

# **„Autonomes Fahren im Stadt- und Regionalverkehr“**

## **Memorandum für eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung aus der integrierten Sicht der Verkehrswissenschaft**

### **1. Anlass und Ziele**

In jüngster Zeit werden viele Erwartungen und Hoffnungen bezüglich der Einsatzmöglichkeiten „autonomer Fahrzeuge“ oder genauer ausgedrückt „automatisch fahrender Fahrzeuge“ geweckt. Es wird suggeriert, die Probleme des Stadt- und Regionalverkehrs wie auch des Verkehrs in dünn besiedelten ländlichen Räumen könnten dadurch grundsätzlich gelöst werden. Sind die Erwartungen hinsichtlich der Problemlösungskapazitäten realistisch oder trügerisch und fehlleitend? Handelt es sich eher um eine evolutionäre als um eine revolutionäre bzw. disruptive Weiterentwicklung der lokalen und regionalen Verkehrssysteme? Wie sind die Chancen und Risiken aus gesellschaftlicher Sicht verteilt?

Die fachlichen, fachpolitischen und gesellschaftlichen Diskussionen sind nachvollziehbar bisher vor allem „technologisch“ getrieben. Sie bewegen sich vor allem in den medialen Diskussionen zwischen einem „Hype“ für technische Innovationen und deren Marktwirkungen in einem wichtigen Industrie- und Dienstleistungsbereich auf der einen Seite und der Verantwortung für das Gemeinschaftsgut unserer Siedlungen, Infrastrukturen und Räume auf der anderen Seite. Dabei dominiert bisher die technologische Diskussion stark die gesellschaftspolitischen Fragen.

Der Spagat zwischen jeweils den Aspekten Technikentwicklung, Erwartungen an Effekte auf die Wirtschaftsentwicklung (Leitmarkt und Leitanbieter der Technologien), Umsetzung von Klima- und Umweltschutzziele, Beachtung sozialer Effekte muss allerdings zur Gewährleistung der Verträglichkeit bewältigt werden. Es geht dabei auch um eine verantwortliche und nachhaltige Stadt-/Siedlungs- und Verkehrsentwicklung. Unverzichtbar ist eine Betrachtung der Wirkungsgesamtheit mit Effekten auf Teilhabe- und Teilnahmemöglichkeiten der Menschen, wirtschaftliche Austauschprozesse (Erreichbarkeit, Zeitaufwand), Emissionen, Flächenbeanspruchungen und vor allem Vernetzungen im intermodalen und multimodalen Gesamtverkehrssystem. Bislang dominiert die Betrachtung des motorisierten Straßenverkehrs – häufig noch unter Vernachlässigung anderer Verkehrsträger wie des ÖPNV, auch wenn es in U-Bahn-Systemen (z. B. BART in San Francisco Bay Area und U-Bahn in Nürnberg) wie auch in Pilotprojekten für Ortsbusse erste erfolgreiche Versuche gibt. Dabei kann für die zu prüfenden Praxisversuche wie auch für die Beteiligung der verschiedenen Akteure aus Politik, Verwaltung, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft auf die frühen Phasen der Einführung von Leit- und Steuerungssystemen – beispielsweise das Projekt PROMETHEUS der Europäischen Gemeinschaft oder auch die deutschen Projekte „Mobilität in Ballungsräumen“ - verwiesen werden.

Die Entwicklung und der Einsatz „autonomer Fahrzeuge“ werden erfolgen – unabhängig davon, ob sich Städte und Regionen rechtzeitig darauf einstellen. Gesellschaftliche Rahmenbedingungen für Stadt- und Regionsentwicklung können aber nur dann im gewünschten Ausmaß mitgestaltet werden, wenn sie gleichzeitig erforscht werden und sich die zuständigen Entscheidungsträger und Planungsexperten diesen Fragen strategie- und umsetzungsorientiert sowie zeitgerecht stellen. Es sind fundierte Lösungsvorschläge zu erarbeiten und in den Wirkungen abzuwägen.

Dabei müssen die Chancen geklärt, aber auch Risiken vor allem sektoraler, nicht integrierter und nicht ausreichend abgewogener Ziele, Lösungen und Wirkungen bewältigt werden. Dies muss in gesamtgesellschaftlicher Verantwortung und in Gemeinwohlorientierung für eine nachhaltige Entwicklung von Städten, Regionen und Verkehr erfolgen.

Dieses Memorandum ist keineswegs Ausdruck einer Technikfeindlichkeit, sondern vielmehr Ausdruck der Verantwortung des Einsatzes von innovativen Verkehrstechnologien für die Gesamtgestaltung des Personen- und Güterverkehrs, des Verkehrs in Städten, suburbanen oder ländlichen Räumen. Dazu sind notwendige, ziel- und lösungsorientierte Fragen als Anstoß für einen fundierten öffentlichen, politischen und fachlichen Diskurs zu stellen sowie frühzeitig und umfassend ein Zusammenwirken aller Akteure, insbesondere auch mit den kommunalen Gebietskörperschaften und den Mobilitätsdienstleistern sicherzustellen. Es muss durch einen rechtzeitigen Diskurs geklärt werden, welche gesellschaftlichen Rahmenbedingungen zu setzen sind, welche Planungsgrundlagen – z.B. Richtlinien – zu schaffen und welcher Forschungsbedarf vor allem auch aus Sicht der Städte und Regionen zu erfüllen ist, um nicht durch rasante Technologieentwicklungen und starkes Lobbying vor vollendete Tatsachen gestellt zu werden. Nicht passive Reaktion ist gefragt, sondern aktive Mitgestaltung.

