

Schlussbericht zum Teilprojekt

USEFUL: Untersuchungs-, Simulations- und Evaluations- Tool für Urbane Logistik

Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Autoren	Lasse Bienzeisler, Torben Lelke, Dr. Stephan Hoffman, Prof. Bernhard Friedrich
Projektlaufzeit	1. September 2017 bis 31. Dezember 2020 (40 Monate)
Förderkennzeichen	03SF0547C
Verbundpartner*innen	Volkswagen AG – Wolfsburg Leibniz Universität Hannover – Hannover Hochschule Hannover – Hannover Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig – Braunschweig
Ort, Datum	Braunschweig, 23.06.2021

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

1	Kurze Darstellung	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	2
1.3	Planung und Ablauf des Vorhabens	2
1.3.1	Projektverlauf	2
1.3.2	Erreichung der Meilensteine	3
1.3.3	Zielerreichung	4
1.4	Anknüpfung an den wissenschaftlichen und technischen Stand	5
1.4.1	Angaben bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden.	6
1.4.2	Angaben der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste.	7
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	8
2	Eingehende Darstellung.....	10
2.1	Verwendung der Zuwendung im Einzelnen und erzielte Resultate	10
2.1.1	MODUL 2: Analyse des urbanen Wirtschaftsverkehrs	10
2.1.2	MODUL 3: Entwicklung eines Tools für die Simulation, Präsentation und Erprobung neuer urbaner Logistikkonzepte	19
2.1.3	MODUL 4: Szenarioanalysen neuer urbaner Logistikkonzepte	20
2.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	25
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	25
2.4	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	26
2.5	Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	26
2.6	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach.....	27
2.6.1	Abschlussarbeiten	27
2.6.2	Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften.....	28
3	Verwendete Literatur	29

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Organisation des Projektes.....	5
Abbildung 2. Netzplan des Gesamtvorhabens	10
Abbildung 3. Schematischer Aufbau der MATSim Modellberechnung der Stadt Hannover	11
Abbildung 4. Definition des Wirtschaftsverkehrs nach Arndt.....	12
Abbildung 5. Hochgerechnete Zustellmenge (Pakete) aller KEP-Dienstleister für die Stadtteile von Hannover.....	14
Abbildung 6. Konzept zur Kopplung der eingesetzten Simulationstools	15
Abbildung 7. Schematischer Ablauf der Simulationsstudien am Beispiel des Konzepts b1 – Online-Lebensmitteleinkauf / E-Grocery	19
Abbildung 8. Importierte Fahrzeuge aus AnyLogic in einer MATSim-Simulation.....	22
Abbildung 9. Exemplarischer Rückgang der Verkehrsstärken (grün) in den Untersuchungsquartieren (grau) zwischen 9 und 10 Uhr beim Logistikkonzept b1 – Online-Lebensmitteleinkauf / E-Grocery.....	23
Abbildung 10. Beispiel für eine Ergebnismatrix der Szenarioauswertung mit MATSim	24
Abbildung 11. Exemplarische Darstellung der Simulationsergebnisse im Webtool des Konzeptes b1 – Online-Lebensmitteleinkauf / E-Grocery.....	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.	Vergleich zwischen hochgerechneten Unternehmensgrößen und Realdaten der Stadt Hannover	13
Tabelle 2.	Modal Split im Vergleich zwischen Realdaten und der Simulation	15
Tabelle 3.	Vergleich der KiD Daten mit den Simulationsergebnissen für PKW	16

1 Kurze Darstellung

1.1 Aufgabenstellung

Die systemübergreifende Identifikation, Erfassung, Simulation und Bewertung von zukunfts- und zielorientierten Lösungsansätzen für eine urbane Logistik, deren Anteil an der urbanen Mobilität wächst und eine Facette dieser logistikrelevanten Mobilitätsbedürfnisse der Einwohner*innen einer Stadt ist, steht im Zentrum des Grundlagenforschungsprojekts USEfUL (Untersuchungs-, Simulations- und Evaluations-Tool für Urbane Logistik). Das stadt- und verkehrspolitische Ziel in Zeiten von Digitalisierung, Urbanisierung, Verstädterung und Nachverdichtung der Ballungszentren ist die Entwicklung und der Erhalt einer lebenswerten Stadt. Die urbane Logistik der Zukunft steht für leise, emissionsfreie und sichere Transportlösungen sowie eine innovative Infrastruktur. Das EU-Ziel einer weitestgehend CO₂-freien Logistik in Ballungszentren ab 2030 soll mit dem Projekt USEfUL adressiert werden.

Für eine – dem verkehrspolitischen Paradigma der Verkehrsvermeidung, der Verkehrsverlagerung und der verträglichen, emissionsarmen Verkehrsabwicklung folgende – Situationsanalyse ist ein systemübergreifendes Verständnis notwendig. Dieses soll erstmals die – urbane Logistik auslösenden – individuellen bzw. institutionellen Einstellungen, soziodemografischen und ökonomischen Hintergründe, das Verhalten von Einwohner*innen, Gewerbetreibenden und Unternehmen abbilden und ihre Ver- und Entsorgungsbedürfnisse bzw. -notwendigkeiten von Gütern und Dienstleistungen regelmäßig erfassen. Die Daten sollen im Sinne belastbarer Ursachen-Wirkungsketten mit Verkehrs- und Emissionsdaten verknüpft und datenanalytisch verfügbar gemacht werden. Umgekehrt soll der Einfluss ordnungspolitischer, technischer oder organisatorischer Handlungen auf die Akzeptanz bzw. das Verhalten des Einzelnen bis zur Quartiersebene abgeschätzt werden, um die effektivsten Maßnahmenbündel zu identifizieren. Zugleich wird die Übertragbarkeit und Skalierbarkeit auf andere Kommunen und deren spezifische Quartiers- und Verkehrssituationen gewährleistet.

Für die genannten Problemstellungen ist die Landeshauptstadt Hannover nur eine Stellvertreterin: Eine Vielzahl europäischer Kommunen ist mit diesen Themenstellungen konfrontiert. Im Rahmen des Projektes USEfUL haben die Projektbeteiligten ein verlässliches Instrument für Entscheidungsträger*innen aus Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit als Entscheidungsunterstützungs- und Informationstool entwickelt. Wobei folgende Fragestellung bei der Entwicklung relevant waren:

- Wie lässt sich der Anteil bzw. die Veränderung der urbanen Logistik quantifizieren?
- Wie können Immissionen verursachungsgerecht quantifiziert zugeordnet werden?
- Wie entwickelt sich urbane Logistik in Abhängigkeit sozioökonomischer und soziodemografischer Muster bzw. Veränderungen?
- Wie beeinflussen sich Verhaltensänderungen und urbane Logistiklösungen uni- bzw. bidirektional?
- Was sind Wirkungen, Nutzen und quantifizierbare Potenziale innovativer Logistik- und Fahrzeugkonzepte?
- Welche qualitativen Zielkonflikte sämtlicher Stakeholder sind möglich (und quantifizierbar)?

1. Kurze Darstellung

- Welche wirksamen Steuerungsmöglichkeiten und -instrumente stehen Kommunen zur Verfügung, Ausweichstrategien oder Rebound-Effekte ausschließend?
- Welche weiteren weichen Maßnahmen (Öffentlichkeitsarbeit und Partizipation) sind notwendig, um Erfolg und Akzeptanz seitens Unternehmen und Einwohner*innen sicherzustellen?

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Einbeziehung der Akteure im Zuge der Vorbereitung des Projektes von (Panel-)Datenerhebung bis zur Validierung der Daten durch Pilotmaßnahmen im Feld ist somit Voraussetzung und in Hannover in einer Reihe von Projekten rund um das Thema Stadtentwicklung, Verkehrsplanung und Klimaschutz selbstverständlich. Die Einwohner*innen und Logistikakteure wurden durch Präsenzveranstaltungen, (Online-) Befragungen und einem Pilotprojekt zur Erprobung innovativer Logistikkonzepte im Stadtteil Linden-Nord aktiv involviert. Die beobachteten Reaktionen auf Veränderungen sind in Simulationen nachgebildet und analysiert worden. Dabei wurde auch bewusst gemacht, dass Versorgungsentscheidungen maßgeblich die Verkehrssituation, die Lebensverhältnisse und die damit einhergehenden vielfältigen Belastungen als Auslöser von urbaner Mobilität und Logistik beeinflussen. Die erlangten Ergebnisse und Kenntnisse bilden die Grundlage für die entwickelte Web-Applikation, die Kommunen, Unternehmen und Interessierte über die urbane Logistik informieren und bei den Entscheidungsfindungen unterstützen kann. Konstruierte Methoden und Modelle sind auf Basis von Open Source Software entwickelt, um Übertragbarkeit, Nutzbarkeit und Weiterentwicklungen zu gewährleisten.

Neben der eigentlichen Projektidee war die Zusammensetzung der Projektpartner die entscheidende Voraussetzung für die Durchführung des Projektes. Die im Projektverlauf zu entwickelnden Interaktionskonzepte und Methoden erforderten sowohl industrielles Vorwissen also auch wissenschaftlich fundiertes Grundlagenwissen, so dass ein sehr gut abgestimmtes und interdisziplinäres Projektkonsortium gebildet werden musste. Aus diesen Anforderungen fanden sich auf Basis eines Konsortialvertrages folgende Partner zusammen:

Landeshauptstadt Hannover (LHH), Volkswagen AG – Volkswagen Nutzfahrzeuge (VWN), Leibniz Universität Hannover – Institut für Kartographie und Geoinformatik (IKG), Leibniz Universität Hannover – Institut für Wirtschaftsinformatik (IWI), Hochschule Hannover – Fakultät II (HsH II), Hochschule Hannover – Fakultät IV (mit den Abteilungen INF-Informatik und WI-Wirtschaftsinformatik (HsH IV), Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig – Institut für Verkehr und Stadtbauwesen (IVS).

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

1.3.1 Projektverlauf

Den übergeordneten Rahmen für das Projekt USEFUL bildet die „Initiative Urbane Logistik Hannover“, in welcher Wirtschaft, Wissenschaft und Kommune eine Partnerschaft zur Thematik der urbanen Logistik bilden. Das Förderprogramm zur Umsetzung der „Strategischen Forschungs- und Innovationsagenda – Zukunftsstadt“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wurde von der "Initiative Urbane Logistik Hannover" genutzt, um das Projektvorhaben USEFUL als Teil des Gesamtvorhabens zu konzipieren und zu konkretisieren. Zur Bildung eines Projektkonsortiums fanden zunächst diverse

1. Kurze Darstellung

Abstimmungstermine statt, in denen gemeinsame Ziele und eine gemeinsame Vision herausgearbeitet wurden. Um das Projektvorhaben zu konkretisieren, wurden dann in Brainstormings und Workshops der Aufbau sowie die einzelnen Arbeitspakete herausgearbeitet. Hierbei zeigte sich, dass eine Aufteilung des Projekts in fünf Themen- bzw. Arbeitsbereichen sinnvoll ist. Die gewählte Aufteilung sah daher wie folgt aus:

1.3.1.1 Modul 1: Projektleitung und Außendarstellung

Mittels eines übergreifenden Projektmanagements wurde die ziel-, zeit- und ressourcengerechte Bearbeitung der im Rahmen des Vorhabens vorgesehenen Arbeitspakete sichergestellt sowie die Beiträge der Partner des Verbundprojektes koordiniert.

1.3.1.2 Modul 2: Analyse des Urbanen Wirtschaftsverkehrs

Ziel war es, quartiersorientiert soziodemografische Daten, verhaltenswissenschaftliche Beobachtungen, ökonomische Parameter auf Mikro- und Makroebene sowie Verkehrs- und Umweltdaten zu erheben und in Kausalbeziehungen zu setzen, sodass im Hinblick auf eine nachhaltige klimaresiliente Stadtentwicklung die urbane Logistik im Sinne verkehrspolitischer Grundsätze – Verkehr zu vermeiden, auf andere Verkehrsträger zu verlagern oder möglichst verträglich zu gestalten – weiterentwickelt werden kann. Einwohner*innen der entsprechenden Quartiere wurden aktiv über ein Panel eingebunden, um ein tiefgehendes Verständnis der logistikbezogenen Mobilitätsbedürfnisse zu erlangen und Einstellungs- und Verhaltensänderungen zu messen.

1.3.1.3 Modul 3: Entwicklung einer Verkehrssimulation

Im Anschluss an Modul 2 sollte mit Hilfe der gewonnenen Daten ein Verkehrssimulationsinstrument entwickelt werden, mit dem Verkehrsflüsse, Nutzerverhalten und Wirtschaftsverkehre abgebildet werden können.

1.3.1.4 Modul 4: Szenarioanalysen neuer Logistikkonzepte

Auf der Basis von Modul 2 und 3 sollten Ursache-Wirkungsketten sowie verkehrs- und stadtentwicklungspolitische Maßnahmen innerhalb von Szenarioanalysen hinsichtlich ihrer Emissionsbilanz und wirtschaftlichen Effektivität beurteilt werden. In diesem Rahmen wurde geplant, unter anderem innovative technische Lösungen der Verkehrsinfrastruktur, der Fahrzeuggestaltung oder im Hinblick auf Geschäftsmodelle als möglicherweise stadtverträglichere Alternativen abzubilden und hinsichtlich Wirkungen, Nutzen und Potenzial abzuschätzen. Neue, zum Teil disruptive Logistikkonzepte wurden in diesem Zusammenhang hinsichtlich ihrer Akzeptanz untersucht.

