



universität  
wien

# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Die Entstehung eines technologischen  
Innovationssystems im Bereich autonome Fahrzeuge in  
der Metropolregion München“

verfasst von / submitted by

Philip Kroos, B.Sc.

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Arts (MA)

Wien, 2021 / Vienna 2021

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

UA 066 855

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Masterstudium Geographie UG2002

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Michaela Trippl



## **Abstract (Deutsch)**

Die Innovation Autonomer Fahrzeuge sowie deren Schlüsseltechnologien besitzen ein enormes Potenzial, das bestehende System PKW-basierter Mobilität einschneidend zu verändern. Neben möglichen Auswirkungen auf Aspekte wie Stadt-, Raum sowie Verkehrsplanung forciert das Aufkommen autonomer Fahrtechnologien auch die in der Metropolregion München bestehende Automobilindustrie diesen Trend aufzugreifen, u.A. um ihre globale Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. Interdisziplinäre, technische Innovationen wie Autonome Vehikel (AV) entstehen dabei oftmals in einen breiteren Technologischen Innovationssystem (TIS), welches auch diverse Akteure außerhalb der Automobilindustrie einschließt (bspw. Universitäten, administrative Organe, institutionelle Rahmenbedingungen etc.). Das TIS-Konzept ermöglicht unter anderem durch seine analytischen Elemente der Systemstruktur sowie Systemfunktionen eine holistische Betrachtung der Innovation AV im Kontext der Metropolregion München, was den zentralen Bestandteil der vorliegenden Masterarbeit bildet. Der TIS-Ansatz wird gestützt durch ExpertInneninterviews erstmalig im Kontext der Metropolregion München angewendet und seine Systemstruktur sowie Funktionen empirisch analysiert, was zudem einen Beitrag zur Forschung im Bereich von TIS und AV leistet. Zentrale Erkenntnisse der Strukturanalyse sind, dass die wichtigsten Akteure des Systems im Bereich der Unternehmen sowie Hochschulen zu verorten sind. Die durch ExpertInneninterviews sowie der Auswertung diverser Dokumente und Unternehmensinformationen gestützte Analyse der Systemfunktionen offenbarte, dass in der Region bereits sehr viel Wissen bzgl. AV generiert und verbreitet wird, Ressourcen mobilisiert werden und diverse Pilotprojekte sowie Tests mit autonomen Fahrzeugen durchgeführt werden, was die wesentlichen, treibenden Kräfte des TIS darstellt. Diese Aktivitäten werden dabei primär seitens der Automobilindustrie und Hochschulen vorangetrieben, während Startups noch unterrepräsentiert sind. Eine ausbaufähige Förderung von innovationsfreudigen Startups im Bereich der enabling Technologien von AV (insbesondere im Bereich von AV-Software) sowie eine allgemein ausbaufähige Steuerung der Akteure (hauptsächlich von Unternehmen) im TIS seitens nationaler sowie regionaler Akteure auf politisch-administrativer Ebene konnten als Hindernisse zur weiteren Entwicklung des betrachteten TIS identifiziert werden.

**Schlagwörter:** Autonomes Fahren, Selbstfahrende Fahrzeuge (SDV), Technologisches Innovationssystem (TIS), Innovationen, Systemfunktionen, Automobilindustrie

## **Abstract (English)**

The Innovation of self-driving Vehicles (SDV) and their key technologies have the potential to drastically change the existing system of car-based mobility. In addition to possible effects on spatial as well as transportation planning, the emergence of SDV is also forcing the existing automotive industry in the Munich Metropolitan Region to take up on this trend, among other things to secure its global competitiveness. Interdisciplinary, technical innovations like autonomous vehicles often emerge within a broader, technological innovation System (TIS), which also includes various actors outside the automotive sector (e.g. universities, administrative bodies, institutional players etc.). Through its analytical features of system structures and system functions, the TIS-framework allows a holistic view of the innovation of SDV, which is the central part of this Thesis. Supported by expert interviews, the TIS-approach is applied for the first time in the context of the Munich Metropolitan Region and its system structure and functions are empirically analyzed, which also contributes to research in the fields of TIS and SDV. The central findings of the structural analysis show, that the most important actors in the system are located in the automotive sector and the universities. The analysis of the system functions, supported by expert interviews and the evaluation of various documents and company information, revealed that a great deal of knowledge regarding SDV is already being generated and diffused in the region, resources are being mobilized and various pilot projects and tests with autonomous vehicles are being carried out, which represent the main driving forces of the TIS. These activities are primarily conducted by actors from the automotive industry and universities, while startups are still underrepresented. The obstacles to the further development of the TIS under consideration were identified as the need for more support for innovative startups in the field of AV key technologies (especially in the field of AV-software) and a general absence of guidance of the system actors (mainly companies) by national and regional players at the political and administrative level.

**Keywords:** Autonomous Driving, self-driving vehicles (SDV), technological innovation systems, innovation, system functions, automotive sector

## Eidesstaatliche Erklärung

Hiermit versichere ich,

- dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfe bedient habe,
- dass ich dieses Masterarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe
- und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit vollständig übereinstimmt.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Wien, August 2021

---

Philip Kroos

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1. Ziel und Fragestellung.....	1
1.2. Aufbau.....	4
<b>2. Autonomes Fahren</b> .....	<b>5</b>
2.1. Historischer Hintergrund.....	7
2.2. Stand der Technik.....	8
2.2.1. Hardware – Sensoren .....	9
2.2.2. Software - angewandte künstliche Intelligenz in autonomen Fahrzeugen.....	11
2.2.3. Vernetzung – Car2X/V2X-Kommunikation .....	13
2.3. Auswirkungen autonomer und vernetzter Mobilität .....	14
2.3.1. Herausforderungen autonomer Mobilität .....	14
2.3.2. Soziale Akzeptanz autonomer Fahrzeuge .....	16
2.4. Potenzielle Anwendungsbereiche / Einsatzszenarios.....	17
<b>3. Kernkonzepte der Innovationsforschung</b> .....	<b>19</b>
3.1. Innovationsmodelle .....	19
3.2. Wissen .....	23
3.3. Technischer Wandel.....	25
3.4. Pfadabhängigkeit.....	26
3.5. Multi Level Perspektive .....	27
<b>4. Innovationssysteme</b> .....	<b>29</b>
4.1. Nationale Innovationssysteme.....	31
4.2. Regionale Innovationssysteme .....	32
4.3. Globale Innovationssysteme .....	32
4.4. Sektorale Innovationssysteme .....	33
4.5. Technologische Innovationssysteme.....	34
4.5.1. Struktur.....	37
4.5.2. Funktionen.....	39
<b>5. Methodik</b> .....	<b>48</b>
5.1. Strukturelle TIS-Analyse.....	48
5.2. Qualitative ExpertInneninterviews.....	50
5.2.1. Interviewte ExpertInnen .....	50
5.2.2. Leitfaden.....	52
5.3. Auswertung der ExpertInneninterviews.....	53

