

Einsatz automatisierter Lkw in Häfen und Terminals

SIMULATION Automatisierte Lkw ermöglichen Kosteneinsparungen für Logistikunternehmen und Speditionen. Doch auch für Terminals und Häfen entstehen Vorteile. Eine Simulationsstudie des Fraunhofer-Centers für Maritime Logistik und Dienstleistungen (CML) und des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik (IML) zeigt Effizienzpotenziale für Häfen und Terminals auf.

Sina Willrodt, Ingo Völkel

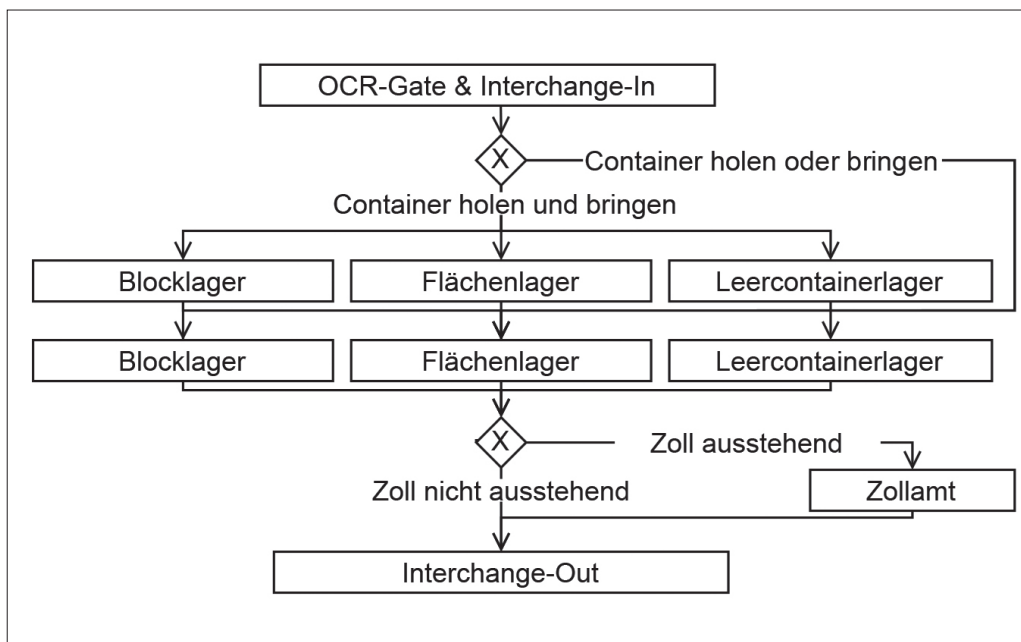


Abb. 1: Routing im Referenz-Containerterminal

Abbildungen: Fraunhofer CML/Fraunhofer IML

Automatisiertes Fahren wird insbesondere im Fernverkehr als eine wichtige Innovation mit hohem Potenzial gehandelt. Es bietet neue Optionen für den von einem Mangel an Kraftfahrern geprägten Markt und die voranschreitende Entwicklung von Assistenzsystemen weist bereits darauf hin, dass der Weg zum automatisiert fahrenden Lkw nicht mehr weit ist (z.B. Hamburg TruckPilot [1], [2]). Das Potenzial für das automatisierte Fahren in Häfen und Terminals wird hingegen oft als eher gering eingeschätzt. Zu kurz seien die zurückzulegenden Strecken, um signifikante Ein-

sparungen zu realisieren, so die Einschätzung. Trotzdem setzen sich Terminals und Häfen mit dem Thema auseinander.

Zunächst richtet sich der Blick auf die hafeninternen Umfuhren, die täglich zu einem erheblichen Verkehrsaufkommen führen. Darüber hinaus ist abzusehen, dass Fuhrunternehmen und Speditionen zukünftig automatisiert fahrende Lkw nutzen und diese am Gate auf Abfertigung warten werden. Häfen und Terminals müssen sich für diese Fälle rüsten und vor allem in Suprastruktur und Prozessanpassungen investieren. Offen bleibt jedoch, welche konkre-

ten Vorteile aus automatisiert fahrenden Lkw erwachsen, um entsprechende Investition begründen.

