

## IFAMD Marktbemerkung 12/2017

- Wie man den Traum vom automatisierten Fahren differenziert bedienen kann -

**Den Individualverkehr zu automatisieren ist ein großes Ziel. Viele denken dabei auch an eine zentrale Steuerung – das jedoch ist ein Widerspruch in sich. Zuvor muss man ihn umbenennen, oder zumindest differenzieren: In echten Individualverkehr einerseits und Transportverkehr andererseits. Während sich der Transportverkehr mit intelligenten Koordinationsmechanismen wird optimieren lassen – ein weites Feld für die Anwendung der Spieltheorie – stellen sich beim Individualverkehr grundsätzliche Fragen der Bewegungsfreiheit in unserer Gesellschaft. Eine wesentliche Rahmenbedingung der Automatisierung ist, dass eine durchgängige zentrale Koordination des Verkehrs *kein* erstrebenswertes Ziel in einer freien Gesellschaft sein kann. Oder andersherum: Die Automatisierung des Straßenverkehrs wird sich immer mit der Gegenwart individuell gesteuerter Fahrzeuge koordinieren müssen, für deren Fahrer der „Weg das Ziel“ ist.**

Auf unseren Straßen begegnen sich schon heute zwei völlig unterschiedlich motivierte Verkehrsteilnehmer:

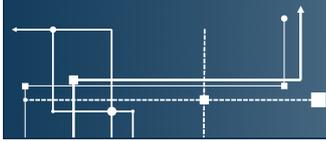
Zum einen solche deren übergeordnetes Ziel von A nach B zu kommen bzw. Güter oder Passagiere von A nach B zu transportieren als ausschließliches Ziel gelten kann. Für sie ist der Weg dorthin völlig unerheblich und auch der Fahrer würde jegliche Beschäftigung damit am liebsten komplett ausblenden, Hauptsache er wird nur von A nach B „gebeamt“. Fraglos gehören alle heute üblichen kommerziellen **Transporte** wie LKWs, Busse, Taxis und in der Regel auch deren Passagiere zu dieser Kategorie.

Zum anderen wird es aber immer Verkehrsteilnehmer geben deren Ziel der Fahrt bei Fahrtantritt noch gar nicht exakt bestimmt ist – ja deren Ziel der Fahrt eventuell bis zum Schluss kein „Ort B“ ist, sondern einfach nur die freie Bewegung mit Hilfe eines Automobils zum Beispiel zur Erkundung der Gegend oder als „Fahrt ins Blaue“. Hildegard Wortmann, Leiterin Markenkommunikation BMW, sagt in einem Interview der Süddeutschen Zeitung über die Mobilität der Zukunft (online erschienen 1. Januar 2018): "Ich möchte während der Fahrt entscheiden, wann es Zeit für ‚Füße hoch‘ zum Entspannen ist und wann ich die Straße aktiv erobern möchte". In diesem Zitat steckt schon ein großes Dilemma der Marke BMW, die noch vor kurzem ganz auf „Freude am Fahren“ gesetzt hatte und sich plötzlich – getrieben von Tesla und ganz im Trend der Branche – dem autonomen Fahren verschreibt. In der Differenzierung zwischen reinem Transportverkehr und dem echten **Individualverkehr** geht es allerdings um noch mehr: Es geht darum während der Fahrt nach Italien hinter dem Brenner entscheiden zu können, *spontan anzuhalten* und einen Cappuccino zu genießen.

Man beachte bitte, dass wir hier den althergebrachten Begriff „Individualverkehr“ etwas neu pointiert definieren. Bisher waren damit *Fahrzeuge* gemeint, *deren Fahrer das Ziel der Fahrt frei wählen können*, also etwa Autos in Abgrenzung zu Bussen oder auch dem Schienenverkehr. In Zukunft aber werden wir uns an Autos gewöhnen müssen, deren Ziel zu Beginn der Fahrt

Institut für Angewandtes Mechanism Design (IFAMD) GmbH

Saargemünderstraße 22 • 66119 Saarbrücken • Fon: +49 (0) 681 372347 • E-Mail: [info@ifamd.de](mailto:info@ifamd.de)  
Nymphenburgerstraße 4 • 80335 München • Fon: +49 (0) 89 215554670 • Fax: +49 (0) 32 211322206 • E-Mail: [gregor.berz@ifamd.de](mailto:gregor.berz@ifamd.de)  
Geschäftsführer: Dr. Gregor Berz • Amtsgericht Saarbrücken HRB 19153 • DUNS 507056054  
VR-Bank Starnberg • BIC GENODEF1STH • IBAN DE30700932000002913488 • UID DE279251995



gewählt wurde und die dieses Ziel vollautomatisch ansteuern, bis es erreicht wurde. Ist das dann auch Individualverkehr? Wir sind der Meinung, dass man den Begriff in Zeiten vollautomatischer Automobile wird feiner definieren müssen als Fahrzeuge, deren Insasse *das Ziel jederzeit korrigieren und neu wählen* kann. Merken Sie den Unterschied?

