

Autonomes Fahren

PM Bösch

IVT, ETHZ
Ernst Basler & Partner
15.10.2015

PM Bösch

IVT, ETHZ

Ernst Basler & Partner

15.10.2015

Selbstfahrende Autos



Autos, welche

- autonom und selbständig
- in unsicheren, offenen, **für Menschen gestaltete Umgebungen** fahren.

Automatisierungsgrade

Teilautomatisiertes Fahren:

Fahrer muss permanent überwachen und jederzeit für eine Übernahme der Kontrolle bereit sein.

Hochautomatisiertes Fahren:

Keine dauerhafte Überwachung notwendig. Übergabe der Kontrolle an Fahrer möglich, aber nur mit Vorwarnzeit.

Vollautomatisiertes Fahren:

Keine Überwachung oder Kontrollübernahme notwendig. System in allen Situationen selbständig.

Quelle: Info-Papier «automatisiertes Fahren», Deutsches Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2014.

Ablauf

- Was sind Autonome Fahrzeuge?
- Aktuelle Situation
- Schwierigkeiten und Hindernisse
- Erwartete Potentiale
- Systembedeutung Autonomer Fahrzeuge
- Aktueller Forschungsstand

Forschung Maschinenbau

2006, ETH Zurich

The SmartTer - a Vehicle for Fully Autonomous Navigation and Mapping in Outdoor Environments

Pierre Lamon, Sascha Kolski, Roland Siegwart
Swiss Federal Institute of Technology Zürich



2011, Singapore-MIT Alliance

Autonomous Personal Vehicle for the First- and Last-Mile Transportation Services

Z. J. Chong*, B. Qin*, T. Bandyopadhyay[‡], T. Wongpiromsarn[‡], E. S. Rankin[¶],
M. H. Ang Jr.*[‡], E. Frazzoli^{§‡}, D. Rus^{§‡}, D. Hsu*, K. H. Low*



2013, University of Parma

Extensive Tests of Autonomous Driving Technologies

Alberto Broggi, *Senior Member, IEEE*, Michele Buzzoni, Stefano Debattisti, Paolo Grisleri,
Maria Chiara Laghi, Paolo Medici, and Pietro Versari

Kommerzielle Interessen

- **Quereinsteiger** zeigen klares Interesse (bspw. Google, Uber, Apple)
 - Google mehr als 2'700'000km auf öffentlichen Strassen (Mai 2015) und 2014 ersten Prototypen ohne Steuerrad
- **Autobauer** testen ebenfalls (teil-)autonome Fahrzeuge
 - Bspw. Audi, BMW, Cadillac, Ford, GM, Mercedes-Benz, Nissan, Toyota, Volkswagen, Volvo
 - Bereits jetzt im Massenmarkt angekommen:
 - Adaptiver Tempomat
 - Spurhaltungsassistenten
 - Abstandhalter
 - Kollisionsverhinderungsassistenten
 - Einparkhilfen
 - Navigationsgeräte

Heutiger (bekannter) Stand

Teilautomatisiertes Fahren:

- Für Autobahnen und Stausituationen praktisch im Markt (Kombination bestehender, separater Assistenzsysteme).

Hochautomatisiertes Fahren:

- Für Autobahnen, Ausserorts und Stausituationen absehbar (Weiterentwicklung von teilautomatischen Systemen).

Vollautomatisiertes Fahren:

- Technisch aktuell für Massenmarkt noch nicht absehbar, wenn, dann aber lawinenartig.

Wichtig: Leerfahrten und Fahren ohne Fahrtauglichkeit Fahrer erst ab vollautomatisierten Fahrzeugen!

Gesetzgeberische Situation

Wiener Konvention:

Gemäss ASTRA kein Problem.

Teilautomatisiertes Fahren:

- Keine Änderung zu heute nötig (Verantwortung beim Fahrer).

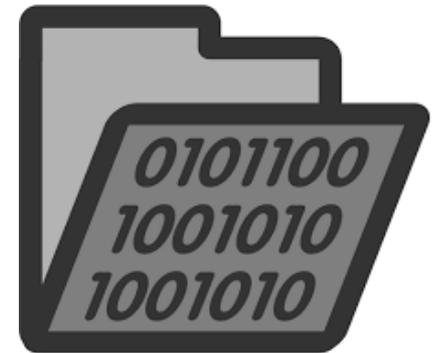
Hoch- und Vollautomatisiertes Fahren:

- Haftung bei Unfällen in Automatikmodus und Lizenzierung unklar, jedoch bei Nationen mit Autoindustrie grosses Interesse an rechtzeitiger Klärung.

