor Charles

Brom ihr Wissen in der Regelungs- und Antriebstechnik, Robotik und Automatisierung ein. Entstanden ist das Umschlaggerät NETHS (NEuweiler-Tuchschnid-Horizontal-System) als kleiner Terminal an Anschlussgleisen und als Entlademodul an den Terminals der Linienzüge. Neu gegenüber herkömmlichen Einrichtungen ist die Möglichkeit, Ladeeinheiten von der Strasse auf die Schiene und umgekehrt direkt unter dem Fahrdrabt umzuschlagen und dabei gleichzeitig das Gewicht festzulegen. NETHS handhabt ISO-Container bis 40 t oder Wechselbehälter bis 17 t. Das Containerhandling erfordert keinerlei Anpassungen an Ladeinheit, Bahnwagen oder Lastwagen und kommt mit minimalster Investition in die Infrastruktur aus.

## Bedienerfreundlichkeit gross geschrieben

Aber noch waren die Projektpartner mit dem Erreichten nicht voll zufrieden, denn die Komplexität der Anlage mit unzähligen Akteuren verlangte einen geübten Bediener. «Ursprünglich glaubten wir, dass der Verladeterminial mit Handsteuerung, also mit minima-



Die beiden Kameras des Vision-Systems für die Detektion der Containerbeschläge mit 3D-Bildauswertung. (Bild 2)

Verladeschritte durch. «Wir beobachteten das Verhalten der Chauffeure und stellten fest, dass diese mit einem vollautomatischen Betrieb den Eindruck gewinnen, sie seien der Anlage ausgeliefert und hätten keine sichere Kontrolle mehr über den Verladevorgang», erläutert Richard Hüppi, Elektroingenieur und wissenschaftlicher Mitarbeiter am IMS. Die Wahl fiel deshalb auf einen halbautomatischen Betrieb, mit dem die Fahrer die einzelnen Verladephasen starten und jederzeit in den Verladevorgang eingreifen können.

Wie sich im Verlauf der Arbeiten zeigte, war das ursprüngliche Regelungskonzept den geforderten Bewegungen nicht gewachsen. Das von der IMS-Crew neu entworfene Konzept nutzt nun weitgehend die in den Umrichtern vorhandenen Regler und Bahnplanner. Da diese eine sehr hohe Bahngenauigkeit erreichen, wurde für die Kopplung der Antriebe pro Fahrwagen das Prinzip Starrachse realisiert. Dabei werden die Räder eines Fahrwagens fest drehzahlgekoppelt. Für Zielfahrten werden beiden Antrieben Bahnen zum Zielort geladen und anschliessend parallel gestartet. Um den langfristigen Schlupf der Räder infolge Kurvenfahrten oder kleinen Raddurchmesservarianten auszugleichen, implementierte das Team eine Ist-Positionskorrektur mit einer tiefen Zeitkonstante zwischen den zwei Antrieben. «Längerfristige Stromdifferenzen der Antriebe werden abgebaut, indem man langsam die Ist-Position des einzelnen Antriebs hin zum Mittelwert der Ist-Positionen der beiden Antriebe des Fahrwagens verschiebt. Damit verwendet der Regler einen korrigierten Ist-Wert», so Richard Hüppi. «Dadurch erfolgt die Drehzahlkorrektur der Räder schlupffrei und man verhindert ein Durchdrehen, das berüchtigte «Quietschen» der Tramräder in den Kurven.» Dasselbe Prinzip kommt für die Schlupfkorrektur zwischen den beiden Fahrwagen zum Einsatz. Die Forscher messen den Abstand der zwei Fahrwagen mit einem Laserdistanzsensor. Die Ist-Position eines Fahrwagens berechnen sie durch Mittelwertbildung der Ist-Positionen der beiden Antriebe eines Fahr-