<b>6. Das Technologische Innovationssystem im Bereich autonome Fahrzeuge in der Region München.....</b>	<b>54</b>
6.1. Strukturelle Komponenten .....	54
6.1.1. Unternehmen/Industrie.....	57
6.1.2. Forschung & Bildung.....	63
6.1.3. Netzwerke.....	65
6.1.4. Institutionelle Komponenten.....	70
6.2. Analyse der TIS-Funktionen .....	72
6.2.1. Unternehmerisches Experimentieren (F1) .....	73
6.2.2. Entwicklung von Wissen (F2).....	77
6.2.3. Verbreitung von Wissen (F3).....	82
6.2.4. Steuerung der AkteurInnen (F4) .....	86
6.2.5. Formierung von Märkten (F5).....	90
6.2.6. Mobilisierung von Ressourcen (F6).....	92
6.2.7. Schaffung von Akzeptanz (F7) .....	96
<b>7. Conclusio .....</b>	<b>99</b>
<b>8. Handlungsempfehlungen .....</b>	<b>103</b>
<b>9. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>106</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>117</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>118</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>119</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>120</b>



# **1. Einleitung**

In der heutigen, globalisierten Welt wird der Mobilität von Personen und Gütern eine entscheidende Rolle für wirtschaftliche und soziale Entwicklung zugeschrieben (WORLD BANK 2017). Von der Ankurbelung des Wirtschaftswachstums bis zur Inklusion verschiedener Menschen durch die Anbindung an Arbeitsplätze, Schulen oder Krankenhäuser ist Verkehr eine essenzielle Aktivität und ein Eckpfeiler globaler Entwicklungsprogramme. Das Auto ist in diesem Zusammenhang mehr als ein reines Fortbewegungsmittel und als technologisches Artefakt tief in (westliche) Kulturen eingebettet. Damit ist nicht nur das Auto als Gegenstand gemeint, sondern auch das Netz von miteinander verbundenen Industrien, Flächennutzung, Wohnungswesen etc. die allesamt von der Kultur des Autos geprägt werden (FRAEDRICH et al. 2015: 3).

Trotz der Bedeutung von Verkehr bringen derzeitige Mobilitätslösungen und insbesondere der Straßenverkehr diverse negative Auswirkungen auf die Gesellschaft mit sich. Von der Abhängigkeit von endlichen Ressourcen wie Erdöl, bis zur Emission von Treibhausgasen wird der Verkehrssektor zudem mit anderen Nachhaltigkeitsaspekten wie urbaner Luft- und Lärmbelastungen sowie dem Risiko tödlicher Verkehrsunfälle assoziiert (WHO 2006). Dieser Umstand übt daher Druck auf den gesamten Verkehrs- und Logistiksektor sowie die Automobilindustrie aus, bestehende Konzepte zu überdenken und neue, effizientere Lösungen zu entwickeln sowie Innovationen zu induzieren. Wenig technologische Innovationen haben hierbei ein so großes Potenzial, bestehende Systeme einschneidend zu verändern wie autonome Fahrzeuge.

## **1.1. Ziel und Fragestellung**

Angesichts des Aufkommens autonomer Fahrzeuge, was oftmals als unausweichlicher Entwicklungspfad betrachtet wird, steht auch die Münchner Automobilindustrie vor einem potenziell weitreichenden Transformationsprozess. Die Automobilindustrie wird als der wichtigste Industriezweig der Metropolregion München angesehen, sowohl bezogen auf die Anzahl an Beschäftigten in diesem Sektor als auch die generierten Umsätze (LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN 2017). Die reine Herstellung von Fahrzeugen reicht jedoch möglicherweise nicht mehr aus, um in Zukunft in globalisierten Märkten ausreichend wettbewerbsfähig zu sein.

Gefestigte Industrien – wie die Münchner Automobilbranche – werden häufig durch Innovationssysteme unterstützt, die wiederum einen maßgeblichen Einfluss auf die erfolgreiche Markteinführung von neuen, technologischen Innovationen haben.

Es ist anzunehmen, dass in München bereits ein Innovationssystem um die Automobilbranche vorhanden ist und gute Bedingungen herrschen, die Innovation autonomer Fahrzeuge (AV) im lokalen Kontext – durch die Entstehung eines **Technologischen Innovationssystems (TIS)** im Bereich die Innovation AV – voranzutreiben.

Das TIS-Konzept wurde bislang primär zur Untersuchung von nachhaltigen Innovationen und Cleantech-Industrien herangezogen (siehe Kapitel 4.5). Im Kontext autonomer Fahrzeuge konnte der TIS-Ansatz bisher wenig empirisch angewendet werden, weshalb mit dieser Thesis zunächst ein Beitrag zur Schließung dieser Forschungslücke geleistet werden soll. Zudem soll die Forschung im Bereich AV mit der vorliegenden Masterarbeit um eine systemische Betrachtung der Technologie erweitert werden. Ziel ist es nicht, herauszufinden wie AV-Technologien im Detail entwickelt werden können, sondern unter welchen Rahmenbedingungen die Technologieentwicklung gefördert bzw. gehemmt wird. Vor diesem Hintergrund eignet sich das TIS-Konzept ideal, um eine ganzheitliche Perspektive auf die Technologieentwicklung autonomer Fahrzeuge im Kontext der Metropolregion München zu ermöglichen.

München ist neben einer regional verankerten und global agierenden, etablierten Automobilbranche sowie diversen Unternehmen aus anderen Branchen – bspw. aus dem IKT-Bereich – Sitz von Universitäten und Forschungseinrichtungen, welche sich auf den Bereich AV spezialisieren. Es soll herausgefunden werden, inwieweit die Entwicklung autonomer Fahrzeuge ein von außen auf die Münchner Automobilbranche einwirkender Trend ist, bzw. inwieweit ein mögliches TIS die Entwicklung der Technologie proaktiv und aus der Region heraus vorantreibt. Die vorliegenden Forschungsfragen zielen daher primär auf das Zusammenspiel von regionalen AkteurInnen unter Berücksichtigung übergreifender Entwicklungstrends ab.

Folgende Forschungsfragen (FF) sollen in der Thesis beantwortet werden:

**FF1:** „Wer sind die **SchlüsselakteurInnen** bei der Entstehung eines technologischen Innovationssystems (TIS), im Bereich AV in der Metropolregion München und welche **treibenden Kräfte** fördern einen möglichen Transformationsprozess?“

**FF2:** "Inwieweit sind **formale und informelle Netzwerke** zwischen den relevanten AkteurInnen ausgebaut?"

**FF3:** "Inwieweit hemmen bzw. fördern **institutionelle Rahmenbedingungen** die Entwicklung des TIS?"

Ziel ist es, herauszufinden inwiefern die regionale Automobilindustrie die entscheidenden Impulse für die Entwicklung von AV in München gibt, oder ob branchenfremde AkteurInnen die Entwicklung begünstigen. Zudem soll mithilfe des TIS-Konzepts ermittelt werden, unter welchen **institutionellen Rahmenbedingungen** (bspw. Gesetzgebungen und die Steuerung von Unternehmen durch politische Einrichtungen) die AkteurInnen im System agieren. Weiterhin soll aufgezeigt werden, welche Netzwerkstrukturen im TIS bestehen und inwieweit die Vernetzung der AkteurInnen im TIS ein fördernder Faktor für die Entwicklung von AV ist.