Ablauf

- Was sind Autonome Fahrzeuge?
- Aktuelle Situation
- Schwierigkeiten und Hindernisse
- Erwartete Potentiale
- Systembedeutung Autonome Fahrzeuge
- Aktueller Forschungsstand

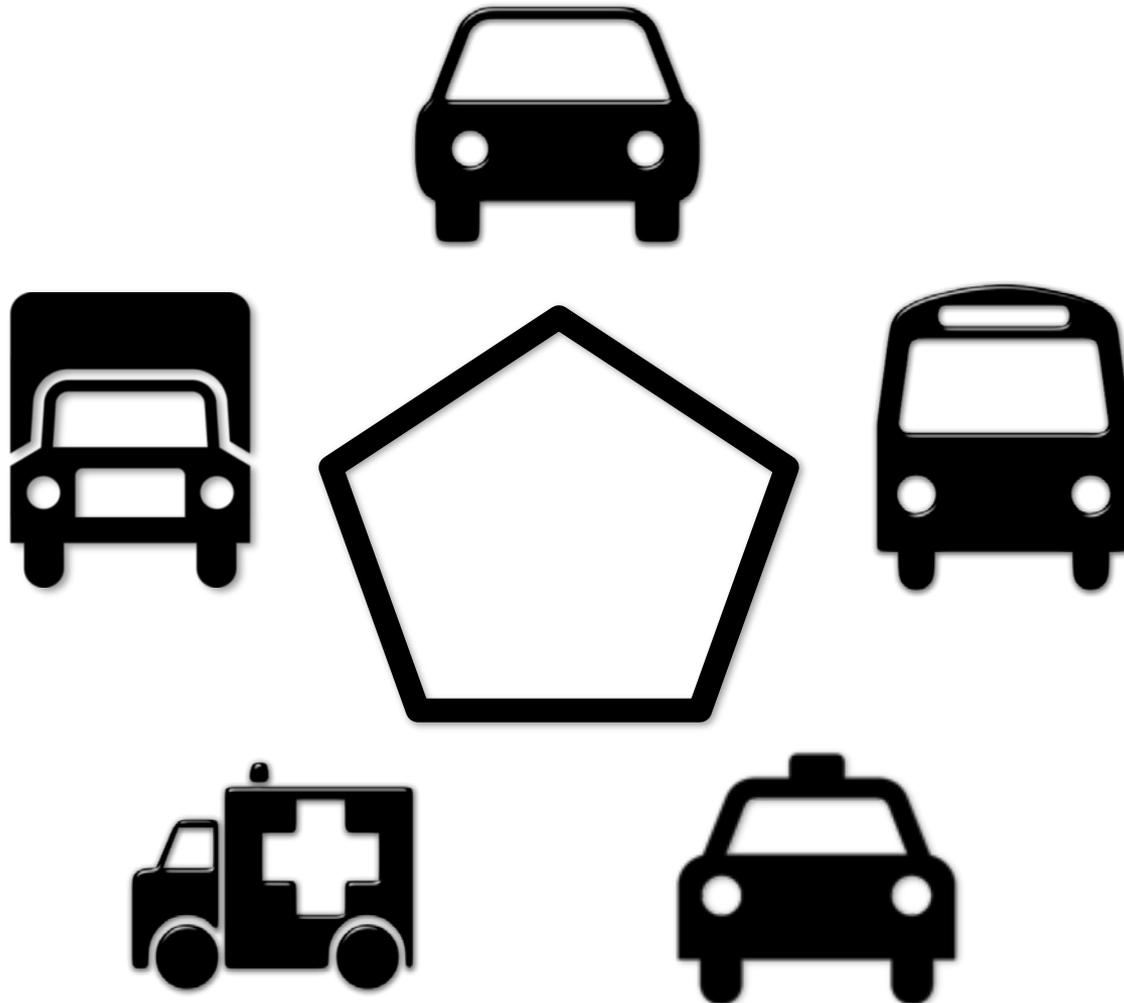
Schwierigkeiten und Hindernisse



Ablauf

- Was sind Autonome Fahrzeuge?
- Aktuelle Situation
- Schwierigkeiten und Hindernisse
- Erwartete Potentiale
- Systembedeutung Autonomer Fahrzeuge
- Aktueller Forschungsstand