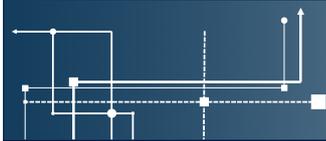
Bevor wir in die Diskussion sinnvoller Ausgestaltungen automatisierten Fahrens für Transportverkehr und Individualverkehr tiefer einsteigen, wollen wir auch auf der Umsetzungsseite zwei Bereiche differenzieren, die im Kontext der Automatisierung des Straßenverkehrs diskutiert werden:

Da ist zum einen die **lokale Automatisierung** des einzelnen Fahrzeugs die sich in immer besseren Fahrerassistenzsystemen manifestiert. Das hat schon vor Jahrzehnten mit dem Tempomat angefangen, ist spätestens mit dem Abstandhalter auf der Autobahn richtig elegant geworden und spielt sich in unseren Tagen mit Spurhalte-Lenkassistenten und vollautomatischem Einparken über die Distanz ganzer Parkhausetagen ab. Vorstellbar ist hier eigentlich alles, bis hin zur vollständigen Selbstregulierung des Fahrens durch Sensorik und Steuerung des Fahrzeugs. Erlauben Sie mir hier die persönliche Bemerkung dass der Autor dieser Marktbermerkung als Achtjähriger einen naiven Kinderbrief an die „Entwicklungsabteilung von Daimler Benz“ geschrieben hatte mit der Idee, das damals gerade neue entwickelte Prinzip der Anti-Blockier-System (ABS) Bremsen umzudrehen um das Durchdrehen von Rädern im Schnee zu verhindern. Erst Jahre später hat Bosch die Anti-Schlupf-Regelung (ASR) entwickelt, die in den ersten S-Klassen und 7er BMWs zum Einsatz kam und später – ergänzt zum Elektronischen-Stabilitäts-Programm (ESP) – dank Elchtest in der A-Klasse den Durchbruch erfuhr. Der Autor war Anfang Dreißig, als er mit den ersten Mietwagen-A-Klassen trotz viel zu kleiner Räder mit viel Spaß durch Schneematsch pflügte – nur soviel hier zur Leidenschaft am Fahren, die vermutlich nachfolgenden Generation verwehrt bleiben wird. Diese Zwischenbemerkung soll vor allem verhindern, dass die weiter unten geführte Diskussion um Sinnhaftigkeit der vollständigen Automatisierung des Fahrens als falsche Skepsis gegenüber technischen Innovationen per se verstanden wird. Vielmehr wollen wir hier Effekte auf unsere Gesellschaft und die Bewegungsfreiheit jedes Einzelnen differenziert antizipieren – womit wir in gewisser Weise schon Spieltheorie anwenden.

Zur lokalen Fahrzeugautomatisierung wollen wir auch noch jene Ausbaustufe zählen bei der sich das Fahrzeug seinen Weg von A nach B selbstständig sucht – so wie es längst in Navigationssystemen der Fall ist. Eine zunehmende Vernetzung des Fahrzeugs mit anderen Fahrzeugen oder auch fester Infrastruktur (Ampeln etc.) wird die dynamische Wahl des Weges, wie wir sie längst von der Verarbeitung von Staumeldungen kennen, immer weiter verfeinern und verbessern. Auf der Webseite des Verbands der Automobilindustrie [www.vda.de](http://www.vda.de) lässt sich sehr viel über heute machbar erscheinende Technologien erfahren – die wir hier alle noch zur lokalen Automatisierung zählen, solange es sich „nur“ um sehr mächtige Formen der Inputgenerierung für den lokalen Fahrer – eigentlich egal ob Automatismus oder konventioneller Fahrer – handelt. Die lokale Fahrzeugautomatisierung zeichnet sich letztlich dadurch aus dass sich die Wahl des Weges bzw. des aktuell nächsten (Zwischen-) Zieles jederzeit und an jedem Ort durch einen Eingriff des Fahrers korrigieren lässt, wann immer der Fahrer das will – ganz im Sinne des „echten“ Individualverkehrs wie wir ihn oben definiert haben. Der Automatismus optimiert einfach nur sofort wieder den Weg unter den neuen Rahmenbedingungen.

