



Bernd Noche. Foto: Dnatiel Schumann

Die Herausforderungen und Chancen für die Transformation urbaner Logistiksysteme hin zu nachhaltigeren, intelligenten und vernetzten Ökosystemen machen das Zentrum für Logistik und Verkehr zu einer Innovationsdrehscheibe, die innovative urbane Logistikkonzepte konzipiert, entwickelt, erprobt und wissenschaftlich begleitet.

Logistik- Ökosysteme

Strategische Entwicklungen in der urbanen Logistik

Von Ani Melkonyan-Gottschalk & Bernd Noche

Angesichts der großen Bedeutung der städtischen Systeme für Wirtschaftswachstum und -entwicklung ist die Nachfrage nach städtischer Logistik und Transport in den letzten Jahren erheblich gestiegen, was die Entwicklung von Just-in-Time-Konzepten begünstigt und sich allmählich zu komplexen Lieferkettennetzen ausweitet. Daher ist die urbane Logistik einer der Hauptschwerpunkte des Mobilitätspakets der Europäischen Kommission. Demnach wird von den

Logistikdienstleistern erwartet, dass sie nachhaltige, qualitativ hochwertige und preisgünstige Lieferdienste anbieten. Die städtische Logistik hat jedoch weithin bekannte Probleme mit der betrieblichen Effizienz, wie zum Beispiel fragmentierte Warenströme, hohe Lieferfrequenz, kurze Lieferzeiten, große Ungewissheit bei Nachfragen und Rücksendungen sowie massive zusätzliche Investitionen in die derzeitigen Zustellnetze, um die erforderlichen Verbesserungen bei der Zustellung an die Verbrau-

cher*innen zu erreichen. Neben operationalen Problemen steht die städtische Logistik auch vor Herausforderungen im Bereich der Nachhaltigkeit (negative ökologische und soziale Externalitäten), wie Verkehrsunfälle, Staus, Emissionen, Abfälle, Flächennutzung und Verschmutzung. So macht die urbane Logistik 40 Prozent aller CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs und bis zu 70 Prozent anderer Schadstoffe des Verkehrssektors aus¹. Daher ist eine Zusammen-

arbeit zwischen verschiedenen Logistikdienstleister*innen (LSP), Technologieanbieter*innen, Einzelhändler*innen, Stadtplaner*innen, politischen Entscheidungsträger*innen und Verbraucher*innen erforderlich, um gemeinsam urbane Logistiklösungen zu entwerfen, die den Bedürfnissen künftiger Unternehmen, der Verbrauchernachfrage und städtebaulichen Konzepten am besten entsprechen und gleichzeitig Nachhaltigkeitseffekte entlang der Lieferkettennetze erzeugen und somit ein innovatives urbanes Logistikökosystem schaffen. Eine dieser kooperativen Lösungen ist die Einrichtung von mehrschichtigen und multifunktionalen Mini-Hub- und Konsolidierungszentrumsnetzen. Der Betrieb eines solchen komplexen Netzes erfordert ein effizientes verteiltes Auftragsmanagement (DOM), das es allen Beteiligten ermöglicht, sofort herauszufinden, ob das hauseigene Fulfillment-Center, das Geschäft oder einer der Anbieter von Mikro-Fulfillment-Centern die Kund*innenbestellung auf nachhaltigere Weise ausliefern wird. Die Integration mit Mini-Hub-Netzen könnte DOM-Funktionen ohne zusätzliche Kosten als integrierten Bestandteil der Konsolidierungsdienste bereitstellen. Ein erfolgreiches und innovatives Geschäftsmodell für diese Art von Netzwerken muss also erst noch entwickelt werden, das ursprünglich konkurrierende Unternehmen zu einem kollaborativen Vertriebsmechanismus zusammenführt, der den Lieferkomfort für die Verbraucher*innen erhöht und gleichzeitig die negativen gesellschaftlichen Auswirkungen wie die Überlastung der Verkehrsinfrastruktur und die erhöhte Umweltverschmutzung in den Straßen verringert. Eine weitere Lösung für eine nachhaltige Logistik ist die ganzheitliche Integration von vorwärts- und rückwärtsgerichteten Logistikkonzepten, um die Kreislaufwirtschaft in den Städten zu verbessern und gleichzeitig verschiedene Prozesse, Inputs und Outputs verschiedener

Unternehmen in einer industriellen Symbiose zu verbinden. Weitere Konzepte sind intelligente Logistikkabläufe, die durch fortschrittliche digitale Technologien ermöglicht werden. Lösungen für nachhaltige Transport- und Logistikmanagementsysteme werden heutzutage durch die Digitalisierung ermöglicht (z.B. künstliche Intelligenz (KI), Blockchain, digitale Zwillinge). Durch die Schaffung besserer Verbindungen zwischen Maschinen und Daten, weltweiter Cloud-Infrastrukturen und Zugang zu Finanzquellen haben digitale Technologien viele Vorteile gebracht, wie zum Beispiel erhöhte Prozess-/Betriebseffizienz, Kostensenkung, schnelle Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle, verstärkte offene Zusammenarbeit und Kommunikation sowie verbesserte Umweltergebnisse². Die Gesellschaft, die politischen Entscheidungsträger und die Logistikunternehmen erwarten auch von den Städten und Gemeinden, dass sie diese neuen Möglichkeiten nutzen. So wurde der Begriff „Smart Cities“ eingeführt, der für die Entwicklung und Nutzung digitaler Technologien in nahezu allen städtischen Systemen steht. In einigen Bereichen sind die räumlichen Auswirkungen bereits sichtbar: zum Beispiel durch den Online-Handel in weniger attraktiven Zentren und Vierteln. Für andere sind die Auswirkungen noch unklar. Daher ist die Einbettung der intelligenten Logistik in ein ganzheitlicheres „Smart City“-Konzept von großer Bedeutung, wobei der Nutzen für die Beteiligten im Vordergrund steht.

