

Rang-E - Innovationen auf der letzten Meile im Bahnverkehr - Autonomes Rangieren auf der Bremischen Hafeneisenbahn¹

von Dr. Iven Krämer

Der PIANC Kongress 2018 in Panama stand unter dem Motto der engeren Verbindung globaler maritimer Hubs („*Connecting Global Maritime Hubs*“), was einen wesentlichen Teil der Zukunftsentwicklung der Häfen umfasst. Ebenso dazugehörig ist aber auch die Verbindung der maritimen Hubs mit dem Hinterland, denn diese garantiert letztlich die Schnittstellenfunktion der Häfen als Knotenpunkte globaler maritimer Supply Chains. In diesem Kontext stellt der Beitrag zu „*SHUNT-E 4.0 - Autonomous zero emission shunting processes in port and hinterland railway operations*“ (deutsch: *Rang-E - Autonomes Rangieren auf der Hafeneisenbahn*) eine logistisch notwendige Ergänzung der überwiegend wasser- und strombaulichen Aspekte dar. Am Beispiel eines Innovationsprojektes zum autonomen Rangieren auf der Bremischen Hafeneisenbahn wird aufgezeigt, dass die Leistungsfähigkeit von Häfen im stetig wachsenden Wettbewerb heute mehr denn je von deren Anbindungen an das Hinterland bestimmt wird.

Ein wesentlicher Teil der europäischen Schienengüterverkehre hat seinen Ursprung bzw. sein Ziel in einem See- oder Binnenhafen. Für Deutschland bedeutet dies, dass nahezu ein Drittel aller Güterzüge von oder zu den deutschen Seehäfen unterwegs ist. Unseren Häfen kommt damit für das System Schiene und die hier dringend erforderliche Innovationsorientierung eine deutlich größere Gestaltungsrolle zu, als die der reinen Schnittstelle von See- und Landtransporten und insbesondere die Häfen mit eigener Bahn-Infrastruktur stehen hier in besonderer Verantwortung. Insofern besteht die Zielrichtung der Bremischen Hafeneisenbahn, die im Container-Hinterlandtransport mit jährlich mehr als einer Million TEU und nahezu 50 Prozent Bahnanteil bereits heute einen europaweit führenden Wert im Modal-Split aufweist, darin, die Möglichkeiten der Digitalisierung umfassend aufzugreifen. Ein wesentlicher Schritt dafür wird ein modernes und transparentes IT System sein, das die im Markt vorherrschende Meinung, dass Häfen aus bahnbetrieblich-operativer Sicht undurchschaubar seien, vollständig auflösen wird.

Und ein weiterer für den gesamten Bahnsektor wesentlicher Schritt liegt in der Optimierung und stufenweisen Automatisierung der bahnbetrieblichen Prozesse auf der letzten Meile bis hin zur Gestaltung vollständig autonomer Rangierprozesse. Hierfür wurde gemeinsam mit mehreren Partnern aus der Hafen-Industrie (Container-Terminalbetreiber Eurogate, Automobil-Terminalbetreiber BLG, Eisenbahnverkehrs- und Rangierunternehmen DB Cargo, Eisenbahnverkehrs- und Rangierunternehmen evb), dem Verband deutscher Verkehrsunternehmen VDV und verschiedenen Forschungseinrichtungen (Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) Bremen, Institut IVE der TU Braunschweig, Institut für Produktion und Logistik BIBA aus Bremen) das Projekt Rang-E initiiert, das seit 2017 vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur im Rahmen des Programms zur Förderung Innovativer Hafentechnologien (IHATEC) unterstützt wird. Die grundlegenden Überlegungen für einen autonomen Rangierbetrieb werden nachfolgend skizziert.