1.3.1.5 Modul 5: Web-Applikation zur Unterstützung von Kommunen

Die zu entwickelnde Web-Applikation mit dem Ziel der kommunalen Entscheidungsunterstützung griff dann auf die bisherigen Arbeitsschritte und den dort erlangten Kenntnissen zurück.

1.3.2 Erreichung der Meilensteine

Die vorab definierten Meilensteine im Forschungsprojekt USEfUL sind erfolgreich realisiert. Der erste Meilenstein „Die Analyse des urbanen Wirtschaftsverkehrs“ ist entsprechend des definierten Zeitplans

1. Kurze Darstellung

erreicht worden. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen, sind neue und bereits bestehende Logistikkonzepte identifiziert worden, welche einen zu erwartenden Einfluss auf die im Forschungsprojekt definierten Zielgrößen haben und dabei technisch in eine Entwicklung des Tools zur Simulation und Präsentation von urbanen Logistikkonzepten zu überführen sind. Nach der Erstellung des Tools (Meilenstein 2) sind Szenarioanalysen für die definierten und simulierten Logistikkonzepte vollzogen worden, um Auswirkungen und Tendenzen für die ermittelten Zielgrößen zu bestimmen. Die Validierung des logistikrelevanten Mobilitätsbedürfnisses der Einwohner*innen ist aufbauend auf den Meilenstein zur Analyse des urbanen Wirtschaftsverkehrs durch (Online-) Befragungen realisiert worden. Die generierten Ergebnisse sind in die Entwicklung der Web-Applikation eingebunden. Die Fertigstellung der Web-Applikation ermöglicht den definierten Nutzergruppen und der weiteren Öffentlichkeit die Möglichkeit, sich über urbane Logistikkonzepte zu informieren und des Weiteren eine Entscheidungsunterstützungshilfe in Anspruch zu nehmen.

Bei dem Meilenstein des Moduls 3 ist es zu einer 6-monatigen Verzögerung gekommen. Dies hat vor allem den Grund, dass das Tool durch die Besonderheit der makro- und mikroskopischen Betrachtung auf zwei Software-Komponenten angewiesen ist (MATSim und AnyLogic). Die Tools dürfen jedoch lizenzrechtlich nicht miteinander verknüpft werden, da in AnyLogic die Erstellung von Derivaten verboten ist. Die Verzögerung führte zu einer kostenneutralen Projektverlängerung bis zum 31.12.2020.

Somit war die Verknüpfung, Kommunikation und Datenübergabe zwischen diesen beiden Komponenten herausfordernder als gedacht, da dies bei Antragstellung noch nicht bekannt war. Es war jedoch der Anspruch, die Basis-Szenarien der Logistikkonzepte (BaseCases) in Modul 3 erfolgreich getestet und bereits optimiert zu haben, sodass die verschiedenen Szenarien, die in Modul 4 entwickelt wurden, anschließend in dem kombinierten Simulations-Tool optimal und effizient simuliert werden konnten. So können in der Web-Applikation (M5) die Auswirkungen der verschiedenen Logistikkonzepte möglichst realistisch abgebildet werden und als Entscheidungsunterstützung dienen. Die Szenarien der AP 4.1 und 4.2 sollten nicht differenziert, sondern verknüpft betrachtet werden, da die verschiedenen Parameterausprägungen in AP 4.1 ebenfalls zeitlich differenziert betrachtet werden müssen, um möglichst realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten. Daher wurden die APs (4.1 und 4.2) gemeinsam als Modul 4 betrachtet. Dies hatte keine zeitlichen oder kostentechnischen Auswirkungen.

1.3.3 Zielerreichung

Ziel des Forschungsprojekts USEfUL war die systemübergreifende Erfassung, Simulation, Bewertung und Darstellung von zukunfts- und zielorientierten Lösungsansätzen für die urbane Logistik (vgl. Abbildung 1). Darüber hinaus sollten diese Grundlagenerkenntnisse in einer zeitgemäßen Form als Web-Applikation, Entscheidungsträger*innen aus Politik, Kommune, Wirtschaft und Öffentlichkeit gebündelt zugänglich gemacht werden. Die Web-Applikation dient somit als Informations- und Entscheidungsunterstützungstool für Fragestellungen zur urbanen Logistik. Durch die Auswahl von charakteristischen Stadtteiltypen und eines bestimmten Logistikkonzepts, können Auswirkungen in Form von Tendenzen für relevante Zielgrößen einer nachhaltigen Stadtentwicklung und Geschäftserfolg aufgezeigt werden. Zur Realisierung der Zielerreichung sind untenstehende Meilensteine mit ihren dazugehörigen Arbeitspaketen elementar gewesen.

Das Informations- und Entscheidungsunterstützungstool ist unter folgenden Link abrufbar: <https://useful.uni-hannover.de/>

1. Kurze Darstellung

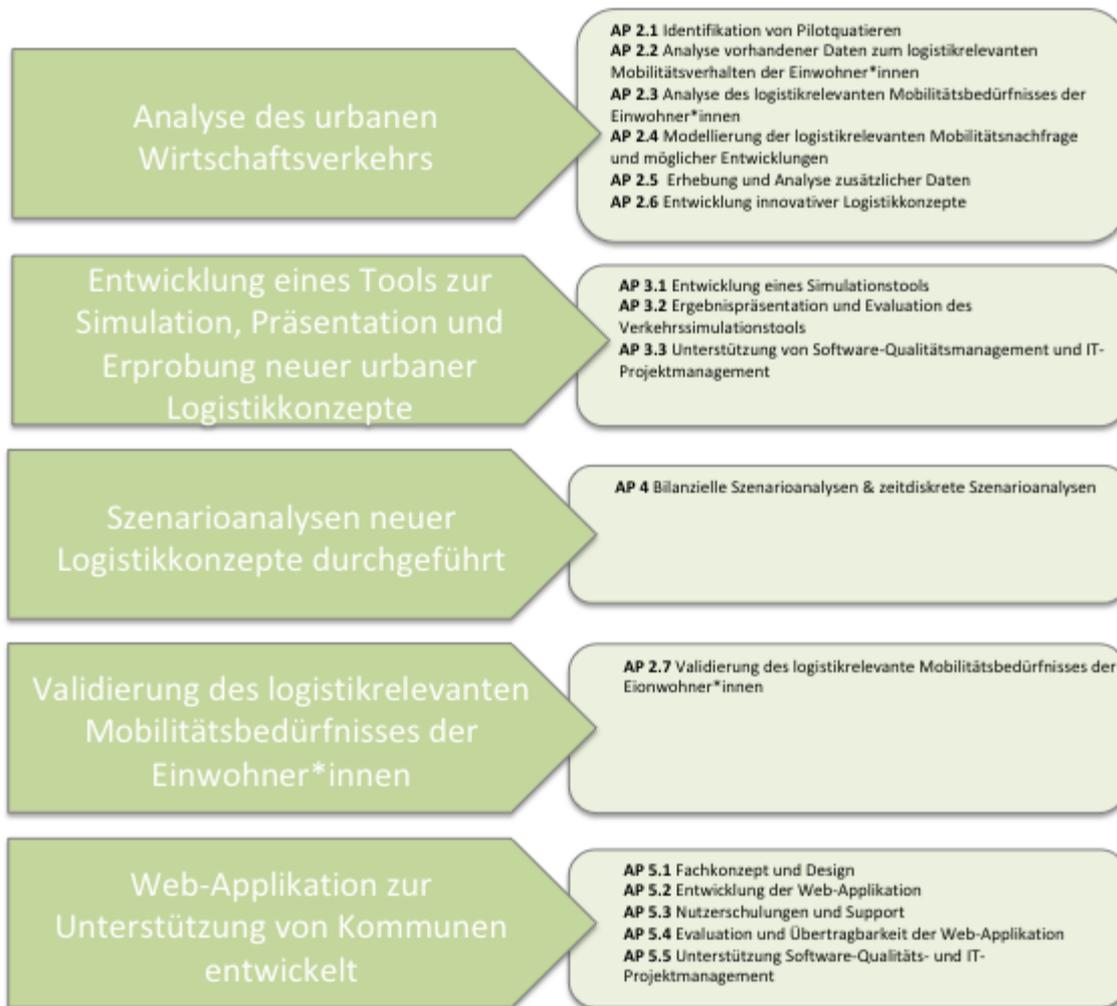


Abbildung 1. Organisation des Projektes

1.4 Anknüpfung an den wissenschaftlichen und technischen Stand

Wissenschaftlicher Stand

Der Wirtschaftsverkehr und damit auch die urbane Logistik – in Abgrenzung vom allgemeinen Kfz- und Personenverkehr in Städten – ist praktisch und wissenschaftlich noch nicht ausreichend intensiv untersucht und beschrieben, so dass erheblicher Forschungsbedarf festzustellen ist. Bei der Entwicklung des Systemverständnisses sind über Desk Research auch Erkenntnisse aus anderen Städten (Best Practices) sowie aus der Forschung eingebunden worden, sofern diese Erkenntnisse übertragbar waren. Daher ist vor allem Primärforschung notwendig und geplant gewesen; insbesondere um das Verhalten der Akteure, ihre Motive und auch die potenzielle Bereitschaft zur Verhaltensänderung zu untersuchen. Die Forschung bezüglich innovativer Logistikkonzepte ist in den letzten Jahren stark vorangeschritten. Auch die Erprobung bzw. Umsetzung in der Praxis, zumeist in führenden Metropolen, ist immer häufiger anzutreffen. Durch die neuen Geschäftsmodelle (*Asset Light* versus *Asset Heavy*) sowie alternative Fahrzeug- und Antriebskonzepte entstehen neue Akteure, die mit ihren Ansätzen die Städte hinsichtlich Emissionen und Verkehrsleistung entlasten möchten. Die Ansätze sind dabei vielfältig. In London ersetzt ein innovativer Logistiker die KEP-Dienstleistungen innerhalb der City-Mautzone, da dieser sich

1. Kurze Darstellung

durch den Einsatz von elektrisch betriebenen Fahrzeugen die Maut einsparen kann und die Belieferung traditioneller KEP gänzlich übernimmt. In Amsterdam betreibt DHL eine eigene Flotte aus Schiffen, die das Grachtensystem nutzt. Diese dienen als bewegliche Packstation für Privatleute und als Hub für DHL-betriebene E-Lastenräder. Auch UPS nutzt in Hamburg einen Hub (Container), aus dem via E-Lastenräder Teile und Sackkarren die Fußgängerzone beliefert wird.

Technischer Stand

Multi-Agenten-Simulationen (z.B. MATSim, AnyLogic) sind das Mittel der Wahl zur Simulation von Verkehrsabläufen und der Simulation von Logistikkonzepten. Die Kombination verschiedener Tools auf mikro- und makroskopischer Ebene sind verbreitet (z.B. Visum, Vissim). Während die Simulation vom allgemeinen Kfz-Verkehr und Personenverkehr intensiv bearbeitet wurde, hinkt die Simulation von Wirtschaftsverkehren hinterher. Veränderungen und Prognosen durch sich verändernde Liefer- und Nachfragesituationen bieten hohes Potenzial für zukünftige Vorhaben. So macht es beispielsweise der modulare Aufbau der Simulationsplattform MATSim möglich, dass Erweiterungen sowohl hinsichtlich neuer Entscheidungsmodelle, zusätzlicher Mobilitätsangebote als auch spezieller Anwendungen wie der Simulation von Fracht, Logistik und Lieferketten durch zusätzliche – zum Teil neu zu entwickelnde Module – realisiert werden können. Bereits jetzt existieren Erweiterungen zum dynamical vehicle routing, zur Berechnung von Emissionen des resultierenden Verkehrs sowie zur grundlegenden Simulation von Frachtauslieferungen, deren Anforderungen naturgemäß vom ursprünglichen Modellierungsansatz aus Sicht von individuellen Personen abweichen. Speziell Forschungsfragen hinsichtlich der Modellierung von Frachtverkehr (Zilske et al., 2012) sowie Lieferlogistik aus der Perspektive von Transport Service Providern (Schroeder et al., 2012) wurden bereits wissenschaftlich aufgegriffen. Zu prüfen galt, inwiefern die Fragestellungen des gegenwärtigen Projektes bereits mithilfe existierender Module adressiert, sinnvoll ergänzt und erweitert werden können, und für welche Untersuchungen gegebenenfalls neue Beiträge in das MATSim-Framework eingebracht werden müssen.