Ein verbesserter Verkehrsfluss und eine optimierte Prozessabwicklung können zu niedrigeren Durchlaufzeiten in Terminals führen und damit den Containerdurchsatz erhöhen. Um diese Annahme zu überprüfen und ein konkretes Effizienzpotenzial zu bestimmen, hat das Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen (CML) zusammen mit dem Projektzentrum Verkehr, Mobilität und Umwelt des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik (IML) eine Simu-

lationsstudie zu automatisiert fahrenden Lkw in Häfen und Terminals durchgeführt. Vorteil des Simulationsmodells ist die einfache Untersuchung des Verkehrsflusses mit vielen hundert, automatisiert fahrenden Lkw, ohne dabei hohe Investitionskosten und aufwendige Präxistests durchführen zu müssen.

In der Studie wird das automatisierte Fahren in Häfen und Containerterminals mit dem Fokus auf den Verkehrsfluss und die Abwicklung von Lkw untersucht. Die automatisierten Lkw verkehren im Hafen auf den öffentlichen aus dem Hinterland kommenden Zufahrtstraßen sowie den nicht öffentlichen Straßen innerhalb des Terminals. Bei dem Terminal handelt es sich um ein komplexes Referenzterminal mit verschiedenen Schnittpunkten zwischen den landseitigen Bereichen im Terminal und den Lkw. Für die Simulation des automatisierten Fahrens im Hafen und im Terminal wurde ein mikroskopisches Simulationsmodell mit dem Simulationswerkzeug PTV VISSIM (VISSIM) erstellt. [3]

Strukturen und Prozesse des Simulationsmodells

Die im Simulationsmodell abgebildeten Strukturen und Prozesse basieren auf den erhobenen und aufbereiteten Parametern des Referenzmodells. Es wurden die nachfolgend gelisteten Aspekte simuliert:

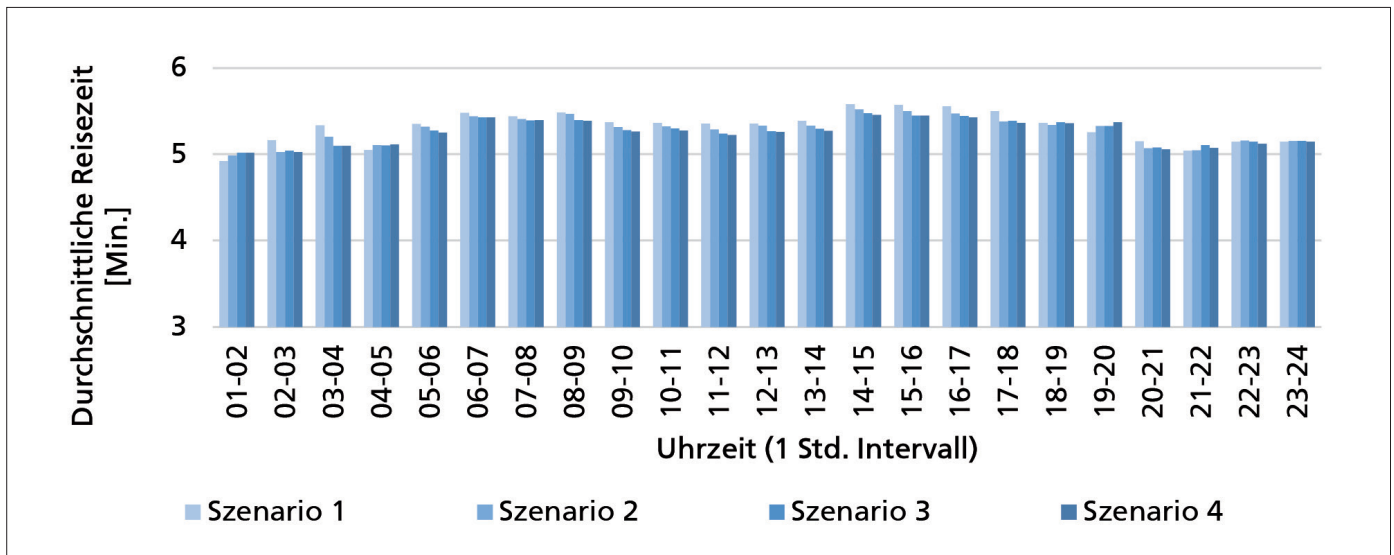


Abb. 2: Reisezeit eines Lkw über eine Terminalzufahrtsstraße im Hafen

- › Lkw-Verkehre auf öffentlichen Hafensstraßen sowie im nicht öffentlichen Containerterminal,
- › Inputdaten (Fahrzeugzahlen, -typen und -routen) und LSA-Steuerungen (Zeittabellen) aus dem Referenzgebiet, zur Verfügung gestellt von der Hamburg Port Authority (HPA) [4a-e],
- › Lkw-Abfertigung bei Ankunft und Verlassen des Terminals am OCR-Gate und Interchange,
- › Lkw-Abfertigung am Zollamt im Terminal,
- › Lkw-Abfertigung durch Be- und Entladung der Lkw am Blocklager, Flächenlager und Leercontainerlager,
- › Statistische Abbildung der Verkehrsrouten sowie Routing der Lkw zwischen den einzelnen Terminalbereichen (Abb. 1),
- › Berücksichtigung der Kreuzungsverkehre und Staus im Terminal durch zusätzliche Verkehrsteilnehmer im Terminal (z.B. Straddle-Carrier),
- › verschiedene Fahrverhalten je SAE-Automatisierungslevel der Lkw [5].

Veränderungen durch automatisierte Lkw

Werden die verkehrenden Lkw nicht zu 100 Prozent durch einen Fahrer gesteuert, sondern

fahren durch Fahrassistenzsysteme oder Autopiloten automatisiert, verändern sich Anforderungen an die Umwelt und Prozesse im System.

Zunächst bringt das automatisierte Fahren in verschiedenen Automatisierungslevel ein verändertes Fahrverhalten mit sich. In der Studie wurde das hoch- und vollautomatisierte Fahren nach SAE-Level 4 und Level 5 simuliert. Da die weit gefasste Definition der Level 4 und 5 eine Ableitung allgemeiner Verhaltensrichtlinien nicht zulässt, werden die folgenden drei Grundsätze angenommen:

- › Die Sicherheit von Menschen hat Priorität. Wenn ein Fahrzeug einen menschlichen Fahrer erkennt, wird das Verhalten entsprechend angepasst, um unvorhersehbare menschliche Aktionen zu berücksichtigen.
- › Das Fahrverhalten von automatisierten Fahrzeugen ist kohärent. Dadurch wird jede Form von natürlicher Abweichung, die normalerweise im Fahrverhalten vorkommt, eliminiert.
- › Fahrzeuge der Level 4 und Level 5 sind miteinander vernetzt. Daher erkennen sie sich gegenseitig und fahren aggressiver, wenn sie nicht mit Grundsatz 1 in Konflikt stehen.

Darüber hinaus wird dem automatisierten Fahren allgemein ein hoher Digitalisierungs-, Standardisierungs- und Automatisierungsgrad vorausgesetzt, wodurch die Suprastruktur angepasst und Prozesse umstrukturiert werden. Dadurch entfallen manuelle Prozesse und der Kommunikations- und Informationsaustausch wird digitalisiert und standardisiert.

Simulationsszenarien

Basierend auf verschiedenen Leveln der Fahrautomatisierung und Annahmen zur Migration des automatisierten Fahrens im Mischverkehr ergaben sich verschiedene Simulationssze-

narien. Anhand spezifischer Kennzahlen wie beispielsweise Durchlaufzeiten, Reisezeiten, Staulängen, Stauzeiten etc. wurden die Effizienzen des Systems analysiert. Der Vergleich dieser Kennzahlen zwischen den Szenarien ermöglichte die Ableitung der Effizienzgewinne durch den Einsatz automatisierter Lkw. Auf diese Weise konnte die Produktivität des Systems in Abhängigkeit des prozentualen Anteils automatisierter Lkw im Hafen untersucht werden. Dabei wurde jedes Szenario mehrfach durchgeführt, um statistische Anomalien auszugleichen. Gleichzeitig blieben die Ausgangsdaten unverändert, um eine maximale Ver-

SEIL HERING

- Drahtseile • Tauwerk • Festmacher
- CASAR Bordkranseile • Anschlagmittel
- Prüflastest bis 1.000 t
- Segelmacherei • Taklerei • Montage