Die Ausgangslage – „Seit Jahrzehnten bewährter Bahnbetrieb“

Allgemein bekannt und zugleich erschreckend ist, dass der Bahntransport trotz seiner positiven Umweltwirkung über die vergangenen Jahrzehnte vergleichsweise wenig innovationsorientiert war. Deutlich wird dies aus der Hafenperspektive darin, dass ein Seeschiff mit einer Transportkapazität von heute bis zu 22.000 Containern nur wenige Minuten nach dem Anlegen im Hafen bereits be- und entladen wird. Ähnlich verhält es sich im Hinterlandverkehr mit LKW oder auch mit dem Binnenschiff. In diesen Fällen sind die hafenbetrieblich-logistischen Prozesse grundsätzlich so gestaltet, dass zwischen der Ankunft im Terminal und der Be- und Entladung der Waren keine Leerläufe und unnötige Wartezeiten entstehen. Um dies zu ermöglichen, erfolgte maßgeblich getrieben durch die Terminalbetreiber kontinuierlich eine Anpassung von Technologien und Prozessen. Anders verhält es sich leider im Bahnverkehr, denn hier wird auf einen „seit Jahrzehnten bewährten Bahnbetrieb“ gesetzt. Konkret bedeutet dies, dass nach der Einfahrt eines Zuges in das Hafengebiet bzw. analog dazu auch in ein Inlandterminal zunächst die Streckenlok vom Zug getrennt wird. Danach erfolgt der Transport der Züge bzw. Waggons per Rangierlok zu den Terminals, in denen zunächst Kontrollarbeiten am Zug und an der Ladung erforderlich werden.

In der Konsequenz erfolgen die ersten Ladungsbewegungen an einem Güterzug erst Stunden nach der Ankunft im Hafengebiet. Ähnlich verhält es sich nach Abschluss der Ladearbeiten. Züge mit Importwaren benötigen durch die vorgeschriebenen

¹ Dieser Beitrag für die PIANC Deutschland basiert auf einer eigenen, gleichlautenden Veröffentlichung in der Zeitschrift Internationales Verkehrswesen, 69. Jahrgang, Heft 2, April 2017, S. 26-27. Trialog Publishers Verlagsgesellschaft in München. Er wurde entsprechend aktualisiert.

Rang-E - Innovationen auf der letzten Meile im Bahnverkehr - Autonomes Rangieren auf der Bremischen Hafeneisenbahn

Bremsproben, durch Ladungskontrollen und Rangierarbeiten im Mittel etwa zwei Stunden, bevor sie das Hafengebiet zu ihren Zielorten im europäischen und im nationalen Güterverkehr verlassen können. Das bedeutet, dass die Schiene im Operation auf der letzten Meile deutlich benachteiligt ist und dies in erster Linie durch bahnbetriebliche Regelungen und Vorschriften. Im kombinierten Verkehr auf den europäischen Güterverkehrskorridoren ließe sich folglich allein durch eine Optimierung des Bahnbetriebs auf der letzten Meile mindestens 20 Prozent Produktivitätssteigerung erzielen.

Der Handlungsbedarf ist offenkundig und es erscheint geradezu fahrlässig, dass viele der bisherigen Bahn-Innovationsvorstöße erfolglos geblieben sind. So sind automatische Kupplungen, automatische Bremsproben, Fernsteuerungen von Zügen, automatisierte Ladungskontrollen, Hindernisdetektionen und viele weitere bahntechnische Optimierungen längst technisch möglich bzw. erprobt. Sie konnten sich, von Einzellösungen abgesehen, am Markt bislang aber u.a. wegen aufwändiger Zulassungsprozesse nicht etablieren, so dass die Schiene ohne eine klare Hinwendung zu technischen Innovationen und digitalen Prozessoptimierungen im Verkehrsträgervergleich weiter zurückzufallen droht.

Beispiel Hafenbahnbetrieb in Bremerhaven

Das diskriminierungsfrei zugängliche Hafen-Eisenbahnnetz in Bremerhaven ist Teil des öffentlichen Infrastrukturunternehmens Bremische Hafeneisenbahn. Es gehört zur Freien Hansestadt Bremen, die sich mit ihren betrieblichen und technischen Dienstleistern um die Infrastruktur kümmert. Auf den Gleisen der Bremischen Hafeneisenbahn verkehren inzwischen regelmäßig über 30 europäische Eisenbahnverkehrsunternehmen und weitere 50 verfügen über entsprechende Nutzungsverträge. Diese Unternehmen verbinden die Bremischen Häfen mit den Zielen und Ursprungsorten im nationalen und europäischen Hinterlandverkehr.

