

Herausforderungen der städtischen Szenarien an die Automatisierung von Fahrzeugbewegungen – wo sollen welche Anwendungen aktiviert werden?

Heinz Dörr

(Dr. Dipl.-Ing. Heinz Dörr, arp-planning.consulting.research, 1090 Wien, Postfach 15, heinz.doerr@arp.co.at)

1 ABSTRACT

Die Vielfalt der Stadtlandschaften in Europa schafft eine Unzahl an Herausforderungen für die Automatisierung des Kraftfahrbetriebes im urbanen Straßennetz und für die praktische Anwendung von Funktionalitäten in den Kraftfahrzeugen. Testfahrten mit solchen Fahrzeugen im Rahmen von „Living Labs“ erbringen punktuelle Erfahrungen und lassen selektive Erkenntnisse zu, werden aber vermutlich noch keine systematischen Grundlagen für den Einsatzbereich im urbanen Verkehrssystem liefern können.

Dazu bedarf es einer Herangehensweise, die mit der Vielfalt der Erscheinungsformen städtischer Szenarien und mit der Unmenge an evozierten Szenen im Verkehrsgeschehen umzugehen weiß. Die verheißungsvollen Nutzenanwendungen von Automatisierungsfunktionalitäten im Fahrbetrieb fokussieren bislang auf den Einsatz einzelner Kraftfahrzeuge und leiten daraus eine allgemeine Nützlichkeit für das Mobilitätssystem ab. Zur Nachweiserbringung fehlen aber noch Prüfroutinen, die für die allgemeine Zulassung in definierten örtlichen Einsatzbereichen ausreichend fundiert sind. Darüber hinaus werden die Mobilitäts-, die Verkehrs- und die Stadtplanung der Gebietskörperschaften gefordert sein, sich mit dem von der Industrie getriebenen Technologiethema auseinanderzusetzen, spätestens wenn die Entscheidungen anstehen, wo welche Anwendungen aktiviert werden oder ausgeschlossen bleiben sollen.

Keywords: Verkehrsszenen, Städtische Szenarien, Automatisierte Kraftfahrzeuge, Evaluierungszugänge, Funktionalitäten

2 VERRÄUMLICHUNG DER TECHNOLOGIEANWENDUNG

2.1 Begriffliche Abklärung zur Automatisierung und Autonomisierung des Kraftfahrbetriebes

Zu den Begriffen, wie sie im folgenden Beitrag verwendet werden, sei vorweg erläutert:

Die Automatisierung betrifft einzelne Funktionalitäten in der Ausstattung des Fahrzeuges, die über eine Erweiterung der Wahrnehmung eines Fahrzeugführers hinausgehend in das Fahrverhalten aktiv eingreifen und unter Umständen denselben für eine bestimmte Steuerungsaktivität korrigieren oder ihn sogar ausschalten, wie es beispielsweise ein Notbremsassistent oder ein Tempomat tun. Die Autonomisierung des Fahrbetriebes bedeutet, dass der Lenker von seiner Steuerungstätigkeit für eine bestimmte Strecke im Straßennetz entbunden wird, weil das im Kraftfahrzeug installierte Automat-System dieses befähigt, den Lenker zu ersetzen. Dabei kann es exogen durch interkonnektiven Datenaustausch mit „adjazenten“ Fahrzeugen, die relevant für das akute Fahrverhalten sind, sowie durch interaktive Datenübertragung mit einem übergeordneten Verkehrsfluss-Management entlang des Fahrweges unterstützt werden.¹

Das durch Algorithmen gesteuerte, autonomisierte Fahrzeug hat nicht nur sein Umfeld auf der Fahrbahn zu detektieren, sondern muss die nächsten Sekunden seines Laufweges voraussehen. Das bedeutet, in der Automat-Kette müssen entscheidungsrelevante Szenarien der Verkehrsabwicklung generiert werden, um dementsprechende Steuerungsbefehle an Antrieb und Fahrwerk richten zu können. Dabei ist von einer Fülle von Randbedingungen auszugehen, die einen enormen Datenbedarf auslösen, wenn die Entscheidungskompetenz und die Verantwortlichkeit an das Automat-System des Fahrzeuges abgegeben werden. Die informative Vernetzung unter den situativ agierenden Verkehrsteilnehmern und mit der örtlichen Verkehrsinfrastruktur wird eine ausschlaggebende Rolle spielen. Ebenso wird der „Radarblick“ auf Bewegungen abseits der Fahrbahn in der Enge städtischer Räume noch viele Fragen aufwerfen, was an Echtzeitdaten davon operativ gebraucht wird, oder ob vielleicht der Datenschutz Unbeteiligter betroffen sein könnte. Somit geraten die geodätischen Dimensionen der Technologienanwendungen in den Fokus, ehe noch die Abwicklung von Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern zu thematisieren ist.

¹ An dieser Stelle darf an den Beitrag zur CORP 2019 von Dörr, Marsch und Romstorfer: „Automatisiert Bewegen durch Stadt und Land – Gesellschaftliche Implikationen der Implementierung von ITS-Technologien in das Verkehrsgeschehen des zukünftige Mobilitätssystems“ erinnert werden, der in die Thematik eingeführt hatte.

2.2 Räumliche Kategorisierung der Anwendungsfelder

Dazu wird es erforderlich sein, in der jeweiligen Stadtlandschaft die Fahrwege nach statischen Merkmalen (Topographie, Netzgestalt, Erschließungsdichte, Fahrbahnzustand, Verkehrsflächenaufteilung für Mobilitätsgruppen) zu erfassen und nach dynamischen Eigenschaften der zeitabhängigen Befahrbarkeit (Level of Service) zu gliedern. Daraus folgend erweitert sich das Blickfeld auf die Umgebung der Straßenräume.