In Anbetracht all dieser Herausforderungen und Chancen für die Transformation urbaner Logistiksysteme hin zu nachhaltigeren, intelligenten und vernetzten Ökosystemen fungiert das Zentrum für Logistik und Verkehr als Innovationsdrehscheibe, die innovative urbane Logistikkonzepte konzipiert, entwickelt, erprobt und wissenschaftlich begleitet. Die aktuellen

Herausforderungen der urbanen Logistik, die mit dem demografischen Wandel, der starken Urbanisierung, dem übermäßigen Ressourcenverbrauch, technologischen Störungen, den Auswirkungen des Klimawandels und dem pandemiebedingten starken Anstieg des elektronischen Handels einhergehen, sollen angegangen werden. Das übergeordnete Ziel der Nachhaltigkeitstransformation ist die Mitgestaltung und Umsetzung eines nachhaltigen, widerstandsfähigen, intelligenten und vernetzten urbanen Logistik- und Mobilitätssystems der Zukunft, das die regionalen und globalen Versorgungsmechanismen der Gesellschaft mit Lebensmitteln, Energie und Mobilität integriert, indem es die Interessen und Bedürfnisse von Unternehmen, Politik und Zivilgesellschaft in Einklang bringt. Daher soll ein klarer Fokus auf die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Disziplinen aufgebaut werden, um ein ganzheitliches Innovationsökosystem in der urbanen Logistik auf strategischer, taktischer und operativer Ebene zu etablieren. Zu diesem Zweck werden fünf große Themencluster als zukunftsweisende Forschungsbereiche für die Umgestaltung urbaner Logistik-Ökosysteme identifiziert.

1. Entwicklung und Umsetzung innovativer **intelligenter und nachhaltiger städtischer Logistikkonzepte**, zum Beispiel multifunktionale Verteilzentren und Mikro-Depots zusammen mit (halb-) autonomen, gemeinsam genutzten, vernetzten und emissionsfreien Fahrzeugen.

Nachhaltigkeitsvorteile von Konsolidierungszentren (CCs) können vor allem durch die Flexibilität in Bezug auf ihre Anzahl, Standorte und Kapazitäten erzielt werden, die jährlich angepasst werden sollten, um den sich ändernden Bedürfnissen von Unternehmen und Verbraucher*innen gerecht zu werden⁴, wobei gleichzeitig die Pläne für eine nachhaltige urbane Logistik der

Gemeinden berücksichtigt werden. Die Einrichtung von Mikro-Depots in Städten zur Feinverteilung von Paketen im städtischen Raum ist nicht neu und wurde schon in verschiedenen Projekten untersucht. Im Prinzip könnten sie in ihrer einfachen Form auch ein Beitrag zur Lösung der urbanen Logistikprobleme sein. Allerdings ist es bisher kaum gelungen, diesen konzeptionellen Ansatz wirtschaftlich zu betreiben. Die Gründe sind vielfältig, aber der intendierte Bündelungseffekt zur Lieferung von Ware kommt nur bedingt zustande, da sich die großen Paketdienstleister nicht an den White Label Lösungen beteiligen. Unsicherheiten bestehen insbesondere im Hinblick auf die kartellrechtliche Situation, die unterschiedlichen Produkte der Unternehmen und die unterschiedlichen internen Prozesse⁵. Zudem passen auch die Mikrodepots nicht in die Businessmodelle der jeweiligen KEP-Dienstleister.

Das Konzept des Mikro-Depots ist folgendermaßen definiert⁵:

„Mikro-Depots beschreiben einen definierten Ort für den Umschlag und die Zwischenpufferung von Transportgütern, wie zum Beispiel Paketen, in dicht besiedelten Zustellgebieten mit hohem Sendungsaufkommen. Sie ermöglichen ein gesichertes Abstellen von Lastenrädern, Kleinstfahrzeugen oder sonstigen Transporthilfen. Sie ergänzen das bestehende Logistiknetzwerk eines Dienstleisters, und die „erste bzw. letzte Meile“ wird verkürzt – eine wesentliche Voraussetzung für den wirtschaftlichen Einsatz von alternativen Fahrzeugkonzepten. Sie sind Start- und Endpunkt für die stadtverträgliche und ressourcenschonende kundennahe Zustellung beziehungsweise Abholung.“

Aus dieser Definition wird deutlich, wie eng sich die Konzepte an den reinen Paketumschlag orientieren und versuchen wirtschaftliche Effekte durch bestimmte Transport-

logistikkonzepte zu erzielen. Sie sind Bestandteil beziehungsweise Ergänzungen des Logistiknetzwerks eines Logistikdienstleisters. Ihr Platzbedarf ist überschaubar und liegt bei Beispielkonfigurationen⁵ im Bereich von 200 bis 300 Quadratmetern.

Wie kann die Wissenschaft helfen, das Dilemma zu lösen?

Ein wichtiger Ansatz zum Ausbau der Mikro-Depot-Idee besteht darin, die Geschäftsmodelle zu erweitern. Die Einrichtung von Mikro-Depots kann als eine Infrastrukturmaßnahme gesehen werden, die wie eine Drehscheibe zum Verteilen und Sammeln von Paketsendungen dient. Aber die isolierte Einrichtung eines Mikro-Depots allein reicht nicht aus. Mikro-Depots müssen vernetzt sein und sich von den schon bestehenden Angeboten der Logistikdienstleister unterscheiden. Es geht nicht um das Tausendfache Handhaben, Sortieren und Verteilen von Paketen, sondern um das Anbieten von Dienstleistungen, die den Kund*innen einen Mehrwert liefern können. Und es geht um den Aufbau multimodaler Lieferketten.