Institut für Angewandtes Mechanism Design (IFAMD) GmbH

Saargemünderstraße 22 • 66119 Saarbrücken • Fon: +49 (0) 681 372347 • Fax: +49 (0) 6897 766148 • E-Mail: [info@ifamd.de](mailto:info@ifamd.de)  
Nymphenburgerstraße 4 • 80335 München • Fon: +49 (0) 89 21555467 • Fax: +49 (0) 32 21132206 • E-Mail: [gregor.berz@ifamd.de](mailto:gregor.berz@ifamd.de)  
Geschäftsführer: Dr. Gregor Berz • Amtsgericht Saarbrücken HRB 19153 • UID DE279251995  
VR-Bank Starnberg • KTO 2913488 • BLZ 70093200 • BIC GENODEF1STH • IBAN DE30700932000002913488



Ein sehr viel weiter gehendes Zukunftsszenario ist die Idee, dass Fahrzeuge ihre Position und ihr Ziel einer zentralen **Koordinationsinstanz** melden und den zu wählenden Weg quasi als „Reiseslot“ zugeteilt bekommen. Wer diese Instanz kontrolliert und welche Mechanismen sie anwendet, das wird trefflich zu diskutieren sein. Im ersten darüber Nachdenken ist sofort eingängig dass ungeahnte Effizienzsteigerungen bei der Stauvermeidung und im Parksuchverkehr möglich sein werden. Allerdings ergeben sich schon in zweiter Näherung sofort Allokationsprobleme, deren Lösung eine Vielzahl spieltheoretischer Gleichgewichtslösungen erfordern – und eine sensible Diskussion um Zuteilung, Preis, Verbindlichkeit und Flexibilität von Reise- und auch Parksots, die das Fahrzeug bzw. der Passagier dann auch zu nutzen hat wenn er sich einmal in das Koordinationssystem eingebucht hat. Der Cappuccino hinter dem Brenner wird dann ungleich teurer – monetär oder zumindest in der Währung *Zeit* - wenn dadurch der Reiseslot nach Italien verschoben und neu gebucht werden muss.

So ist zum Beispiel die Problematik der Stauvermeidung bei zu hohem Verkehrsaufkommen ein klassisches Gefangenendilemma, wie man schon in „Spieltheoretische Verhandlungs- und Auktionsstrategien“, Dr. Gregor Berz, Schäffer Poeschel (2007/2014), Abschnitt 4.1. „Das Gefangenendilemma“ nachlesen kann. Rein lokal optimierende Automatismen unterliegen gänzlich ohne Einfluss des menschlichen Fahrers oder seiner Psyche nur umso konsequenter genau diesem Gefangenendilemma. Es zu vermeiden, also in diesem Fall den Stau zu vermeiden, erfordert dass sich alle Fahrzeuge *verbindlich* an die betreffende Koordination halten und sich dem Stau langsamer nähern oder ihn sogar umfahren.

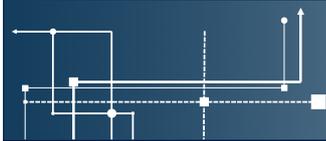
Die Frage nach einer Priorisierung bei höherer Zahlungsbereitschaft - wer muss den Stau umfahren und wer darf immer noch den kürzeren Weg wählen? - darf an die Netzneutralität erinnern, die derzeit für den Internet-Datenverkehr zur Diskussion steht. Exakt dieselbe Diskussion wird für den Straßenverkehr zu führen sein. Wenn wir allerdings an die politische Diskussion um die dagegen trivial erscheinende Autobahnmaut denken, wird uns schon bange um die Umsatzbarkeit solcher Ideen. Umso wichtiger wird es, die jedweder Automatisierung und Koordination zugrundeliegenden Regeln – darunter sicher auch neue „Verkehrsregeln“ und Gesetze - im Hinblick auf ihre Effizienz und Allokationswirkung mit Bedacht zu wählen. Dies wiederum ist die Domain der Mechanism Design Theory bzw. der Spieltheorie.