Denn dort entstehen Mobilitätsbedürfnisse und erzeugen die Flächennutzungen als Quellen und Ziele Wege motorisierter und nicht-motorisierter Personen. Eine überschießende Funktionalisierung ihrer Mobilitätsausübung zugunsten eines automatisierten Kraftfahrbetriebes ist in Hinblick auf etwaige Ausschlusseffekte zu hinterfragen. So könnte es zur Folge haben, dass alle verkehrsteilnehmenden Gruppen mit Transpondern ausgerüstet sein sollten und sich in streng reglementierten Bewegungsräumen gängeln lassen müssten.

2.2.1 Einbettung des Kraftfahrverkehrs in die urbane Umgebung

An repräsentativen Anwendungsräumen, wie in Wohngebieten oder entlang von Geschäftsstraßen mit Mischverkehr unterschiedlichster Mobilitätsgruppen oder im Umkreis von kritischen Standorten, wie von Schulen, ÖV-Haltestellen oder Portalen von Einkaufszentren, sollte der Einsatzrahmen der Kfz-seitigen Automatisierungstechnologien nach Zweckmäßigkeit im Fahrbetrieb, Angemessenheit im Verkehrsgeschehen und Sozialverträglichkeit im Mobilitätsmilieu evaluiert werden.



Abbildung 1 & 2: Typische Verkehrsszenen in der Innenstadt: Bunter Mix an Fahrzeugen, die sich ihren Weg bahnen (links: entlang der Ladenzeile in der Kaiserstraße in Frankfurt (Main) und rechts: Kreuzung Avenue La Fayette/Magenta in Paris, 2019)

Damit kann der partizipativen Komponente bei der Technologieentwicklung in ihren Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten in öffentlichen Räumen entsprochen werden. Schließlich stellt sich an Nahtstellen zwischen der Verantwortung für den öffentlichen Straßenraum und den privaten Verkehrsanlagen die Aufgabe der Harmonisierung an den Schnittstellen in technologischer Hinsicht bzw. an den Orten der Übergänge in verkehrspraktischer Hinsicht. Das Spektrum der anstehenden Aufgaben lässt sich an Bildern beobachteter Verkehrsszenen anhand typischer stadträumlicher Szenarien anschaulich machen, um einen aufklärenden Diskurs mit relevanten Akteursgruppen anzustoßen und die Entwicklung methodischer Ansätze für Weichenstellungen zur künftigen Ausgestaltung unserer Mobilitätssysteme voranzutreiben.



Abb. 3 & 4: Potenziell kritische Interaktionsräume für künftig automatisierte Fahrzeugbewegungen (links: Straßenbahnhaltestelle Schwedlerstraße mit Kindergarten in der Umgebung in Frankfurt (Main) und Begegnungszone in der Wiener Altstadt ohne strikte Trennung der Bewegungsräume für die Mobilitätsgruppen (Herrengasse, Bild: Viktoria Marsch, 2017)

Die Vielfalt und das zufällige Zusammentreffen von Fahrzeugen und allgemein von Verkehrsteilnehmern im Straßenraum stellen höchste Anforderungen an die Interaktionsbereitschaft der Kraftfahrzeuge als Bewegungskörper. Dazu wird es der einprogrammierten Verhaltensregeln zur „Vorfahrt“ und zum „Nachrang“ bedürfen, die weit über die Straßenverkehrsordnung praktischerweise hinausgehen müssen, weil Eventualitäten mit einzubeziehen sind und nicht alle Standard-Situationen durch ein wie immer geartetes übergeordnetes Leit-Management abgedeckt werden können. Mit einer rein mechatronischen Prozesslogik, wie sie etwa bei industriellen Fertigungsstraßen oder in der Warenallokation in Logistiklagern eingesetzt

wird, wird es nicht allein getan sein. Man darf die These wagen, Künstliche Intelligenz beginnt erst mit dem situativ kreativen Umgang mit noch nicht eingelernten Interaktionen.



Abb. 5 & 6: Nahtstellen zwischen öffentlicher Verkehrsfläche und privaten Abstellanlagen durchzogen von Fußwegen sowie Schnittflächen zwischen Individualverkehr und Schienentrassen des ÖV sind im großstädtischen Straßenraum häufig anzutreffen. (links: ein Baumarkt an der Hanauer Landstraße und rechts: Tram-Trasse nahe Hauptbahnhof in Frankfurt am Main).

Wie aus den Abbildungen 5 und 6 ersichtlich wird, muss die Automat-Kette nicht nur eine Fülle von Bildern und erfassten Objekten verarbeiten, sondern dabei relevante von irrelevanten Informationen selektieren, also unnötige oder verwirrender Bildinformationen wegfiltern. Auch wird die Unterscheidung von statisch feststehenden Objekten und von Bewegungskörpern, mögen sie auch gerade unbeweglich erscheinen, schwerfallen. Im Wind flatternde Fahnen sind feststehende Objekte, eine Einkäuferin vom Baumarkt ist ein wartender Bewegungskörper mit einer schwer erkennbaren „Traglast“. Mit dem Straßenbahn-Zug könnte interkonktiv Datenkontakt hergestellt werden, aber mit den möglicherweise über die Fahrbahn eilenden ÖV-Fahrgästen eher nicht. In solchen Fällen müsste das Automat-System eines Kfz sehr defensiv konditioniert werden, um die Wahrscheinlichkeit von Vorfällen so gering wie möglich zu halten.

2.2.2 Das Aktionsfeld eines autonomisierten Kraftfahrzeuges

Ein zum autonomen Fahren befähigtes Fahrzeug bedarf einer durchgängigen Automat-Kette, die folgende Aufgaben verlässlich, nämlich verlässlicher als ein Fahrzeugführer, durchzuführen imstande sein muss:

Beginnend mit der laufenden Detektion zur Laufwegbahnung mittels mehrerer Sensorik-Technologien und der die Bilder bzw. Signale interpretierenden Software zur Objekterkennung und deren Verhaltenseinordnung, müssen die akuten Bewegungen der sich annähernden Objekte vermessen und prognostisch berechnet werden, um kritische Annäherungen auf dem Laufweg des autonomen Kfz zu vermeiden. Dazu muss das Automat-System die Szenarien für die bevorstehenden Interaktionen mit den adjazenten Bewegungskörpern – es sind ja nicht nur Kraftfahrzeuge im urbanen Straßenraum unterwegs, sondern auch besonders verletzbare Verkehrsteilnehmer – entwickeln, aufgrund derer die Entscheidungen über die Steuerungsbefehle an Antrieb und Lenkung vom System getroffen werden.