Die Wissenschaft muss beim Aufbau eines geeigneten Dienstleistungsmixes helfen sowie die Standortentscheidung begleiten. Denkbar ist die Integration von Mikro-Depots in Mobilitätstationen, das heißt in Knotenpunkte, wo der Personenverkehr zwischen Bussen und Bahnen organisiert wird, Radstationen angesiedelt und Parkflächen für Fahrzeuge verfügbar sind sowie Ladestationen für elektrisch betriebene Fahrzeuge und Geräte. Die Mikro-Depots müssen Angebote entwickeln, die sich an den Bedürfnissen der Kund*innen orientieren und sich nicht nur auf die Bündelung der Güterströme fokussieren.

Ein überdimensionaler Ansatz, der als Anregung dienen kann, ist das Hôtel logistique Chapelle international in Paris⁶. Das Beispiel

zeigt eine Möglichkeit auf, wie in einem dicht bebauten urbanen Raum der Containerumschlag zwischen Schiene und Straße gestaltet werden kann. Die Logistikfläche von 10.000 Quadratmetern ist eingebettet in einen Gesamtkomplex von 35.000 Quadratmetern. Das multifunktionale Gebäude enthält die Logistikinfrastruktur mit Verladebereich und Anlieferungsflächen für Kurier-, Express- und Paketdienstleister (KEP) sowie einem Großmarkt, ein Fitnesscenter, ein Restaurant und eine Business School. Integriert ist ein Rechenzentrum, dessen Energie zur Beheizung der zukünftigen Wohnungen in den Hochhäusern, die an das Logistikhôtel angrenzen, genutzt werden soll, sowie ein Biogas-Wärmekessel eines Fernwärmeanbieters. Die Energie des Rechenzentrums dient auch zur Beheizung eines Gewächshauses auf dem Dach des Gebäudes, auf dem auch eine urbane Landwirtschaft untergebracht ist.

Das Konzept vom SPaCiH (SmartPark-City-Hub) kommt diesem Ansatz schon sehr nahe. Je nach Lage eines Standorts kann nicht nur die Schiene, sondern auch die Binnenschifffahrt integriert werden. Im Rahmen des Projektes „SPaCiH“ (SmartPark-City-Hubs und virtuelle Infrastruktur) wird ein ganzheitliches urbanes Logistikkonzept entwickelt. Es soll für NRW eine optimale SmartPark-City-Hub Struktur als eine besondere Form eines Mikro-Depots erarbeitet werden, durch den Lieferverkehr reduziert, der Transport von Gütern beschleunigt und die Nachhaltigkeit nicht nur auf der letzten Meile, sondern auch in der davorliegenden regionalen Versorgung („vorletzte Meile“), durch den Einsatz alternativer Verkehrsmittel erhöht wird. Ein SPaCiH ist ein außerstädtisch gelegener Logistikhub/-park, der zusätzlich zur logistischen Umschlags- und Bündelungsfunktion auch durch die Ansiedlung von Wertschöpfungsaktivitäten, in der Region für die Region, geprägt ist. Die SPaCiHs



(1) Precision Farming hat das Potenzial, trotz Klimawandelfolgen eine zukünftige Ertragssteigerung in der Landwirtschaft zu bewirken.
Quelle: Budimir Jevtic/Shutterstock.com

sollen untereinander möglichst durch Bahn und Binnenschiff oder auch Elektrofahrzeugen vernetzt werden, um die Klimaschutzmaßnahmen in der Logistik zu implementieren.

Neben einer CO₂-armen und nachhaltigen Logistik ist auch die Klimaanpassung ein wichtiges Forschungsfeld, um die Folgen des Klimawandels auf bestehende Logistik- und Verkehrssysteme zu minimieren. Aktuell werden im Projekt **R2K-Klim+** die Auswirkungen des globalen Klimawandels sowie entsprechende Klimaanpassungsmaßnahmen auf regionaler und kommunaler Ebene untersucht. Das ZLV fokussiert sich in diesem Projekt auf den Verkehrssektor und analysiert die Vulnerabilität von Transport und Logistik gegenüber den Klimawirkungen Hoch- und Niedrigwasser, Starkregen sowie Hitze am Standort Duisburg (=Mikroebene). Anschließend sollen potenzielle Verkehrseffekte in verschiedenen Szenarien (Klimawirkungen und Maßnahmen) modelliert und in einem Entscheidungsunterstützungstool abgebildet werden. Das Tool soll das Bewusstsein für die Auswirkungen von Klimaereignissen auf den Verkehrssektor stärken und Entscheidungsnotwendigkeiten für die verschiedenen Akteure zur Klimawandelfolgenanpassung aufzeigen.

Die kollaborativen Entscheidungen in Form der Zukunftsszenarien für nachhaltige Logistik und damit die Entwicklung innovativer urbaner Logistikkonzepte, die Logistikdienstleister*innen und Verbraucher*innen miteinander verbinden, wurden auch in dem vom Bundesministerium für Forschung und Bildung geförderten Projekt **ILONa** (Innovative Logistics of Sustainable Lifestyles) entwickelt. Im Rahmen von ILONa wurden Trends der Urbanisierung, der Digitalisierung, der politischen Restriktionen zur Bekämpfung des Klimawandels, des zunehmenden Online-Handels, des steigenden Umweltbewusstseins der Verbraucher sowie neue Formen von Sharing Economy-Mo-