### **Die lokale Automatisierung wird Effizienz *und* Sicherheit steigern - irgendwann**

Allenthalben geführt wird die Diskussion um die Fehlbarkeit des menschlichen Fahrers versus der Zuverlässigkeit automatisierter Steuerung. Vermutlich lässt sich tatsächlich irgendwann die Zahl der Verkehrstoten signifikant verringern indem man den Faktor Mensch in der Verkehrssteuerung eliminiert oder zumindest seine Fehlbarkeit durch ein maximales Fahrerassistenzsystem auf ein Minimum reduziert. Doch die Frage nach der Verantwortlichkeit des Fahrers im Falle eines unvermeidbaren Unfalls - darunter die berühmte Abwägung „Kind oder Großmutter“ die juristisch spannende Fragen aufwirft – stellt sich genau dann, wenn der Fahrer nur noch zur Wahl des Weges bei Bedarf aufmerksam sein muss aber die Steuerung des Fahrzeuges selbst bereits voll dem Automatismus überlässt – so wie wir es hier dem Szenario „lokale Automatisierung“ bereits unterstellen wollen. Neben dem Hinweis auf die aus unserer

Institut für Angewandtes Mechanism Design (IFAMD) GmbH

Saargemünderstraße 22 • 66119 Saarbrücken • Fon: +49 (0) 681 372347 • Fax: +49 (0) 6897 766148 • E-Mail: [info@ifamd.de](mailto:info@ifamd.de)  
Nymphenburgerstraße 4 • 80335 München • Fon: +49 (0) 89 21555467 • Fax: +49 (0) 32 211322206 • E-Mail: [gregor.berz@ifamd.de](mailto:gregor.berz@ifamd.de)  
Geschäftsführer: Dr. Gregor Berz • Amtsgericht Saarbrücken HRB 19153 • UID DE279251995  
VR-Bank Starnberg • KTO 2913488 • BLZ 70093200 • BIC GENODEF1STH • IBAN DE30700932000002913488

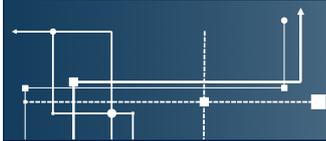


Sicht bisher völlig ungenügend beantwortete juristische Frage der Verantwortung wagen wir die These, dass sich die erhöhte Verkehrssicherheit mit voller (lokaler) Automatisierung auf absehbare Zeit nur zu Lasten der Effizienz des Straßenverkehrs wird erreichen lassen.

Denn auch bei einer vollen Automatisierung aller Fahrzeuge wird es im chaotischen System „Straßenverkehr“ immer einen individuellen Gleichgewichtspunkt für jedes Fahrzeug geben in der Abwägung zwischen gefahrener Geschwindigkeit und dem Risiko unvorhergesehener Ereignisse. Und genau diese Risikoabwägung einem Automatismus zu überlassen bedeutet, sie in hohem Maße in Richtung Sicherheit, also im Zweifel langsameren Fahrens auszulegen. Wir wollen hier gar nicht in Abrede stellen dass es vielleicht irgendwann möglich sein wird, einen voll automatischen Straßenverkehr zu realisieren, der genauso effizient oder noch effizienter und dabei sicherer fließt als konventioneller Verkehr heute. Wir wollen nur darauf hinweisen dass wir vermutlich noch sehr viel weiter davon entfernt sind als allgemein diskutiert wird – man denke nur einmal an regennasse oder sogar schneeglatte Straßen. Ohne ESP übrigens hätte die Automatisierung nicht einmal den Schimmer einer Chance.