Dazu braucht es „künstliche Intelligenz“, die zu erlangen, von „Deep learning“, also dem Erfahrungssammeln und -bewerten durch spezielle Praxisfahrten erhofft wird. Dabei wird klar, dass es dazu noch viele Jahre Entwicklungszeit brauchen wird. Die Anforderungen sollten aber schon frühzeitig eingebracht werden, um diese Phase von „Deep Learning“ – sozusagen Learning by Doing – zu unterstützen. Ferner kann dadurch die Auswahl von ODDs (Operational Design Domains) als Testfälle auf Teststrecken für die Bewährung von Funktionalitäten beraten werden. Nicht zuletzt würde somit die Technologieentwicklung aus der Labor- und Computerdesign-Umgebung der Automobilunternehmen in die wahre Mobilitätswelt der Menschen geholt werden.

Zurückkommend auf die räumlichen Dimensionen stellt sich eine Abfolge von Detektionsfeldern aus der Sicht der Laufwegbahnung des Kfz und von Einwirkungsfeldern aus der Sicht potenzieller Störfaktoren ein. Diese Raumkategorisierung stellt des Weiteren mobilitätspolitische Eingriffs- und Gestaltungsebenen für die verschiedenen Entscheidungsträgerschaften dar, die in der folgenden Systematik aufgeschlüsselt werden:

- Das Umfeld:
 - Im Wesentlichen für den Kraftfahrbetrieb die Fahrbahn mit ihren Fahrstreifen als Leitlinien
 - Im Allgemeinen für die Mobilitätsausübung der organisierte Bewegungsraum für die Laufwegbahnung verkehrsteilnehmender Gruppen
 - Schnittflächen für die Bewegung unterschiedlicher Mobilitätsgruppen
 - Verkehrsschnittstellen im Fließverkehr (Exits, in der Netzhierarchie, mit Schienenwegen)

- Die Umgrenzung:
 - Rückhalte-Anlagen und Ausschlussflächen auf der Fahrbahn
 - Träger von die Automatisierung unterstützenden Einrichtungen (für digitale Leiteinrichtungen)
 - sowie Emissionsschutz-Anlagen
- Die Umgebung:
 - Nutzungsstruktur des Mobilitätsbedarfs und der Verkehrserzeugung entlang des Fahrweges
 - Quelle von Interventionen verschiedenster Art
 - Standorte von Sensibilitäten bei mangelnder Abschottung
- Die Umstände:
 - Zeitabhängiger Level of Service (A bis F) im Richtungsverkehr des Laufweges
 - Fahrzeug-Mix nach typischen Zeitfenstern (zu den Spitzen, Anteil Schwerverkehr)
 - Exogene Beeinflussung der Befahrungsbedingungen (Witterung, Fahrbahngriffigkeit, Sichtverhältnisse, Querverkehre und „Merging“ unterschiedlicher Mobilitätsgruppen)
- Die Umwelt:
 - Bevorzugung oder Kontingentierung von Verkehrsbewegungen durch bestimmte Fahrzeuge aus Gründen der Immissionsbegrenzung, der Stauvermeidung oder/und der Verkehrssicherheit
 - Gebote oder Verbote des Wirksamwerdens gewisser Automat-Funktionalitäten in bestimmten Zonen vorherrschender Flächennutzung bzw. in Abschnitten der Straßennetzhierarchie (wie in Fußgängerzonen, Wohnanliegerstraßen, Anlieferzonen, Vorfahrten oder in Stellplatzanlagen)

3 DIE STADTLANDSCHAFT ALS SZENERIENBILDENDE AUSGANGSBEDINGUNG

3.1 Konstitutive Ausgangsbedingungen für die Implementierung automatisierten Straßenverkehrs

3.1.1 Die landschaftlichen Gegebenheiten als Rahmen der Verkehrserschließung

Eine kaum noch aufgegriffene Forschungsfrage ist die der naturgegebenen Disposition von Siedlungsräumen für die Implementierung von automatisierten Verkehrsabläufen. Für die Technologieentwicklung der Fahrzeugindustrie ist diese Fragestellung zunächst von geringer Relevanz. Erst nach einer technologischen Ausreifung, die die Einsatzfähigkeit solcherart ausgestatteter Kraftfahrzeuge unter Beweis stellen sollte, wird in Hinblick auf die Verkehrstauglichkeit in Verkehrsräumen bei der Testung unter realen örtlichen und regionalen Randbedingungen diese Thematik schlagend werden.

Ausgehend von einer großräumigen Betrachtung der geländemorphologischen Bedingungen in Europa bieten die Flachländer gänzlich andere siedlungs- und verkehrstopographische Voraussetzungen für die Automatisierung als zum Beispiel Schichtstufenlandschaften, Alpenländer oder Steilküstenregionen. So zeichnet Flachländer im Allgemeinen eine siedlungsräumliche und verkehrsinfrastrukturelle Großzügigkeit aus, die sich in einer im Wesentlichen berechenbaren Geometrie der Trassenführungen, einer gewissen Regelmäßigkeit in der hierarchischen Netzgestaltung und einer gewissen Gleichmäßigkeit in den Kapazitätsparametern der Verkehrswege niederschlägt. So sind die Voraussetzungen im Talkessel von Stuttgart andere als wie in der Ebene der Stadtregion Hannover. Es mag kein Zufall sein, dass die Erwartungen an die Einsatzmöglichkeiten autonomisierter Fahrzeuge von der Verkehrstopographie beeinflusst differieren und auch die Forschungsschwerpunkte dazu geographisch unterschiedlich verteilt sind. Natürlich spielt die Nähe zu den Standorten der Automobilproduktion auch herein, wo solche Forschungen betrieben werden.