dellen integriert und analysiert. Im Co-Creation- und Designprozess mit führenden Logistikdienstleistern (SCHACHINGER Logistik aus Österreich, FIEGE Logistik, UPS, Nagel Logistik, SSI Schäfer, CHEP Logistik) wurden Szenarien und Strategien für die Innovation von Logistikdienstleistungen und Geschäftsmodellen entwickelt und bewertet, um unter veränderten Bedingungen nachhaltiger zu werden. Eine der innovativen Strategien wurde zum Lead Sustainability Service Provider (6-PL)⁷. Zu den neuen Lösungen für eine nachhaltige Logistik (6-PL) gehören ein fortschrittliches Pooling, eine gemeinsam genutzte Logistikinfrastruktur, die Integration von Nachhaltigkeit in das Tagesgeschäft, die Stärkung der Verbraucher durch neue digitale Technologien (z.B. Blockchain) sowie eine starke Vernetzung und Automatisierung von Informationssystemen. Ein weiteres Ergebnis dieses Projekts war die Entwicklung eines Instrumentariums zur Untersuchung des Nachhaltigkeitspotenzials von Logistik- und Distributionsstrategien für die letzte Meile, wobei (1) ein zentralisiertes Distributionsnetzwerk mit einer Click & Collect-Option, (2) ein dezentralisiertes Distributionsnetzwerk mit einer Home-Delivery-Option und (3) ein verteiltes Netzwerk auf der Grundlage eines Crowd-Logistikkonzepts zum Einsatz kamen. Zu diesem Zweck wurden eine Systemdynamiksimulation (SD) und eine multikriterielle Entscheidungshilfe (MCDA) eingesetzt, um die Nachhaltigkeitsleistung dieser Vertriebskanaloptionen für eine Fallstudie einer lokalen Lebensmittelkooperative und eines Logistikdienstleisters in Österreich zu bewerten. Das Nachhaltigkeitspotenzial der Entwicklung eines neuen Logistiksystems in Zusammenarbeit mit diesen Akteuren wurde erstmals unter Berücksichtigung des dynamischen Zusammenspiels aller relevanten Nachhaltigkeitselemente innerhalb der operativen, taktischen und

strategischen Planung evaluiert. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Integration der beiden Akteure in eine verteilte Netzwerkstrategie auf Basis eines Crowd-Logistik-Konzepts die tragfähigste und nachhaltigste Option darstellt. Dies unterstreicht die wichtige Rolle des Logistiksektors bei der proaktiven Innovation von Dienstleistungen, um den Kund*innen nachhaltige Entscheidungen zu erleichtern.⁸

Das Projekt iWALD komplettiert den Systemansatz einer integrierten Urbanen Logistik. Im Projekt iWALD wurde ein kompletter Satz von Kleincontainern entwickelt, der die Anforderungen im Hinblick auf die Durchgängigkeit der Transportkette erfüllt. Der ein-Kubikmeter-Container passt auf ein Lastenrad und kann im öffentlichen Raum auf geeigneten Flächen aufgestellt werden. Durch seine patentierten Ecken lässt er sich leicht stapeln und verriegeln. Diese speziellen Ecken ermöglichen es, mit entsprechenden Handhabungshilfen die Container von einem Transportsystem auf ein anderes zu bewegen und ist automatisierbar. Exakt 42 Container passen in einen 20'ISO-Container – eine echte Überraschung, da die Container für den interkontinentalen Seeverkehr eigentlich nicht zu den Maßen der Europaletten passen. Möglich wurde diese Integration durch einen Kniff. Es wird ein spezieller 20'ISO-Container verwendet mit exakt den Maßen, die im Containerverkehr üblich sind. Allerdings wurden die beiden Längswände durch eine verstärkte und verstrebt mittlere Wand ersetzt. Geschlossen wird der Container über zwei Planen, die links und rechts am Container festgezurr sind.

Der multimodale Ansatz ist wichtig, wenn es darum geht Güter reibungslos von einer Quelle zu einem Ziel zu bewegen und die Chancen für Bündelungseffekte zu nutzen. Im Projekt „ST4W“ (Smart tracks for waterways) wird genau dieser Ansatz verfolgt. Es geht um die informationstechnische Beglei-

tung der Sendungen über mehrere Verkehrsträger hinweg. Dabei kommen keine Container zum Einsatz, sondern Stückgüter oder neu zu entwickelnde Kleincontainer, die auch auf Lastenrädern transportiert werden können. Es muss der alte logistische Grundsatz im Auge behalten werden:

Liefereinheit = Verpackungseinheit = Transporteinheit = Lagereinheit = Versandeinheit

Im Rahmen des Projektes ST4W konnten Lösungen in Pilotanwendungen gezeigt werden. So ist in Belgien das Schiff ZULU unterwegs und bringt beispielsweise Baustoffe nach Brüssel. Und in Frankreich werden Fertighauselemente per Binnenschiff von Rouen nach Noisy-le-Grand transportiert.

2. Urbane Versorgungsketten: Analyse der Waren-, Material-, Informations- und Ressourcenströme innerhalb der städtischen Gebiete.

Dieser Schwerpunktbereich ist nicht nur der Quantifizierung der Materialströme gewidmet, sondern auch einer Analyse der modernen Gestaltung von Versorgungsketten sowie einer neuen Konzeptualisierung städtischer Systeme, die nicht von ihren geografischen Grenzen, sondern vielmehr von ihrer Funktionalität abhängen. Eines der besten Beispiele hierfür ist das Projekt CONUS (Competence Net Urban-Industrial Supply), in dem ein großes Netzwerk von kleinen regionalen Lebensmittelanbietern zur Entwicklung von Vermarktungsstrategien für eine nachhaltige ländliche Entwicklung aufgebaut wird. Das vom Wirtschaftsministerium des Landes Nordrhein-Westfalen geförderte Projekt CONUS konzentriert sich auf die Fokusregion Niederrhein und steht für regionale Wertschöpfungs- und Versorgungslösungen, die Lebensmittelproduzent*innen, Logistikdienstleister*innen und