## **2. Einordnung eines automatisierten Verkehrs**

Zur Definition und Abgrenzung der autonomen Fahrzeuge und damit des automatischen Fahrens haben sich die Stufen (Level) der SAE-Standards durchgesetzt:

- Stufe 1 bedeutet „Fahrer lenkt herkömmliches Auto“,
- Stufe 2 „Fahren mit einzelnen Assistenzsystemen“, z.B. mit Einparkhilfe,
- Stufe 3 „Hochautomatisiertes Fahren“: der Fahrer kann zeitweise andere Dinge tun, wird aber gegebenenfalls zur Übernahme des Lenkens aufgefordert (z.B. automatisiertes Fahren auf Autobahnen, rechtliche Zulassung in Europa wird bis 2020 erwartet),
- Stufe 4 „Hochautomatisiertes Fahren“, dauerhafte Übernahme der Steuerung durch das System mit Aufforderung an den Fahrer, die Steuerung gegebenenfalls zu übernehmen,
- Stufe 5: „volle Autonomie des Fahrens“, Auto ohne Lenkrad, Auto bewegt sich nach Zielfestlegung fahrerlos.

Allerdings verbleibt die Frage des Umfangs und der Zeithorizonte der technischen Entwicklungen und vor allem der Markteinführung der einzelnen Levels für verschiedene Einsatzbereiche noch unklar. Dabei ist zu betonen, dass Einsatzbereiche autonomer Fahrzeuge vor allem für Verkehrsteilsysteme mit eingeschränkten Freiheitsgraden zuerst zu erwarten sind, wie schienen- und spurgeführte Verkehrsmittel des Öffentlichen Personennah- und Personenfernverkehrs, aber auch für Teilsysteme mit geringen Störgrößen (z. B. Luftverkehr, Schiffsverkehr).

Schrittweise automatisierte Fahrzeuge des Straßenverkehrs zum Transport von Personen und Gütern verändern die Systemzusammenhänge zwischen

- Fahrzeug und Fahrzeuglenker (Aufmerksamkeit, Eingriffserfordernisse/-möglichkeiten ...),
- Fahrzeugen, Fahrwegen und Fahrzeuglenker (Detektion, Spurführung, Geschwindigkeit, Verkehrsregelungen ...),
- verschiedenen Verkehrsmitteln des Stadt-/Regionalverkehrs aus motorisiertem Straßenverkehr, schienen- und straßengebundenem öffentlichen Personennahverkehr, Fahrrad-/Pedelecverkehr und Fußgängerverkehr sowie von mobilitätseingeschränkten Personen.

Voraussetzung ist, dass einerseits „autonome Fahrzeuge“ entweder vollständig selbständig die Betriebsregeln detektieren, analysieren und unter Beachtung von Entscheidungsregeln bewerten, um zu „automatischen“ Reaktionen auf einem hohen Sicherheitsniveau zu kommen. Andererseits können manche notwendigen Informationen infrastrukturseitig oder stadtraumbezogen zur Verfügung gestellt werden.

Notwendiger Vorkläarungen bedarf es hinsichtlich Straßenverkehrsrecht, Zulassungsbedingungen von Fahrzeugen und Fahrzeugverantwortlichen (z.B. Straßenverkehrsordnung, Straßenverkehrszulassungsordnung, Betriebsordnung Kraftverkehr, Betriebsordnung Straßenbahn ...), Haftungsrecht, vermehrt aber auch hinsichtlich Datensicherheit und Datenschutz der auf Individuen bezogenen Daten und deren (teil)kollektiver Verwendung. Es ist das rechte Verhältnis zwischen zentralisierter Datenhaltung mit dem Problem der Blockademöglichkeit solcher Systeme in Relation zu dezentraler Datenbereitstellung und notwendigem Datenschutz zu klären.

Die Ziele einer nachhaltigen, d. h. energie-effizienten, postfossilen Mobilitätsentwicklung dürfen nicht gefährdet werden, sondern müssen in der Umsetzung der Klimaziele gestützt werden. Daher ergeben sich veränderte Anforderungen an Verkehrsinfrastrukturen, Verkehrsbetrieb und Verkehrsmanagement, Verkehrsrecht, verkehrs- und raumrelevante (technische) Richtlinien sowie an die Gestaltung des Gesamtverkehrssystems.

Chancen für einen zielorientierten und konfliktreduzierten Einsatz von autonomen Fahrzeugen ergeben sich insbesondere durch frühzeitige Verknüpfung mit weiteren planerischen und technischen Innovationen, wenn Synergieeffekte fruchtbar gemacht werden. Das gilt beispielsweise für planerische Ansätze und deren Umsetzung wie eine Internalisierung externer Kosten des Verkehrs (Straßen-Maut, City-Maut ...), wie Ausgestaltung von Bonus-Malus-Regelungen oder Aufbau und Ausbau von intermodalen Mobilitätspunkten. Zu technischen Ansätzen zählt der Einsatz von emissionsoptimierten Fahrzeugen wie Elektro-Fahrzeuge, die Ausgestaltung von Sharing-Konzepten, Ausbau und Ausdifferenzierung von Mobilitäts-Apps usw. Eine zielgenauere Wirksamkeit wird durch die Verknüpfung von Technik-Innovationen und Verhaltens-Innovationen („soziale Innovationen“) sowie der dafür notwendigen verkehrspolitischen Rahmenbedingungen erreicht.