3.1.2 Die Geoinformation als Unterstützung automatisierter Verkehrsabläufe

Eine Herausforderung wird die Erstellung exakter Karten des zugrunde liegenden Geoinformationssystems darstellen, ob sie nun als Datenbank on-board eingespeichert oder via WLAN in Echtzeit übertragen werden sollen, weil dabei nicht nur die Fahrwege cm-genau geodätisch in 3D aufgenommen werden müssen,

sondern auch die Umgebungssituation in geeigneter Realitätstreue dargestellt und auch risikobewertet werden sollte. Dabei werden sowohl die zur Laufwegbahnung notwendigen Detektionsräumen, die sich nicht allein auf die Umgrenzungen der Fahrbahn beschränken lassen, als auch die auf den Straßenraum natürlichen Einwirkungen (z.B. Schattenwurf und wechselnde Fahrbahngriffigkeit) und allfällig menschlich ausgelösten Interventionen, etwa im Umkreis von ÖV-Haltestellen, zu berücksichtigen sein. Das geodätische Koordinatensystem wird mit „schiefen Ebenen oder ungewöhnlichen sphärischen Winkeln“ bei der Detektion zu tun bekommen und die Prädiktion wird dazu die Dynamik der sich annähernden Fahrzeuge bzw. Bewegungskörper zu berechnen haben, damit eine Risikoeinschätzung möglich wird und die Steuerungshandlungen darauf ausgerichtet werden können. Dabei geht es aber nicht nur um die Prognose eines potenziellen Konfliktpunktes, sondern auch um die Schadensrisiken in Hinblick auf die kinetischen Massen der Fahrzeuge als Bewegungskörper einerseits und die Verletzlichkeit der Interakteure andererseits.

3.1.3 Das Kraftfahrzeug als Bewegungskörper im Verkehrsgeschehen

Der Stadtverkehr ist geprägt von einer bunten Mischung an Kraftfahrzeugen, die sich nicht nur nach Gebrauchstypen bzw. Fahrzeugklassen unterscheiden, sondern auch nach Leistungsklassen der Marken und Modelle. Ihr Einsatz wird unter den Bedingungen beengter Fahrwege und gedrängter Verkehrszustände bei der Generierung von Szenen und der Konstruktion von Szenarien in Abschnitten des Straßennetzes, hier als Interaktionsboxen bezeichnet, noch besonders zu berücksichtigen sein. Schließlich ist auch für die Zukunft keine Vereinheitlichung des Fahrzeugbestandes beschränkt auf wenige Standardtypen zu erwarten. Somit wird dem „Eigenleben“ und der Konditionierung des automatisierten und letztlich autonomisierten Kraftfahrzeugs besondere Aufmerksamkeit zu widmen sein.

3.2 Anschauungsbeispiele für herausfordernde Szenarien

3.2.1 Die Modellstadt als Anwendungsfall: La Défense im Nordwesten von Grand Paris

Eine Fülle von Herausforderungen wie auch von Optionen bieten sich am Anschauungsbeispiel La Défense, einem aus der Kernstadt Paris in den nordwestlichen Vorstädtgürtel auf den Gemeindegebieten von Courbevoie, Nanterre und Puteaux ausgelagerten Büroviertel für Konzernsitze, für automatisierte Verkehrsabläufe dar. Dort wurde nach dem städtebaulichen Leitbild der Charta von Athen, die nach dem Zweiten Weltkrieg den Wiederaufbau und die Restrukturierung der europäischen Städte wesentlich geprägt hatte, eine nicht nur horizontale, sondern in Bezug auf Basisfunktionen des Verkehrs und der Versorgungsdienste vertikale Funktionstrennung auf mehreren Ebenen vorgenommen.

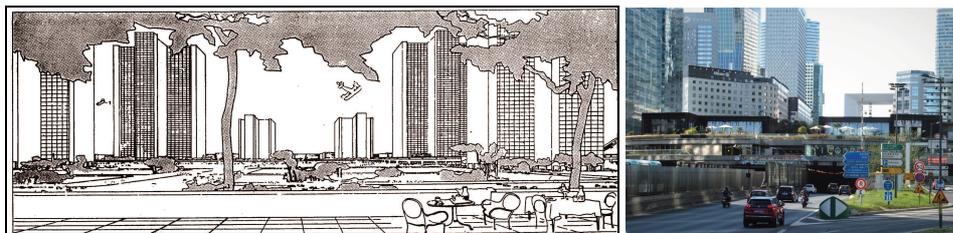


Abb. 7: Die Stadtvision „La Ville contemporaine“ von Le Corbusier 1925 vor der Automobilisierung in Europa, Abb. 8: Die Umsetzung des städtebaulichen Konzepts der Charta von Athen (Le Corbusier et al. 1941) ab den 1950er Jahren am Beispiel von La Défense im Vorstadtgürtel von Paris (Bild September 2019)

Dieses geradezu babylonische Stadtgerüst ist kaum wandlungsfähig, geschweige den umbaubar. Jeder technologische Wandel in der Mobilitätsinfrastruktur wird sich daran orientieren müssen, sodass sich die Immobilienbetreiber samt ihrer privat bewirtschafteten Infrastruktur, wie Tiefgargagen und unterirdische Anliefer- und Vorfahrtbereiche, die Verkehrsträger des allgemeinen Straßenverkehrs und des Öffentlichen Verkehrs eng abstimmen müssen, wenn eine Teilautomatisierung der „Letzten-Meilen-Verkehre“ angestrebt werden sollte. Verschiedene Leit- und Lenkungssysteme werden auf ihre Machbarkeit und Praxistauglichkeit in den betonbunkerartigen Räumen oft abseits des Tageslichts und im Funkschatten zu prüfen sein. Jenseits technologischer Lösungen wird sich das Erfordernis zur Standardisierung ergeben, denn eine Vielzahl proprietärer Lösungen auf engstem Stadtraum wäre problematisch im täglichen Stadtbetrieb zu praktizieren.