Vision Vollautomatisierung



Potentiale der Automatisierungsgrade

Potentiale	Automatisierungsgrad		
	Teil	Hoch	Voll
Angenehmeres Fahren	Yellow	Light Green	White
Erhöhte Sicherheit	Light Green	Light Green	Dark Green
Umweltaspekte	Light Green	Light Green	Dark Green
Kapazitätserhöhungen	Yellow	Yellow	Dark Green
Fahrzeitnutzung auch für Fahrer	White	Light Green	Dark Green
Anpassungen Logistikbranche	White	Yellow	Dark Green
Leerfahrten	White	White	Dark Green
Mobilität für Fahruntaugliche	White	White	Dark Green
Autonome Betankungsfahrten	White	White	Dark Green
Autonome Parkfahrten	White	White	Dark Green

Ablauf

- Was sind Autonome Fahrzeuge?
- Aktuelle Situation
- Schwierigkeiten und Hindernisse
- Erwartete Potentiale
- Systembedeutung Autonomer Fahrzeuge
- Aktueller Forschungsstand

Zukünftiges Verkehrsaufkommen

- Car Sharing
 - Induziert Verhaltensänderungen
 - Grösserer Anteil variable Kosten
- + Angenehmeres Fahren
- + Erhöhte Sicherheit
- + Umweltaspekte (Moral Licensing)
- + Kapazitätserhöhungen
- + Tiefere direkte Reisekosten (Zeit und Verbrauch)
- + Fahrzeitnutzung auch für Fahrer
- + Nachfrageseitige Raumentwicklung
- + Leerfahrten
- + Individuelle Mobilität für neue Bevölkerungsgruppen (bspw. Kinder, Alte, Mobilitätseingeschränkte etc.)
- + Autonome Parkplatzsuche

Aktuelle Literatur:

Anderson, J. M., et al. (2014)
*Autonomous Vehicle Technology:
A Guide for Policymakers*, Rand
Corporation.

Nachfragefaktoren und Automatisierungsgrade

Nachfragefaktoren	Automatisierungsgrad		
	Teil	Hoch	Voll
+ Angenehmeres Fahren	Light Green	Dark Green	White
+ Erhöhte Sicherheit	Light Green	Light Green	Light Green
+ Umweltaspekte (Moral Licensing)	Light Green	Light Green	Light Green
+ Kapazitätserhöhungen	Light Green	Light Green	Dark Green
+ Tiefere direkte Reisekosten	Dark Green	Dark Green	Dark Green
+ Fahrzeitnutzung auch für Fahrer	White	Dark Green	Dark Green
+ Nachfrageseitige Raumentwicklung	White	Light Green	Light Green
+ Leerfahrten	White	White	Dark Green
+ Mobilität für Fahruntaugliche	White	White	Dark Green
+ Autonome Parkplatzsuche	White	White	Diagonal Green
- Car Sharing	White	White	Grey ?

Car Sharing mit Autonomen Fahrzeugen

Grundsätzliche Situationsänderung zu heute erst mit Vollautomatisierung.

Dann aber

- Taxiservice zum Preis von heutigem ÖV
- Spezialfahrzeugflotten
- Verbesserte Fahrzeugproduktivität
- Kleinere Fahrzeugflotte
- Keine Aufwendungen für Parkplätze (Zeit, Kosten)

Aber auch

- Leerfahrten
- Nutzererlebnis (Sauberkeit, Gepäck)
- Konkurrenz zu ÖV
- Erhöhte direkte Mobilitätskosten im Vergleich zu Privatauto

Car Pooling

- Erlaubt tatsächliche, substantielle Reduktion des Verkehrsaufkommens.
- Riesiges Potential.
- Grundsätzlich heute schon existierend und auch gefördert.
- Weshalb noch keinen Durchbruch?
 - Zeitliche / Preisliche Einsparungen lohnen
 - Koordinationsaufwand
 - Vertrauensproblematik
 - Reduzierte Flexibilität
 - Verringerte Privatsphäreerst in sehr seltenen Fällen.
- Was mit selbstfahrenden Autos und Car Sharing?
 - Sharing-Anbieter ermöglicht Koordination
 - Sharing-Anbieter stellt alternative Verbindungen

Zukünftiger Modalsplit ÖV (Busse, Trams, Züge)