**FF4:** „Inwieweit wird die **Dynamik und Zusammenarbeit** der HauptakteurInnen des TIS durch einen möglichen Transformationsprozess hin zu automatisierter Mobilität beeinflusst und welchen Chancen und Barrieren stehen die AkteurInnen gegenüber?“

Mit dieser vierten Forschungsfrage wird darauf abgezielt, zu untersuchen inwieweit die Automobilindustrie in München durch das Aufkommen der Innovation autonomer Fahrzeuge die Chance einer Pfaderneuerung bzw. Diversifikation wahrnimmt. Durch das Aufkommen von AV ist es möglich, dass sich bestehende wirtschaftliche und soziale Dynamiken verändern und die Automobilindustrie bspw. mehr von anderen Branchen wie dem IKT-Sektor abhängig wird, um in Zukunft (global) wettbewerbsfähig zu bleiben.

## **1.2. Aufbau**

Im anschließenden Kapitel 2 wird ein detaillierter Überblick der techno-ökonomischen Innovation autonomer Fahrzeuge und deren potenziellen, systemischen Auswirkungen auf Gesellschaft und Ökonomie gegeben.

Im Kapitel 3 werden zunächst wesentliche Konzepte der Innovationsforschung erläutert. Da es sich bei autonomen Fahrzeugen um eine komplexe Innovation handelt, ist ein Verständnis über die Entstehung und Bedeutung von solchen Innovationen von zentraler Bedeutung. Die ökonomische Perspektive auf Innovationen wird daher im Kapitel aufbauend erweitert, zum einem, um die Komplexität der Thematik zu verdeutlichen, zum anderem, um darzustellen, welche Rolle Innovationen in der Wirtschaftsgeographie und der Literatur zu Innovationspolitik einnehmen.

Kapitel 4 baut auf den Grundlagen aus dem vorherigen Kapitel auf, indem verschiedene Arten von Innovationssystemen näher betrachtet werden, insbesondere Technologische Innovationssysteme (TIS) sowie deren Kernelemente und Funktionen.

Das methodische Vorgehen des empirischen Teils der Arbeit wird in Kapitel 5 dargelegt.

Das Kapitel 6 bildet den Hauptteil der vorliegenden Arbeit, in dem das Technologische Innovationssystem um AV in der Metropolregion München ausführlich untersucht wird. Die untersuchten Funktionen des TIS werden mithilfe empirischer Datenerhebungen aus ExpertInneninterviews untermauert, um letztlich die formulierten Forschungsfragen zu beantworten.

Eine zusammenfassende Beurteilung des analysierten TIS wird in Kapitel 7 vorgenommen, bevor im letzten Kapitel 8 Handlungsempfehlungen bzgl. der Entwicklung von AV in der Metropolregion München abgegeben werden.

## 2. Autonomes Fahren

Trotz des rasant steigenden öffentlichen Interesses an der Technologie selbstfahrender Autos ist oftmals unklar, worum es sich hierbei genau handelt. Autonome, automatisierte, selbstfahrende oder fahrerlose Autos sind gängige Bezeichnungen für die Technologie, lassen jedoch einen gewissen Interpretationsspielraum offen. Der Grundgedanke hinter diesen Begriffen ist, dass Teile, bzw. die gesamte menschliche Arbeit, die erforderlich ist, um Straßenfahrzeuge wie Autos oder LKWs zu fahren, durch elektronische und/oder mechanische Mittel ersetzt wird (FAISAL et al. 2019: 46). Bis zu welchem Grad Fahraufgaben von Software, welche die mechanischen Komponenten des Fahrzeugs wie z.B. Fahr- und Bremspedale oder das Lenkrad steuert, übernommen werden, ist ein wesentlicher Gegenstand verschiedener Diskussionen und der interdisziplinären Forschungen im Bereich autonomer Fahrzeuge. Interessant ist hierbei auch, dass in Veröffentlichungen der deutschen Bundesregierung über Gesetzesänderungen sowie in aktuellen Gesetzesentwürfen die Begriffe autonomes, automatisiertes und vernetztes Fahren substituierbar verwendet werden und im Grunde die gleichen technischen Eigenschaften meinen (BUNDESREGIERUNG 2021b, 2021a).

Verschiedene Organisationen bemühen sich seit Jahren, einheitliche Definitionen und Normen zu etablieren, um die unterschiedlichen Assistenz- und Automatisierungsgrade von Fahrzeugen genauer voneinander abzutrennen. Die aktuell am häufigsten zitierte Abstufung automatisierter bzw. autonomer Fahrzeuge wurde erstmals 2014 von der *Society of Automotive Engineers* (SAE) in Form des Standards J3016 definiert und 2016 sowie 2018 aktualisiert (SAE 2018, 2019, FAISAL et al. 2019). Abbildung 1 zeigt eine Übersicht der Klassifizierung der sechs Automatisierungsgrade für automatisierte Fahrsysteme nach dem SAE Standard J3016, sowie die Rolle von menschlichen FahrerInnen in jeder Stufe (SAE 2018):