Verbraucher*innen digital vernetzen und gleichzeitig eine starke Verbindung zwischen Stadt und Land herstellen. Im Rahmen des Projekts wurden vier Living Labs eingerichtet, welche sich verschiedenen Versorgungsaspekten des ländlichen Raumes widmen. „BioEconomy“ untersucht und quantifiziert dabei freie Biomasseströme und deren Nutzung. Dabei werden in Kooperation mit Startups Prinzipien der Kreislaufwirtschaft ausgetestet und bei der Skalierung unterstützt. Das Living Lab „Genussregion Niederrhein“ stellt den Kontakt zu bäuerlichen Kleinbetrieben her und analysiert deren Logistik-, Preis- und Vermarktungsstrategie im Hinblick auf Nachhaltigkeit. Dazu gehören Modelle wie Ab-Hof-Direktvermarktung, Bündelung von Lieferwegen, Regionaltheken im Lebensmittel Einzelhandel und Aufbau eines Online-Shops. In „AgriWear“ werden Anwendungsfälle von Digitalisierung in der Landwirtschaft entwickelt und in einer interaktiven Datenbank erfasst. Darüber hinaus wird eine Künstliche Intelligenz anhand von Seiten der Produzent*innen bereitgestellten Bildern auf das visuelle Erkennen von Insekten auf Blättern hin trainiert. Dies mündet im Use Case einer Datenbrille, die den Landwirt*innen und Gartenbäuer*innen unterstützende Informationen zum Status der Pflanze liefern kann. Letztlich schaut sich das Living Lab „Autonomer ÖPNV“ die Möglichkeiten und die gesellschaftliche Akzeptanz von autonom fahrenden Kleinbussen, insbesondere in Fußgängerzonen, an.

3. Nachhaltige Stadtplanungspolitik

Nachhaltige städtische Governance berücksichtigt die gleichzeitige Reduzierung der verkehrsbedingten Umweltverschmutzung, soziale Gerechtigkeit beim Zugang zur Mobilität, einen gesunden Marktwettbewerb zwischen den Dienst-

leistern und die bequeme Nutzung multimodaler Verkehrsmittel, die durch digitale Technologien ermöglicht werden. Die Zunahme komplexer städtischer Systeme stellt jedoch eine Herausforderung für die Entscheidungsprozesse zur Gestaltung und Umsetzung ökologisch nachhaltiger, wirtschaftlich tragfähiger und sozial verträglicher städtischer Mobilitätssysteme dar. Angesichts der zunehmenden Bedeutung von Verkehr und Mobilität in städtischen Systemen engagieren sich die öffentlichen Behörden bei der Entwicklung nachhaltiger Verkehrslösungen. Zu diesen Lösungen gehören restriktive Maßnahmen oder Aktivitäten im Zusammenhang mit Erhebungen und Datenerfassung sowie die Analyse und Organisation des Güterverkehrs in städtischen Gebieten. Verkehrsbezogene Überwachungsanalysen dienen als Grundlage für die Entwicklung neuer Disziplinen wie „City Logistics“ oder „Urban Logistics“⁸. Das Hauptziel dieser Konzepte ist es, die negativen Auswirkungen des Verkehrs, wie Verkehrsstaus oder Luftverschmutzung, zu bekämpfen, ohne die kommerziellen Aktivitäten in den Stadtzentren zu beeinträchtigen. Die Auszeichnung „Grüne Hauptstadt Europas“ wurde konzipiert, um das Erreichen dieses Ziels zu fördern. Im Rahmen der „Grünen Hauptstadt Europas – Essen“⁹ (von der EU finanziert), hat das ZLV ein Überwachungssystem für verkehrsbedingte Luftverunreinigungen entwickelt. Auf der Grundlage von Daten des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen wurden Indizes zur Überwachung von Kurz- und Langzeitluftqualitätsindizes entwickelt, die eine genaue Berechnung von Grenzwertüberschreitungen der Schadstoffe, wie NO_x und PM, aufzeigen. Die Ergebnisse bildeten die Grundlage für das Projekt NEMO (Neue Emscher Mobilität)¹⁰, finanziert von der Stiftung Mercator. NEMO setzt einen innovativen und kollaborativen Entscheidungs-

findungsrahmen für die integrierte nachhaltige Gestaltung der Stadtpolitik. Der innovative Ansatz basiert auf der Einführung eines neuen Systemrahmens zur Verknüpfung der miteinander verbundenen sektoralen Parameter von Mobilitätssystemen unter Berücksichtigung der Auswirkungen innovativer gemischter Methoden (sowohl qualitativ als auch quantitativ) auf die Entwicklung und Bewertung von Szenarien auf der Grundlage globaler Trends auf der Makroebene und ihrer spezifischen Einflüsse auf den Mobilitätssektor auf lokaler Ebene. Zu diesem Zweck wird ein partizipativer Modellierungsansatz zur Entwicklung von Szenarien und deren Bewertung in Form von integrierten Simulationsläufen mittels eines umfassenden und ganzheitlichen Systemdynamikmodells (SD) entwickelt. So werden die dynamischen Interdependenzen zwischen allen Faktoren des Mobilitätssektors abgeschätzt und den urbanen Systemen betriebswirtschaftliche Entscheidungskriterien zugeordnet. Darüber hinaus wird ein nachhaltiger Kapitalwertrahmen zur Abschätzung der Nachhaltigkeitsergebnisse staatlicher Investitionen in die städtische Mobilitätsinfrastruktur eingeführt. Anhand einer Fallstudie über die Metropolregion Rhein-Ruhr in Deutschland wurden vier Szenarien simuliert, die gemeinsam mit den an der Studie beteiligten Akteuren entwickelt wurden, nämlich Smart City, Nachhaltige/Gesunde Stadt, Urban Sprawl und Business-as-Usual (BaU). Gleichzeitig wurden Empfehlungen für eine nachhaltige Transformation der Mobilität in Metropolregionen abgeleitet. Auf der Grundlage dieses Konzepts wird ein mehrstufiger Entscheidungsprozess innerhalb der städtischen Mobilitätspolitik entworfen, der sich auf eine multi-kriterielle Entscheidungshilfe für Ressourcenallokationsentscheidungen auf der Mikro-, Meso- und Makroebene stützt. Dadurch wird eine Reihe von städtischen Zukunftsszenarien adäquat adressiert. Das integ-

rierte Modell wurde für den Pilotfall in der Metropolregion Rhein-Ruhr getestet. Wenn das Sustainable City Szenario das gewünschte ist, sollten Push- und Pull-Maßnahmen gleich gewichtet werden. Auf der Grundlage der MCDA-Sensitivitätsanalyse wurden politische Empfehlungen und ein praktisches Werkzeug für die Stadtplanung abgeleitet, die frei zugänglich für Kommunen sind.¹¹