- Autonome Fahrzeuge bieten analoge Dienstleistung aber Tür zu Tür und individuell
- Autonome Fahrzeuge wesentlich tiefere generalisierte Kosten als heutiger IV
- + Systemkapazität in dicht besiedelten Gebieten
- + Neue Lösungen für First-and-Last-Mile-Problematik
- + Angenehmeres Beschleunigungsverhalten (LeVine, 2015)

Aktuelle Literatur:

LeVine et al. (2015) *Autonomous Cars: The tension between occupant experience and intersection capacity*

Maurer et al. (2015) *Autonomes Fahren – Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*

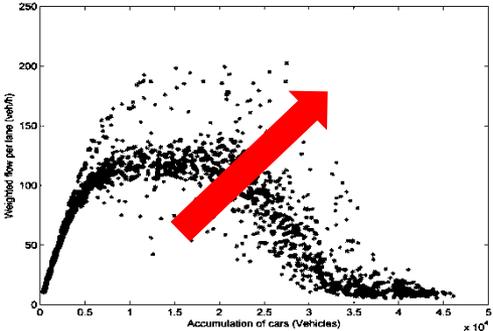
Ablauf

- Was sind Autonome Fahrzeuge?
- Aktuelle Situation
- Schwierigkeiten und Hindernisse
- Erwartete Potentiale
- Systembedeutung Autonomer Fahrzeuge
- Aktueller Forschungsstand

Aktueller Forschungsstand Verkehrsplanung

- Bisher kaum (quantitative) Resultate aus Verkehrsplanung
- Seit kurzem erste Konferenzen zum Thema (bspw. TRB Road Vehicle Workshops seit 2012)
- Interessante, qualitative Publikationen:
 - Burns, L. D. (2013) *Sustainable mobility: A vision of our transport future*
 - Fagnant, D. J. and K. M. Kockelman (2014) *Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations for capitalizing on self-driven vehicles*
 - Flämig, H. (2014) *Autonome Fahrzeuge für die Logistik*
 - Lutin et al. (2013) *The revolutionary development of self-driving vehicles and implications for the transportation engineering profession*
 - Ratti, C. and M. Claudel (2014) *The driverless city*

Forschungsfragen IVT-VPL



Ansätze IVT-VPL

Voraussetzungen:

- Agenten-basierte Verkehrssimulation mit MATSim
- 2010 und 2030 Zürich Szenario

Entwicklung (SNF-Projekt):

- Einführung von Autonomen Fahrzeugen in MATSim
- Entscheidungsmodellierung gestützt auf Befragungen

Ziel:

- Agenten-basierte Simulation verschiedener Szenarien
- Ableitung von Aussagen zur Bedeutung von autonomen Fahrzeugen für das Gesamtsystem Verkehr und die Gesellschaft

Timeline IVT-VPL

Gruppe IVT-VPL: Zwei Doktoranden auf Autonomen Fahrzeugen (AF)

	HS14	FS15	HS15	FS16	HS16	FS17	HS17
Literaturstudien	■	■	▨	▨	▨	▨	
Szenario-Entwicklung		■	■				
AF in MATSim			■	■	■		
Autonomous Cars			▨	■	■	■	
Dissertation						■	■
Literaturstudien				■	■	▨	▨
Befragungen					■	■	■
Entscheidungsmod.						■	■

Publikationen IVT-VPL

Forschungsplan:

- Bösch, P.M. (2014) *Autonomous Cars – The next Revolution in Mobility, Research Plan*, IVT, ETH Zürich, Zürich.

Publiziert:

- Bösch, P.M. and F. Ciari (2015) *Agent-based Simulation of Autonomous Cars*, paper presented at the *American Control Conference (ACC)*, Chicago, July 2015.

Demnächst:

- Bösch, P.M., F. Ciari and K.W. Axhausen (2016) *Required autonomous vehicle fleet sizes to serve different levels of demand*, paper presented at the *95th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington D.C., January 2016.
- Publikation einer Studie zum Stand und der erwarteten Entwicklung von autonomen Fahrzeugen.

Nachfrageabhängigkeit von AF-Flotten

Wird im Januar an der TRB-Konferenz in Washington präsentiert.