Zum Status quo übernehmen mehrere im Wettbewerb zueinander stehende Rangierdienstleister die Aufgabe, die Züge bzw. Waggons, die in Bremerhaven vorwiegend mit Automobilen und Containern beladen sind, von den Einfahrtsgleisen zu den Umschlagterminals und umgekehrt zu transportieren. Sie übernehmen diese Dienstleistung im Auftrag der jeweiligen Eisenbahnverkehrsunternehmen, die wiederum dafür Sorge tragen, dass die elektrisch betriebenen Streckenlokomotiven mit den jeweiligen Lokführern für die Ein- und Ausfahrt aus dem Hafengebiet rechtzeitig zur Verfügung stehen. Aktuell werden am Standort Bremerhaven an 360 Tagen des Jahres im 24/7-System insgesamt 13

Rangierlokomotiven unterschiedlicher Bauart und unterschiedlichen Alters, vollständig auf Dieselbasis betrieben.

Zum Betrieb einer Rangierlok sind jeweils der Lokführer und ein Rangiermitarbeiter notwendig. Die Einsatzplanung erfolgt über die ebenfalls vor Ort mit Büroarbeitsplätzen ansässigen Disponenten der entsprechenden Rangierunternehmen. Der eigentliche Fahr- und Rangierbetrieb erfolgt nach den Vorgaben der Betriebsführung der Bremischen Hafeneisenbahn, wobei die dortigen Disponenten die entsprechende Gleisnutzung vorgeben und die Fahrdienstleister auf den Stellwerken die Fahrtstrecken festlegen und freigeben. Als weitere wesentliche Beteiligte an den Hafeneisenbahnprozessen sind die Umschlagbetriebe bzw. Terminals zu nennen, da diese mit dem Beladen und Löschen der Waggons letztlich den Gesamtakt für die Zugbewegungen definieren.

Grundsätzlich folgen in Bremerhaven die Lade- und Löschrprozesse sowohl im Container- als auch im Automobilverkehr zuvor definierten Slotzeiten. Die tatsächlichen Abläufe berücksichtigen darüber hinaus die jeweiligen Ladezustände der Waggons, so dass möglichst keine Leerläufe und Wartezeiten entstehen. Eine unmittelbare vertragliche Beziehung zwischen den Terminals, der Hafenbahn-Betriebsführung und den Rangierdienstleistern besteht bislang jedoch nicht, so dass der Kommunikation und Abstimmung der Beteiligten untereinander eine besondere Rolle zukommt. Im Zuge dieser Kommunikation wurde und wird auch gemeinsam über weitergehende Optimierungen des Bahnbetriebes nachgedacht und es wurde sich auf die langfristige Zielrichtung eines autonomen Rangierbetriebes verständigt, z.B. auch, um dem wachsenden Nachwuchsproblem von Lokführern Rechnung zu tragen.

Zielstellung des autonomen Rangierbetriebes (Rang-E 4.0)

Ein vollständig autonomer Rangierbetrieb ist als eine eher langfristige Perspektive zu bewerten, der zunächst verschiedenste Zwischenschritte der Prozessautomatisierung und auch die Schaffung entsprechender infrastruktureller und rechtlicher Voraussetzungen vorausgehen müssen. Ein maßgeblicher Zwischenschritt dazu wird die Einführung eines vollständig und zentral ferngesteuerten Rangierbetriebes sein, der bei einem aktiven Engagement aller am Bahnprozess Beteiligten bereits im kommenden Jahrzehnt nicht nur in Bremerhaven möglich ist.

Die grundlegende Überlegung des Projektes „Shunt-E 4.0 - Autonomous zero emission shunting processes in port and hinterland railway operations“ besteht darin, den Gesamtprozess des Hafeneisenbahn-Rangierbetriebes autonom zu gestalten. Im

Rang-E - Innovationen auf der letzten Meile im Bahnverkehr - Autonomes Rangieren auf der Bremischen Hafeneisenbahn

Ergebnis dessen werden deutlich weniger Lokomotiven als bisher am Standort zum Einsatz kommen. Die elektrisch betriebenen autonomen Rangierlokomotiven *Rang-E 4.0* werden die heute auf Grund mangelnder Abstimmung und Optimierung üblichen Leerfahrten nahezu vollständig vermeiden. Sie werden die Fahrtaufträge aufgrund einer vollständigen Vernetzung bzw. optimierten IT-Schnittstellen mit den Terminalbetrieben und mit der Hafeneisenbahn-Betriebsführung sowie gegebenenfalls auch mit der DB Netz AG und den Eisenbahnverkehrsunternehmen stets vorausschauend und kapazitätsoptimiert durchführen und so zu einer massiven Prozessoptimierung im Schienengüterverkehr beitragen. Konzepte aus aktuellen Innovationsfeldern wie Industrie 4.0, Internet der Dinge, Digitalisierung im Hafen und Selbststeuerung logistischer Einheiten finden hier ein spannendes praxisbezogenes Anwendungsfeld.