Bleibt schließlich die Fußgängerebene an der Sonne. Dort werden autonom fahrende, elektrisch betriebene „Navettes“ daraufhin getestet, ob sie als Zubringer lange Fußwege vermeiden helfen, ohne von Passanten in

Herausforderungen der städtischen Szenarien an die Automatisierung von Fahrzeugbewegungen – wo sollen welche Anwendungen aktiviert werden?

ihrer Fahrt zu sehr gestört zu werden und auch umgekehrt, wenn reservierte Bewegungsflächen für autonome Fahrzeugbewegungen nicht in Frage kommen sollten.



Abb. 9 - 11: Die Gürtelstraße rund um La Défense sammelt und verteilt den bunten Mix an Kraftfahrzeugen, die auf den Tiefenebenen ihre ersten und letzten Meter fahren, halten oder parkieren. Die Esplanade für Fußgänger ist strikt fahrzeugfrei. Abb. 12: Die Bürostadt ist eine der langen Fußwege sowohl von den Tiefetagen (rolltreppengestützt) herauf als auch an der den Menschen vorbehaltenene Oberfläche. Fahrzeuge und mobile Dienste, noch dazu autonom sich bewegend, dort zuzulassen, wäre ein Tabubruch. Der Probetrieb stellt also nicht nur technologisch, sondern auch ideologisch ein heikles Experiment dar.

3.2.2 Die wachsende Stadt in epochentypischen Sequenzen: Beispiele aus Innsbruck-Hötting West

Die Abbildung 13 zeigt anhand des permanenten Stadterweiterungsgebietes im Nordwesten der Tiroler Landeshauptstadt Innsbruck diese kleinräumige Vielfalt an verkehrsinfrastrukturellen Randbedingungen auf, wobei nahezu jede dieser verkehrsfunktionellen Flächenkategorien spezifische Einsatz- und Ausschlussgründe als Szenarien für Automat-Modi mit sich bringen könnte. Sei es nun in Hinblick auf die Verkehrsabwicklung am Fahrweg selbst oder wegen mehr oder minder unvermuteter Interventionen an Mobilitätsbewegungen aus dem „Hinterland“ der städtebaulichen Nutzungsstrukturen aufgrund von heiklen mobilitätsauslösenden Standorten, wie Schulen, Sportplätzen, Seniorenresidenzen, Einkaufszentren oder Universitätsgebäuden, die sich dort im Stadtteilzentrum befinden. Sie bilden einen festen Rahmen an exogenen Randbedingungen für die Mobilitätsausübung. Die Gartenstadt-Siedlung hatte zeitbedingt in ihrer Konzeption noch gar keinen individuellen Autoverkehr gekannt und weist daher ein flächensparendes Wegenetz auf, das heute im Mischverkehr benutzt wird. In den 1960/70er Jahren wurden die Autoabstellplätze ins Vorfeld der Wohnanlagen (offen oder in Garagenzeilen) gestellt, in den darauffolgenden Jahrzehnten jedoch in Tiefgaragen oder auf Parkdecks verbannt, um die innere Erschließung der Wohnquartiere vom Fließverkehr frei zu halten. So tauchen zahlreiche Tiefgaragen-Ausfahrten aus dem Untergrund auf, aber das innere Wegenetz muss dennoch für Service-Fahrten oder als Feuerwehrezufahrt befahrbar bleiben. Die kollektive Stellplatzbewirtschaftung auf getrennten Ebenen erleichtert zwar die Einrichtung automatisierter Abläufe, würde aber die Betreiber der Wohnanlagen oder der Arbeitsstätten (wie die Universität) in die Pflicht nehmen, ihre Stellplatzanlagen dahingehend auszurüsten.

3.2.3 Automobilisierung im historischen Korsett einer modernisierten Gartenstadt

Zoomt man in das Stadterweiterungsgebiet hinein, nämlich diesfalls in die Pioniersiedlung, stellen sich kleinräumige Szenarien dar, die eine Fülle von Detailfragen zu alltäglichen Szenen offenbaren. Diese Quartiersstruktur ist sozusagen die antithetische Analyse zu den gigantomanischen Bildern aus La Défense zuvor. Aber beiden Anschauungsbeispielen ist gemeinsam, der „Teufel sitzt im Detail“! Kennzeichnend für die Siedlungsgenossenschaft sind das „unvermehrbar“ gemeinschaftliche Wegenetz als Anwohnerzone mit Tempo 30 km/h reguliert und die dichte Abfolge von Hauszugängen und Gartenzufahrten (s. Abb. 14).

Die Modernisierung der Wüstenrot-Musterhäuser hat den Stellplatzbedarf beinhaltet, der notgedrungen auf der Parzelle seitlich oder rückwärtig untergebracht werden musste. Nur, wenn Grundstücke zusammengelegt wurden, konnte eine gemeinschaftliche Stellplatzanlage im Zuge dessen eingerichtet werden. So bunt sehen die Lösungen nun an den Quellen und Rückkehr-Zielen täglicher Kfz-Fahrten aus. Daran knüpfen sich Fragestellungen trivialer Art, wie: Gilt hier der Rechtsvorrang? Wohin reicht der Detektionskegel zweier herausfahrender Kfz? Wie sieht die initiale Programmierung auf den verschiedenen Automat-Levels und Kfz-Modellen dafür aus? Welches Kfz mit welchem Ausstattungsprofil beansprucht Vorrang oder verzichtet auf Vorrang? Kann mit Interkonnektivität die Rangfolge entschieden werden? Hat das minderausgestattete Kfz jedenfalls Vorrang oder ist das Einfädeln in die gemeinsame Ausfahrt auf jeden Fall mit Nachrang belegt? Wird in solch beengten atypischen Szenarien gar die Automatisierung auszuschalten sein und die Human-Steuerung als Gebot vorgeschrieben werden? Oder braucht es Lichtschranken oder gar eine GPS-

Ortung, die jedoch in der Tiefgaragenausfahrt Schwierigkeiten hätten? Was könnten daher die unaufwändigsten Mittel sein, diese trivialen Situationen zu meistern, wenn Kfz autonomisiert werden sollen?