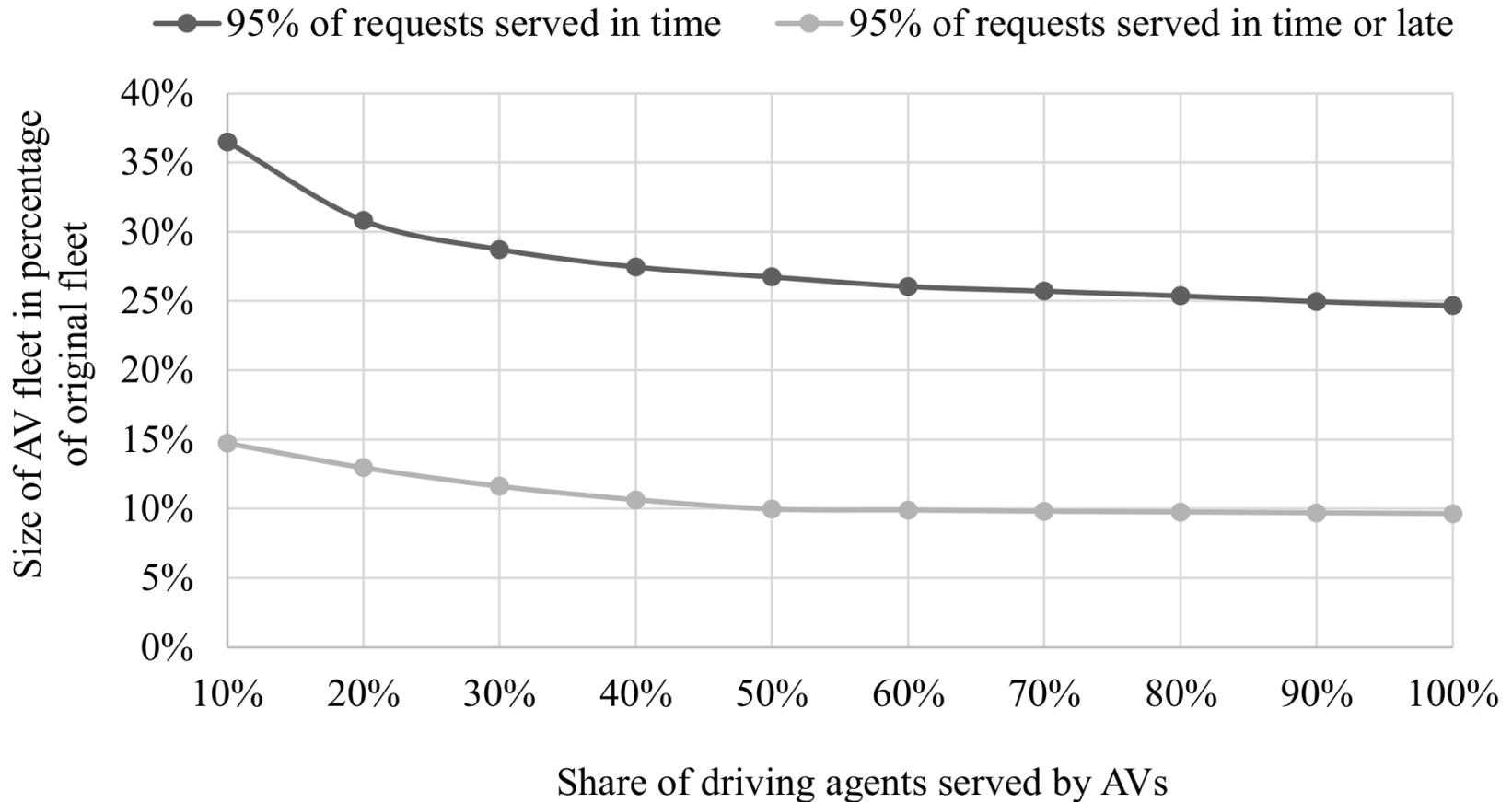
Szenario:

- 10% der Zürcher Autoverkehrsnachfrage (Grundszenario), respektive Teile davon, sollen mit einem Sharing Dienst von autonomen Fahrzeugen bedient werden.
- Nachfrage wurde aus dem IVT 2010-MATSim-Szenario für die Grossregion Zürich generiert.

Fragestellung:

- Welche Flottengrösse – relativ zur heutigen Autoflotte – wird in Abhängigkeit der Anzahl Programmteilnehmer benötigt um einen bestimmten Service zu bieten.

Benötigte Flottengrößen



Bemerkung: Prozentzahlen beziehen sich auf das Szenario (10%-Simulation), nicht auf die Gesamtbevölkerung.

PM Bösch

IVT, ETHZ

Ernst Basler & Partner

15.10.2015