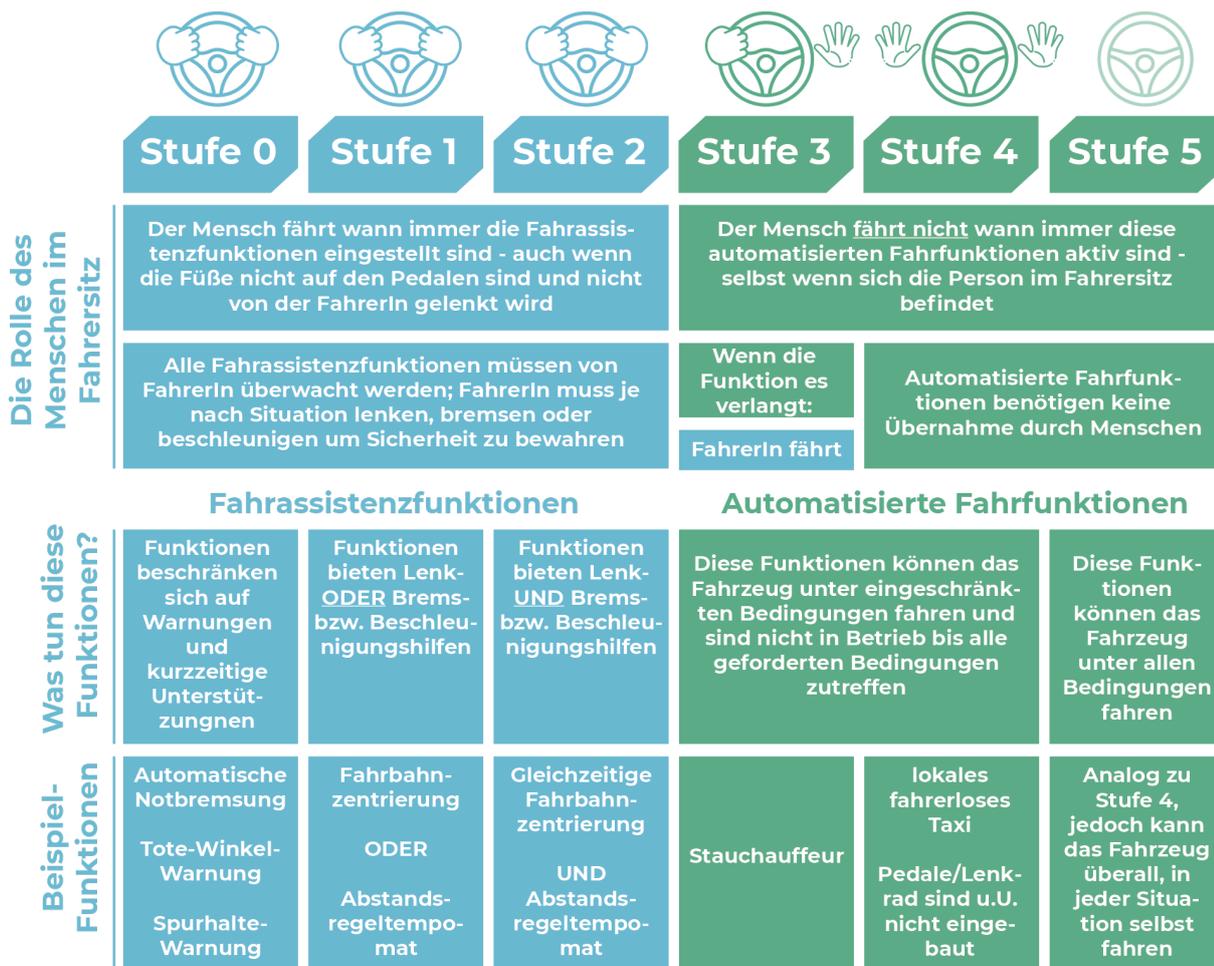


Abbildung 1: Die sechs Stufen der Automatisierung nach SAE Standard J3016 (Eigene Darstellung nach SAE 2019)

Wie in der Abbildung abzulesen ist, kann streng genommen erst ab SAE-Stufe 5 von vollständig autonomen Fahrzeugen (AV) gesprochen werden, wenn das Fahrzeug überall, in jeder erdenklichen Situation alle Fahrfunktionen – wie bspw. Lokalisierung, Wahrnehmung, Planung, Kontrolle und Management (vgl. auch Kapitel 2.2) – vollständig, ohne Eingreifen der fahrenden Person übernimmt (FAISAL et al. 2019). Theoretisch können AV der Stufe 5 dem Menschen in allen Fahraufgaben und Szenarios sogar überlegen sein, auch wenn diese These in gängiger Literatur nicht immer vertreten wird bzw. die technische Machbarkeit in Frage gestellt wird (Interview 2) Dennoch werden in der Fachliteratur in der Regel Fahrzeuge der Stufe 3 – 5 als **autonome Fahrzeuge** bezeichnet (FAISAL et al. 2019, MAURER et al. 2016), weswegen auch in dieser Masterarbeit der Begriff autonomes Fahren mit den SAE-Stufen 3 bis 5 gleichgesetzt wird.

## 2.1. Historischer Hintergrund

Bereits im (frühen) 20. Jahrhundert wurde die Idee von fahrerlosen Fahrzeugen in Form des ferngesteuerten Autos *The American Wonder* des Radio-Equipment Unternehmens *Houdina Radio Control* in den 1920er Jahren, sowie weiteren Prototypen fern- bzw. per Kabel gesteuerter Autos von Citroën und General Motors in den 1950er bis 60er Jahren erstmalig in der Praxis umgesetzt (JANAI et al. 2017: 15ff., LOSSAU 2017).

Im Jahr 1986 wurde schließlich der erste Prototyp eines fahrerlosen Fahrzeugs, welches nicht auf Fernsteuerung bzw. spezielle Infrastruktur angewiesen war, im Rahmen eines Forschungsprojektes der Universität der Bundeswehr München (UNIBW) unter Leitung von Professor Ernst Dickmanns entwickelt und auf einer abgesperrten Neubaustrecke einer Autobahn im Nordosten Münchens getestet (LOSSAU 2017). Die Pionierarbeit von Professor Dickmanns wurde 1994/95 im Rahmen des Europäischen PROMETHEUS-Projekts, welches Fahrzeughersteller und diverse Forschungseinheiten von Regierungen und Universitäten involvierte, fortgeführt. In dem Projekt wurde die erste autonome Langstreckenfahrt von München bis Odense, Dänemark von einem von DICKMANNNS entwickeltem Fahrzeug (vgl. Abbildung 2) zurückgelegt, wobei die gesamte Fahrt unter Aufsicht durchgeführt wurde, um bei Fehlentscheidung der Technik jederzeit eingreifen zu können (LOSSAU 2017, JANAI et al. 2017, DICKMANNNS et al. 1994).

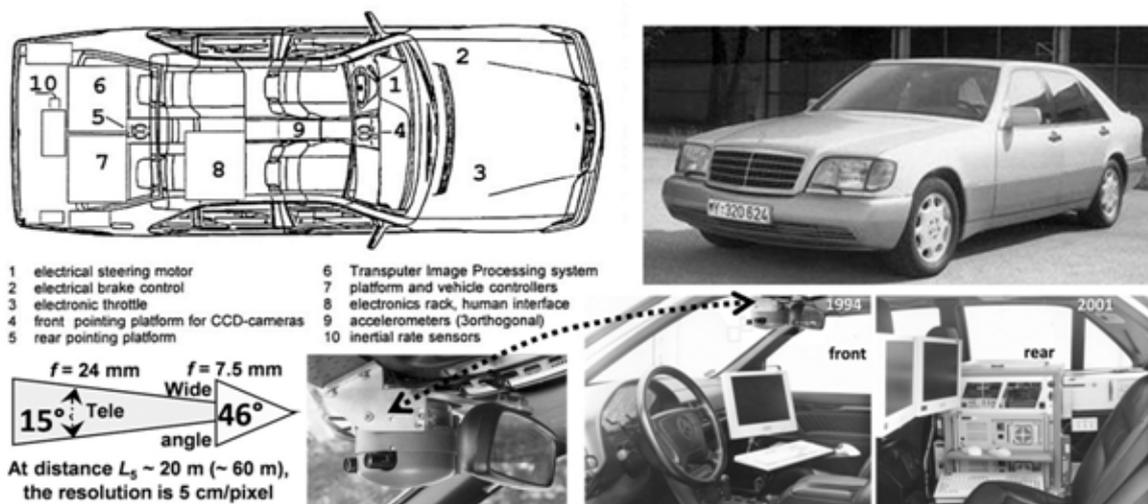


Abbildung 2: Experimentelles, autonomes Testfahrzeug VaMP, entwickelt an der Bundeswehr-Universität München, welches im Jahr 1994 zu 95% autonom ( $\pm 1678\text{km}$ ) von München nach Odense, Dänemark fuhr (Quelle: DICKMANNNS 2007)