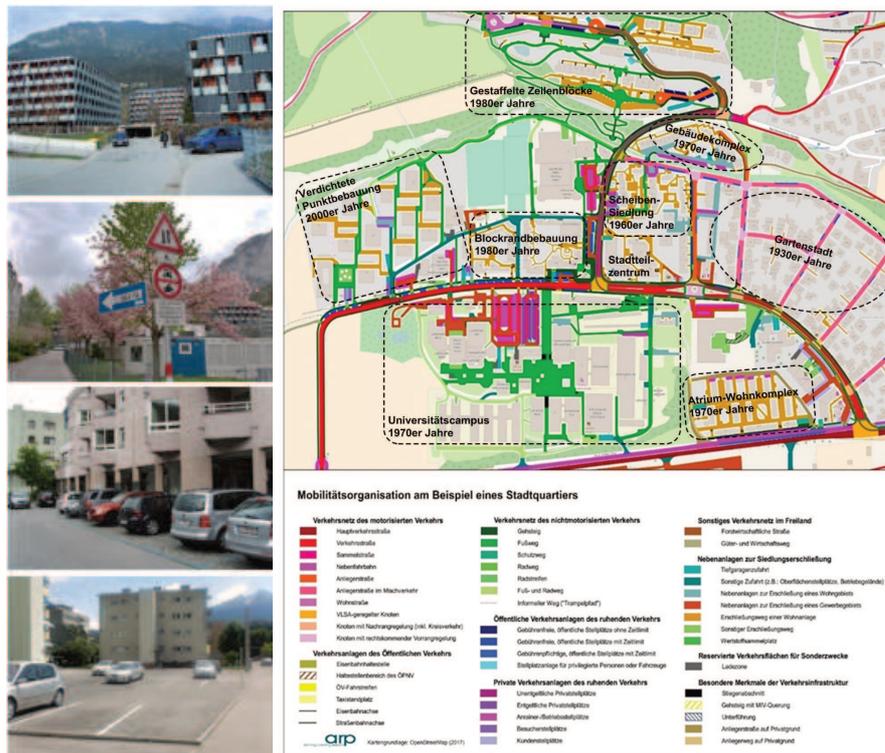


Abb. 13: Die vielfältige Verkehrsflächenorganisation des Stadterweiterungsgebietes Innsbruck Hötting-West mit den siedlungshistorischen Quartieren und ihren Erschließungskonzepten für den Kfz-Verkehr von den 1930er Jahren bis heute (Quelle: Transforming Cities, 3/2017, 50)



Abb. 14: Die Umbaustadien der Wohngebäude (oberes Bild: grün: weitgehend original, dunkelrot: neu verdichtet errichtet mit dem Bedarf einer kollektiven Stellplatzanlage) und Erschließung der Wohngebäude (rote Pfeile Stellplatzausfahrt, blaue Pfeile Hausausgänge) als Unsicherheitsfaktor für Fahrzeugbewegungen in engen Straßenraum und als Datenschutzproblem für die Privatsphäre der Anwohner. (Quelle: Transforming Cities, 2/2016, 13)



Abb. 15 & 16: Das genossenschaftliche Wegenetz ist beruhigte Wohnanliegerstraße. Die Lösungen für die Kfz-Hinterstellung sind von bunter Vielfalt und schwer einsehbar, gleichwohl ist der tägliche Kfz-Gebrauch hier allgegenwärtig.

3.2.4 Schnittstellen im urbanen Straßennetz am Beispiel A59-Exit 11 nach Duisburg-Zentrum

In der Stadt Duisburg verläuft eine Transitautobahn zwischen dem Stadtzentrum westlich und dem Hauptbahnhof östlich in unterfluriger Trassenlage, dennoch weist die Autobahn etliche Anschlussstellen zur Erschließung der inneren Stadtgebiete auf. Diese Nahtstelle könnte eine Herausforderung für die Automatisierung des Fahrbetriebs werden. Generell weist das hierarchisch organisierte urbane Straßennetz

Herausforderungen der städtischen Szenarien an die Automatisierung von Fahrzeugbewegungen – wo sollen welche Anwendungen aktiviert werden?

an den Übergängen zwischen den funktionellen Straßenkategorien zahlreiche Schnittstellen auf, die im Fall einer Automatisierung der Verkehrsabläufe regulatorisch und technologisch bewältigt werden müssten. Dabei wird die Harmonisierung durch die Straßenverkehrsgesetzgebung und die gebietskörperschaftliche Verkehrsplanung unausweichlich sein. Gegenwärtig werden als Einstieg in diese technologische Epoche die Autobahnen neben den in proprietärer Verantwortung stehenden isolierten Verkehrsanlagen („off road“) favorisiert. Autobahnstrecken durchziehen als Achsen und umfassen als Gürtel die Ballungsräume mit einer dichten Abfolge von Exits. Unter den häufig beengten Verhältnissen sind Abweichungen von den idealen Trassierungsparametern bei der Ausfädelungsspur und den Bogenradien oft nicht vermeidbar. Der Übergang von autonomisierten Fahrbewegungen auf die herkömmliche Fahrzeugsteuerung durch einen Fahrzeugführer unterstützt von ADAS (= Advanced Driving Assistance Systems) wird dadurch zeitlich und laufwegmäßig empfindlich eingeschränkt. Schließlich werden die menschliche Reaktionszeit und die Übernahmebereitschaft Kriterien für die Generierung von Szenarien in einer solchen „Human-Machine-Interaction“ (HMI) darstellen. Die hohe Anfahrtschwindigkeit verkürzt zudem die Reaktionswege.