Zudem wird es auch bei voller Automatisierung immer Überholvorgänge geben müssen: Aufgrund unterschiedlicher technischer Ausstattung, unterschiedlicher Beladung und ja, aufgrund unterschiedlicher Auslegung der erwähnten Risikoabschätzung – sei durch den Fahrer oder durch den Fahrzeughersteller - wird die Wahl der Geschwindigkeit unterschiedlich ausfallen. Das hat noch gar nichts mit der Freiheitsbetrachtung zu tun die wir weiter unten andeuten werden, sondern schlicht mit der Effizienz des dynamischen Systems „Straßenverkehr“, die zusammenbricht wenn man die Geschwindigkeit aller Fahrzeuge auf diejenige des langsamsten gleichschalten würde. Also wird es auch in einer Welt automatisierten Fahrens Überholvorgänge geben müssen und wir sind zurück in der Welt individueller Risikoabwägungen, die dann aber Automatismen überlassen wurde. Nicht von ungefähr wird längst diskutiert, dass man die lokale Automatisierung von Fahrzeuge mit „künstlicher Intelligenz“ wird ausstatten müssen. Ob es sich dabei um *starke* künstliche Intelligenz, also solche mit echter Kreativität und Innovationsfähigkeit, wird handeln müssen, ist eine andere Diskussion. Wohl aber wird es eine sehr mächtige klassische „künstliche Intelligenz“ im Sinne z.B. selbstlernender neuronaler Netze sein, die dann aber nicht nur die Aufgabe der Risikoeinschätzung, sondern auch die der Risiko*abwägung* für den Fahrer übernimmt. Der Automatismus – wie künstlich intelligent er auch immer ist – *geht das Risiko ein, für den Insassen*. Einfach nur sich dessen bewusst zu sein möchten wir hiermit jedem der sich an der Diskussion beteiligt oder vom automatisierten Fahren träumt an die Hand geben. Vorstellbar ist ein Szenario, in dem die Risikobereitschaft und damit letztlich die tatsächliche Geschwindigkeit des Fahrzeuges vom Insassen weiterhin gesteuert wird, innerhalb des sowohl von einer extern (d.h. per Verkehrsregel oder auch von einer verbindlichen Koordination) vorgegebenen Geschwindigkeitsbegrenzung als auch der vom (lokale Risiken einschätzenden) Automatismus vorgeschlagenen aktuell möglichen Maximalgeschwindigkeit.

In der Tendenz steht außer Frage, dass schon die lokale Automatisierung alleine, also die reine Maximierung aller erdenklichen Fahrerassistenzsysteme bis hin zum Fahrer der nur noch die reine „Routenwahl“ kontrolliert und steuert, den Straßenverkehr zuerst entweder sicherer oder effizienter und dann irgendwann auch effizienter *und* sicherer machen wird. Dies gilt



selbstverständlich sowohl für den reinen Transportverkehr als auch für den echten Individualverkehr.

### **Eine zentrale Koordination des Individualverkehrs würde grundsätzliche Fragen der Bewegungsfreiheit und des Datenschutzes aufwerfen**

Viele Menschen wünschen sich von ihrem Auto nur von A nach B transportiert zu werden ohne mit den Details der Fahrt irgendwie behelligt zu werden. In Zeiten von Smartphones die ständig und überall unsere Aufmerksamkeit absorbieren ist es fraglos, dass dieser Service für viele Fahrer die Verkehrssicherheit signifikant erhöhen würde. In konsequenter Fortsetzung dieser Szenarien werden auch die Rolle des „eigenen Autos“ und sogar des Führerscheins in Frage gestellt. In unserer eingangs vorgenommenen Kategorisierung sind diese Verkehrsteilnehmer quasi per Definition schon kein Bestandteil mehr des echten Individualverkehrs sondern klassische Fahrgäste des Transportverkehrs, der sich auf die Dienstleistung Passagiere von A nach B zu bringen beschränkt.

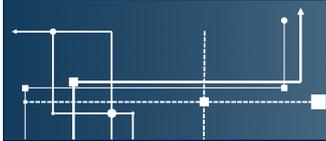
Darüber, wie hoch der Anteil echten Individualverkehrs nach unserer Definition in zehn, zwanzig oder dreißig Jahren noch sein wird wagen wir heute keinerlei These. Vermutlich wird es nur ein kleiner Teil des Gesamtverkehrsaufkommens sein – selbst Wochenendfahrten, Urlaubsfahrten, rein private Fahrten zum Sport, zu Freunden oder zu Verwandten lassen sich zu einem großen Teil als zentral koordinierter Verkehr abwickeln – wenn man sich vorzustellen versucht dass die zentrale Koordination gut funktioniert. Allerdings wird der Bedarf nach echtem Bewegungsfreiraum mit spontanen Entscheidungen während der Fahrt unseres Erachtens in der aktuellen Diskussion allenthalben unterschätzt – vermutlich von vielen Konsumenten heute selbst. Man stelle sich das voll zentral koordinierte Szenario einmal realistisch vor: Da sitzt man in einer Blechkiste, quasi in einem Taxi ohne Fahrer, und jedes spontane Anhalten weil man mal austreten muss stellt den zentralen Koordinationsmechanismus vor höchst schwierige Herausforderungen. Die Entscheidung, nun doch in einem anderen Restaurant zu essen, wird von der Verfügbarkeit des „Reiseslots“ beeinflusst. Das alles ist heute aus dem öffentlichen Nahverkehr auch schon bekannt – und der zählt genau deshalb auch schon heute nicht zum „Individualverkehr“.