Die angestrebten Innovationen und die resultierenden evolutionären oder auch disruptiven Systemanpassungen sollten im Rahmen von Arbeits-, Beteiligungs- und Entscheidungsprozessen auf der strategisch-konzeptionellen Ebene der lokalen/regionalen Verkehrsentwicklungsplanung (VEP) erfolgen – unter anderem, indem Szenarien zu Lösungsoptionen und Wirkungen erarbeitet und geprüft werden. Dabei erscheint wegen der grundsätzlichen Systemänderungen ein intensiver und permanenter Prozess der Beteiligung von Politik, Fachverwaltungen, Experten, Wirtschaft und Zivilgesellschaft sinnvoll und unabdingbar. Dadurch werden direkt und indirekt Prozesse zur Weiterentwicklung lokaler bzw. regionaler „Mobilitätskulturen“ angestoßen und gefördert.

### 3. Potenziale und Chancen autonomer Fahrzeuge

**Motorisierter Individualverkehr:** Durch den Einsatz – auch von stufenweise erweiterten Formen – autonomer Fahrzeuge ergeben sich vor allem Möglichkeiten, die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen. Zudem können Fahrzeuglenker von Fahraufgaben teilweise oder ganz entlastet werden. Es ergeben sich damit bei vollautomatisierten Fahrzeugen Chancen zu zeitlich parallelen Aktivitäten/Aufgaben bei Wegen/Fahrten wie z.B. Ausruhen, Schlafen, Lesen, direkte oder informationstechnisch gestützte Kommunikation, Arbeiten, Lernen... Die Brutto-Fahrzeit ist nur noch mit einer stark reduzierten Netto-Zeitbelastung verbunden, da zumindest ein Teil der Wegezeit zu anderen Aktivitäten genutzt werden kann. Gleichzeitig bedeutet der Einsatz eine Entlastung von Lenkungs- und Fahraufgaben und damit von Wahrnehmungs-, Kognitions-, Entscheidungsaufgaben und deren Umsetzung in die Fahrzeuglenkung (Anfahren, Bremsen, Lenken, Beobachten ...). Fahrmanöver können zuverlässiger und genauer erfolgen, so dass bei ausschließlichem Einsatz „autonomer“ Fahrzeuge z. B. Fahrstreifenbreiten reduziert werden können, wie auch Abmessungen von Parkständen. Dies eröffnet Potenziale für andere Straßenraumnutzungen. Diese Möglichkeiten sind bei Mischverkehren von autonomen und durch Menschen gelenkten Fahrzeugen aber nicht vorhanden oder stark begrenzt.

Die Interaktion der Fahrzeuge untereinander und mit der Verkehrsinfrastruktur kann effizienter und vor allem regelkonform gestaltet werden, da diese technisch bewältigt werden können, aber nicht mehr durch menschliche Wahrnehmungs- und Reaktionsbedingungen (stark reduzierte Reaktionszeiten, Nicht-Wahrnehmung ...) geprägt sind. Freigabezeiten an Lichtsignalanlagen können reduziert und damit deren Kapazitäten erhöht werden, so dass Staus vermieden oder abgebaut werden. Steigerungen von Kapazitätsreserven können allerdings im Gesamtsystemzusammenhang des Stadt-/Regionalverkehrs durch Rebound-Effekte wie verstärkte Verlagerungen von Wegen vom Umweltverbund zurück auf den motorisierten Straßenverkehr sowie durch induzierten Verkehr (über)kompensiert werden und damit kontraproduktiv werden.

Vor allem bieten „automatisierte“ Fahrzeuge die Chance, die Befolgung von Verkehrsregeln vollständig und konsequent durchzusetzen, z.B. zum Schutz querender Fußgänger, zur Einhaltung von Geschwindigkeitsbeschränkungen, zur Vermeidung von „Rot-Fahrten“ an Signalanlagen oder von Fehlparken ... Allerdings können bewusste „Störer“ des Systems, z. B. Fußgänger, die spontan Fahrstreifen betreten, die Funktions- und Leistungsfähigkeit zum Erliegen bringen, wenn sie nicht durch „Zäune“ daran gehindert werden.

Durch technisch optimierte Fahrvorgänge kann somit die Stadtverträglichkeit des Straßenverkehrs systemimmanent verbessert werden – beispielsweise auch durch den Einsatz „energieverbrauchs-“ oder „emissionsoptimierter“ Fahrzeuge. Systemgrenzen-überschreitend können Verbesserungen der Stadtverträglichkeit erreicht werden, indem autonome Fahrzeuge fossilfrei angetrieben werden (Batterieelektrische Fahrzeuge, hybride Fahrzeuge, Wasserstoffantrieb ...). Durch Kombination von umweltfreundlichen Fahrzeugen als Zulassungsbedingung für autonome Fahrzeuge in Ballungsräumen können Synergieeffekte erreicht werden. Wenn kollektive Angebote („Sharing-Angebote“) autonome Fahrzeuge anbieten, kann die Anschaffung privater Fahrzeuge reduziert werden, so dass Fahrzeuganzahl und Flächenbeanspruchungen eher abnehmen.