Abb. 17 & 18: Die Transitautobahn A 59 zwischen Duisburg-Hauptbahnhof und Exit 11 ins Zentrum verläuft tieferliegend, stellt aber einen „Emissionskessel“ dar. Die klare Umgrenzung würde einem geleiteten automatisierten Fahrbetrieb entgegenkommen, die Schnittstelle (Übergang als gelber Pfeil, Fahroptionen als Pfeile in rot und orange nach Häufigkeitswahrscheinlichkeiten dargestellt) zum städtischen Straßennetz mit der Etagenauffahrt müsste im Zuge einer „Human-Machine-Interaction“ aber bewältigt werden.

Die Szenerie widerspiegelt durch den Etagensprung die strikte funktionelle Trennung der Verkehrsflächenorganisation zwischen den Daseinsfunktionen der Stadt und dem Transit- und Schnellverkehr. Die Umgrenzung schottet gegenseitige Interventionen weitgehend ab, es sei denn, kriminelle Aktionen oder höhere Gewalten werden wirksam. Abseits von städtebaulicher Kritik an solchen Situationen sind recht klare Verhältnisse für automatisierte (d.h. mit Fahrerverantwortung) oder autonomisierte (d.h. ohne Fahrerverantwortung) Fahrzeugbewegungen gegeben, weil die Kraftfahrzeuge als Mitspieler auf dem Spielfeld Fahrbahn (= Umfeld) als Verkehrsteilnehmer unter sich bleiben und die Straßenanlage günstige Voraussetzungen für die Installierung von steuernden Leiteinrichtungen anbietet. Dazu müssten sich allerdings dafür ausgestattete Kfz in das externe Steuerungssysteme für diesen Straßenabschnitt ausnahmslos einklinken. Das würde sodann den Ausschluss ausrüstungsbedingt nicht kompatibler Fahrzeuge auf diesem Streckenabschnitt bedeuten. Des Weiteren werden sich Schnittstellen mit der herkömmlichen Fließverkehrsabwicklung im Stadtstraßennetz an den Exits ergeben, wo die systemaren Übergänge, wie die Übergabe der Lenkerverantwortung an den Fahrzeugführer, eingerichtet werden müssten. Was aber, wenn dieser nicht in Sekundenschnelle übernimmt, wie vom Automat-System aufgefordert, weil er sich gerade mit Wichtigerem beschäftigt hat? Werden für solche Fälle einer verspäteten Übernahme Nothalteflächen angelegt werden?

Leitet man aus dem Bild „Ausfahrt in das Stadtstraßennetz“ mit einer zufälligen Ausgangssituation nun eine Szenen-Generierung ab, so offenbart sich selbst bei einer konfliktarm erscheinenden Anfangsszene die Komplexität der optionalen Handlungsabläufe in den Interaktionen zwischen den fünf Fahrzeugen des Zufallskollektivs. Angemerkt sei, dass es sich um einen Zeitpunkt des vormittäglichen Sonntagsverkehrs gehandelt hatte, woraus sich der „entspannte“ Verkehrszustand (ca. Level of Service B) erklärt. Dem gerade heranfahrenden Kfz (1) auf dem rechten Fahrstreifen bieten sich die Optionen Ausfahrt ansteuern (a), gerade auf der Spur weiterfahren (b) oder auf den mittleren Fahrstreifen schwenken (c), um am voranfahrenden Pkw (2) vorbeizufahren, sollte dieser langsamer fahren als sein Nachbar am mittleren Fahrstreifen (3). Werden die prinzipiellen Handlungsoptionen noch um „Eventualitäten“ erweitert, könnte das der Ausfahrt zustrebende Fahrzeug (5) „es“ sich anders überlegen und wieder auf den Richtungsfahrstreifen hinüberschwenken, was „es“ darf, solange keine Sperrlinie durchgezogen ist. Oder das Kfz auf der „schnellen“ Spur (4) könnte auf den mittleren Fahrstreifen wechseln, weil „es“ beabsichtigt, den übernächsten Exit (A59-12) zu benutzen.

4 FAZIT FÜR DIE MASTERPLANUNG UND KONSTRUKTION VON IN-SITU-SZENARIEN

Resümierend kann anhand der herausgegriffenen Anschauungsbeispiele festgestellt werden:

- Die Szenarien sind trotz ihrer Vielfalt und mit ihren Abweichungen in der örtlichen Ausprägung dennoch typologisch aufgrund der stadtteilfunktionellen (Umgebung), verkehrsorganisatorischen (Netzhierarchie) und topographischen Charakteristiken (Trassierung) nach Ähnlichkeit einordenbar.
- Gleichzeitig muss aber bei aller Ähnlichkeit dieser „Interaktionsboxen“ den spezifischen Ausprägungen sowohl der statischen Verkehrsanlage als auch dem ortstypischen Verkehrsaufkommen im Zeitablauf Beachtung geschenkt werden, um realistische Szenarien zu generieren, anhand derer Testanordnungen und Prüfroutinen abgeleitet werden können.
- In Stadtgebieten ergeben sich zahlreiche Nahtstellen zwischen den Bewegungsräumen der Mobilitätsgruppen (wie Bordsteinkanten, Fahrstreifenteiler und zugewiesene Verkehrsflächen) und Schnittstellen, die Übergänge im Verkehrsverhalten und in der technologischen Unterstützung der Verkehrsteilnahme bedingen. Diese kritischen Orte sind auf ihre Disposition in Hinblick auf eine weitgehende Automatisierung des Verkehrsgeschehens zu identifizieren, um Kosten, Nutzen und Risiken abschätzen zu können.
- Hoch technisierte Verkehrsabläufe sind anhand von situativen Außergewöhnlichkeiten zu bewerten, wie das bei der Dimensionierung technischer Lösungen (wie bei der Statik von Bauwerken oder der Kollisionsfestigkeit von Fahrbetriebsmitteln) üblich ist und vorgeschrieben wird. Gewöhnlichkeiten bilden den Nutzen ab, Außergewöhnlichkeiten zielen auf die Verlässlichkeit ab. Dabei könnte es bei der Einführung und Zulassung von Automat-Funktionen im Kraftfahrbetrieb noch Aufholbedarf geben.
- Wie erwähnt werden Schnellverkehrswege als Hoffnungsträger für die Verbreitung von Technologien zur hoch automatisierten Verkehrsabwicklung angesehen, darob darf die gesamte alltägliche Wegekette von Kfz-Fahrten nicht ausgeblendet werden (durchschnittlich ca. 42 km Pkw-Tagesfahrleistung, davon vermutlich nur wenige Kilometer auf einer prinzipiell dafür ausrüstbaren Autobahn).
- Einer der Knackpunkte wird der Umgang mit den Fahrmanövern auf den ersten und letzten Metern darstellen, weil sie entweder weitgehend durch autonomisierte Fahrzeugbewegungen abgelöst werden können (Gateway zu beschränkt öffentlichen Verkehrsanlagen) oder aber je nach örtlicher Situation weitgehend ausgeschlossen bleiben, um die uneingeschränkte Lenkerverantwortung zu wahren (z.B. in einer Wohnanliegerstraße).