Auf den ersten Blick könnte man eine flexible Änderung des (Zwischen-)Zieles durch den Passagier mit anderen unvorhergesehenen Ereignissen wie Staubildung, wetterbedingte Hindernisse oder Tieren auf der Fahrbahn in einen Topf werfen. Für eine rein lokale automatische Fahrzeugsteuerung ist das auch quasi der Fall. Bei einer Koordination zwischen mehreren oder auch allen Fahrzeugen handelt es sich aber um eine *Internalisierung* gerade eben des Zieles aller an der Koordination beteiligten Fahrzeuge. Damit steht eine weiterhin freie Wahl des Zieles geradezu im Widerspruch zur (verbindlichen) Koordination mit ihrem ganzen effizienzsteigernden Moment.

Wenn man nun aber für den echten Individualverkehr den Bedarf unterstellt, weiterhin das Ziel ständig flexibel ändern zu können und in letzter Konsequenz auch keine Daten über die eigene Person und den Aufenthaltsort an irgendeine zentrale Instanz melden zu wollen, dann folgt daraus dass die *lokale* Automatisierung das höchste Maß an Automatisierung ist, das für den

Institut für Angewandtes Mechanism Design (IFAMD) GmbH

Saargemünderstraße 22 • 66119 Saarbrücken • Fon: +49 (0) 681 372347 • Fax: +49 (0) 6897 766148 • E-Mail: [info@ifamd.de](mailto:info@ifamd.de)  
Nymphenburgerstraße 4 • 80335 München • Fon: +49 (0) 89 21555467 • Fax: +49 (0) 32 211322206 • E-Mail: [gregor.berz@ifamd.de](mailto:gregor.berz@ifamd.de)  
Geschäftsführer: Dr. Gregor Berz • Amtsgericht Saarbrücken HRB 19153 • UID DE279251995  
VR-Bank Starnberg • KTO 2913488 • BLZ 70093200 • BIC GENODEF1STH • IBAN DE30700932000002913488



echten Individualverkehr sinnvoll ist. Die andere Frage, ob wir überhaupt einen Individualverkehr brauchen um unseren freiheitlichen Lebensstil verwirklichen zu können wird vermutlich auch in Zukunft in Städten tendenziell anders beantwortet werden als in ländlichen Gegenden.

### **Die Koordination des reinen Transportverkehrs wird Verkehrsinfakte reduzieren**

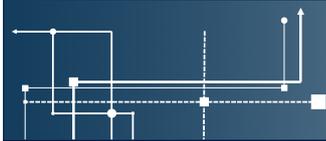
Der Transportverkehr definiert sich geradezu aus dem einzigen und stabilen Ziel von A nach B zu kommen. Damit bietet er sich für die Effizienzsteigerung durch eine (zentrale) Koordinationsstelle selbstverständlich an. Der Passagier des Transportverkehrs muss zwar ggf. auch einmal spontan austreten – dieses plakative Beispielszenario stellt aber eine Ausnahme dar und das wird man dann schon irgendwie lösen. In Zügen gibt es dafür eine Toilette – vermutlich muss man über Kleinsttoiletten in zentral koordiniert verkehrenden Autos nachdenken. In der Regel aber dürfte der Passagier des Transportverkehrs sich ruhig halten bis er am vereinbarten Ziel angekommen ist – er schaut ja eh die ganze Zeit in sein Smartphone.

A propos Züge: Was die Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit der durch einen zentralen Mechanismus gesteuerten Vehikel angeht geben wir zu bedenken, dass es schon seit Generationen ein Verkehrssystem gibt, das sich mit seinen Schienentrassen geradezu dafür anbietet seine Fahrzeuge automatisiert fahren zu lassen – und mit seinen Fahrplänen maximal zentral koordiniert ist. Nun ist es aber weltweit in allen Bahngesellschaften dasselbe Phänomen, dass Züge unpünktlich sind und dass in der Regel immer noch Lokführer eingesetzt werden um Sondersituationen zu meistern und im Zweifel Verantwortung zu tragen. Vielleicht sollten wir vorher versuchen, das Bahnsystem mit moderner Kommunikation, Sensorik und Satellitenortung zu automatisieren und dort Erfahrungen mit einer zentralen, dynamischen Steuerung sammeln bevor wir uns damit ernsthaft an den Straßenverkehr wagen. U-Bahnen werden übrigens in vielen Städten schon seit Jahren vollautomatisch betrieben, was sicherlich mit geringeren Störfaktoren für zumeist im Tunnel fahrenden Zügen zusammen hängt.