4. Kreislaufwirtschaft

Die Logistik bietet große Potenziale für die Entwicklung und Implementierung von CE-Lösungen (Circular Economy, CE), da sie die Schließung und Verlangsamung von Kreisläufen unterstützt¹². Jedoch werden meist Logistikprozesse betrachtet, die das Ende des Lebenszyklus eines Produktes ausmachen. Dabei spricht man von Rückführungslogistik (Reverse Logistics, RL). Dagegen sind die traditionellen logistischen Funktionen im Rahmen von Beschaffung, Produktion und Distribution, die einen großen Teil des Lebenszyklus abdecken, für eine CE noch weitestgehend unerforscht¹³. Zur Hebung des Potenzials sollten Konzepte für die Letzte-Meile-Logistik sowie Erste-Meile-Logistik integriert betrachtet und bewertet werden, so dass die Transporteffizienz verbessert und Zirkularität erhöht werden kann¹⁴. Durch solch eine ganzheitliche Herangehensweise wird der Grundstein für innovative Geschäftsmodelle und zirkuläre Wertschöpfungsketten gelegt, unterstützt durch digitale Technologien und Kollaboration zwischen den Stakeholdern. RL ist somit Teil einer ganzheitlichen zirkulären Logistik und ein erster Schritt in Richtung einer künftigen vernetzten urbanen Logistik. Folglich versteht die urbane Logistik sich als Treiber und Integrator von ganzheitlichen und nachhaltigen Wirtschaftsökosystemen¹⁵. Dafür soll der Dreiklang aus urbanen Systemen (Stadtplanung), Wertschöpfungsketten und CE integriert betrachtet werden.

Durch diese Integration entsteht ein zirkuläres und grünes Produktionssystem, das wiederum durch die Implementierung von sogenannter grüner Logistik, zum Beispiel grüne(r) Transport, Lagerhaltung, Verpackung oder Rückwärtslogistik, ermöglicht wird¹⁶. Aus Sicht einer Wertschöpfungskette sind grüne Logistikprozesse die Haupttreiber für CE, da insbesondere RL die Grundlage für die Schließung von Kreisläufen ist¹⁷.

Bei der Implementierung von Logistikkonzepten ist es wichtig, diese messbar zu gestalten. Erste Ansätze lieferten de Souza et al. (2022) mit einem einheitlichen Index, der bei der Messung und Implementierung von grüner Logistik in Unternehmen aus verschiedenen Sektoren hilft. Jedoch fokussiert dieser Ansatz nicht die Wertschöpfungsketten-Perspektive, betrachtet keine sozialen und ökonomischen Faktoren, und stellt keinen Bezug zwischen Mikro- und Makroebene her. Diese Aspekte sind jedoch fundamental wichtig für die Entwicklung von Organisations- und Governance-Strukturen einer zirkulären urbanen Logistik.

Die genannten Aspekte werden im Projekt **ImPUISe** aus Sicht von Zitrus-Lieferketten im Mittelmeerraum adressiert. Diese Lieferketten weisen enorme Effizienz- und Nachhaltigkeitsprobleme auf – zum Beispiel hohe Lebensmittelverluste, hoher Wasserverbrauch oder unsichere Nachfrage und Angebot aufgrund von Wetterbedingungen. In dem multidisziplinären und international aufgestellten Projekt soll daher die sozioökonomische Nachhaltigkeit als Zirkulär Ökonomischer Ansatz sowie Nahrungsmittelsicherheit gewährleistet werden. Basierend auf einer quantitativen Bewertung von Szenarien werden innovative Supply Chain-Lösungen für Nebenerzeugnisse der Zitrusproduktion entwickelt. Dafür werden unter anderem Digitalisierungslösungen erarbeitet, die eine zirkuläre Wertschöpfung (biologische und



(2) Ansätze der Regenerativen Landwirtschaft können Kohlenstoff im Boden bzw. länger im Kreislauf halten und können so als Klimaschutzmaßnahme wirken. Quelle: Francesco Scatena/Shutterstock.com

technische Kreisläufe) und somit eine nachhaltige Wirtschaftsweise begünstigen. Durch die Ableitung von skalierbaren und nachhaltigen Geschäftsmodellen sollen weiterhin die Grundlagen für wirtschaftliches Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit von Kleinbauern geschaffen werden.