Walter Hering KG
Porgsering 25
22113 Hamburg

Telefon: 040-73 61 72 -0
E-Mail: info@seil-hering.de
www.seil-hering.de

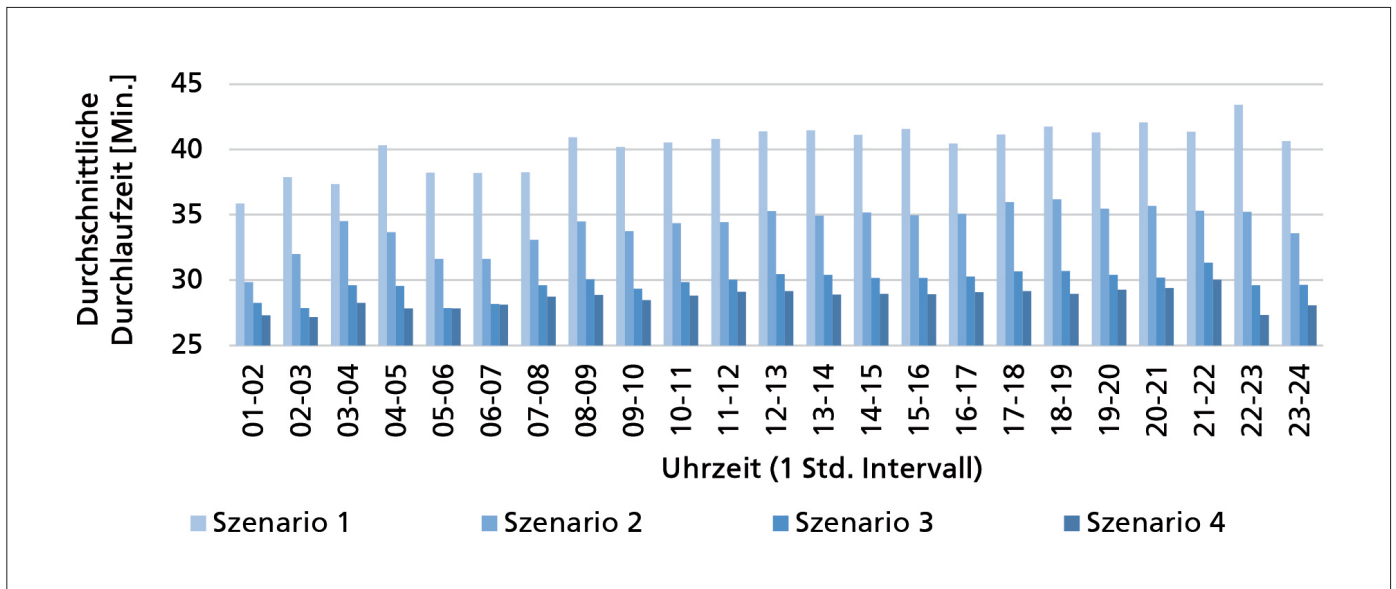


Abb. 3: Durchlaufzeit eines LKW im Referenz-Containerterminal

gleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

Studienergebnisse

Anhand der spezifischen Kennzahlen können verschiedene Effizienzpotenziale in dem Hafengebiet und dem Containerterminal abgeleitet werden.

Auf den öffentlichen Zufahrtsstraßen zum Terminal werden lediglich geringe Verbesserungen der Reisezeiten von geringer als fünf Prozent sowie geringe Verbesserung der Stauzeiten durch den Einsatz automatisierter Fahrzeuge erzielt (Abb. 2). Das Optimierungspotenzial durch den Einsatz automatisierter Lkw im öffentlichen Hafengebiet wird durch Faktoren wie Fahrspurwechsel und -Zusammenführungen sowie den Mischverkehr mit automatisierten und nicht-automatisierten Lkw begrenzt. Die Fahrspurwechsel und -Zusammenführungen im Gebiet werden durch eine hohe Dichte der Ampeln, Kreuzungen und Einmündungen bedingt. In Kombination mit relativ kurzen Straßenabschnitten zwischen den Ampeln und Kreuzungen kann das optimierte Fahrverhalten eines automatisierten Lkw nicht ausgenutzt werden, um tatsächlich einen positiven

Einfluss auf den Verkehrsfluss zu bewirken. Darüber hinaus verhindert der Mischverkehr zwischen automatisierten und nicht-automatisierten Lkw eine gesamtheitliche Kommunikation unter allen Verkehrsteilnehmern und infolgedessen auch das Platooning, wodurch Synergieeffekte maximiert werden würden.