Nicht nur aufgrund der Problematik vernichteter Arbeitsplätze, sondern noch aus einem ganz anderen Grund möchten wir des Weiteren das Szenario der vollkommen Fahrer-freien Transportfahrzeuge in Frage stellen: Man stelle sich dieses Szenario einmal realistisch vor, nicht als Insasse, sondern als Mensch der einem solchen Vehikel begegnet, von außen sozusagen. Sei als Passant, oder als Anwohner wenn sich das Vehikel irgendwo vollautomatisch seinen Standplatz sucht weil eine Lieferung abzuladen ist. Das Abladen kann sicher ein Roboter übernehmen, das ist nicht das Thema. Wer aber ist der Ansprechpartner, wenn das Vehikel im Weg umgeht, etwas oder jemanden umgefahren hat, irgend etwas damit nicht in Ordnung ist, schlicht wenn irgendeine Kontaktaufnahme mit dem Verantwortlichen für das Vehikel notwendig wird. Klar, über eine Sprechanlage am Vehikel kann man dann mit dem Callcenter des Betreibers sprechen – sorry, das ist naiv. Wir glauben, dass auch hier nicht nur die rechtlichen Fragen im Zusammenhang mit fahrerlosen Vehikeln im Straßenverkehr noch völlig ungelöst sind, sondern dass wir es mit Themen der Bewegungsfreiheit - in dem Fall des Umfeldes, in dem sich das vollautomatische Vehikel bewegt und steht - zu tun haben. Nicht umsonst ist das Betreten von Bahngleisen als „Eingriff in den Schienenverkehr“ strengstens verboten – dabei fahren Züge bisher noch gar nicht mal voll automatisch. Für die vieldiskutierte „Lieferdrohne“ stellen sich übrigens ähnliche, aber im Detail doch gänzlich andere Fragestellungen – hebt sie

Institut für Angewandtes Mechanism Design (IFAMD) GmbH

Saargemünderstraße 22 • 66119 Saarbrücken • Fon: +49 (0) 681 372347 • Fax: +49 (0) 6897 766148 • E-Mail: [info@ifamd.de](mailto:info@ifamd.de)  
Nymphenburgerstraße 4 • 80335 München • Fon: +49 (0) 89 21555467 • Fax: +49 (0) 32 211322206 • E-Mail: [gregor.berz@ifamd.de](mailto:gregor.berz@ifamd.de)  
Geschäftsführer: Dr. Gregor Berz • Amtsgericht Saarbrücken HRB 19153 • UID DE279251995  
VR-Bank Starnberg • KTO 2913488 • BLZ 70093200 • BIC GENODEF1STH • IBAN DE30700932000002913488



doch kurzfristig wieder ab in die Lüfte, wo sie nicht auf ein eindimensionales Streckenverkehrsnetz angewiesen ist und wo sie den Menschen am Boden nicht geniert, solange es nicht zu viele werden.

Zurück zur automatisierten Koordination des Straßenverkehrs. In der Realität wird sich die Koordination des Straßenverkehrs nicht von heute auf morgen mittels einer zentralen Instanz realisieren lassen sondern sich als evolutionärer Prozess aus bilateraler und multilateraler, Fahrzeug-übergreifender Koordination heraus entwickeln. Schon seit gut hundert Jahren ist in konventionellen Fahrzeugen das Setzen des Blinkers Bestandteil einer Fahrzeug-übergreifenden Koordination die über die reine Inputgenerierung zur lokalen Steuerung hinaus geht: Der Blinkende sendet ein aktives Signal zur Verkehrskoordination. Andere Verkehrsteilnehmer verlassen sich darauf, dass ein blinkendes Fahrzeug abbiegen wird. Also sollte es sich auch daran halten. Allerdings zwingt keine Verkehrsregel es dazu – die Vorfahrt wird im Zweifel nicht durch einen fälschlich gesetzten Blinker verwirkt. Also bedeutet diese unverbindliche Art der Koordination keinen temporären „Freiheitsverlust“ für den Blinkenden – er darf jederzeit seinen Abbiegevorgang wieder abbrechen. Der Gesetzgeber hat hier konsequent die Philosophie der *lokalen* Steuerung umgesetzt. Für eine automatisierte Koordination wird jedoch schnell klar, dass diese um so besser funktioniert, je verbindlicher gesendete Signale von anderen Koordinationspartnern interpretiert werden können. Ähnlich zur weiter oben geführten Diskussion des Gefangenendilemmas der Stauvermeidung handelt es sich auch bei aufeinander zufahrenden Fahrzeugen um eine spieltheoretische Standardsituation: das „Chicken Game“. Ob jede Kreuzungs- und Abbiegesituation schon ein Chicken Game ist und was das für das Setzen des Blinker bedeutet ist der Anfang der spieltheoretischen Diskussion, die hier ansteht aber auch den Rahmen der Marktbemerkung sprengen würde.