**Intermodaler Verkehr und Mobilitätsdienste:** Autonom fahrende Fahrzeugflotten - wie standortfeste oder „free-floating“ Car-Sharing-Flotten oder fahrerlose Sammeltaxis - können insbesondere in Schwachlastzeiten und in dünn besiedelten Gebieten Einsatz finden. Die Flächenbeanspruchung wird vor allem dann reduziert, wenn eine Verbindung mit einem Parkraum-Management erfolgt. Dazu zählen die Optimierung der einzelnen Parkieranlagen in Verbindung mit automatischem Abstellen der fahrerlosen Fahrzeuge und Abholung der Fahrgäste durch diese bei Bedarf. Dies setzt aber zusätzlich eine abgestimmte Ausgestaltung von verkehrsrechtlichen, verkehrsorganisatorischen und auf das Verkehrsmanagement bezogenen Rahmenbedingungen voraus. Zu solchen Diensten zählen auch Tür-zu-Tür-Mobilitätsangebote.

Im motorisierten Individualverkehr wird Personen ohne Führerschein (Jugendliche, Alte, Behinderte, Personengruppen mit eingeschränkter Mobilität ...) durch vollautomatisierte Fahrzeuge eine Nutzungsmöglichkeit eröffnet. Dies hat insbesondere für nachfrageschwache Verkehrsbeziehungen Bedeutung. Es erfolgt eine verstärkte Auflösung von Systemgrenzen zwischen ÖPNV, Sharing-Systemen, Nachbarschaftstransporten, Taxi-Systemen ... Dabei sind bevorzugt Zubringer-Systeme und Shuttle-Dienste für den Einsatz automatisch motorisierter Fahrzeuge geeignet, um – in Schwachlastzeiten oder auf tangentialen Relationen mit schwacher Nachfrage – das Erreichen von Hauptachsen des ÖPNV zu gewährleisten. Automatische Fahrzeuge – u. U. mit spezifischer Liefer- und Ladetechnik – können vor allem in Städten den Lieferverkehr „auf der letzten Meile“ neu gestalten – z. B. automatisierte Fahrten bis zu Paketboxen.

**ÖPNV:** Einsatzbereiche ergeben sich aber nicht nur für den motorisierten Individualverkehr, sondern vor allem auch für den schienengebundenen Verkehr (Eisenbahn, S-Bahn, U-Bahn, Stadt-/Straßenbahn ...) und den spurgebundenen ÖPNV (Spurbus, Bus-Rapid-Transit-Systeme, Busse auf Busfahrstreifen ...), da die Freiheitsgrade bei diesen Systemen ohnehin reduziert sind und Fahrstreifen zum Teil ausschließlich genutzt werden (müssen). Zudem kann eine Erweiterung des ÖPNV-Systems in Form von Sharing-Angeboten und durch bedarfsorientierten Einsatz von autonomen („öffentlichen“) Kleinbussen/Pkw bei geringer ÖPNV-Nachfrage erfolgen. Letzteres gilt insbesondere für Stadtrandgebiete, für flächenhafte Siedlungsgebiete im suburbanen Raum und für einwohnerschwache, periphere ländliche Räume.

**Nicht motorisierter Verkehr:** Ein Einsatz von autonomen Verkehrsmitteln im nichtmotorisierten Verkehr erscheint eher unwahrscheinlich. Allerdings können nichtmotorisierte Verkehrsträger an Sicherheit gewinnen.

Es deutet sich insgesamt eine stärkere „Systemdurchdringung“ von individuellen und kollektiven Verkehrsmitteln an. Die konkreten Ausformungen werden durch die Entwicklung technischer Lösungen, durch die Ausgestaltung von Mobilitätsdiensten und von mobilitätsbezogenen Informationsdiensten, aber auch vor allem durch teileräumliche Zugangsregelungen und Bevorzugungen oder durch Strukturen der Kostenanlastung/Anreize beeinflusst. Zudem werden Förderstrategien von Einfluss sein.

Ein - über Pilotprojekte hinausgehender – Einsatz mit erkennbaren Mengeneffekten der Stufe 5 erscheint erst weit nach 2030 möglich. Dies eröffnet zum einen die Chance zu kontrollierten Pilotanwendungen (Urbane Labore „Smart Mobility“). Zum anderen zeigt dies jedoch auch die Erfordernisse zur rechtzeitigen Einbindung in integrierte Verkehrsentwicklungs-/Mobilitätsentwicklungskonzepte.

Da sich generell die individuellen und kollektiven Erreichbarkeitsbedingungen verändern (können), sind vor allem auch Veränderungen von Raumstrukturen und Standortmustern möglich und zu hinterfragen. Insbesondere ist die Verträglichkeit mit einer ressourceneffizienten, CO<sub>2</sub>-freien, emissionsarmen Siedlungsentwicklung zu überprüfen, wenn siedlungsstrukturell bedingte Rebound-Effekte vermieden bzw. beeinflusst werden sollen. Dies kann beispielsweise durch erneute Verstärkung von Suburbanisierungsprozessen infolge Reduktion der „Netto-Wegezeiten“ sowie durch das verstärkte Potential autonomer Fahrzeuge, die Individualität der Verkehrsnachfrage und damit Zersiedlungstendenzen zu fördern.