Innerhalb des Containerterminals auf den nicht öffentlichen Verkehrsbereichen können hingegen signifikante Effizienzgewinne durch die Automatisierung der Lkw erzielt werden (Abb. 3).

Bei einer vollen Fahrautomatisierung aller im Terminal verkehrenden Lkw kann die Terminaldurchlaufzeit durchschnittlich um 29 Prozent verkürzt werden. Bereits ein Mischverkehr mit 50 Prozent hoch- und vollautomatisierten Lkw erreicht einen durchschnittlichen Effizienzgewinn von 15 Prozent. Dies begründet sich insbesondere durch das Entfallen manueller Prozesse, optimierte Rangiervorgänge sowie ein effizientes Fahrverhalten. Zusätzlich Verkehrsteilnehmer im Terminal, wie beispielsweise Straddle-Carrier, können die Effizienzpotenziale jedoch

unabhängig vom Automatisierungsgrad der Lkw hemmen.

Fazit

Insgesamt entstehen durch den Einsatz automatisierter Lkw Effizienzpotenziale, wodurch die Durchlaufzeit verringert und der Durchsatz in gleicher Zeit erhöht werden kann. Allerdings sind hierfür umfassende Suprastruktur- und Prozessanpassung notwendig.

Da in der Studie ein Referenzterminal betrachtet wird, sind die Ergebnisse nicht analog auf andere Häfen und Terminals übertragbar. Das spezifische Effizienzpotenzial abweichender Hafen- und Terminal-Layoutstrukturen kann durch individuelle Analysen identifiziert werden. Jeder Terminal und jeder Hafen kann individuell mit angepassten Prozessen und eigener Suprastruktur untersucht werden. Die Zusammenarbeit zwischen der öffentlichen Hand und privaten Straßenbetreiber wird hierbei vorausgesetzt, um jegliche Vorteile durch automatisierte Lkw nutzen zu können. Das Fraunhofer CML unterstützt Häfen und Terminals bei der Untersuchung der individuellen Effizienzpotenziale durch automatisiertes Fahren.

Quellen

- [1] Behörde für Verkehr und Mobilitätswende 2020, HHLA und MAN testen mit dem „Hamburg TruckPilot“ automatisiert und autonom fahrende Lkw auf einem Containerterminal, Hamburg, Germany, <https://www.hamburg.de/bvm/weltkongress-2021/14386108/hamburg-truckpilot/>, Zugegriffen: 13 August 2021.
- [2] Bennühr 2018, „MAN und HHLA starten ‚Hamburg TruckPilot‘“, Deutsche Verkehrs-Zeitung 2018
- [3] PTV 2021, Verkehrssimulation mit PTV Vissim, <https://www.ptvgroup.com/de/loesungen/produkte/ptv-vissim/anwendungsfaelle/verkehrssimulation/>, Zugegriffen: 27 August 2021
- [4a] Hamburg Port Authority 2008, Projekt Ausbau des Waltershofer Knoten: LSA Knotenpunkt 17171 Altenwerder Damm/Waltershofer Damm
- [4b] Hamburg Port Authority 2021a, LISA Finkenwerder Straße/Altenwerder Damm, Hamburg, Germany
- [4c] Hamburg Port Authority 2021b, LISA Finkenwerder Straße/Rugenberger Damm, Hamburg, Germany
- [4d] Hamburg Port Authority 2021c, LISA Waltershofer Damm/Kurt-Eckelmann-Straße Signalisierung nach der Baumaßnahme Neubau Waltershofer Brücken West, Hamburg, Germany
- [4e] Hamburg Port Authority & ARGUS 2018, Verkehrserhebung HPA Finkenwerder Straße: Verkehrliche Kurzstellungnahme - Projektnummer: 2017319, Hamburg, Germany
- [5] SAE International 2018, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles

Die Autoren:

Sina Willrodt, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen (CML), und Ingo Völkel, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML), Projektzentrum Verkehr, Mobilität und Umwelt