lem Automatisierungsgrad bedient werden kann», kommentiert CEO Christian Neuweiler. «Im Zug der Entwicklung merkten wir jedoch, dass sich NETHS nur erfolgreich einsetzen lässt, wenn zur Bedienung kein speziell geschultes Personal nötig ist, sondern der Lastwagenfahrer selbst den Umschlag vornehmen kann.» Die Knacknuss besteht jedoch darin, die Greifpunkte an den Containern anzufahren, da der Bediener keine direkte visuelle Kontrolle über den Greifort hat. Entsprechend stellt dieser Schritt grosse Ansprüche an die Mensch-Maschine-Kommunikation, die nur mit einem hohen Prozessautomatisierungsgrad realisierbar ist. Also machten sich die Ingenieure erneut ans Werk, um in einem von der KTI (Förderagentur für Innovation) unterstützten Projekt NETHS zu einem völlig automatisierten Terminal – dem NETHS-EASY – auszubauen. Dazu mussten sie die bestehende, von Hand bedienbare Einzelachsensteuerung mit moderner Sensorik und intelligenten Algorithmen automatisieren. Auch galt es zu untersuchen, inwieweit sie mit Vision-Systemen oder Lasersensoren die Lage der Con-

tainer bestimmen konnten, damit das Verladensystem diese automatisch packt, transportiert und am Zielort absetzt.

Die Automatisierung dieses Prozesses in nur ungenau strukturierter Umgebung mit grossvolumigen und schweren Handlinggütern stellt eine Herausforderung dar. «Da die Container nicht für den automatischen Verlad konzipiert wurden, sind die einzigen normierten Merkmale die Beschläge», erklärt Professor Charles Brom, der das KTI-Projekt initiierte. «Diese müssen mit einer Genauigkeit von wenigen Zentimetern gegriffen werden können, was höchste Anforderungen an Sensorik und Positionierung der Anlage bedeutet. Zudem darf die Automatik in keinem Zeitpunkt Mensch oder Maschine gefährden, weshalb wir den Bediener in den automatischen Ablauf einbeziehen mussten.»

#### Regelungskonzept «Marks IMS»

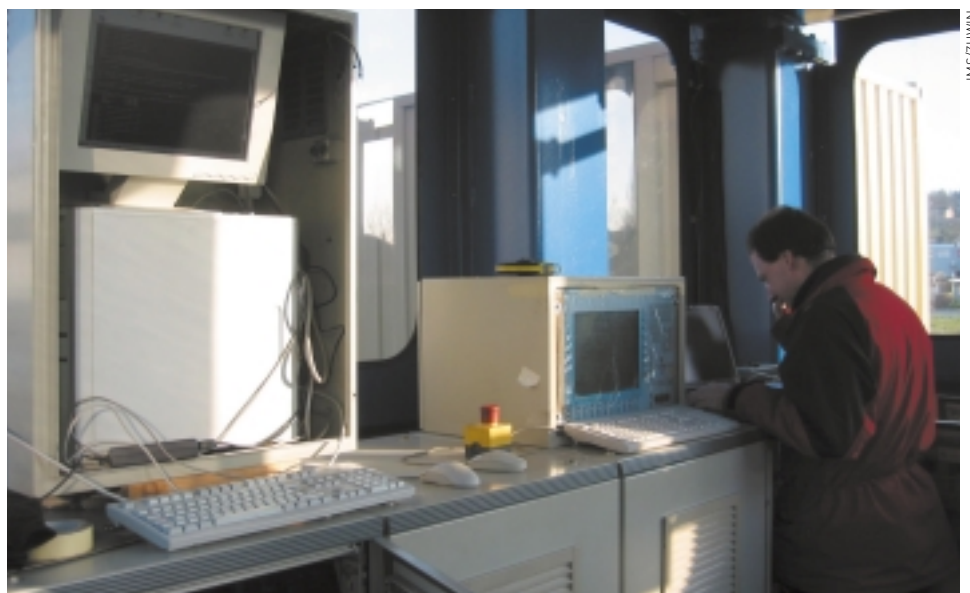
Die Projektpartner untersuchten von der einfachen Navigationshilfe bis zum völlig automatisch ablaufenden Verlad verschiedenste Automatisierungsgrade und führten parallel dazu mit der Anlage kommerzielle

wagens. Die beiden resultierenden Fahrwagen-Ist-Positionen werden mit dem gemessenen Abstands-Ist-Wert korrigiert und eine allfällige Abweichung angeglichen. Dies geschieht wiederum mit einer, über eine lange Zeitkonstante ausgeführten Positionskorrektur der Fahrwagen-Ist-Werte.