5. Digitale Technologien und ihr Anwendungspotenzial im Logistiksektor sollten sorgfältig untersucht werden.

Um die Zu- und Abflüsse innerhalb städtischer Systeme in Echtzeit zu überwachen und gleichzeitig durch effiziente Konsolidierungsstrategien zu optimieren, will das ZLV in Zusammenarbeit mit Pilotstädten wie Duisburg digitale Zwillinge (DT) entwickeln und implementieren (Acatech Initiative – Stadt der Zukunft). DTs stellen virtuelle Nachbildungen realer Produkte oder Dienstleistungen dar und erfordern ein ausgeklügeltes Netz von Modellen, die ein hohes Maß an Interkonnektivität aufweisen¹⁸. DTs ermöglichen neutrale, anonymisierte, szenariobasierte Simulationen, um die Entwicklung kollaborativer Lösungen und die Implementierung effizienter und nachhaltiger neuer Liefermechanismen mit relevanten Betriebswerkzeugen (wie Routenoptimierung, effiziente Standorte und

Design der Konsolidierungszentren) zu begünstigen, bei denen das ZLV über eine führende Expertise in der KI verfügt. Die KI in der urbanen Logistik wird in diesem Zusammenhang nicht nur zur Planung, sondern auch zur operativen Steuerung von Logistiksystemen genutzt. Der Einsatz der KI erfolgt auf verschiedenen Entscheidungsebenen und kann komplexe Entscheidungsprozesse durch vortrainierte Lademodule innerhalb kürzester Zeit und auch repetierend durchführen. Dementsprechend werden ideale Logistik-knotenpunkte der Konsolidierungszentren als Ökosysteme identifiziert und auf einer betrieblichen Ebene trotz vielfältiger ineinandergreifender Wirkzusammenhänge äußerst effizient integriert.

Diese strategisch wichtigen Felder für ein integriertes Urbane Logistik-Ökosystem werden mit weiteren Technologien im Logistiksektor zusammengedacht, die den Übergang zur Nachhaltigkeit der gesamten städtischen Systeme revolutionieren können. Additive Fertigung, neue Fahrzeugmotoren (mit Wasserstoff, oder automatisierte Fahrzeuge) werden auf ihre Auswirkungen in den zukünftigen städtischen Systemen eine große Rolle spielen. Die Entwicklung innovativer intelligenter und nachhaltiger Konsolidierungsökosysteme aus multifunktionalen Verteilungs-

zentren und Mini-Hubs zusammen mit (halb-)autonomen, gemeinsam genutzten, vernetzten und emissionsfreien Fahrzeugen werden in der Zukunft realisierbar sein und im Hinblick auf die Material- und Informations(rück)flüsse innerhalb integrierter Vorwärts- und Rückwärtslogistikstrategien erörtert, wobei neue Verteilungsmechanismen sich entwickeln werden. Digitale Technologien wie der digitale Zwilling werden auch dazu beitragen, die Möglichkeiten für den Aufbau eines Netzes multimodaler und miteinander verbundener Logistik- und Mobilitätssysteme der Zukunft zu erkunden und zu betreiben. Die Wissenschaft ist aufgefordert sich diesen neuen Herausforderungen zu stellen und durch neue Erkenntnisse realistische Lösungen zu erarbeiten!

Summary

Given the great importance of urban systems for economic growth and development, the demand for urban logistics and transportation has increased significantly in recent years, favouring the development of just-in-time concepts and gradually expanding into complex supply chain networks. However, urban logistics has widely known operational efficiency issues, such as fragmented flows of goods, a high frequency of deliveries, short delivery times, and a high level of uncertainty regarding demands and returns. Urban logistics accounts for 40% of all CO₂ emissions from road transport and up to 70% of other pollutants from the transport sector, revealing patterns that are not sustainable. Therefore, collaboration between various logistics service providers, technology providers, retailers, urban planners, policy makers and consumers is needed to jointly design urban logistics solutions that best meet the needs of future businesses, consumer demand and urban planning concepts. At the

same time, this will generate sustainability effects along supply chain networks to create an innovative urban logistics ecosystem, transforming entire urban systems.

The overall goal of this sustainability transformation is to co-design and implement a sustainable, resilient, smart and connected urban logistics and mobility system of the future, which integrates society's regional and global food, energy and mobility supply mechanisms by aligning the interests and needs of business, the political sphere and civil society. Therefore, a clear focus should be placed on the interactions between different disciplines to establish a holistic innovation ecosystem in urban logistics at strategic, tactical and operational levels.

To this end, the Centre for Logistics and Traffic (ZLV) has defined five major thematic clusters to identify research areas for the transformation of urban logistics ecosystems: (1) innovative smart and sustainable urban logistics ecosystems, (2) urban supply chains, (3) sustainable urban governance, (4) circular economy, and (5) digital technologies and their application potential in the logistics sector.

Not only are these fields, which are strategically important for an integrated urban logistics ecosystem, jointly approached from an academic perspective, but realistic solutions are also being designed and implemented with the ZLV's network of political and industrial decision-makers.

Amerkungen/Literatur

- 1) https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility/, 2021
- 2) Gunasekaran A., Papadopoulos T., Dubey R., Wamba S. F., Childe S. J., Hazen B., Akteret S., (2017). Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance. *Journal of Business Research* 70: 308–317.
- 3) <https://www.rila.org/blog/2019/03/making-the-case-for-minihubs>, 2021
- 4) Melkonyan A., Krumme K., Gruchmann T., Spinler S., Schumacher T., Bleischwitz R. (2019).