In klar geordneten Szenarien ist eine örtlich begrenzte Übergabe der Lenkerverantwortung an ein externes Lenkungssystem, das die Fahrzeugbewegungen der Kfz-Kollektive gegeneinander abgestimmt außensteuert, vielleicht in längerfristiger Zukunft ein Thema. Dabei werden jenseits der technischen Machbarkeit die ambivalenten Effekte in Hinblick auf Verkehrssicherheit (vermutlich positiv), die Kapazitätsausnutzung der Fahrwege (vermutlich moderierend), die Emissionssituation (vermutlich ausgeglichener und an Grenzwerten orientiert), die freie Benutzbarkeit des Fahrweges (vermutlich eingeschränkter) und die Zugänglichkeit des Erschließungsgebietes (möglicherweise mit Kontingentierung des Zuflusses in das Stadtzentrum) politisch abzuwägen sein. Das bedeutet, die involvierten Stakeholder sollten sich zeitgerecht miteinander im Rahmen einer landesweiten Mobilitätsstrategie mit solchen Szenarien in raumtypischen Szenarien abstimmen, also der Fernstraßenbetreiber (die Landesstraßenverwaltung bzw. künftig die Bundesautobahngesellschaft), der kommunale Straßennetzbetreiber, der/die Mobilfunknetz-Provider und die Verkehrsdiensteanbieter u.a.m. Schließlich ist die Beteiligung der ansässigen Bürgerschaft und Wirtschaftstreibenden bei der Masterplanung Mobilität heute nicht mehr wegzudenken. Es wird viele Schnittstellen nicht nur automobil-technologischer, sondern auch verwaltungsübergreifender und subsidiär-demokratischer Art zu bedienen geben.

5 QUELLENHINWEISE

- DÖRR, Heinz; FRITZ, Gerhard; HATHEIER-STAMPFL Regine; TOIFL, Yvonne: Urbane Evolution in einer alpinen Stadtlandschaft. Beiträge zur Analyse der Transformation am Beispiel Innsbruck-Nordwest. In: Transforming Cities, 1. Jg., Heft 2/2016, S. 12-15. München, 2016
- DÖRR, Heinz; MARSCH, Viktoria; ROMSTORFER, Andreas: Automatisiertes Fahren im Mobilitätssystem. Ein Spannungsbogen zwischen Ethik, Mobilitätsausübung, technischem Fortschritt und Markterwartungen. In: Internationales Verkehrswesen 69. Jg. Heft 3/2017, S. 40-44. München, 2017
- DÖRR, Heinz; MARSCH, Viktoria; ROMSTORFER, Andreas: Automatisiertes Fahren in urbaner Umgebung. Herausforderungen für die Stadt- und Verkehrsplanung. In: Transforming Cities 2. Jg. 3/2017, S. 47-53. München, 2017

Herausforderungen der städtischen Szenarien an die Automatisierung von Fahrzeugbewegungen – wo sollen welche Anwendungen aktiviert werden?

- DÖRR, Heinz; MARSCH, Viktoria; ROMSTORFER, Andreas: Automatisierter Straßenverkehr und spurgebundener ÖPNV. Betroffenheiten, Verantwortlichkeiten, Handlungsbedarfe. In: Der Nahverkehr 36. Jg. 3-2018, S. 58-65. Hamburg, 2018
- DÖRR, Heinz; MARSCH, Viktoria; ROMSTORFER, Andreas: Automatisiert Bewegen durch Stadt und Land – Gesellschaftliche Implikationen der Implementierung von ITS-Technologien in das Verkehrsgeschehen des zukünftigen Mobilitätssystems. In: REAL CORP 2019 24th International Conference on Urban Planning and Regional Development in the Information Society (Karlsruhe Institute of Technology): Proceedings/Tagungsband, S. 111-121. On-line www.corp.at, 2019
- DÖRR, Heinz; ROMSTORFER, Andreas: Theoretische und praktische Ansätze zur Implementierung des automatisierten Straßenverkehrs in das Mobilitätssystem. In: Heike PROFF (Hrsg.): Neue Dimensionen der Mobilität, Tagungsband zum 11. Wissenschaftsforum Mobilität 2019 der Universität Duisburg-Essen, S. 719-743. Wiesbaden, 2020
- DÖRR, Heinz; ROMSTORFER, Andreas: Implementation of autonomous vehicle onto roadways – A step to a Theory of Automated Road Traffic. In: International Transportation (Internationales Verkehrswesen): Vol. 72 / Special Edition 1 February 2020, pp 66-70. Baiersbronn-Buhlbach, 2020