Um diese Zielstellungen zu erreichen muss eine selbständig agierende Rangierlokomotive Rang-E 4.0 über sämtliche Statusinformationen der relevanten Eisenbahninfrastrukturunternehmen wie der Bremischen Hafeneisenbahn, der Hafen-Terminals aber natürlich auch der DB Netz AG verfügen, so dass sie stets einen vollständigen Überblick über die betriebliche Situation zum Status quo hat. Zugleich muss über standardisierte IT-Schnittstellen ein kontinuierlicher Zugriff auf Informationen zu den jeweiligen Systemzuständen mit Planungen und Störungen, zu den Lade- und Löschzeiten in den Terminals, zu geplanten Slots, zu den tatsächlichen An- und Abfahrtszeiten der Züge, zur Verfügbarkeit der Lokführer etc. gesichert werden. Auf Basis dessen ist die autonom operierende Rangierlokomotive Rang-E 4.0 in der Lage, stets zu wissen, welche Rangieraufträge als nächstes, übernächstes und überübernächstes zu erledigen sind, wodurch sich automatisch eine optimierte Nutzung von Fahrstraßen und eine optimierte Belegung von Gleisen (Infrastrukturoptimierung) ergibt. Eine entsprechend smarte Rangierlok wird sich bzgl. der Aufträge mit den anderen Rangierlokomotiven gleicher Art abstimmen (z.B. im Sinne einer Auktion, wie sie zur Optimierung in selbststeuernden Systemen bereits eingesetzt wird), die notwendige Infrastruktur buchen und sie wird im Störfall in der Lage sein, diese weitgehend selbstständig im Verbund mit ihren „Kolleginnen“ aufzulösen.

Im Vergleich zu den heute üblichen bahnbetrieblichen Abläufen im Hafengebiet benötigt Rang-E keine Pausen und natürlich wird sie dank eines Batteriebetriebes emissionsfrei die Transportleistungen auf der letzten Meile im Hafengebiet erbringen.

Selbstverständlich ist aber auch davon auszugehen, dass vor der Einführung eines solchen autonomen Rangierbetriebes auf der Bremischen Hafeneisenbahn eine Vielzahl betrieblicher, eisenbahnrechtlicher, unternehmerischer, finanzieller und organisatorischer Fragen zu klären ist. Genau dazu dient dieses Projekt.

Das Gebot der Stunde

Wie bereits dargestellt, ist die Zielstellung eines vollständig autonom betriebenen Rangierbetriebes auf einer der bedeutendsten europäischen Hafeneisenbahnen (noch) eher symbolischer Natur, aber dennoch lassen sich mit dieser Perspektive erhebliche Effizienzgewinne mit der konkreten Verfolgung und Umsetzung von Zwischenschritten erreichen.

Von besonderer Bedeutung sind dabei die Themenfelder der Funkfernsteuerung von Lokomotiven sowie Automatisierungen in den Bereichen der Bremsprobe, der Kupplung, der Zugabfertigung, der Kontrolle der Zugkonfiguration, der Zugschlusserkennung usw. In all diesen Bereichen gibt es technische Lösungen und zum Teil auch praktische Anwendungsfelder. Diese zum Wohle des gesamten Bahnsektors miteinander zu verbinden und zum gemeinsamen Durchbruch zu bringen, das ist das Gebot der Stunde. Es gilt folglich, den im Eisenbahnsektor weit verbreiteten Ansatz des „Bewahrens des Bewährten“ aufzubrechen und zu einer klaren Innovationsorientierung zu gelangen, wie sie im Bereich des Straßengüterverkehrs vollkommen selbstverständlich ist. Das Ziel des Projektes liegt deshalb darin, die ersten Schritte auf dem Weg zur Realisierung dieser Vision in Angriff zu nehmen und den Einsatz von autonomen Rangierlokomotiven in den Häfen der Welt ab 2027 ausgehend von Bremen zu ermöglichen. Als Nebeneffekt wird dabei eine Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Häfen in ihrer Rolle als traditionellen Eisenbahnhäfen in Kauf genommen, wenn nicht gar beabsichtigt.