Als nächste Schlüsselereignisse in der Entwicklung von AV sind die sogenannten *DARPA Grand Challenges* des US-Verteidigungsministeriums zwischen 2004 und 2007 zu nennen. In

insgesamt drei Wettrennen nahmen hier autonome Fahrzeuge verschiedener Forschungseinrichtungen (z.B. der amerikanischen Stanford Universität & Carnegie Mellon Universität) an Wettrennen auf unbefestigten Straßen um Preisgelder bis zu 1 Mio. US\$ teil. Zudem mussten sich die Fahrzeuge selbstständig an Verkehrsregeln halten, Hindernissen ausweichen, andere Fahrzeuge passieren und in den laufenden Straßenverkehr einfließen (JANAI et al. 2017).

2009 erlangte die Technologie von AV wieder vermehrt (mediale) Aufmerksamkeit, als diverse WissenschaftlerInnen, welche zuvor an den DARPA Challenges teilnahmen, vom US Tech-Konzern Google angeheuert wurden, um ein eigenes Programm zu fahrerlosen Autos zu initiieren. In den vergangenen zehn Jahren stieg das Interesse an der Technologie aufgrund verschiedener Faktoren – u.a. technologischer Fortschritte in den Bereichen Rechenleistung von Computern, LiDAR-Technik und anderen Sensoriken (siehe folgendes Kapitel 2.2) – deutlich. An der Seite von Tech-Konzernen wie Google – welche ihre Bemühungen für autonome Fahrzeuge seit 2016 unter der selbständigen Tochtergesellschaft *Waymo* fortführen – entwickeln in den letzten Jahren zunehmend Automobilhersteller eigene Prototypen und erste kommerzielle Anwendungen des autonomen Fahrens bis SAE-Stufe 3. Jedoch wird die Entwicklung vollständig autonomer Fahrzeuge nicht ausschließlich von etablierten Automobilherstellern und Tech-Konzernen vorangetrieben, sondern u.a. auch von einer globalen Startup-Szene, Hochschulen, Forschungsinstituten etc., welche im Bereich der verschiedenen **Schlüsseltechnologien** von AV aktiv sind (VAN BRUMMELEN et al. 2018).

## **2.2. Stand der Technik**

Zur Realisierung der Vision von vollständig selbstfahrenden Fahrzeugen sind diverse Schlüsseltechnologien – bspw. LiDAR-Sensoren, KI, Computer Vision – erforderlich, deren grundlegende Funktionen und Entwicklungsstände im Folgenden überblicksmäßig vorgestellt werden. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die einzelnen technologischen Aspekte von autonomen Fahrzeugen (Sensoren, Datenfusion, Lokalisierung, Kartierung etc.) aus ökonomischer Sicht tendenziell von unterschiedlichen Unternehmen entwickelt werden, die sich bspw. primär auf LiDAR-Module oder den Aspekt der Objekterkennung spezialisieren. Bis auf wenige Ausnahmen kann gesagt werden, dass Unternehmen tendenziell keine autonomen Fahrzeuge vollständig selbst entwickeln, sondern in gemeinsamen Kooperationen mit einzelnen, mehr oder weniger fachverwandten Unternehmen. Dieser Punkt wird in der späteren Strukturanalyse des technologischen Innovationssystems autonomer Fahrzeuge in München erneut aufgegriffen (siehe Kapitel 5 und 6.1).

Für vollständige und detaillierte technische Hintergründe zum autonomen Fahren können bspw. die Werke von LEVINSON et al. (2011), MAURER et al. (2016), JANAI et al. (2017), FAISAL et al. (2019) sowie FAISAL et al. (2020) konsultiert werden.

### 2.2.1. Hardware – Sensoren

Abbildung 3 zeigt eine schematische Darstellung der wesentlichen Schlüsseltechnologien bzw. sensorischen Ausstattung, die autonomes Fahren ermöglichen können:

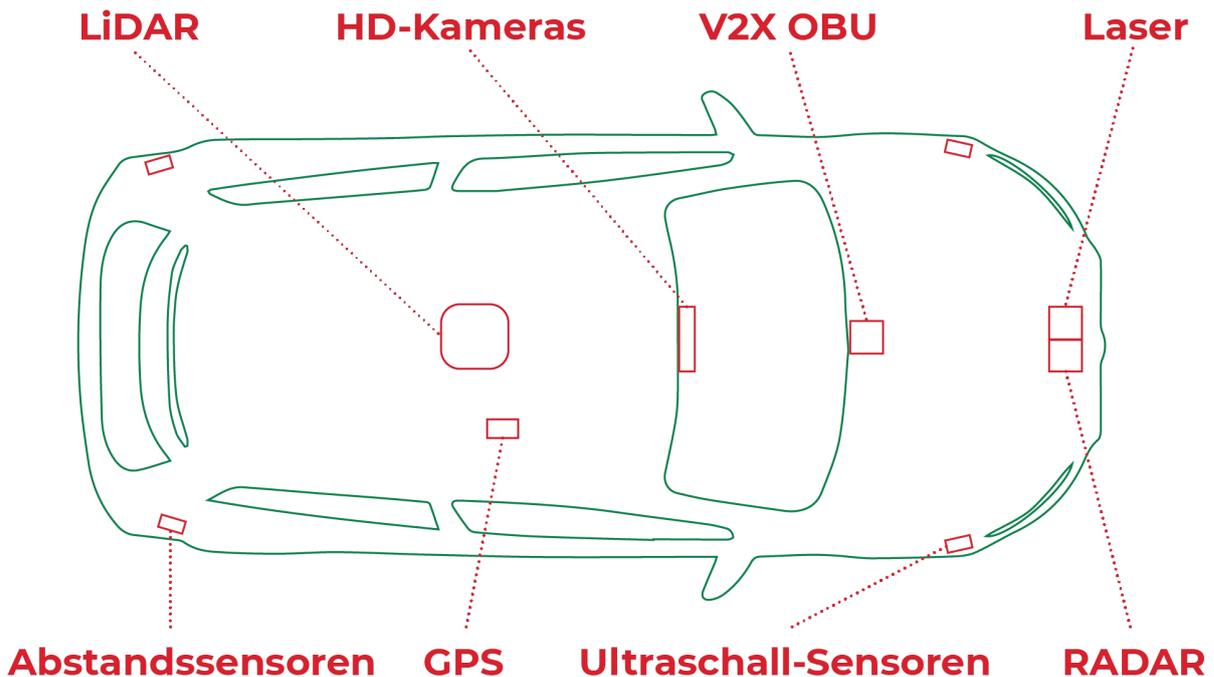


Abbildung 3: Schlüsseltechnologien und Sensoren für autonome Fahrzeuge. (Eigene Darstellung nach HAMIDA et al. 2015: 390)