- Scenario and strategy planning for transformative supply chains within a sustainable economy. *Journal of Cleaner Production* 231, 144–160.
- 5) N.N. (2019). Handbuch Mikro-Depots im interkommunalen Verbund, Industrie- und Handelskammer Mittlerer Niederrhein, Am Beispiel der Kommunen Krefeld, Mönchengladbach und Neuss.
 - 6) <https://www.zukunft-mobilitaet.net/171999/urbane-mobilitaet/hotel-logistique-chapelle-international-paris-logistik-urban-terminal/>
 - 7) Melkonyan A., Gruchmann T., Lohmar F., Vasanth K. V.P., Spinler S. (2020). Sustainability assessment of last-mile logistics and distribution strategies: The case of local food networks. *International Journal of Production Economics* 228, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107746>.
 - 8) Taniguchi, E., Thomson, R. G., Yamada, T., Van Duin, R. (2001), *City Logistics. Network modelling and Intelligent Transport Systems*, Elsevier, Amsterdam.
 - 9) <https://wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/686/>
 - 10) <https://nemo-ruhr.de>
 - 11) Melkonyan A., Gruchmann T., Lohmar F., Bleischwitz R. (2022). Decision support for sustainable urban mobility: A case study of the Rhine-Ruhr area. *Sustainable Cities and Society* 80, 103806, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103806>.
 - 12) Geissdoerfer, Martin; Morioka, Sandra Naomi; Carvalho, Marly Monteiro de; Evans, Steve (2018): Business models and supply chains for the circular economy. In: *Journal of Cleaner Production* 190, 712–721. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.159>
 - 13) Fennemann, Verena; Hohaus, Christian; Kopka, Jan-Philip (2017): *Circular Economy Logistics: Für eine Kreislaufwirtschaft 4.0*. Unter Mitarbeit von Michael ten Hompel, Michael Henke und Uwe Clausen.
 - 14) van Buren, Nicole; Demmers, Marjolein; van der Heijden, Rob; Witlox, Frank (2016): *Towards a Circular Economy: The Role of Dutch Logistics Industries and Governments*. In: *Sustainability* 8 (7), 647. <https://doi.org/10.3390/su8070647>
 - 15) Sharma, V., Raut, R.D., Govindarajan, U.H. and Narkhede, B.E. (2022). Advancements in urban logistics toward smart, sustainable reforms in developing enabling technologies and markets, *Kybernetes* 51/3, 1038–1061. <https://doi.org/10.1108/K-01-2021-0026>
 - 16) Souza, E. D. de; Kerber, J. C.; Bouzon, M.; Rodriguez, C.M.T. (2022): Performance evaluation of green logistics: Paving the way towards circular economy. In: *Cleaner Logistics and Supply Chain* 3. 100019. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100019>
 - 17) Seroka-Stolka, O., Ociepa-Kubicka, A., 2019. Green logistics and circular economy. *Transp. Res. Proc.* 39, 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.049>
 - 18) McDermott Miller A, Alvarez R., Hartman N. (2018). Towards an extended model-based definition for the digital twin, *Computer-Aided Design and Applications* 15/6, 880–91.

Die Autor*innen

Seit ihrem Studium in Wirtschaftswissenschaften und ihrer postgradualen Laufbahn

an der Universität Duisburg-Essen (UDE) ist Prof. Dr. Ani Melkonyan-Gottschalk als Geschäftsführerin eine der führenden Umwelt- und Wirtschaftswissenschaftlerinnen (mit Schwerpunkt in Umweltökonomie, nachhaltige Logistik und Mobilität) an der Universität Duisburg-Essen, Zentrum für Logistik und Verkehr (ZLV). Nicht nur durch das von der Bundesregierung finanzierte Forschungsprojekt „Innovative Logistik für nachhaltige Lebensstile“ entwickelte Melkonyan mit ihrem Team neue Einblicke in E-Lebensmittel-Versorgungsketten und Stadt-Land-Nahrungsmittelversorgung und Logistik, sondern auch durch die ständige Forschung, Veröffentlichung und Lehre im Bereich Nachhaltige Logistik, Zukunftsforschung, Anpassungs- und Mitigationsstrategien gegen Klimawandel in Urbanen Gebieten und Urbane Versorgungsmechanismen. Ani Melkonyan absolvierte ihre Habilitation im Jahr 2015 an der UDE in Umweltwissenschaften zum Thema „Klimawandel – Auswirkungen auf den Lebensmittelversorgungsketten“, nachdem sie ihren Dokortitel hier im Bereich der Umweltwissenschaften erhalten hatte. Zurzeit ist sie wissenschaftliche Koordinatorin des Projekts CONUS (Kompetenznetz urban-industrielle Versorgung) und ImPULSe (Innovative citrus by-product supply chains in Mediterranean areas) am ZLV. Darüber hinaus verfügt Ani Melkonyan über ein ausgezeichnetes Portfolio an angewandten Workshop-Tools und -Methoden, insbesondere für die Entwicklung neuer Logistikkösungen in einer internationalen und transdisziplinären Umgebung.

Bernd Noche studierte „Technische Kybernetik“ an der Universität Stuttgart und schloss sein Studium als Dipl.-Ing. ab. Danach war er zunächst wissenschaftlicher Angestellter am Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen an der Universität Dortmund, Abteilung Maschinenbau. In den Jahren 1983 bis 1987 war er am Fraunhofer-Institut für Transporttechnik und Warendistribution in Dortmund tätig und danach Geschäftsführer eines Consultingunternehmens aus dem Softwarebereich. Seit etwa 25 Jahren beschäftigt er sich mit dem Aufbau und der Optimierung von Logistiksystemen, insbesondere mit Hilfe der Simulationstechnik. Einsatzgebiete sind die Produktionslogistik, der Aufbau von Distributionszentren und die Konfiguration von Distributionsnetzen. Seit der Übernahme der Professur für Transportsysteme und -logistik an der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg (jetzt Universität Duisburg-Essen, kurz: UDE) hat er in über 20 Forschungsprojekten verschiedene Aspekte der Logistik erforscht. Seit 2013 ist Bernd Noche Vorstandsvorsitzender des Zentrums für Logistik und Verkehr (ZLV) der UDE. Schwerpunkte sind: Einsatz der Digitalisierung in Produktions- und Distributionssystemen, Urbane Logistiksysteme, Internationale Intermodale Transportketten, Anwendungen der KI in der Logistik, Digitales Supply Chain Management sowie der Aufbau von Entscheidungsunterstützungssystemen für die operative Abwicklung von Logistikprozessen.



Ani Melkonyan-Gottschalk. Foto: Daniel Schumann

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/78101

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20230331-151815-0

Erschienen in: UNIKATE 59 (2023), S. 128-139

Alle Rechte vorbehalten.