#### 4. Auswirkungen und Risiken des autonomen Fahrens

Derzeit ist noch sehr wenig Konkretes und empirisch Abgesichertes über die Potentiale des autonomen Fahrens für neue Mobilitätsdienste bekannt. Deshalb existieren auch wenige Informationen über die Auswirkungen und Risiken. Dies bedarf einer Forschungsoffensive, die nicht nur die Technologie, sondern die ganzheitlichen Systemeffekte umfasst. Wichtig ist vor allem, dass alle Ebenen der Mobilitätsangebote und insbesondere die regionale und kommunale Ebene einbezogen werden. Dabei sind aus heutiger Sicht folgende Themen von Bedeutung:

- Es ist nicht auszuschließen, dass zur stufenweisen Erschließung des Einsatzes autonomer Fahrzeuge Straßen oder ganze Teilnetzbereiche von Städten zu **„bevorzugten“ („geschützten“) Zonen für automatische Fahrzeuge** definiert werden, d. h. für Fußgänger und Fahrradfahrer gesperrt werden. Dies würde eine die Stadtqualitäten beeinträchtigende Funktionszuordnung von Verkehrsflächen bedeuten und ist daher nicht mit einer nachhaltigen Stadtentwicklung verträglich.
- Das **Fahrverhalten** der Fahrzeuge und die Konsequenzen für die Lenker sind für zwei Szenarien zu betrachten: Im Szenario 1 wird unterstellt, dass die Verantwortung vollständig an die Fahrzeugtechnik bzw. den implementierten Entscheidungsalgorithmus und damit den Fahrzeughersteller übertragen wird. Dann gilt Folgendes: Reduktion von menschlichen Wahrnehmungs- und Reduktionszeiten durch optimierte technisch bedingte Informationsaufnahme, -prüfung, -verarbeitung und Entscheidung. Mögliche Folgen sind Verkürzungen von Bremswegen und Abstände der Fahrzeuge, Steigerungen der Leistungsfähigkeit, Stressreduktion für Fahrzeuglenker, Vermeidung von Stau und die Möglichkeit

umweltfreundlicherer Fahrweisen usw. Zur Umsetzung des Szenarios 1 ist die Klärung komplexer ethischer, verkehrs- und haftungsrechtlicher Fragen erforderlich. Hierzu zählt z. B. die Frage, wer über die gesellschaftlich zu akzeptierende Bevorzugung von zu schützenden Verkehrsteilnehmern in Konfliktsituationen, d. h. von potenziellen Unfallsituationen entscheiden soll – also bei Fragen, ob eher ein Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug oder mit spielenden Kindern präferiert werden soll. Sind dies die Autoproduzenten im Rahmen der Erarbeitung von automatischen Entscheidungsalgorithmen oder ist es die Gesellschaft mit Hilfe von Richtlinien oder gesetzlichen Regelungen.

Im Szenario 2 wird unterstellt, dass je nach rechtlichen Rahmenbedingungen nur ein Teil der Verantwortung an die Fahrzeugtechnik und damit verstärkt den Fahrzeugkern übertragen wird. Damit sind die Auswirkungen und Risiken anders verteilt. Das Szenario 2 ermöglicht eine frühzeitigere, weil stufenweise Einführung. Damit können sich auch die im Folgenden angeführten Aussagen verändern.

- Es ist mit einer **Abnahme der Verkehrsunfälle** zu rechnen, die Verschuldensfrage wird bezüglich Haftung und Akzeptanz neu zu definieren sein.
- Das **Mobilitätsverhalten** wird sich erheblich verändern, worüber noch wenig bekannt ist. Letztendlich stellen viele der möglichen Mobilitätsdienste auf Grund ihrer neuen Systemeigenschaften „neue Verkehrsmittel“ sowohl im motorisierten Individualverkehr, im ÖPNV und in den intermodalen Diensten dar. Es könnte mit einer Zunahme des MIV-Anteils und der Nutzung der flexiblen intermodalen Verkehrsmittel für Schwachverkehrszeiten und dünn besiedelte Gebiete sowie für derzeit mobilitätseingeschränkte Personengruppen gerechnet werden. Konkrete empirische Ergebnisse sind nicht bekannt, es ist aber mit verkehrsinduzierenden, d. h. Rebound-Effekten zu rechnen. Es gibt Erwartungen, dass sich der private Fahrzeugbesitz verringern dürfte und damit eine rückläufige Entwicklung des Stellplatzbedarfs entsteht. Dies sind wünschenswerte Wirkungen auf die Flächenbeanspruchungen. Sie sind aber von Kosten individueller autonomer Fahrzeuge und von der Gesamtheit der verkehrspolitischen Rahmenbedingungen abhängig.