Grundlegend müssen beim Fahren eines Autos von der fahrenden Person eine Reihe von Funktionen erfüllt werden, bspw. die Lokalisierung im Raum, die Planung von Verkehrsmanövern sowie die Kontrolle und das Management des Fahrzeugs (FAISAL et al. 2019). Um dies in AV mit reduziertem bzw. ohne menschlichem Eingreifen zu erreichen, müssen entsprechende Informationen bzw. Daten aus **Hardwarekomponenten** und **Sensoren** – z.B. LiDAR, Radar, HD-Kameras, Laser, GPS, Ultraschall- und Abstandssensoren – **softwaregestützt** fusioniert werden (JANAI et al. 2017). Beispielsweise erfassen eingebaute, hochauflösende Kameras laufend Bilder (bzw. einen Video-Feed) ihrer Umgebung, welche anschließend per Software interpretiert werden müssen, um Objekte wie andere Autos, FahrradfahrerInnen, FußgängerInnen, Verkehrsschilder etc. zu erkennen und voneinander zu unterscheiden. Man spricht hierbei auch von *Computer* bzw. *Machine Vision* (JANAI et al. 2017). Um dann zusätzlich zu erkennen, wie weit andere Fahrzeuge vom AV entfernt sind,

werden die Bilddaten durch Daten aus LiDAR bzw. Ultraschall- und Abstandssensoren komplementiert, damit das AV entscheiden kann, ob z.B. gebremst oder beschleunigt werden muss. Insbesondere Dank des Aufstiegs von LiDAR-Technologie – welche sich in den DARPA-Challenges bei den Gewinnerteams erstmals auch im Kontext autonomen Fahrens bewährte – ist es möglich, ein präzises 360-Grad Sichtfeld zu erstellen, was auch ein entscheidender Faktor in der erfolgreichen Navigation in urbanen Umgebungen ist (JANAI et al. 2017: 18). Der Vorteil von LiDAR-Technologie ist die hohe Präzision auf kurzer Distanz, welche u.a. durch eingebaute Radar-Sensoren – die wiederum eine höhere Reichweite auf Kosten niedrigerer Präzision aufweisen – sowie Lasersensoren zur Abstandsmessung so gut wie möglich ergänzt wird (JANAI et al. 2017). Damit das AV sich in dem laufend selbst erstellten 3D-Modell seiner Umgebung noch präziser lokalisieren kann, werden die gewonnen und fusionierten Daten im Kontext von hochauflösendem (3D)-Kartenmaterial ausgewertet, sofern solches Kartenmaterial existiert (LEVINSON et al. 2011). Folgende Abbildung 4 zeigt zusammenfassend die grobe Struktur der Informationsverarbeitung autonomer Fahrzeuge:

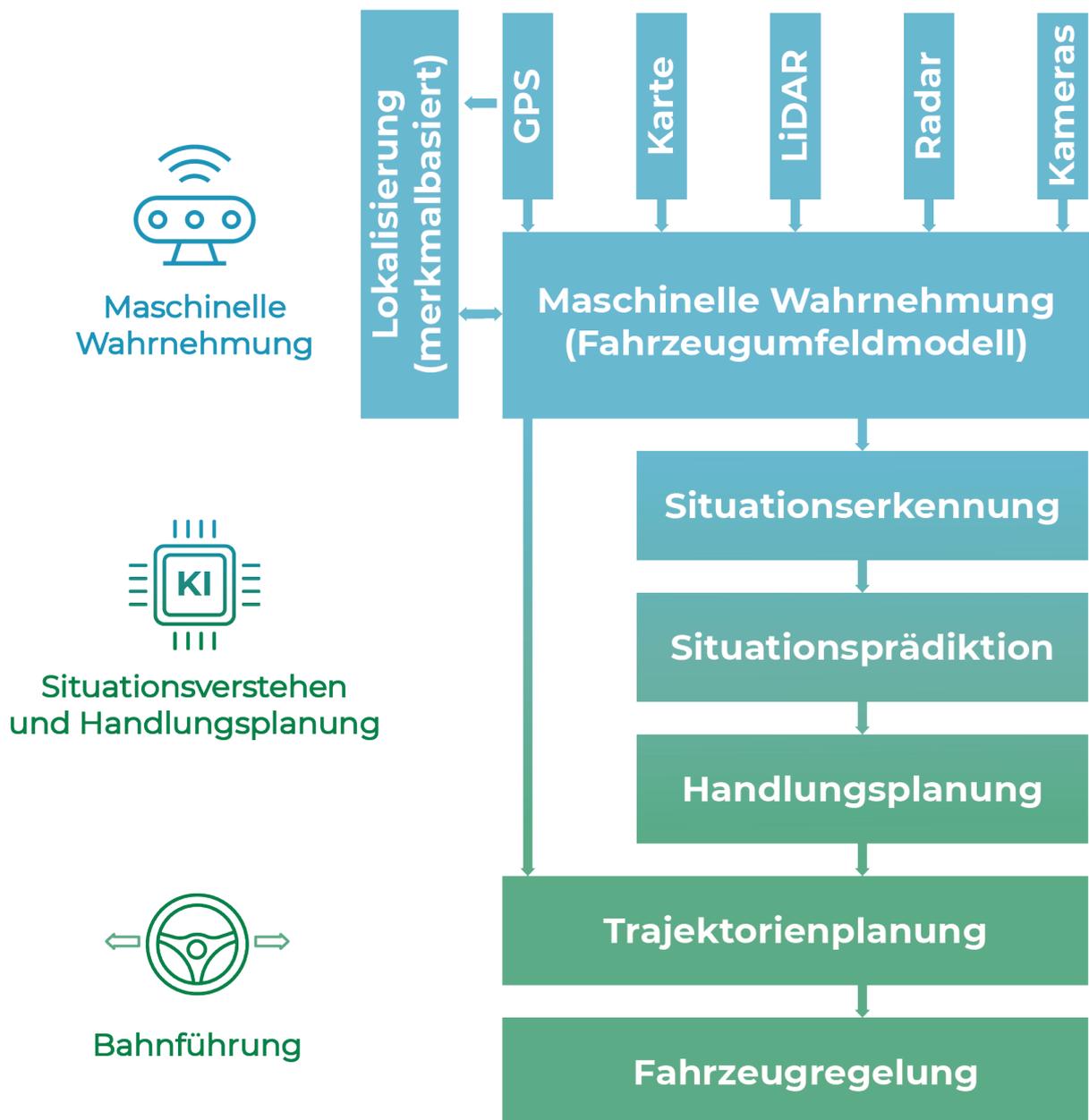


Abbildung 4: Informationsverarbeitung bei automatischer Fahrzeugführung (Eigene Darstellung nach DIETMAYER 2015: 420)