Die Instrumente zur Entscheidungsunterstützung im Bereich Logistik sind vielfältig. Auf der Mikroebene liegt der Fokus meist auf Routenoptimierungsproblemen (z.B. Lin et al., 2014) und dem Vergleich verschiedener Mobilitäts- und Logistikkonzepte (z.B. Macharis et al., 2010). In den städtischen Kontext der urbanen Logistik werden diese zumeist nicht eingeordnet. Guerlain et al. (2016) hingegen demonstrieren ein Entscheidungsunterstützungssystem für die Planung der urbanen Logistik. Solche Systeme sind für die Öffentlichkeit und damit für politische Entscheidungsträger*innen bislang nur unzureichend verfügbar oder fokussieren lediglich Teilaspekte wie beispielsweise die Lebensmittellogistik (Bortolini et al., 2016). Aus der EU-Initiative European Urban Transport Roadmaps entstand zudem ein webbasiertes Strategie-Tool für kleine bis mittelgroße Städte, welches auf Makro-Ebene politische Handlungsoptionen und mögliche Maßnahmen hinsichtlich der Auswirkungen im Stadtverkehr auf Basis von Szenarioanalysen quantifiziert und prognostiziert hat. Der Ansatz des USEFUL-Tools unterscheidet sich hiervon stark, da hier die Mikro-Ebene des Verkehrs fahrzeuggenau über Szenarien modelliert und bewertet wurde, was im erwähnten Projekt auf dieser Detailebene keine Anwendung findet.

1.4.1 Angaben bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden.

Im Rahmen des Forschungsprojekts USEFUL sind keine bekannten Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens notwendig waren, benutzt worden.

1.4.2 Angaben der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste.

BALZERT, H., 2010. UML 2 kompakt: Mit Checklisten. 3. Auflage. Berlin-Heidelberg: Springer Spektrum. ISBN: 978-3-8274-2506-5

BORSHCHEV, A. und GRIGORYEV, I., 2014. The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with AnyLogic 6. 1. Auflage. The AnyLogic Company. ISBN: 0989573176

GAMMA, E., HELM, R., JOHNSON, R., VLISSIDES, J., 1995. Design Patterns. Addison Wesley. ISBN 978-0-201-63361-0

HORNI, A., NAGEL, K., AXHAUSEN, K.W. (eds.), 2016. The Multi-Agent Transport Simulation MATSim. London: Ubiquity Press. DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/baw>. License: CC-BY 4.0

INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDIZATION, 2014. ISO/IEC 25000:2014-03: System und Software-Engineering - Qualitätskriterien und Bewertung von System- und Softwareprodukten (SQuaRE) - Leitfaden für SQuaRE. Berlin: Beuth Verlag, 2014-03

KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT), 2018. Deutsche Mobilitätspanel (MOP) im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur

LARAVEL LLC, 2021. Laravel Docs [online]. [Zugriff am: 16.06.2021]. Verfügbar unter: <https://laravel.com/docs/master/>

PEFFERS, K., TUUNANEN, T., ROTHENBERGER, M., CHATTERJEE, S., 2007. A design science research methodology for information systems research. In: Journal of management information systems 24, no. 3: 45-77. DOI: 10.2753/MIS0742-122240302

POHL, K. und RUPP, C., 2011. Basiswissen Requirements Engineering. 3., korrigierte Auflage. Heidelberg: dpunkt.verlag. ISBN 978-3-89864-771-7

MARTIN, R. C., 2009. Clean Code. Prentice Hall. ISBN 978-0-13-235088-4

NOBIS, C. und KUHNIMHOF, T. 2018. Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur BMVI. Bonn-Berlin: BMVI. [Zugriff am: 15.05.2020]. Verfügbar unter: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf

SPILLNER, A., ROßNER, T., WINTER, M., LINZ, T., 2014. Praxiswissen Softwaretest Testmanagement. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Heidelberg: dpunkt.verlag. ISBN 978-3-86490-052-5

THE ANYLOGIC COMPANY, 2021. AnyLogic Cloud API 8.5.0 Documentation. Hanau: SimPlan AG, 15.06.2021 [Zugriff am: 15.06.2021]. Verfügbar unter: <https://cloud.anylogic.com/files/api-8.5.0/docs/index.html#1-overview>

QUINLAN, J. R., 1993. C4. 5: Programs for Machine Learning. The Morgan Kaufmann Series in Machine Learning, San Mateo, CA: Morgan Kaufmann

WITTEN, I. H. und EIBE, F., 2002. Data mining: practical machine learning tools and techniques with Java implementations. In: Acm Sigmod Record 31, no. 1: 76-77

1. Kurze Darstellung

WU, X., KUMAR, V., QUINLAN, R., GHOSH, J., YANG, Q., MOTODA, H., MCLACHLAN, G., NG, S. K. A., LIU, B., YU, P., ZHOU, Z.-H., STEINBACH, M., HAND, D., STEINBERG, D., 2007. Top 10 algorithms in data mining. In: Knowledge and information systems 14, no. 1: 1-37. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10115-007-0114-2>

WVI PROF. DR. WERMUTH VERKEHRSFORSCHUNG UND INFRASTRUKTURPLANUNG GMBH, 2010. Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010 (KiD 2010) im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

ZIMMERMANN, J., STARK, C., RIECK, J., 2006. Projektplanung: Modelle, Methoden, Management. 1. Auflage. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag. DOI: 10.1007/3-540-28483-4

ZILSKE, M.; SCHRÖDER, S., NAGEL, K., LIEDTKE, G., 2012. Adding freight traffic to MATSim

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Austausch mit AnyLogic-Entwickler bzgl. der Routenführung und technischen Simulationskomponenten

Es hat ein Austausch mit anderen AnyLogic-Entwicklern gegeben, um die optimale Routenführung für den Wirtschaftsverkehr im Simulationsmodell zu erschließen und abbilden zu können. Des Weiteren wurden einige technische Details im Hinblick auf die Simulationsentwicklung und Performanceverbesserungen besprochen.

Austausch mit Deutsche Post DHL

Im Rahmen des Forschungsprojektes hat ein intensiver, fachlicher Austausch mit der Deutschen Post DHL stattgefunden. Seitens der Deutschen Post DHL wurden neben Einblicken in die Arbeits- und Logistikprozesse auch relevante Sendungs- und Zustelldaten zur Verfügung gestellt, anhand derer die KEP-Simulationsmodelle justiert und verifiziert werden konnten.

Austausch mit REWE

Mit REWE hat ein inhaltsbezogener Austausch bzgl. der Durchführung des Lebensmittellieferungskonzeptes stattgefunden. In diesem Zusammenhang wurden vor allem Daten bzgl. des Bestellverhaltens der REWE-Kunden sowie des Lieferverhaltens von REWE selbst akquiriert. Da die Bereitschaft, Daten und Informationen bereitzustellen, eher gering war und viele Daten und Informationen aus Studien sowie wissenschaftlichen Arbeiten entnommen werden können, wird die Zusammenarbeit gegen Projektende gering ausfallen.

Initiative Urbane Logistik

Die Initiative Urbane Logistik Hannover verfolgt die Vision, Hannover als internationale Kompetenzregion für urbane Logistik zu etablieren. Orientiert an den Bedürfnissen der Menschen einer lebenswerten Stadt, soll die Zukunft der Logistik in Hannover ein Beispiel für leise, emissionsfreie und sichere Transportlösungen sowie eine innovative Infrastruktur im urbanen Raum werden und ihren Beitrag zum Erreichen des EU-Ziels einer weitestgehend CO₂-freien Logistik im Jahr 2030 leisten. Der Verbund bietet dazu eine Plattform für Partner*innen aus Kommune, Wissenschaft und Wirtschaft. Als Teil des For-

1. Kurze Darstellung

schungszweiges der Initiative konnte das Projekt USEFUL vom Austausch mit zusätzlichen Partner*innen wie der Deutsche Post DHL Group, der energcity AG und dem Amt für regionale Landesentwicklung Weser Leine profitieren.

Austausch mit weiteren Forschungsinstitutionen

Während der Projektlaufzeit wurde der fachliche Austausch mit weiteren Forschungsinstitutionen und Projekten gesucht. Dazu zählt die Präsentation von Projektpartnern am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der TU Braunschweig. Aus der Zusammenarbeit zum Thema Verkehrsanalyse vom IKG mit dem L3S (u.a. Projekte „Data4UrbanMobility“ (BMBF-Förderung 02K15A040), „CampNeo“ (Förderkennzeichen 01MD19007B), „d-E-mand“ (BMWi-Förderung 01ME19009B), „smashHit“ (EU-Förderung 871477) und Initiative „Mobiler Mensch“ (Förderung durch MWK Niedersachsen)) der LUH sind außerdem mehrere Publikationen entstanden.

Initiative mFUND

Die Webapplikation wurde auf einem Workshop der TU Braunschweig im Rahmen der Forschungsinitiative mFUND zum Projektabschluss des Projektes, zur Konzeption und Machbarkeitsuntersuchung einer zentral gesteuerten Belieferung von urbanen Fabriken (ZAUF) durch einen Beitrag der Leibniz Universität Hannover vorgestellt und diskutiert.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung im Einzelnen und erzielte Resultate

Das Projekt USEfUL setzt sich aus fünf Modulen mit insgesamt 19 Arbeitspaketen (AP) zusammen (vgl. Abbildung 2). Dabei war das Institut für Verkehr- und Stadtbauwesen der Technischen Universität Braunschweig (IVS) im Verlaufe des Projektes gemeinsam mit der Fakultät IV (Wirtschaft und Informatik) der Hochschule Hannover vor allem für die Simulationen der Logistikkonzepte und die Evaluation und Auswertung der resultierenden Ergebnisse verantwortlich. Ziel war es, ein Simulationsmodell zur quantitativen Darstellung der Prozesse der urbanen Logistik zu entwickeln, das auf einem Open-Source-Ansatz basierte. Als Simulationswerkzeug kam auf Seiten des IVS dafür die agentenbasierte Verkehrssimulation MATSim (Horni et al., 2016) zum Einsatz. Mit Hilfe von entsprechenden Modellen wurden dann umfangreiche Simulationsexperimente zur Quantifizierung von Verkehrsflüssen, Nutzerverhalten und Wirtschaftsverkehren durchgeführt.

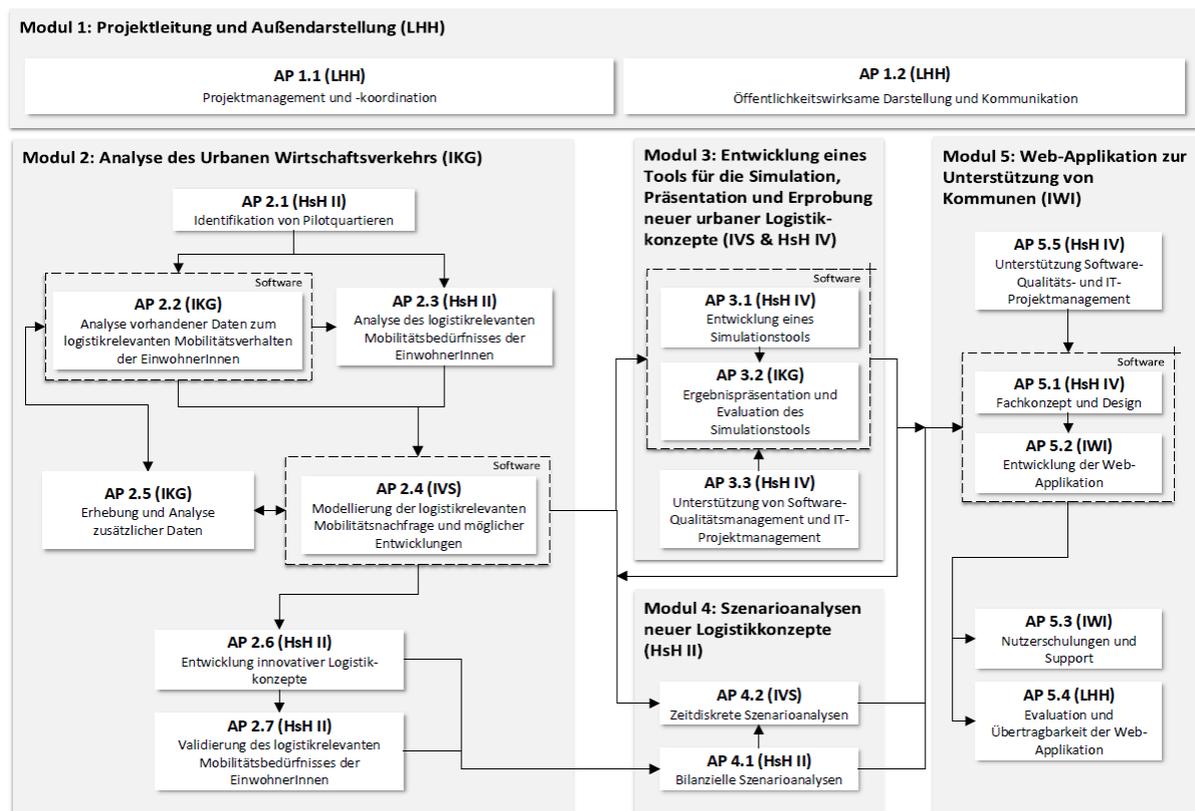


Abbildung 2. Netzplan des Gesamtvorhabens

2.1.1 MODUL 2: Analyse des urbanen Wirtschaftsverkehrs

Zu Beginn des Projektes wurde eine Literaturanalyse durchgeführt, um unterschiedliche Umsetzungs- und Implementierungsmöglichkeiten für das agentenbasierte Framework MATSim zu evaluieren. Die Analyse hat gezeigt, dass der Wirtschaftsverkehr in vielen Verkehrsmodellen oft nicht oder nur ansatzweise bzw. sehr vereinfachend abgebildet wird (Reiffer et al., 2018). Eine integrative Betrachtung der