Wenn heute von Car-to-Car (C2C) Kommunikation die Rede ist, dann handelt es sich dabei um genau derartige Fahrzeug-übergreifender Koordination in einer Grauzone zwischen dem was wir hier als *lokale* Automatisierung einerseits und als *zentrale* Koordination andererseits diskutierten. Der Begriff „lokal“ wird relativ: Die Frage ist, wie weit die Verbindlichkeit des Verkehrsteilnehmers wirkt / wirken soll / wirken muss, einen angekündigten Weg auch wirklich einzuschlagen. Koordinationsmechanismen von der quasi noch lokalen bis hin zur zentralen Koordination zu entwickeln, zu diskutieren und – differenziert nach Transport- und Individualverkehr – in ihrer ausgewogenen Ausprägung zu etablieren ist die wesentliche Herausforderung der Automatisierung des Straßenverkehrs.

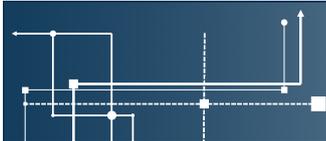


Abbildung: Sinnvoller Automatisierungsgrad je Verkehrskategorie

	Lokale Automatisierung	Fahrzeug- übergreifende Koordination	Zentrale Koordination
Transportverkehr	✓*	✓*	?
Individualverkehr	✓	?!	X

\* Mit verantwortlicher Begleitperson

**Zusammenfassend** wollen wir die Kernthesen wiederholen, dass sich der reine Transportverkehr mit (ggf. zentraler) Koordination wesentlich optimieren lässt, wofür allerdings ökonomische Herausforderungen der Allokationsmechanismen für Reise- und Parkslots gelöst werden müssen. Unabhängig von ihrer Koordination werden Fahrzeuge lokal vollautomatisiert sein und dabei nach außen das Verhalten eines konventionellen Fahrers simulieren – man rechnet mit höherer Sicherheit und Zuverlässigkeit. Eine hundertprozentige Automatisierung wird vermutlich aus juristischen und geradezu aus gesellschaftsphilosophischen Gründen – es geht immerhin darum wie wir uns als Menschen auf der Straße begegnen – ein Betretungsverbot für die dafür vorgesehenen Trassen erfordern. Auf Autobahnen und in Parkhäusern ist diese Voraussetzung heute schon gegeben.

Schließlich wird es immer eine Koexistenz des (zum Teil zentral) koordinierten Transportverkehrs mit einem Rest an echtem Individualverkehr geben, der aus Fahrzeugen aller Automatisierungsgrade bis hin zum konventionellen Fahrer besteht. Dabei handelt es sich nicht etwa nur um eine Übergangsphase, sondern bereits um das Zielszenario in einer Gesellschaft mit weiterhin durch den Individualverkehr gewährleisteter Bewegungsfreiheit. Und sei es nur für die Fahrt mit dem Cabrio zum Cappuccino nach Italien.

Dr. Gregor Berz  
IFAMD GmbH

Institut für Angewandtes Mechanism Design (IFAMD) GmbH

Saargemünderstraße 22 • 66119 Saarbrücken • Fon: +49 (0) 681 372347 • Fax: +49 (0) 6897 766148 • E-Mail: [info@ifamd.de](mailto:info@ifamd.de)  
Nymphenburgerstraße 4 • 80335 München • Fon: +49 (0) 89 21555467 • Fax: +49 (0) 32 21132206 • E-Mail: [gregor.berz@ifamd.de](mailto:gregor.berz@ifamd.de)  
Geschäftsführer: Dr. Gregor Berz • Amtsgericht Saarbrücken HRB 19153 • UID DE279251995  
VR-Bank Starnberg • KTO 2913488 • BLZ 70093200 • BIC GENODEF1STH • IBAN DE30700932000002913488