### 2.2.2. Software - angewandte künstliche Intelligenz in autonomen Fahrzeugen

Um das Ziel von vollständig autonomen Fahrzeugen zu erreichen, müssen – wie zuvor dargelegt – AV in der Lage sein, ihre Umgebung korrekt zu erkennen und in kürzester Zeit angemessene Entscheidungen über die Bewegung des Fahrzeugs treffen. Unter anderem durch Fortschritte wie steigender Rechenleistungen sowie der zunehmend verbesserten Verfügbarkeit von Daten verschiedener Sensoren, findet die Wissenschaft der Künstlichen Intelligenz (KI) in autonomen Fahrzeugen einen idealen Anwendungsfall (MA et al. 2020). Bei den gängigen, praktischen Methoden künstlicher Intelligenz handelt es sich um *machine learning* (Systeme, die auf Basis

strukturierter Datenmengen bspw. lernen, Objekte im Straßenverkehr zu klassifizieren) sowie **deep learning** (Systeme, die ohne menschliche Anleitung auf Basis neuronaler Netzwerke lernen). Durch diverse Algorithmen ist es bereits heute möglich, dass Objekte auf Bildern von Computern zuverlässig erkannt, klassifiziert und differenziert werden können, um im Falle von AV zu erkennen, ob es sich bei Objekten in der Umgebung bspw. um andere Fahrzeuge, PassantInnen oder FahrradfahrerInnen handelt. Um dies zu erreichen, müssen enorm hohe Datenmengen aus dem Straßenverkehr erhoben werden – bspw. während Testfahrten autonomer Fahrzeuge bzw. Prototypen – die dann verwendet werden, um die KI des AV zu trainieren (*machine learning*). Folgende Abbildung 5 zeigt eine mögliche Methode (Captchas), mit der einerseits Websites vor böswilligen Programmen bzw. Bots (aus dem Englischen, *robots*, Roboter) geschützt werden, da ein Captcha mittels Tests überprüft, ob es sich bei den BesucherInnen einer Website um Menschen oder Bots handelt. Auf der anderen Seite verwenden Konzerne wie Google bzw. Waymo Captchas möglicherweise auch, um die KI autonomer Fahrzeuge durch menschlichen Input zu trainieren (*machine learning*), Objekte im Straßenverkehr zuverlässiger zu erkennen (GOOGLE 2021b, HEALY 2018).

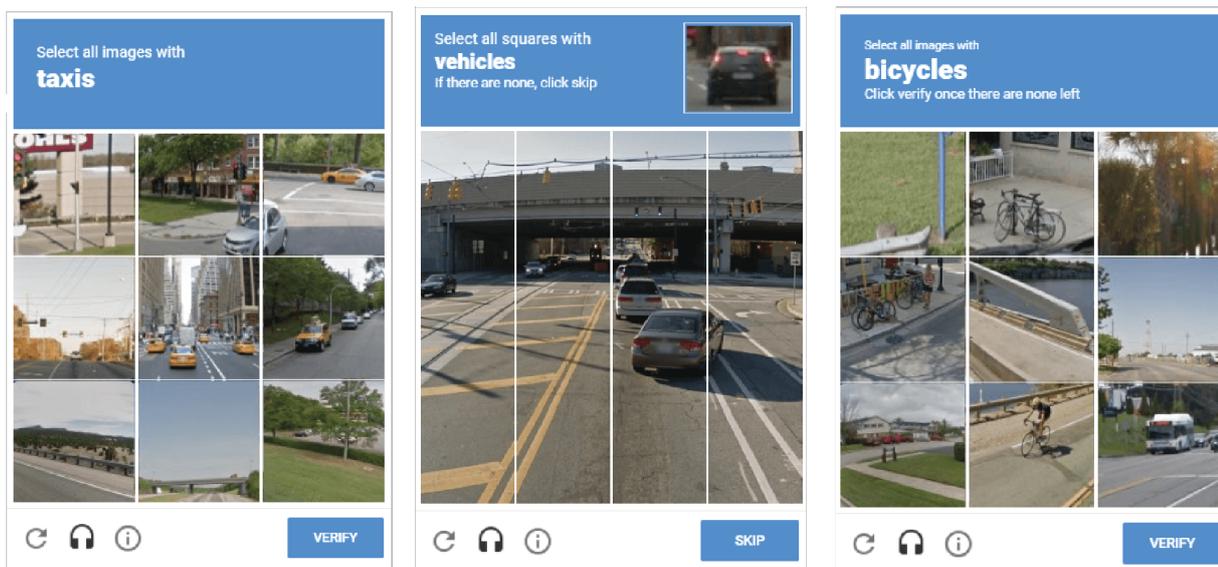


Abbildung 5: Typische (re)Captchas, welche mehrfach vom Autor im Zuge von Recherchen per Google-Suchanfragen gefunden wurden (Quelle: Eigene Screenshots von GOOGLE 2021a, 2021b)

Jedoch ist KI-Technologie trotz der enormen Fortschritte in den letzten Jahren noch nicht vollständig markt- bzw. serienreif, um Fahrzeuge in jeder erdenklichen Situation autonom und sicher zu steuern (MA et al. 2020). Zudem sind die Fahrentscheidungen, die Algorithmen treffen, von der Qualität der Sensordaten abhängig und daher in bestimmten Situationen sehr fehleranfällig. Unter schneereichen Witterungsbedingungen kann es statistisch häufiger vorkommen, dass sowohl LiDAR- als auch Kamera-basierte Systeme Schwierigkeiten haben,

Objekte durch den Schnee zu erkennen (MA et al. 2020: 320). Wenn in diesem Fall die Daten der Sensoren aufgrund von Reflektionen der Schneeflocken bereits fehlerhaft sind, kann es vorkommen, dass die Software des AV „Phantomobjekte“ interpretiert und das Fahrverhalten dementsprechend fälschlich anpasst. Eine weitere ungelöste Problematik der künstlichen Intelligenz bei AV sind ethisch-moralische Dilemmata sowie rechtliche Fragen, die sich aus bestimmten Situationen im Straßenverkehr ergeben können, vgl. Kapitel 2.3.2.

Als Zwischenfazit kann festgehalten werden, dass die Vision komplett autonomer Fahrzeuge (SAE-Stufe 5) unter Umständen nicht so schnell – wie bspw. von Fahrzeugherstellern erhofft – realisiert werden kann, da diese primär vom Stand der Softwaretechnik (insbesondere hinsichtlich der Datenauswertung durch KI) gebremst wird. Die Hardware der Sensoren hingegen ist deutlich weiterentwickelt und stellt eine geringere technische Hürde für autonome Fahrzeuge dar (Interview 6).