2. Eingehende Darstellung

Interaktion zwischen dem Individual- und dem Wirtschaftsverkehr kann mit diesen Modellen meist nicht durchgeführt werden. Eines der Projektziele war es daher, den Wirtschaftsverkehr gemeinsam mit dem Individualverkehr in einem Verkehrsmodell abzubilden. Hierfür wurde – neben einem neuen agentenbasierten Verkehrsmodell der Stadt Hannover – eine neue Methodik benötigt, um den Wirtschaftsverkehr bzw. die Wirtschaftsverkehrsnachfrage in MATSim modellieren zu können. Mit dem Modell sollte der gesamte Verkehr in Hannover für einen typischen Werktag simuliert werden. MATSim arbeitet agentenbasiert, simuliert somit auf mikroskopischer Ebene jeden Verkehrsteilnehmer einzeln und unterscheidet sich so von klassischen, aggregierten Verkehrsmodellen. Gemeinsam mit anderen Projektpartnern wurde im Verlauf des Projektes eine detaillierte und tiefgehende Datenbasis geschaffen, auf der die gesamten Simulationsmodelle basierten. Aufbauend auf diesen Daten wurde anschließend eine Methodik entwickelt, um ein solches ganzheitliches und integriertes Verkehrsmodell der Stadt Hannover in MATSim aufzubauen (vgl. Abbildung 3):

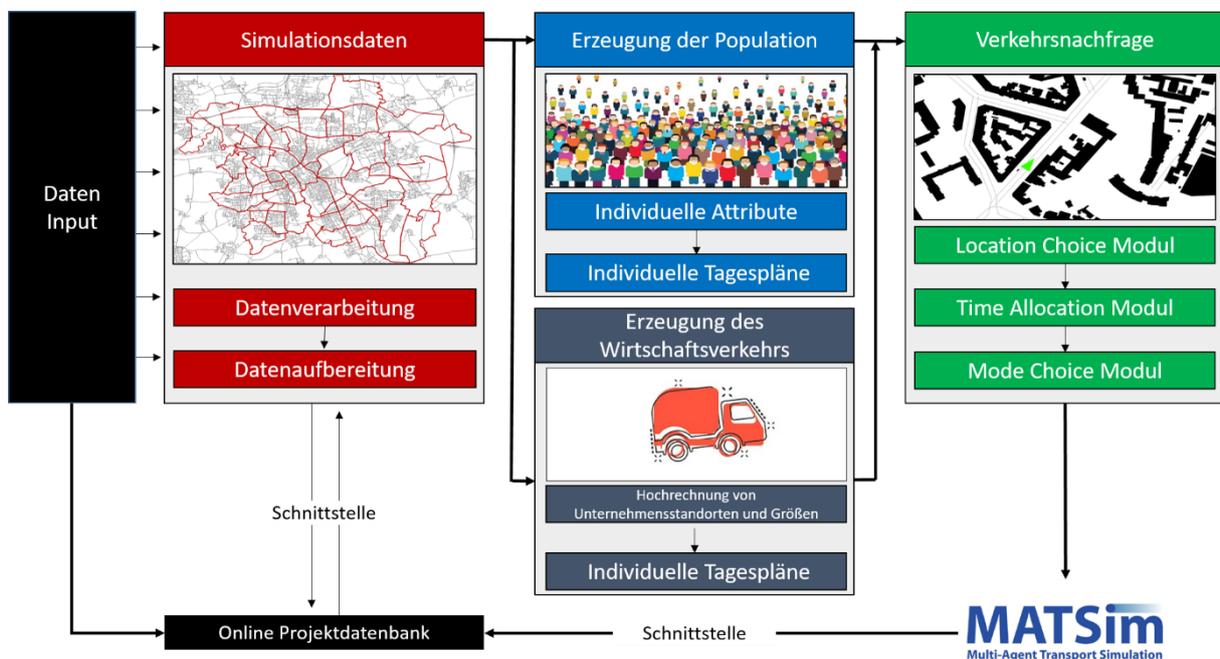


Abbildung 3. Schematischer Aufbau der MATSim Modellberechnung der Stadt Hannover

Nach der Konvertierung des Simulationsnetzes musste aufgrund des agentenbasierten Simulationsansatzes ein synthetisches Abbild der Gesamtbevölkerung erzeugt werden. Die resultierende Population wurde dann mit unterschiedlichen Mobilitätskennwerten bzw. –attributen versorgt. Die benötigten Parameter wurden aus den Studien „Mobilität in Deutschland (MiD)“ und dem „Deutschen Mobilitätspanel (MOP)“ abgeleitet. Ausgehend von der Definition bzw. Gliederung des Wirtschaftsverkehrs nach Arndt, 2010, wurde zu Beginn des Projektes von den Projektpartnern festgelegt, welche Unterarten des Wirtschaftsverkehrs in den zu entwickelnden Modellen abgebildet werden sollten (vgl. Abbildung 4). Gemeinsam wurde entschieden, den Fokus im Projekt auf eine ganzheitliche Darstellung des Dienstleistungs- bzw. Güterwirtschaftsverkehrs zu legen, da diese Betrachtungsweise in der aktuellen Forschung unterrepräsentiert ist.

2. Eingehende Darstellung

Verkehr					
Immaterieller Verkehr	Materieller Verkehr				
Telefonie, Fax, Datenaustausch	Personenverkehr			Güterverkehr	
	Privater Personenverkehr (mit IV, ÖV)	Wirtschaftsverkehr			Privater Güterverkehr
	Berufs-, Einkaufs-, Freizeitverkehr,...	Personenwirtschaftsverkehr	Dienstleistungsverkehr	Güterwirtschaftsverkehr	Privater Umzugs-, Entsorgungsvverkehr

Abbildung 4. Definition des Wirtschaftsverkehrs nach Arndt

Ein wichtiger Baustein zur Bestimmung des Wirtschaftsverkehrs war die Ermittlung der im Untersuchungsgebiet ansässigen Unternehmen, da diese einen Großteil des Verkehrs mit ihren zugehörigen Fahrzeugen induzieren. Die Unternehmensstandorte wurden unter Nutzung von frei verfügbaren Datenquellen ermittelt. Anschließend wurden in Zusammenarbeit mit der Handels- und Handwerkskammer sowie weiteren öffentlichen Registern die Mitarbeiterzahlen abgeschätzt und den Unternehmen zugeordnet. Um die entsprechende Fahrzeuganzahl am Standort zu bestimmen bzw. hochzurechnen, wurde die Studie „Krafftfahrzeuge in Deutschland (KiD)“ aus dem Jahr 2010 ausgewertet. Neben typischen Befragungsgrößen wie Tourenlängen und Tourenmustern wurden dort auch Informationen zur Unternehmensgröße, Fahrzeuganzahl und Branche des Unternehmens abgefragt. Diese Informationen wurden aus der Studie extrahiert, gefiltert, aufbereitet und branchenspezifisch den vorab ermittelten Standorten zugewiesen. Zur Kalibrierung dieses Verfahrens wurde die Gesamtanzahl an Erwerbstätigen in Hannover sowie die Anzahl an Beschäftigten in unterschiedlichen Gewerben mit den hochgerechneten Unternehmensparametern verglichen. Diese sind in nachfolgender Tabelle 1 aufgeführt:

2. Eingehende Darstellung

Tabelle 1. Vergleich zwischen hochgerechneten Unternehmensgrößen und Realdaten der Stadt Hannover

Gewerbe	Statistische Daten der Stadt Hannover	Hochgerechnete Unternehmensverteilung	Abweichung	Berechnete Fahrzeuge am Standort Hannover
	Erwerbstätige am Standort Hannover	Berechnet Erwerbstätige am Standort Hannover		
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	200	249	19,7%	37
Produzierendes Gewerbe	63.108	62.237	-1,4%	10.769
Handel, Gastgewerbe, Verkehr, Information und Kommunikation	94.499	96.543	2,1%	27.813
Finanzen-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleister, Grundstücks- und Wohnungswesen	99.664	98.892	-0,8%	16.394
Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung und Gesundheit	167.608	169.769	1,3%	34.305
Total	425.051	426.690	0,4%	89.318

Zur weiteren Validierung der Ergebnisse wurde die Anzahl der hochgerechneten Fahrzeuge mit statistischen Angaben bzgl. der in Hannover zugelassenen Kraftfahrzeuge verglichen (Landeshauptstadt Hannover, 2019). Insgesamt waren in Hannover im Jahr 2019 250.995 Kraftfahrzeuge zugelassen. Die Anzahl der nicht auf eine Privatperson angemeldeten Kraftfahrzeuge lag dabei bei 70.716 Fahrzeugen. Auf Basis der hochgerechneten Fahrzeugverteilung für Hannover wurden insgesamt Unternehmen mit 89.318 Kraftfahrzeugen berechnet. Dies ergab eine Überschätzung der Gesamtfahrzeugmenge von 20,8 %. Zur weiteren Validierung der Ergebnisse konnte den Daten entnommen werden, dass 17.836 Nutzfahrzeuge in Hannover gemeldet waren. Im Vergleich dazu ergaben die Daten der Hochrechnungsmethodik in Summe 21.904 Nutzfahrzeuge, also eine Abweichung von 18,6 %. Diese Überschätzung des Verfahrens ist durch nicht in Hannover gemeldete Nutzfahrzeuge zu erklären, die aufgrund des Firmensitzes in anderen Zulassungsbezirken gemeldet sind. Ein weiterer Einflussfaktor liegt in einer unscharfen Trennung zwischen Privat- und Nutzfahrzeugen in der Statistik, da in der KiD nur zwischen PKW und leichten bzw. schweren LKW unterschieden wird.

Neben den Unternehmen bzw. deren zugehörigen Fahrzeugen war für eine ganzheitliche Abbildung des Wirtschaftsverkehrs im MATSim Modell auch das Frachtaufkommen in der Kurier-Express-Paket-Dienst (KEP)-Branche von Bedeutung. Viele der entwickelten Logistikkonzepte wirken sich auf dieses Segment des Wirtschaftsverkehrs aus, daher sollte eine möglichst genaue Methodik zur Bestimmung der Versandmenge auf Stadtteilebene entwickelt werden. Vom Partner DHL aus der Projektinitiative Urbane Logistik Hannover wurden Datensätze zum Paketaufkommen in Hannover bereitgestellt, die aber nur lokale Informationen über die Liefermenge in Teilen von Hannover enthielten. Um die gesamte Paketmenge für Hannover im Modell abbilden zu können, wurde basierend auf diesen Daten ein Modell zur Schätzung der Paketnachfrage für das Stadtgebiet errechnet (D. Schmidt, 2019). Die Ergebnisse dieser Schätzung sind in Abbildung 5 für jeden Stadtteil aufgeführt.

2. Eingehende Darstellung

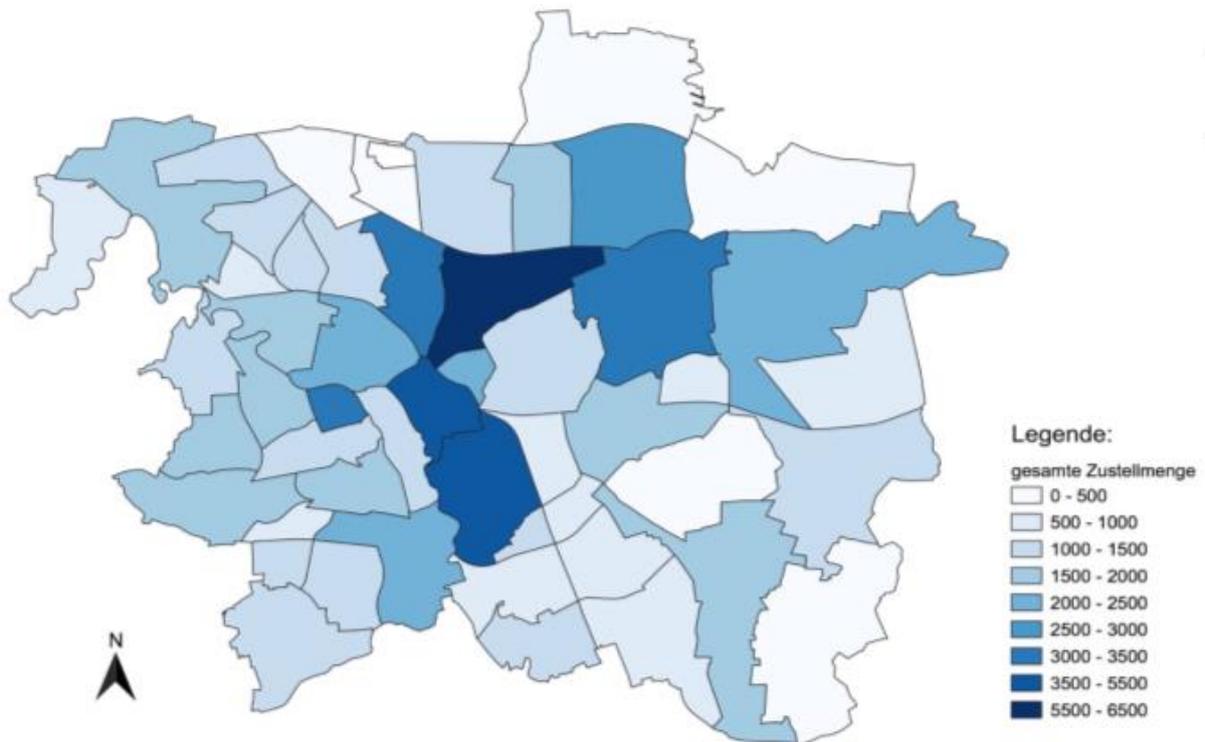


Abbildung 5. Hochgerechnete Zustellmenge (Pakete) aller KEP-Dienstleister für die Stadtteile von Hannover

Die berechnete Nachfrage wurde im Anschluss mit den Einwohner*Innen und Unternehmen im Simulationsgebiet fusioniert, um eine straßengenaue Versandmenge zu bestimmen, welche als Eingangsdaten für die Simulationsmodelle genutzt werden konnte. Auf Basis der berechneten Anzahl an Fahrzeugen und der bestimmten Versandmenge wurden im nächsten Schritt die Touren der Fahrzeuge bestimmt und in das Simulationsmodell integriert.