Zentrale Fragen stellen sich bezüglich der Veränderungen des Mobilitätsverhaltens: wie werden sich die Kennziffern der Mobilität, Wegehäufigkeiten, Zeitbedarfe für Wege, Fahrleistungen, Wegezwecke, Außerhausaktivitäten und Verkehrsmittelaufteilung (Modal Split) verändern? Es gibt je nach Mobilitätsindikator sowohl Hinweise auf eine Erhöhung als auch auf eine Verringerung.

- Das **Verkehrsangebot** wird starke Veränderungen erfahren. Es ist eine Zunahme an Sharing-Modellen durch Mehrfachnutzung zu erwarten, es werden neue Mobilitätsanbieter entstehen, die die derzeitigen, oft in öffentlicher Hand befindlichen Verkehrsunternehmen ergänzen. Auch hier bedarf es neuer ordnungspolitischer Überlegungen. Die erwünschte Systemintegration von ÖPNV und Car-Sharing-Angeboten wird aller Voraussicht nach beschleunigt werden, was zu einem Rückgang der gesamten Fahrzeuganzahl führen kann, wenn nicht neue Marktanreize der Automobilbranche aus Umsatzgründen diese Entwicklung konterkarieren. Letztendlich steht hier eine Entwicklung bevor, von der wir noch we-

nig wissen und die deshalb einen großen Forschungsbedarf bezüglich des Mobilitätsverhaltens aufweist.

- Insgesamt ist mit einer betriebswirtschaftlichen **Effizienzsteigerung des ÖPNV** zu rechnen, die aber mit einem Abbau von Arbeitsplätzen verbunden sein dürfte. Es werden sich durch die neuen, derzeit noch nicht abschätzbaren Systemeigenschaften und der Akzeptanz der neuen Verkehrsdienste mehr oder weniger starke Veränderungen der ÖPNV-Struktur (Bedienungsqualitäten, Liniennetz u. ä.) ergeben.
- Nicht zu vernachlässigen sind die **sozialen Auswirkungen** auf die Nutzer (neue räumlich und zeitlich flexible Angebote). Auch starke soziale Veränderungen für das Betriebspersonal des ÖPNV und der taxiartigen Dienste sind zu erwarten. Mit Rückgängen der Beschäftigten als Fahrzeuglenker, aber auch in der Automobilproduktion ist zu rechnen. Man kann erwarten, dass neues, besser ausgebildetes Service-Personal benötigt wird. Eine offene Frage ist der mögliche Effekt der Verfestigung einer Zweiklassengesellschaft bei der Mobilität aufgrund des Preis-Leistungsverhältnis der autonomen Fahrzeug- und Mobilitätsangebote und Dienste (reiche, arme sowie gut und schlecht ausgebildete Personen).
- **Umweltauswirkungen** werden hauptsächlich durch die Veränderung des Mobilitätsverhaltens und die Umweltfreundlichkeit der autonom fahrenden Fahrzeuge beeinflusst. Generell ist mit einer Zunahme der Anzahl individuell genutzter autonomer Fahrzeuge und der personenbezogenen Verkehrsleistung zu rechnen. Deshalb kommt den verkehrspolitischen Rahmenbedingungen bezüglich einer Bindung der Zulassung autonomer Fahrzeuge an bestimmte erhöhte Umweltstandards und deren Kontrolle in Ballungsräumen eine zentrale Bedeutung zu.
- Weitere große Unbekannte sind die Auswirkungen auf die **Siedlungs- und Raumstruktur**. Auch hier gibt es derzeit nur Vermutungen, die unter heutigen Rahmenbedingungen eher die Individualität, also das Leben in dünn besiedelten Gebieten und Stadtrandlagen fördern, wenn nicht gegengesteuert wird. Das Erfordernis einer zielorientierten Gestaltung wird deutlich.

Letztendlich sind die Auswirkungen wegen der vielen Unbekannten der Verkehrsangebote und der Verhaltensänderungen durch das autonome Fahren ein große Fragezeichen unter dem Motto „Nix ist fix!“. Es besteht ein großer Forschungsbedarf.

## **5. Anforderungen an autonomes Fahren, an die Infrastruktur und an den verkehrspolitischen Rahmen aus der Sicht der Stadt- und Regionalverkehrsplanung**

Für die verkehrspolitische Beurteilung der Vor- und Nachteile des autonomen Fahrens sind Zielkriterien und daraus abgeleitete **Anforderungen aus gesellschaftlicher Sicht zu definieren**. Wie das autonome Fahren in die Realität umgesetzt und realisiert werden soll, darf nicht allein von den technischen Möglichkeiten und den Technologieentwicklern dominiert werden, sondern muss in demokratischen Systemen nach gesellschaftspolitischen Notwendigkeiten erfolgen. Es ist erforderlich, einerseits die gesellschaftlichen Anforderungen an eine erwünschte Raum- und Verkehrsentwicklung in Abstimmung mit den technologischen Möglichkeiten des auto-

nomen Fahrens klar zu definieren, andererseits diese Ziele den Entwicklern des autonomen Fahrens bewusst zu machen sowie deren Berücksichtigung einzufordern. Eine kontinuierliche Rückkoppelung würde ermöglichen, dass diese Entwicklung des autonomen Fahrens in effizienter Weise erfolgen kann. Folgende Anforderungen sind besonders wichtig:

- Sicherstellung einer **nachhaltigen Raum- und Verkehrsentwicklung** unter Einhaltung der ökologischen Ziele (Klimaschutzes, Energiewende, Umweltschutzes ...) sowie unter Berücksichtigung der ökonomischen Ziele einer gesamtwirtschaftlichen Effizienz und der Ziele einer sozialen Entwicklung der Gesellschaft. Dazu zählen in der Detailbetrachtung insbesondere die erwünschte Flächenreduktion für Verkehrsanlagen, die Verbesserung der funktionalen Differenzierung der Straßennetze und der Straßenraumgestaltung.
- **Stärkung der Stadtraum- und Lebensqualitäten** in Städten und Regionen, eine Intensivierung des verkehrlichen Teilhabe- und Teilnahmemöglichkeit aller Bevölkerungsgruppen und der Teilhabegerechtigkeit am gesellschaftlichen Leben sowie eine Erhaltung des wirtschaftlichen Austauschs.
- **Abbau aller unzumutbaren Umweltbelastungen** im Sinne der gesellschaftlichen Fairness für alle Bevölkerungsgruppen sowie einer Reduktion der Gesundheitsbeeinträchtigung und –gefährdung.
- **Effiziente Nutzung der Infrastruktur durch alle Verkehrsteilnehmer** mit dem Ziel eines „smart traffic management“. Dazu zählen effizientere Nutzungen von Kapazitäten im ÖV auf Schiene und Straße und eine verbesserte Abstimmung der Kapazitätsbereitstellung auf Straßen für den nichtmotorisierten und den motorisierten Verkehr.
- **Erhaltung und Erhöhung der Siedlungsdichte**, Erhaltung der Funktionsdichte und Erweiterung der Funktionsmischung. Dazu zählt eine Begrenzung der möglichen kontraproduktiven Effekte einer „Lockerung von Standortbindungen“, um eine Suburbanisierung und unkontrollierte Zersiedelung zu vermeiden. Eine flächenhafte Besiedlung und Funktionsentmischung der Raumnutzung ist bestmöglich zu begrenzen, damit ein nachhaltiges Siedlungs-, Stadt- und Verkehrssystem gestützt wird.

Für diese Zielsetzungen und Anforderungen sind die rechtlichen, verkehrsorganisatorischen sowie die verkehrs- und raumordnungspolitischen Rahmenbedingungen rechtzeitig mit den zuständigen Beteiligten und der Bevölkerung zu diskutieren sowie umzusetzen. Damit könnten die Potentiale des autonomen Fahrens zum Wohle der Gesellschaft genutzt werden.

## 6. Empfehlungen und Fazit

1. **Autonome Fahrzeuge** sind **technologische Entwicklungen**, die insbesondere sowohl im Motorisierten Individualverkehr (MIV) als auch im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) betriebswirtschaftliche und nutzerbezogene Vorteile aufweisen können. Die Einsatz- und Leistungsbereiche individueller und kollektiver Verkehrsmittel werden sich durch diese Entwicklungen zunehmend „verschrän-

ken“. Die **Ausnutzung von Verkehrsinfrastrukturen** kann effektiver und **effizienter** werden – insbesondere durch steigende Leistungsfähigkeiten sowie konzentrierte und flächensparsame Abstellmöglichkeiten.

2. Derzeit werden Entwicklungen des autonomen Fahrens überwiegend aus technologischer Sicht von Verkehrsmittelproduzenten und durch Anbieter von Diensten der Informations- und Kommunikationstechnik dominiert. Eine zukunftsfähig positive Entwicklung setzt aber – unabdingbar, umfassend und frühzeitig – **Betrachtungen im Gesamtsystemzusammenhang des Verkehrs und der Siedlungsentwicklung** voraus. Dazu sind umfassende Ermittlungen und Abwägungen sozialer Effekte, ökonomischer Aspekte, ökologischer Wirkungen erforderlich. Nicht passive Reaktionen der öffentlichen Institutionen und Entscheidungsträger, sondern aktive Mitgestaltungen müssen die Handlungsprinzipien sein.
3. Aufgrund der zu erwartenden erheblichen Wirkungen auf die Gesamtsysteme von Verkehr sowie Siedlungen und damit auf gesellschaftliche Teilhabe, wirtschaftlichen Austausch, Beschäftigung und Arbeitsplätze, Ressourceninanspruchnahme, ökologische Systemzusammenhänge wie auch auf Ausdifferenzierung der Lebensbedingungen bedarf es **umfassender und offener gesellschaftlicher Diskussionsprozesse**. Dabei ist eine **Klärung von Zielen**, Handlungsstrategien und **Handlungskonzepten** notwendig. Dies kann mit Hilfe einer Erarbeitung umfassender **Szenarien** für unterschiedliche Entwicklungskorridore mit umfassenden Wirkungsanalysen erfolgen, in welchen die Potentiale des autonomen Fahrens analysiert werden können.
4. Bei der Beurteilung möglicher Pfade der Technologie- und Systementwicklung müssen in **umfassenden Wirkungsanalysen** vor allem **kontraproduktive** und mögliche **Rebound-Effekte** ermittelt und abgewogen werden, um gesamtwirtschaftliche Auswirkungen rechtzeitig erkennen zu können. Erst damit können verkehrspolitische Entscheidungen in seriöser Weise aufbereitet und realisiert werden.
5. Die „**Systemverantwortung**“ muss bei den jeweiligen Aufgaben- und Entscheidungsträgern liegen – im kommunalen Bereich vor allem bei den **Kommunen**, denn es handelt sich um öffentlich zu verantwortende Aufgabenerfüllungen und Rahmensetzungen. Es erscheint zweckmäßig, zur Begleitung und Steuerung der Prozesse lokale/regionale **Task-Forces „Autonome Fahrzeuge/Verkehrssysteme“** zu bilden und auch auf der Ebene der Länder, des Bundes, der europäischen Staaten und der EU zu installieren.
6. Notwendige Erkenntnisse und Erfahrungen können/sollten durch **Pilotprojekte („Urban/Regional Labs“)** erbracht werden. Dazu müssen Bund, Länder und Kommunen zusammenwirken und die Bedingungen unterschiedlicher Raumstrukturen eventuell auch unterschiedlicher „Mobilitätskulturen“ beachten. Diese Erfahrungen sind eine Voraussetzung, um auf Europäischer Ebene die regionalen und kommunalen gesellschaftlichen Interessen fundiert vertreten zu können.
7. Die **Potentiale der Weiterentwicklung** der Gesamtverkehrssysteme sind zu ermitteln und zu prüfen:
  - Gravierende **Verbesserungen der Verkehrssicherheit**
  - Ermöglichung **neuer Mobilitätsoptionen**