### Wirtschaftlichkeit dank Automatisierung

Besonders heikel war es, die geeignete Sensorik aufzutreiben, welche die Greiforte an den Containern zuverlässig detektiert. Dazu nahmen die IMS-Forscher in je einer Diplomarbeit zwei Messprinzipien unter die Lupe, den Laserscanner und das Vision-System. Da der Laserscanner nur in einer Ebene messen kann, muss die Maschine für die Messung bewegt werden. Damit entsteht ein qualitativ hoch stehendes Bild, das relativ unabhängig von Umwelteinflüssen wie beispielsweise direktem Sonnenlicht ist. Der Vorteil einer Vision-Lösung ist, dass die Maschine nicht bewegt werden muss, was wesentlich kürzere Messzeiten ermöglicht. Im Gegensatz zum Laserscanner reagiert das Vision-System jedoch sehr sensibel auf Lichtveränderungen, wie sie durch Wetterwechsel entstehen. «Moderne Vision-Systeme können heute zwar trotz widrigen Lichtverhältnissen relativ zuverlässige Resultate liefern», bemerkt Projektleiter Richard Hüppi. «Es galt aber herauszufinden, wie gut sie mit den widrigen Bedingungen im Outdoor-Bereich zurechtkommen.» Die Projektpartner installierten beide Systeme auf der Maschine und testeten sie im praktischen Umfeld. Angesichts der robusten Resultate entschieden sie sich schliesslich für die Lösung mit dem Laserscanner. Im Oktober 2004 stellten Richard Hüppi und Kollege Einar Nielsen die Arbeiten an der IEEE-Konferenz «Intelligent Transportation Systems Council, ITSC» in Washington DC einem internationalen Publikum vor.

Die KTI-Projektpartner können eine positive Bilanz ziehen, denn NETHS ist heute in der Lage, mit einer Erfolgsquote von nahezu 100% automatisch Container zu verladen.



Links im Bild der PC, auf dem die Auswertungsalgorithmen für die Laserscannerdaten gerechnet werden. Die ermittelten Koordinaten der Containerbeschläge werden an die NETHS-Steuerung (Industrie-PC mit Touchscreen-Bedienpanel in der Mitte) weitergeleitet. Rechts im Bild IMS-Mitarbeiter Urs Geissberger am Testen der Anlage. (Bild 3)

Die Bedienung benötigt kein speziell ausgebildetes Personal, sondern geschieht durch die Lastwagenchauffeure selbst. Andere marktgängige Technologien für den Selbstumladung verlangen einen Umbau an Lastwagen und Container, sind deshalb nicht ohne grössere Investitionen einsetzbar. Dank des Wegfalls von Bedienungspersonal ist das Umschlagssystem ebenfalls für kleinere, abgelegene Umschlagplätze geeignet, die nicht immer besetzt sein müssen. Trotzdem ist der Fahrer nie sich selbst überlassen. «Im Bedarfsfall können Chauffeure von einer zentralen Leitstelle Unterstützung anfordern», kommentiert Richard Hüppi. «Diese kann über eine Ferndiagnose den Betriebszustand des NETHS-Terminals erfassen und entsprechende Massnahmen einleiten.» NETHS-EASY bietet eine Alternative, an allen Bahn-Schiene-Schnittstellen mit entsprechendem Transportbedarf Einrichtungen für den wirtschaftlichen Containerumschlag anzubieten. Diese lassen sich nahtlos in die bestehende Infrastruktur integrieren und mit minimalen

Emissionen betreiben. Damit trägt das System wesentlich zur Entwicklung eines nachhaltigen Schiene-Strasse-Transportnetzes bei. Vielleicht veranlasst diese neue Umladetechnologie weitsichtige Spediteure zu einem Umdenken, auch dann, wenn die Schreckensbilder verkohlter Leichen und ausgebrannter Autos wieder aus den Medien verschwunden sind und erneut bis zu 5500 Lastwagen täglich durch den Tunnel zwischen dem französischen Modane und dem italienischen Bardonecchia donnern. ■

*\*Elsbeth Heinzelmann, Journalistin Technik und Wissenschaft, Basel*

*Info: Professor Charles Brom, Institut für Mechatronische Systeme (IMS), Zürcher Hochschule Winterthur, Technikumstrasse 5, 8400 Winterthur, Tel. 052 267 7780, charles.brom@zhwin.ch, <http://ims.zhwin.ch>  
Das Projekt NETHS-EASY wurde unterstützt durch die KTI, die Förderagentur für Innovation: [www.kti-cti.ch](http://www.kti-cti.ch)*