Da neben den verkehrlichen Auswirkungen auch wirtschaftliche Effekte in die Entscheidungsfindung mit einbezogen werden sollten, wurden die einzelnen Touren in den Untersuchungsquartieren von Hannover mit der Software AnyLogic von der Hochschule Hannover simuliert und im Anschluss an die Verkehrssimulation in MATSim übergeben. Hierfür wurde ein Konzept zur Kopplung der unterschiedlichen Tools entwickelt (vgl. Abbildung 6). Die berechneten Touren wurden wieder in MATSim importiert und mit dem Modell des Individualverkehrs zu einer Simulation zusammengefügt, um den Status Quo des Verkehrs der Stadt Hannover abzubilden.

2. Eingehende Darstellung

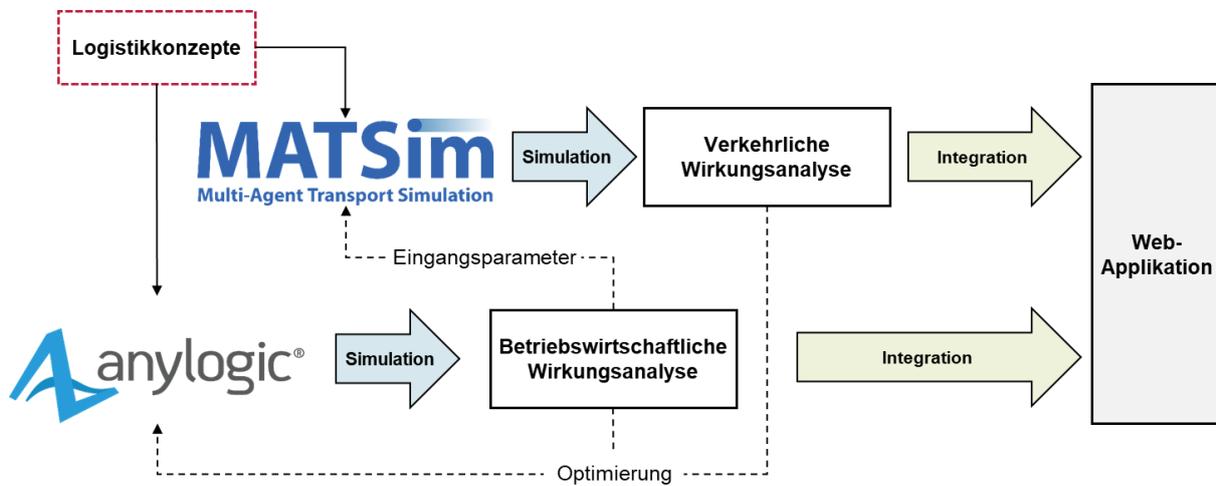


Abbildung 6. Konzept zur Kopplung der eingesetzten Simulationstools

Dieser Status Quo- bzw. Referenzwert bildete die aktuelle Ausgangslage des Verkehrs in Hannover und war zur Bewertung der entwickelten Konzepte erforderlich, um den Einfluss auf die entsprechenden Zielgrößen nachzuweisen. Die Modelle wurden mit Referenzdaten der Stadt Hannover bzw. der Logistikdienstleister angepasst. Dafür musste das Modell auf realen Verkehrsdaten (Verkehrsmittelwahl, Verkehrsstärke) kalibriert werden. Über spezifische Simulationsparameter wurde zunächst das Verkehrsmittelwahlverhalten in der Simulation so angepasst, dass die Ergebnisse aus der Simulation mit den Realdaten so gut wie möglich übereinstimmten. Diese Differenz ist in Tabelle 2 dargestellt. Hierbei wird zwischen der Region Hannover und dem Bereich der Stadt Hannover unterschieden.

Tabelle 2. Modal Split im Vergleich zwischen Realdaten und der Simulation

Verkehrsart	Anteil (%)			
	MiD 2017 (Region)	Simulation (Region)	MiD 2017 (Stadtgebiet)	Simulation (Stadtgebiet)
Kraftfahrzeug	35	34	27	29
Mitfahrer	12	10	9	8
ÖPNV	16	16	19	18
Fahrrad	16	20	19	22
Fußgänger	22	20	26	23

Im Anschluss wurde das Simulationsmodell auch auf Zählraten der Stadt Hannover kalibriert. Dies erfolgte durch einen Vergleich von in der Realität gemessenen Verkehrsstärken und den Simulationsergebnissen. Die Validierung der Simulationsergebnisse wurde mit den Daten aus der MiD 2017 Studie und der KiD Studie durchgeführt. Hierfür wurden Mobilitätskennwerte wie beispielsweise die durch-

2. Eingehende Darstellung

schnittliche Fahrtweite und -dauer aus der Studie extrahiert und mit den Ergebnissen des Verkehrsmodells verglichen. Es zeigte sich, dass das Modell die Fahrdistanzen insbesondere im mittleren Fahrtenweitenbereich um ca. 10 % unterschätzte. Dies ist auf die Begrenzung des Simulationsgebietes auf die Stadt Hannover zurückzuführen, da Agenten im Verkehrsmodell die Region Hannover nicht verlassen können. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen zeigte das Modell des Individualverkehrs aber eine notwendige Genauigkeit und konnte somit als validiert angesehen werden.

Zur Validierung der Simulation des Wirtschaftsverkehrs wurden die Ergebnisse ebenfalls mit Ergebnissen bzw. Datengrundlagen anderer Studien abgeglichen. Die elementarste Leistungskenngröße bezüglich des Kraftfahrzeugverkehrs stellt die Fahrzeugfahrleistung da. Diese ist neben der Fahrzeugeinsatzquote und der Fahrtenhäufigkeit in der Verkehrsplanung für die Verkehrsnachfragemodellierung von entscheidender Bedeutung (vgl. WVI, S 342). Die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**3 zeigt die Abweichung dieser Kenngrößen zwischen der Studie und den Simulationsergebnissen für die Fahrzeugtypen *PKW*:

Tabelle 3. Vergleich der KiD Daten mit den Simulationsergebnissen für PKW

Kenngröße	KiD	Simulation	Abweichung
Ø - Fahrzeugfahrleistung	49,5 km	45,1 km	-10 %
Ø - Fahrzeugeinsatzquote	67%	66%	-2 %
Ø - Fahrtenhäufigkeit	2,6 Fahrten	2,2 Fahrten	-18 %

Die Analyse der Ergebnisse zeigt, dass die Simulationsergebnisse nur leicht von den Daten der KiD abweichen. Auffällig ist, dass die durchschnittliche Tourenlänge in der Simulation kürzer ausfällt als in der KiD erhoben worden ist. Dies ist erneut auf die Begrenzung des Simulationsgebietes zurückzuführen. Trotz dieser Abweichungen bildet das Modell die grundlegenden Charakteristika des Wirtschaftsverkehrs korrekt ab und kann somit als ausreichend genau eingeschätzt werden.

Neben den Arbeiten am Verkehrsmodell der Stadt Hannover hat das IVS in Modul 2 bei der Entwicklung der innovativen Logistikkonzepte mitgewirkt. Dafür wurde zunächst in der Literatur nach existierenden Konzepten gesucht und diese evaluiert bzw. sortiert. Um für Hannover geeignete Konzepte zu identifizieren, wurde ein Maßnahmenkatalog erstellt, der eine Übersicht über derzeitige und bereits pilotierte Konzepte ermöglichte. Die Maßnahmen wurden zunächst in die Kategorien regulatorische, Management-, Infrastruktur-, marktbezogene, technologische und flächenbezogene Maßnahmen untergliedert. Durch eine Zuordnung zu den einzelnen Branchen sowie durch den Vergleich der Konzepte untereinander wurde eine Matrix entwickelt, die eine strukturierte Übersicht derzeitiger Logistikkonzepte visualisierte. Aus dieser Gesamtübersicht wurden in einem projektinternen Workshop die für Hannover zu simulierenden Konzepte festgelegt. Bei der Auswahl wurden vor allem aktuelle und innovative Konzepte erfasst, die innerhalb eines kurz- bis mittelfristigen Zeitraums umsetzbar sind. Darüber hinaus wurde jedoch auch ein langfristiges Konzept ausgewählt, um einen Blick in die Zukunft zu ermöglichen. Im Einzelnen wurden die folgenden Konzepte für die Analyse und Simulation in USEfUL ausgewählt:

2. Eingehende Darstellung

- **a0 – Micro-Hub:** Im Innenstadtbereich werden mehrere Standorte für Micro-Hubs freigehalten, die in der Größenordnung eines Containers/ LKW-Anhängers eine Distribution der Pakete auf der letzten Meile ermöglichen. Die Zustellung der Pakete erfolgt durch jeden KEP-Dienstleister einzeln. Die Micro-Hubs ermöglichen eine Paketbelieferung der letzten Meile im Einzugsgebiet des Hubs. Aufgrund des kleinen Gebietes kann die Belieferung vollständig mit Lastenfahrrädern oder anderen emissionsfreien Verkehrsmitteln durchgeführt werden. Als Ziele werden somit die emissionsfreie Belieferung auf der letzten Meile, die Verkehrsentslastung und die Verbesserung des Verkehrsflusses durch die Reduktion des Zweite-Reihe-Parkens/Haltens angestrebt. Die Steigerung der Effizienz durch die Flexibilität des Lastenfahrrades kann den Nachteilen bzgl. der geringeren Kapazität und den u. U. höheren personellen Kosten entgegenwirken.
- **a1 – White-Label:** Aufträge mehrerer KEP-Dienstleister werden von einem gemeinsamen Dienst in der Innenstadt gebündelt durchgeführt. Die horizontale Kooperation und die Bündelung der Aufträge in einem gemeinsamen Distributionszentrum am Stadtrand oder die Nutzung von bestehenden Strukturen ermöglicht eine Effizienzsteigerung, die sich gleichzeitig positiv auf die Emissionsbilanz und den Verkehrsfluss auswirkt. Die vorhandenen Fahrzeugflotten werden gemeinsam genutzt, um einzelne Fahrzeuge effektiver auszulasten und die Kosten reduzieren zu können. Anhand von *Home Delivery*, *Pick Up* und Ablageorten können die Sendungen den Kunden mit gängigen Nutzfahrzeugen geliefert werden.
- **a2 – City-Hub:** Es wird ein stationärer, innerstädtischer Umschlagplatz errichtet, der von mehreren KEP-Dienstleistern zur Distribution auf der letzten Meile genutzt wird. Über den stationären Hub in der Innenstadt werden Endkunden von verschiedenen KEP-Dienstleistern beliefert. Dabei agieren die Standorte als Umschlagplatz, in denen vorzugsweise mehrere KEP-Dienstleister die entsprechenden Pakete im Hub in der Größenordnung von LKW-Ladungen in Empfang nehmen und auf leichte Nutzfahrzeuge und einen erhöhten Anteil an Lastenfahrrädern und handgeführten Transporthilfen zur Distribution auf der letzten Meile umverteilen. Der Standort bietet zusätzlich die Möglichkeit, die für die Distribution benötigten Fahrzeuge außerhalb der Betriebszeit sicher abzustellen und ggf. ihren Akkumulator aufzuladen.
- **a3 – Zentrale Paketabholorte:** Die Zustellung erfolgt seitens der KEP-Dienstleister nur noch über *unattended Services*, indem Aufträge ausschließlich an Stationen/Geschäfte oder über einen Ablageort an die Kunden geliefert werden. Die KEP-Dienstleister vollziehen keine üblichen Zustellungen zum Kunden nach Hause via direktem Kontakt. Stattdessen werden die Pakete in fußläufig erreichbaren Paketstationen, Paketshops oder über andere Ablageorte (z. B. Kofferraumzustellung) gesammelt und zur Abholung durch den Kunden zur Verfügung gestellt. Vorzugsweise können die Abholmöglichkeiten an ÖPNV-Haltestellen vorzufinden sein. Es wird dabei angenommen, dass eine entsprechend hohe Dichte an Ablageorten verfügbar ist, sodass der Kunde zur Abholung seines Pakets keine zusätzlichen Wege benötigt. Der Verkehr und die resultierenden Emissionen könnten somit verringert werden.
- **b1 – Online-Lebensmitteleinkauf / E-Grocery:** Kunden bestellen Verbrauchsgüter wie Lebensmittel und Drogerieartikel bei einem lokalen Anbieter mit einem bestimmten Lieferzeitfenster an seinen Wunschort. Der Kunde wird somit für den Versorgungseinkauf nicht mehr selbst mobil, sondern erhält die bestellten Verbrauchsgüter, die mithilfe von leichten Nutzfahrzeugen geliefert werden. Es wird nur der Einkauf eines Anbieters geliefert, sodass keine Konsolidierung mehrerer Anbieter stattfindet. Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass der Kunde seinen

2. Eingehende Darstellung

vollständigen Versorgungseinkauf bei einem einzigen Anbieter erledigt und die Bestellung nicht auf mehrere Anbieter aufteilt.