- **Zusammenwachsen** von MIV und ÖV
- Förderung von umweltfreundlicher **Inter- und Multimodalität**
- Unterstützung der Verbreitung umweltfreundlicher **Antriebstechnologien** (z. B. Elektroverkehr) und **neuer Betriebskonzepte** (z. B. Sharing-Systeme).

8. Nach Möglichkeit sind bei der Zusammenführung und Abwägung der Vor- und Nachteile **frühzeitig zu klären:**
- Anforderungen an veränderte rechtliche **Rahmenbedingungen**
  - Erfordernisse und Möglichkeiten einer Förderung bzw. Steuerung durch **finanzielle Anreize**
  - **offene Forschungsfragen.**

Hier bedarf es einer Erweiterung der Aktivitäten des zuständigen Ministerien und Entscheidungsebenen – vor allem auch in engerer Abstimmung mit kommunalen Spitzenverbänden und ausgewählten Städten und Regionen.

9. Die kommunale wie auch die regionale/interkommunale **Verantwortung** muss gefordert und von Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft **eingelöst** werden. Unverzichtbar sind zielunterstützende Rahmensetzungen von Ländern, Bund und EU.

10. In dieser Verantwortung ist auch die Entwicklung und Durchführung von **Kommunikations- und Beteiligungsprozessen** zur Gestaltung von Strategien und Umsetzungsschritten unter Einbeziehung der Bevölkerung, der Wirtschaft, der Interessensvertreter, der elektronischen und traditionellen Medien usw. als Langzeitprogramm vorzusehen („Governance der nachhaltigen Mobilität“).

Hier bieten die Unterzeichner für eine gesamtgesellschaftliche Diskussion ihre Unterstützung und eine Moderation zwischen den verschiedenen Akteuren aus Sicht der Verkehrswissenschaften an.

Berlin / Wien, 10.11.2016 (verantwortlich im Sinne v.i.S.d.P)

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus J. Beckmann**  
**KJB.Kom - Prof. Dr. Klaus J. Beckmann**  
 Kommunalforschung, Beratung, Moderation und Kommunikation  
 Berlin  
 c/o UrbanPlan, Lützowstraße 102-104, D-10785 Berlin  
 Tel.: +49 30 78 795 795 Mobil: +49 157 770 160 79  
 E-Mail: [kjbeckmann.kjb@gmail.com](mailto:kjbeckmann.kjb@gmail.com)

**em. o. Univ.-Prof. Dr. Dr. Gerd Sammer**  
**Institut für Verkehrswesen**  
 Departement für Raum, Landschaft und Infrastruktur  
 Universität für Bodenkultur Wien  
 Peter Jordanstraße 82, A-1190 Wien  
 Tel.: +43 1 47 654 85 600 Mobil: +43 664 410 8907  
 E-Mail: [gerd.sammer@boku.ac.at](mailto:gerd.sammer@boku.ac.at)

### **Stellvertretend für die emeritierten (ehemaligen) Universitätsprofessoren**

- Prof. Dr. Gerd-Axel Ahrens (TU Dresden)
- Prof. Dr. Klaus J. Beckmann (RWTH Aachen)
- Prof. Dr. Helmut Holzapfel (Universität Kassel)
- Prof. Dr. Hartmut Keller (TU München)
- Prof. Dr. Uwe Köhler (Universität Kassel)
- Prof. Dr. Eckart Kutter ((TU Hamburg-Haburg)
- Prof. Dr. Gerd Sammer (Universität für Bodenkultur, Wien)
- Prof. Dr. Robert Schnüll (Universität Hannover)
- Prof. Dr. Hartmut Topp (TU Kaiserslautern)
- Prof. Dr. Manfred Wermuth (Universität Braunschweig)
- Prof. Dr. Dirk Zumkeller (Karlsruher Institute of Technology)