- **b7 – Nachbarschaftseinkauf:** Nachbarschaften organisieren ihre Mobilität auslösenden Aktivitäten, indem sie über Arbeitsteilung ihre Einkaufswege verknüpfen und somit die Anzahl aller Wege in der Summe reduzieren. Vorzugsweise erledigt ein Nachbar mehrere Aktivitäten für einen anderen Nachbarn (z.B. wird der Fokus auf die Einkaufsaktivitäten der partizipierenden Nachbarschaften gelegt). Auf diese Weise kann der Verkehr, der durch das Anfahren gleicher Ziele mit einem Kraftfahrzeug entsteht, reduziert und die Emissionsbilanz positiv beeinflusst werden.
- **f2 – Shared Fleet Business:** Verschiedene Branchen schließen sich zusammen, um ihre Fahrzeuge und ggf. auch ihr Material zu teilen. Anstelle eines innerbetrieblichen Teilens von Fahrzeugen wird ein betriebsübergreifendes bzw. im Einzelfall sogar branchenübergreifendes Konzept angestrebt, das es Nutzern ermöglicht, ihre Fahrzeuge und ihr Personal effizienter auszulasten. Vorzugsweise kann ein gemeinsamer Pool an Fahrzeugen angenommen werden, der die entsprechenden Kapazitäten der Nutzer berücksichtigt und Fahrzeug, Material und Personal zum jeweiligen Zeitpunkt am Auftragsort abstellt bzw. abholt. Als Ziel wird angestrebt, die Anzahl der am Verkehr teilnehmenden Fahrzeuge zu reduzieren und damit die Emissionsbilanz zu verbessern.
- **g2 – Care & Share:** Mehrere Unternehmen im Gesundheits- und Sozialwesen teilen sich ihre Fahrzeugflotten bzw. richten einen Fahrdienst ein, um Fahrzeuge durch Mitnahme und Abholung von Mitarbeitern besser auszulasten. Durch die mögliche Reduzierung der Gesamtanzahl von Fahrzeugen lassen sich auf diese Weise auch Parkflächen am Standort der teilnehmenden Unternehmen einsparen und Parksuchverkehre reduzieren, was insgesamt zu einer Reduzierung von Emissionen führt. Unternehmensbezogen lässt sich bei entsprechender Organisation des Fahrdienstes gleichzeitig die Effizienz steigern.
- **x1 – Röhrentransport:** Mit Blick in die Zukunft und den hieraus ggf. resultierenden lokalen Zufahrtsbeschränkungen erfolgt die Belieferung der Innenstadt über ein innovatives Transportsystem (unterirdisches Förderband) durch ein Logistikzentrum außerhalb der Stadt. Durch die Anlieferung der Stückgüter außerhalb der Stadt und den unterirdischen Transport lässt sich der Verkehr auf die Randbereiche der Stadt verlagern. Die Verteilung der Stückgüter auf der letzten Meile über Lastenfahrräder oder leichte Nutzfahrzeuge ausgehend von den innerstädtischen Hubs reduziert den Verkehr, sodass Emissionen reduziert und der Verkehrsfluss verbessert werden können.

2. Eingehende Darstellung

2.1.2 MODUL 3: Entwicklung eines Tools für die Simulation, Präsentation und Erprobung neuer urbaner Logistikkonzepte

Das validierte Verkehrsmodell des verkehrlichen Status Quos, der sog. Base-Case von Hannover, stellte die Basis für die Simulationsstudien dar, die dann im Modul 4 durchgeführt wurden. Die entwickelten Logistikkonzepte wurden hierfür sukzessive in das MATSim Modell der Stadt Hannover integriert und für die Simulationen vorbereitet. Um sowohl den konzeptionellen Anforderungen in Hinblick auf die inhaltliche, realitätsgetreue Abbildung der Konzepte gerecht zu werden als auch den simulationsbezogenen, technologischen Wirkungsgrad zu erhöhen und eine mehrdimensionale Datenauswertung für die anvisierten Nutzergruppen zu ermöglichen, wurden die identifizierten Logistikkonzepte sowohl mit mikroskopischem (AnyLogic) Abstraktionsgrad als auch mit einem umfassenden stadtumfassenden Verkehrsmodell (MATSim) modelliert und in das bestehende Simulationskonzept integriert. Die Abbildung 7 stellt beispielhaft den integrativen Prozess eines solchen Simulationsexperimentes mit MATSim und AnyLogic für das Konzept *b1 – Online-Lebensmitteleinkauf / E-Grocery* schematisch da:

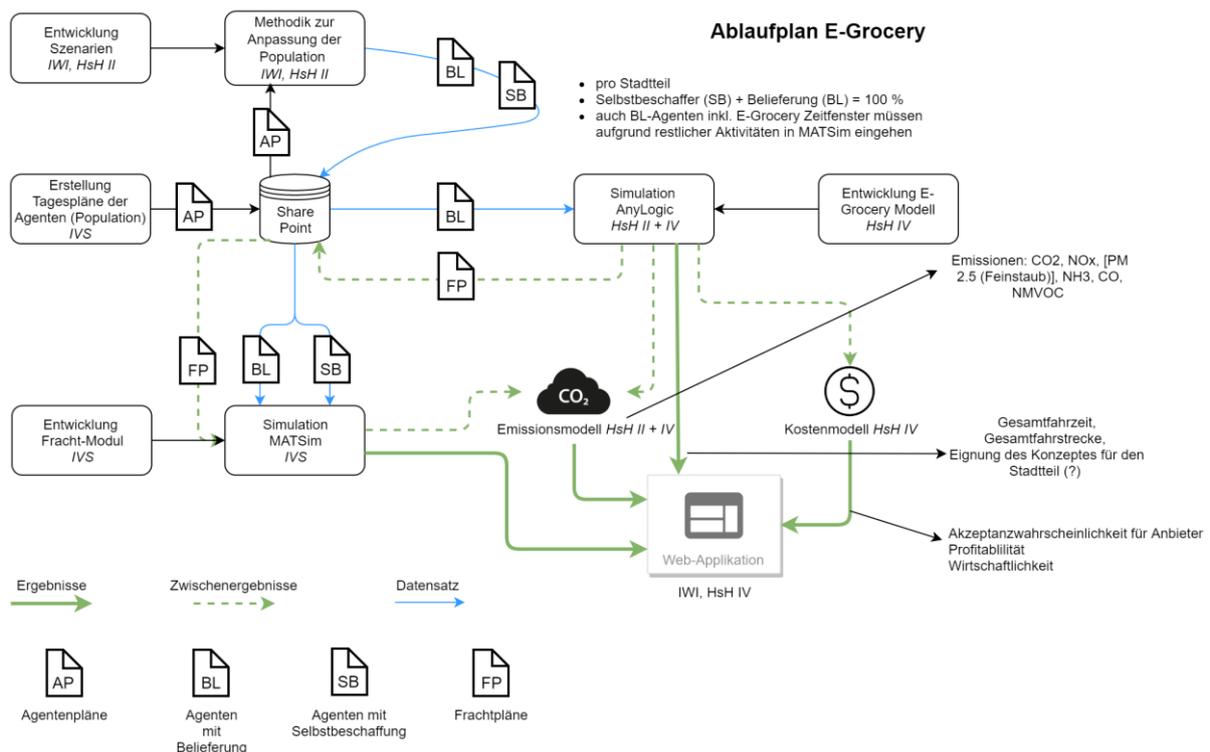


Abbildung 7. Schematischer Ablauf der Simulationsstudien am Beispiel des Konzepts *b1 – Online-Lebensmitteleinkauf / E-Grocery*

Nach Simulation der verschiedenen Konzepte konnten diese auf Basis eines Benchmarking-Ansatzes mit dem Base-Case verglichen werden, um die verkehrlichen Auswirkungen der neuen Konzepte abschätzen und bewerten zu können. Das Ergebnis des Moduls war ein Tool bzw. eine Prozesskette, die die Umsetzung von unterschiedlichen Logistikszenarien mit verschiedenen Parametern ermöglichte, um

2. Eingehende Darstellung

die Auswirkungen der Konzepte auf die Zielgrößen und zum verkehrlichen Status Quo der Stadt Hannover zu untersuchen und diese zu bewerten. Über eine Schnittstelle konnten die Ergebnisse der Simulationen direkt in das Entscheidungsunterstützungstool übernommen werden.

Für die Entwicklungsarbeiten an den Simulationstools wurde ein inkrementeller, agiler Entwicklungsprozess gewählt, der die Entwicklung der verschiedenen Komponenten innerhalb von kleinen Teams vorsah. So konnten die organisationalen und geographischen Strukturen im Entwicklerteam zur Kompetenzbündelung ausgenutzt werden. Durch die frühe Zieldefinition und regelmäßige Besprechungen aktueller Ergebnisse wurde der natürlichen konzeptionellen Divergenz zwischen den verschiedenen Entwicklerteams entgegengewirkt.

Durch die sehr unterschiedlichen Logistikkonzepte und der damit verbundenen notwendigen Modellierungsarbeiten war der Aufwand zur Implementierung in das Simulationsframework größer als vor Projektbeginn geplant. Dies führte in Summe zu einer Verlängerung der Arbeiten an Modul 3 von ca. 6 Monaten.

2.1.3 MODUL 4: Szenarioanalysen neuer urbaner Logistikkonzepte

Es wurden komplementäre Teilszenarien mit unterschiedlichen Parameterausprägungen für bestehende und neue Logistikkonzepte sowie der betroffenen Einwohner*Innen definiert. Die unterschiedlichen Teilszenarien wurden anhand von vorab definierten Kennwerten (Bedürfnisse der Einwohner*Innen, Verkehrsaufkommen, Emissionen, etc.) für die jeweiligen Quartiere iterativ simuliert, aggregiert, bilanziert und anschließend ausgewertet.

Da Logistikkonzepte vielfältige Auswirkungen auf die beteiligten Akteure haben, ist es wichtig, die unterschiedlichen Zielgrößen zu berücksichtigen, auf welche die Konzepte wirken. Hierfür wurden zunächst die verschiedenen beteiligten Akteure identifiziert:

1. Einzelhandel & Dienstleister
2. Stadt & Kommunen
3. Logistik- & Transportdienstleister
4. Kunden & Anwohner

Aufgrund der gegenseitigen Beeinflussung der einzelnen Zielgruppen entstehen zwangsläufig Zielkonflikte in der Bewertung der Logistikkonzepte, sodass nicht alle Bedürfnisse der Akteure gleichzeitig befriedigt werden können. Die Minimierung der Kosten des Transportprozesses aus Sicht der Logistik- und Transportdienstleister steht beispielsweise im Kontrast zur gleichzeitigen Maximierung des Service für den Endkunden. Die Konzepte sollten daher so konzipiert werden, dass möglichst viele Anforderungen der verschiedenen Akteure abgedeckt werden. Entsprechende Wechselwirkungen wurden daher bei der Evaluation der Simulationsergebnisse berücksichtigt. Für die identifizierten Akteure wurden folgende Zielgrößen festgelegt:

2. Eingehende Darstellung

- **Akzeptanz:** Mit der Zielgröße Akzeptanz wird gemessen, inwieweit die Logistikkonzepte von den betroffenen Stakeholdern angenommen werden. Logistikkonzepte sollten in ihrer Ausprägung sozialverträgliche Arbeitsbedingungen voraussetzen, von den Akteuren sowohl auf der geschäftlichen als auch auf der Kunden-Seite akzeptiert und nutzbringend gestaltet sein.
- **Verkehrliche Auswirkungen:** Die Reduktion von Verkehr ist eine entscheidende Anforderung an Logistikkonzepte, um Emissionen, zunehmender Flächenknappheit u. ä. entgegen zu treten. Die Umsetzung der Logistikkonzepte sollte nicht mehr Verkehr induzieren, sondern bilanziell, bspw. durch die Substitution von Individualverkehr durch Wirtschaftsverkehr, zu einer verkehrlichen Entlastung führen.
- **Umsetzungs- bzw. Innovationspotential:** Mit dieser Zielgröße werden die Logistikkonzepte vor die Anforderung gestellt, durch ihren Neuheitswert entsprechende Nutzergruppen anzuziehen und sich aufgrund einer lückenschließenden Umsetzung auch in anderen Städten oder Stadtteilen bspw. durch Bekanntheit erfolgreich zu etablieren.
- **Wirtschaftlichkeit:** Da Unternehmen in der Regel eine Profit-Maximierung anstreben, wird die Umsetzung eines Logistikkonzepts i.d.R. nach dem Prinzip der Kostenminimierung ausgewählt. Etablierte Prozesse umzustellen erfordert daher eine höhere Wirtschaftlichkeit, eine entsprechende Förderung oder einen Imagegewinn durch ein neues bzw. alternatives Logistikkonzept, welches den entsprechenden Kosten-Nachteil aufwiegt.
- **Ökologischer Break-Even-Point:** Mit der Zielgröße wird gefordert, dass Konzepte, die mit besonders geringem finanziellen Aufwand die höchsten ökologischen Auswirkungen zeigen, besser bewertet werden.
- **Flächenbedarfe:** Die Zielgröße Flächenbedarfe umfasst die Anforderungen an die Logistikkonzepte, bspw. möglichst geringe Flächen in Anspruch zu nehmen, um den Flächenbedarf in urbanen Räumen nicht zu erhöhen. Logistikkonzepte, die die Fläche erhöhen, werden kenntlich gemacht.
- **Emissionen:** Die Minimierung von Emissionen in Form von Schadstoffen und Lärm stellt eine wichtige Zielgröße von Logistikkonzepten dar, um die Umweltbelastungen zu reduzieren und die Lebensqualität in Städten zu erhöhen.
- **Kosten:** Mit dieser Zielgröße sollen Kosteneinsparungen aufgezeigt werden. Hierfür wird der sogenannte „Ist-Zustand“ mit den Kosten des ausgewählten Konzepts verglichen. Diese Zielgröße soll die Konzepte kritisch auf ihre Kosten untersuchen. Auch dahingehend, ob sich bei einigen Logistikkonzepten die Verteilung der Kosten zwischen Unternehmen, Verwaltung und Bevölkerung lediglich verschiebt und keine Einsparungen stattfinden.

Die Schwerpunkte in der Evaluation der Simulationsergebnisse des IVS lagen in der Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen der jeweiligen Logistikkonzepte. Insgesamt wurden 76 unterschiedliche Szenario-Kombinationen der Logistikkonzepte mit MATSim simuliert. Die Abbildung 8 zeigt exemplarisch die aus AnyLogic importierten Fahrzeuge der KEP-Branche im Verlauf einer Simulationsstudie in MATSim.

2. Eingehende Darstellung

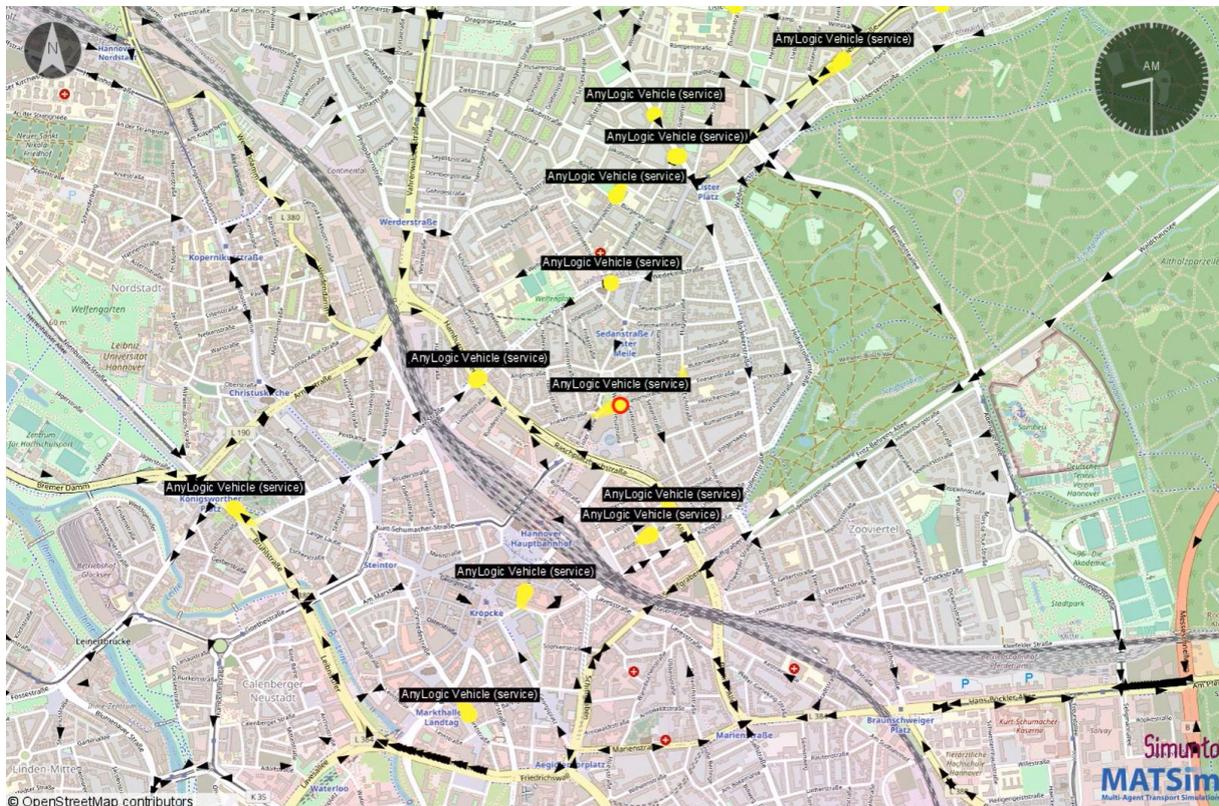


Abbildung 8. Importierte Fahrzeuge aus AnyLogic in einer MATSim-Simulation

Die Simulationsergebnisse der MATSim-Simulationen dienen als direkter Input für die angegliederten Evaluationsmodelle. So wurde beispielsweise die Fahrleistung untergliedert nach Fahrzeugtyp je Szenario erhoben und zur weiteren Verarbeitung an das Emissionsmodell weitergegeben, welches parallel an der Hochschule Hannover entwickelt wurde und die resultierenden Emissionen berechnete. Zur Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen wurden die Verkehrsstärken differenziert nach Szenario erhoben und im Anschluss mit dem Status Quo des Hannover Modells verglichen. So konnten die zeitlichen und räumlichen Wirkungen der Konzepte differenziert analysiert und miteinander verglichen werden. In Abbildung 9 ist hierfür beispielhaft der Rückgang der Verkehrsstärken in der Simulation eines Szenarios des Konzeptes *b1 – Online-Lebensmitteleinkauf / E-Grocery* bei voller Durchdringung des Konzeptes dargestellt.

2. Eingehende Darstellung



Abbildung 9. Exemplarischer Rückgang der Verkehrsstärken (grün) in den Untersuchungsquartieren (grau) zwischen 9 und 10 Uhr beim Logistikkonzept b1 – Online-Lebensmitteleinkauf / E-Grocery

Es konnte nachgewiesen werden, dass es vor allem in den grau markierten Untersuchungsquartieren zu einer leichten Reduktion des Verkehrsaufkommens in der betrachteten Stunde von 9 bis 10 Uhr gekommen ist. Durch die Online-Bestellung bzw. die Lieferung der Waren können Wege zum Einkaufen eingespart und somit die Verkehrsinfrastruktur an Teilen des Netzes entlastet werden.

Für die Gesamtbewertung der Konzepte wurden zunächst unterschiedliche Auswerteparameter definiert, welche die Verkehrssituation in den Untersuchungsquartieren beschreiben. Im Detail wurden hierbei Reisezeiten, Staulängen bzw. -dauern, mittlere erreichte Geschwindigkeiten und zurückgelegte Distanzen in den Untersuchungsquartieren ermittelt und ausgewertet:

- Auswerteparameter A: Durchschnittliche Reisezeiten [min]
- Auswerteparameter B: Auslastung von Hauptverkehrsstraßen (mit DTV > 10.000 Fz. / Tag)
- Auswerteparameter C: Länge und Dauer einer hohen Kantenauslastung im Netz [km * h]
- Auswerteparameter D: Median der relativen Geschwindigkeiten auf Nebenstraßen
- Auswerteparameter E: Median der relativen Geschwindigkeiten auf Hauptstraßen
- Auswerteparameter F: Relative Änderung der zurückgelegten Distanz auf Nebenstraßen [km]
- Auswerteparameter G: Relative Änderung der zurückgelegten Distanz auf Hauptstraßen [km]

Die verschiedenen Auswerteparameter wurden in einer Ergebnismatrix (vgl. auch Abbildung 10) zusammengefasst und farblich visualisiert. Grüne Einfärbungen zeigen für den entsprechenden Parameter eine Verbesserung im Vergleich zum Status-Quo, rote Felder deuten dagegen auf eine Verschlechterung der Situation im Vergleich zum Status-Quo hin. Bei der Evaluation der Simulationsergebnisse hat sich gezeigt, dass die durchschnittliche Reisezeit der Einwohner pro Stadtteil die zuverlässigste Messgröße des Verkehrs darstellt, da diese am robustesten auf simulationsinhärente Schwankungen reagierte und so als maßgebende Größe zur Bewertung der Konzepte herangezogen wurde.

2. Eingehende Darstellung

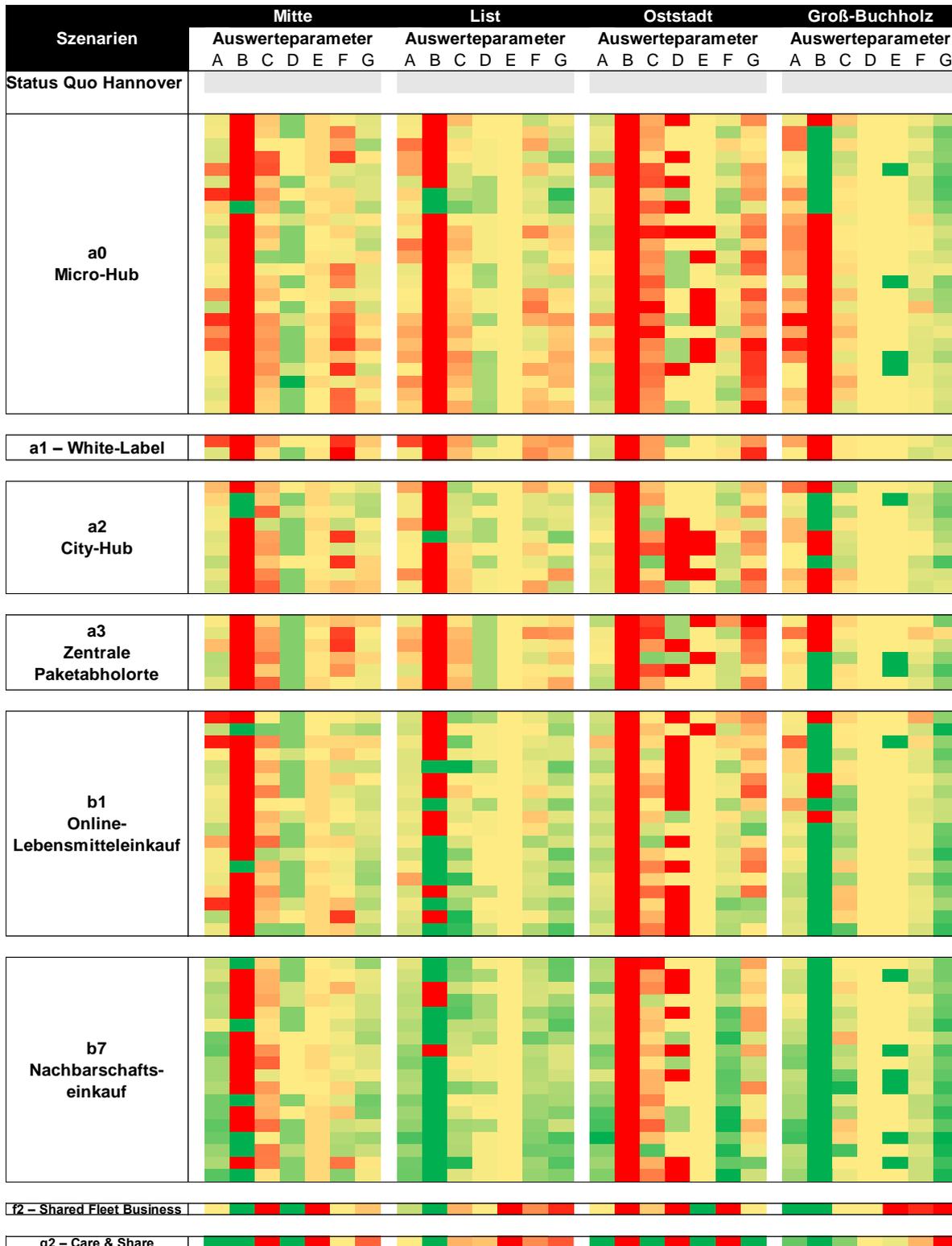


Abbildung 10. Beispiel für eine Ergebnismatrix der Szenarioauswertung mit MATSim

Auf Basis der Ergebnismatrix wurden die Ergebnisse und Trends interpretiert und in eine Bewertung der verkehrlichen Auswirkungen auf Stadtteilebene umgerechnet. Diese wurden an Modul 5 übergeben, um in der Webapplikation dargestellt zu werden (vgl. Abbildung 11).

2. Eingehende Darstellung



Abbildung 11. Exemplarische Darstellung der Simulationsergebnisse im Webtool des Konzeptes b1 – Online-Lebensmitteleinkauf / E-Grocery

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der Finanzierungsplan wurde während des Projektes, inklusive der kostenneutralen Verlängerung, eingehalten. Personalkosten umfassen die für die Projektdurchführung erforderlichen Mitarbeiter*innen und studentischen Hilfskräfte. Die für die Durchführung des Projektes wichtigsten Positionen umfassen wie geplant die Personalkosten der Mitarbeiter*innen sowie die notwendigen Reisekosten (siehe entsprechender Verwendungsnachweis).

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleistete Arbeit war erforderlich, um die geplante Zielsetzung zu erreichen und die im Projekt aufgetretenen experimentellen Schwierigkeiten zu überwinden.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Das Projekt USEFUL war im Bereich der urbanen Logistik angesiedelt und leistete einen Beitrag zu den förderpolitischen Zielen der BMBF „Programm Mobilität und Warenströme der Zukunftsstadt“. Dabei liegen die projektbezogenen Forschungsschwerpunkte in den Themenfeldern Erhebung relevanter Daten und die Analyse des urbanen Wirtschaftsverkehrs sowie die Entwicklung eines Tools für die Simulation, interaktive Präsentation und Erprobung neuer urbaner Logistikkonzepte. Ziel des Projekts war die Implementierung eines Web-basierten Entscheidungsunterstützungstools, welches die Projektergebnisse öffentlich präsentiert¹.

Die Verwertung der Projektarbeiten seitens der Technischen Universität Braunschweig erfolgte auf wissenschaftlicher Basis, in dem Projekthinhalte in valide Erkenntnisse gewandelt und in Forschung und Lehre verbreitet wurden. Um die erlangten Kenntnisse in der Forschung bekannt zu machen, sind in Zusammenarbeit mit den beteiligten Projektpartnern diverse, auch hochkarätige Publikationen erschienen und noch geplant. Die Publikationen erfolgten in renommierten internationalen Fachzeitschriften und wissenschaftlichen Konferenzen im deutschsprachigen und internationalen Raum und sind auf die Bereiche Verkehrsnachfragemodellierung, agentenbasierte Verkehrssimulationen und Modellierung von urbaner Logistik fokussiert. Ein Großteil der Arbeiten ist darüber hinaus fester Bestandteil von Promotionen und auch studentischer Arbeiten am Institut.

Zudem wurden die Entwicklungen im Anschlussprojekt USEFUL XT mit Erfolg verstetigt. Somit ist eine Zusammenarbeit mit neuen Projektpartnern aus der Wirtschaft gewährleistet. Es bestehen weiterhin wirtschaftliche Erfolgsaussichten hinsichtlich der Entwicklung von strategischer und operativer Entscheidungsunterstützung im Bereich kommunaler Stadtplanung und -entwicklung, der generellen Effizienzsteigerungen in der urbanen Logistik und gegebenenfalls der Erschließung bzw. Konzeption innovativer Geschäftsmodelle. Eine Nutzung der Projektergebnisse kann eine Ausgliederung einer Beratung ermöglichen, welche Städte und Unternehmen hinsichtlich urbaner Herausforderungen von der Konzeptionsphase an unterstützt.

2.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit sind keine Ergebnisse bekannt geworden, die sich explizit mit der durch das Projekt bearbeiteten Fragestellung befassen.

¹ Das Informations- und Entscheidungsunterstützungstool ist unter folgenden Link abrufbar: <https://useful.uni-hannover.de/>

2.6 Erfolge oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach

2.6.1 Abschlussarbeiten

BRAITLING, F., 2020. Auswirkungen der Elektrifizierung des Wirtschaftsverkehrs – Eine Simulationsstudie der Stadt Hannover, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

BRANDES, F., 2020. Entwicklung eines integrativen Wirtschaftsverkehrskonzeptes für die Stadt Hannover, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

HARMS, J., 2020. Untersuchung der Auswirkungen von additiven Produktionstechniken auf den Wirtschaftsverkehr von Hannover, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

KUNZE, M., 2020. Entwicklung eines Analysetools für das agentenbasierte Simulationsframework MATSim, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

LAMPERT, J., 2019. Autonome Gütertransportsysteme als Zukunft der urbanen Logistik?, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

LELKE, T., 2017. Entwicklung eines Algorithmus zur Generation eines MATSim-Modells für die Stadt Hannover, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

LELKE, T., 2020. Entwicklung eines Frameworks zur standardisierten Erstellung von agentenbasierten Verkehrsmodellen, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

MENON, A., 2021. The Logistic Concept of Collection Points, an alternative Delivery Approach for the City of Hannover?, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

PFITZNER, S., 2018. Entwicklung und Planung eines Mikro-Depots-Konzeptes für die Stadt Hannover, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

SCHADE, A., 2017. Ganzheitliche Analyse und Bewertung aktueller Forschungsprojekte der urbanen Logistik mit Fokus auf die Stadt der Zukunft, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

SCHMIDT, D., 2019. Entwicklung eines Hochrechnungsverfahrens des Lieferaufkommens von Kurier-, Express- und Paketdiensten im Stadtgebiet von Hannover, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

SCHUPPE, O., 2019. Potenzialanalyse von Sharing- bzw. Ridepooling Angeboten im Wirtschaftsverkehr, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

SUN, Y., 2019. Generating Mobility Data from an Agent-Based Transport Simulation, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

WENDT, L., 2019. Abschätzung der verkehrlichen Auswirkungen einer Innenstadtmaut am Beispiel der Stadt Hannover, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

ZHANG, J., 2018. Simulation-based Evaluation of the Impact Double Parking has on Traffic Flow, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

2. Eingehende Darstellung

ZIEL, F., 2020. Simulation eines Mikro-Depots-Konzeptes für die Stadt Hannover, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig

2.6.2 Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften

BIENZEISLER, L., LELKE, T., WAGE, O., THIEL, F., FRIEDRICH, B., 2020. Development of an Agent-Based Transport Model for the City of Hanover Using Empirical Mobility Data and Data Fusion, Transportation Research Procedia, Volume 47, 2020, Pages 99-106. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.073>

3 Verwendete Literatur

- ARNDT, W.-H., 2010. Optimierungspotenziale im Wirtschaftsverkehr durch bestellerseitige Kooperation, Dissertation, DOI: 10.14279/depositonce-2506
- BORTOLINI, M., FACCIO, M., FERRARI, E., GAMBERI, M. & PILATI, F., 2016. Fresh food sustainable distribution: cost, delivery time and carbon footprint three-objective optimization. In: *Journal of Food Engineering*, Volume 174, p. 56-67
- HORNI, A., NAGEL, K., AXHAUSEN, K.W. (eds.), 2016. *The Multi-Agent Transport Simulation MATSim*. London: Ubiquity Press. DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/baw>. License: CC-BY 4.0
- GUERLAIN, C., CORTINA, S., RENAULT, S., 2016. Towards a Collaborative Geographical Information System to Support Collective Decision Making for Urban Logistics Initiative. In: *Transportation Research Procedia*, Volume 12, p. 634-643
- KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT), 2018. Deutsche Mobilitätspanel (MOP) im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur
- LANDESHAUPTSTADT HANNOVER, SACHGEBIET WAHLEN UND STATISTIK, 2019. *Statistisches Jahrbuch der Landeshauptstadt Hannover 2019*
- LIN, C., CHOY, K.L., HO, G.T.S., LAM, H.Y., PANG, G.K.H., CHIN, K.S., 2014. A decision support system for optimizing dynamic courier routing operations. In: *Expert Systems with Applications*, Volume 41, Issue 15, p. 6917-6933
- MACHARIS, C., DE WITTE, A., TURCKIN, L., 2010. The Multi-Actor Multi-Criteria Analysis (MAMCA) application in the Flemish long-term decision making process on mobility and logistics. In: *Transport Policy*, Volume 17, Issue 5, p. 303-311
- NOBIS, C. und KUHNIMHOF, T., 2018. *Mobilität in Deutschland – MiD: Tabellenband: Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur*. BMVI. URL: <https://www.mobilitaet-in-tabellen.de/mit/>, letzter Zugriff: 15.05.2020
- REIFFER, A., HEILIG, M., KAGERBAUER, M., VORTISCH, P., 2018. Microscopic Demand Modeling of Urban and Regional Commercial Transport. *Procedia Comput. Sci.* 130, 667–674. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.118>
- SCHMIDT, D., 2019. *Entwicklung eines Hochrechnungsverfahrens des Lieferaufkommens von Kurier-, Express- und Paketdiensten im Stadtgebiet von Hannover*, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, Technische Universität Braunschweig
- SCHROEDER, S., ZILSKE, M., LIEDTKE, G., NAGEL, K., 2012. Towards a multi-agent logistics and commercial transport model: The transport service provider's view. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 39 (2012), p. 649-663
- WVI PROF. DR. WERMUTH VERKEHRSFORSCHUNG UND INFRASTRUKTURPLANUNG GMBH, 2010. *Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010 (KiD 2010) im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)*
- ZILSKE, M., SCHRÖDER, S., NAGEL, K., LIEDTKE, G., 2012. Adding freight traffic to MATSim

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel Schlussbericht zum Teilprojekt USEFUL: Untersuchungs-, Simulations- und Evaluations-Tool für Urbane Logistik Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Lasse Bienzeisler, Torben Lelke, Dr. Stephan Hoffman, Prof. Bernhard Friedrich	5. Abschlussdatum des Vorhabens Dezember 2020	
	6. Veröffentlichungsdatum	
	7. Form der Publikation	
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig Universitätsplatz. 2, D-38106 Braunschweig	9. Ber. Nr. Durchführende Institution	
	10. Förderkennzeichen 03SF0547C	
	11. Seitenzahl 29	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 14	
	14. Tabellen 3	
	15. Abbildungen 11	
16. Zusätzliche Angaben		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
18. Kurzfassung <p>Die steigenden Bedürfnisse und Verhaltensmuster der Bewohner*innen unserer wachsenden Städte, die Digitalisierung des Handels, die 24/7-Belieferung von Einzelhandel und Unternehmen führen zu einem steigenden Anteil städtischer Logistik. Das wiederum erfordert innovative und nachhaltige Zukunftskonzepte, um das Ziel einer CO₂-freien urbanen Logistik zu erreichen. Im Rahmen des Forschungsprojekts USEFUL wurde eine Web-Applikation entwickelt, mit der simulierte Logistikkonzepte individuell bewertet werden können. Die Simulation zeigt deren Auswirkungen unter anderem auf das Leben in der Stadt, den Verkehr, die Umwelt und die wirtschaftlichen Kosten. Die USEFUL-WebApp ist ein Angebot für kommunale Entscheidungsträger*innen, Politiker*innen und Unternehmen. Für interessierte Bürger*innen bietet sie verständliche Informationen über alternative Logistikkonzepte und ihre möglichen Auswirkungen.</p> <p>Mit der Simulation von Logistikkonzepten können Auswirkungen auf den Verkehr und die Umwelt sowie ihre Wirtschaftlichkeit analysiert und evaluiert werden. Um den passenden Raumbezug zu wählen, bietet USEFUL eine Auswahl an charakteristischen Stadtteiltypen. Mit dem passenden Raumbezug, der Auswahl des zu betrachtenden Logistikkonzepts und der Einstellung ausgewählter konzeptrelevanter Parameter wird eine individualisierte Betrachtung möglich. Das Tool zeigt Wirkungstendenzen auf. Darauf aufbauend können Anwender*innen entscheiden, inwieweit sie weitere, für den spezifischen Anwendungsfall vertiefende Untersuchungen vornehmen wollen oder ihr Konzept nicht weiterverfolgen möchten.</p> <p>Im ersten Schritt hat das Verbundvorhaben charakteristische und auf andere Städte übertragbare Stadtteiltypen in Hannover identifiziert und bewertet. Im zweiten Schritt wurden sowohl bereits etablierte als auch innovative urbane Logistikkonzepte identifiziert. Anschließend wurden relevante Zielgrößen und Zielfelder bestimmt, um die Auswirkungen hierauf quantifizieren zu können. Dafür wurde der hannoversche Verkehr in ein agentenbasiertes Verkehrsmodell überführt und die unterschiedlichen Logistikkonzepte wurden simuliert, um Auswirkungen bestimmter Zielgrößen aufbereitet anzeigen zu können.</p>		

19. Schlagwörter Urbane Logistik, Verkehrsmodellierung, Agentenbasierte Simulation	
20. Verlag TIB, Hannover	21. Preis