### **2.2.3. Vernetzung – Car2X/V2X-Kommunikation**

Die bisher vorgestellten Technologien – bei denen es sich in erster Linie um direkt in einem Fahrzeug installierte Sensoren und Software handelt – können durch Car2X/V2X-Kommunikation in ihrer Leistungsfähigkeit für automatisierte Fahrfunktionen entscheidend erweitert werden. Dabei wird die Technologie V2X-Kommunikation (*vehicle to X*, analog zu *car to X*) zwar oftmals als separate Technologie neben AV betrachtet, eine Kombination zwischen AV und V2X ermöglicht jedoch **vernetzte** autonome Mobilität (HOBERT et al. 2015). Das zugrundeliegende Konzept von V2X ist, dass von einzelnen Fahrzeugen erfasste Daten – bspw. über Geschwindigkeit, die geplante Route, die unmittelbare Umgebung etc. – durch geteilte Daten aus anderen Fahrzeugen (Car2Car) oder Verkehrsinfrastruktur (Car2X), wie bspw. Ampelsignalen oder Informationen über Staus ergänzt werden. Dies wird in der Regel mithilfe dedizierter, im Fahrzeug verbauter Hardware (*V2X OBU*) ermöglicht. Ein solcher Informationsaustausch (idealerweise in Echtzeit) bietet Potenziale, Probleme wie Staus und ineffizienten Verkehr zu vermeiden, sofern ausreichend Fahrzeuge und Infrastruktureinrichtungen Daten sammeln und teilen (HOBERT et al. 2015: 64–65). Zudem bieten Lösungen wie Car2Car bzw. Car2X/Car2Infrastructure einen Lösungsansatz, um Kommunikationsprobleme zwischen autonomen Fahrzeugen und menschlichen FahrerInnen zu vermeiden und somit u.a. die Sicherheit von allen Verkehrsteilnehmenden zu erhöhen (FÄRBER 2015: 144).

## **2.3. Auswirkungen autonomer und vernetzter Mobilität**

Laut verschiedenen Prognosen ist anzunehmen, dass bis zum Jahr 2045 weltweit ca. 50% aller Fahrzeuge im Straßenverkehr autonom fahren werden (CLEMENTS & KOCKELMAN 2017, LITMAN 2020). Vor diesem Hintergrund werden in der Fachliteratur häufig die möglichen, disruptiven Auswirkungen autonomer Fahrzeuge – insbesondere im Kontext urbaner Mobilität – analysiert (FAISAL et al. 2019). Die politischen, sozialen und (stadt-)planerischen Auswirkungen von AV sind dabei potenziell sehr weitläufig und umschließen Themen wie Parkmöglichkeiten, die Mobilität von Personen mit Beeinträchtigungen, die Segregation von Verkehrsteilnehmenden, die physische Infrastruktur von Städten usw. (MILLARD-BALL 2018).

Je nachdem, welchem Entwicklungspfad die Technologie autonomer Fahrzeuge folgt und wie weit sich die Technologie verbreitet, ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten für Applikationen, die verschiedene Herausforderungen des bestehenden sozio-technischen Systems der Automobilität lösen könnten (FRAEDRICH et al. 2015).

### **2.3.1. Herausforderungen autonomer Mobilität**

#### **Verkehrssicherheit**

Eine der wichtigsten Perspektiven, die sich durch AV ergeben, ist die Erhöhung der Verkehrssicherheit. Circa 93% aller Verkehrsunfälle lassen sich auf menschliches Versagen zurückführen (FAISAL et al. 2019: 57f.). Vollständig autonome Fahrzeuge könnten diese Zahl deutlich reduzieren, jedoch könnte ab SAE-Stufe 0 und 1 – also durch bereits heute verbreitete Fahrassistenzsysteme – in Zukunft ca. ein Drittel aller Verkehrsunfälle vermieden werden (BAGLOEE et al. 2016). Betrachtet man diese Chance autonomer Mobilität hingegen kritisch, wird zunächst erkenntlich, dass es bisher keine bzw. sehr wenige empirische Belege für erhöhte Verkehrssicherheit durch AV gibt. Zudem ist es denkbar, dass AV sogar für mehr Unfälle sorgen könnten, da ggf. automatisierte Systeme in bestimmten Situationen ausfallen können oder riskante Fahrmanöver fördern, wenn sich die von der fahrenden Person wahrgenommenen und tatsächlichen Fähigkeiten eines AV zu stark unterscheiden. Dennoch ist es anzunehmen, dass eine Verbreitung vollständig autonomer Fahrzeuge langfristig zu weniger Verkehrsunfällen führen kann.

## **Umwelt**

Weitere mögliche positive Auswirkungen von AV umfassen reduzierte negative Externalitäten von Fahrzeugen wie CO<sup>2</sup>-Emissionen oder Staus (BAGLOEE et al. 2016: 288ff.). Bereits ab SAE-Stufe 1 bis 3 können Fahrzeuge durch optimierte Fahrweisen und Abstandsregeltempomat ihre Kraftstoffeffizienz steigern und weniger Luftverschmutzung verursachen. Grundsätzlich wird auch davon ausgegangen, dass autonome Fahrzeuge in Zukunft vollständig elektrisch- bzw. batteriebetrieben werden, was ohnehin eine Reduzierung von Treibhausgasen mit sich bringen kann (VAN VLIET et al. 2011). Durch Vernetzung von Fahrzeugen könnten zudem Informationen über (geplante) Fahrmanöver ausgetauscht werden und dadurch der Verkehrsfluss besser geregelt werden, um Staus und zähen Verkehrsfluss zu vermeiden. Unklar ist hier jedoch, ob es durch AV pauschal zu weniger Verkehrsstaus kommen wird, da die Anzahl der zurückgelegten Kilometer pro Fahrzeug steigen könnte (*rebound effect*). Dies ist denkbar, wenn bspw. Fahrzeuge in der Lage sind, automatisch zu parken bzw. sich selbstständig aufladen/auftanken und von einer deutlich größeren Anzahl an Personen benutzt werden, da bspw. ältere Personen, Jugendliche, Kinder, Behinderte usw. nun auch die Möglichkeit haben, sich von einem AV befördern zu lassen.

## **Flächennutzung**

Die Einführung autonomer Fahrzeuge kann sich in urbanen Räumen auf verschiedene Weise auf Muster der Flächennutzung auswirken (BAGLOEE et al. 2016: 290). Beispielsweise könnte die erhöhte Verfügbarkeit von AV einen Trend hin zu einer weniger dichten Siedlungsstruktur fördern, etwa wenn Fahrzeuge soweit automatisiert sind, dass sie nicht mehr geparkt werden müssen und lediglich zum Aufladen bzw. zur Wartung abgestellt werden bzw. dies selbstständig tun.

Unterstützt durch autonome Lieferfahrzeuge wäre es in diesem Szenario auch möglich, dass Menschen nicht mehr nah am Stadtzentrum wohnen müssen bzw. wollen, da sie einfacher mit einem autonomen Taxi in die Innenstadt fahren können und dort keinen Parkplatz für das Fahrzeug benötigen. Dieses Szenario setzt allerdings u.a. voraus, dass die Kosten eines autonomen Taxis auf Dauer geringer sind als der Besitz eines eigenen PKW und der Automatisierungsgrad der Fahrzeuge sehr hoch ist. Ob und wann AV solche starken Einflüsse auf Flächennutzung haben, ist derzeit noch unklar, vermutlich werden solche Effekte erst in einigen Jahrzehnten sichtbar (FRAEDRICH et al. 2015).

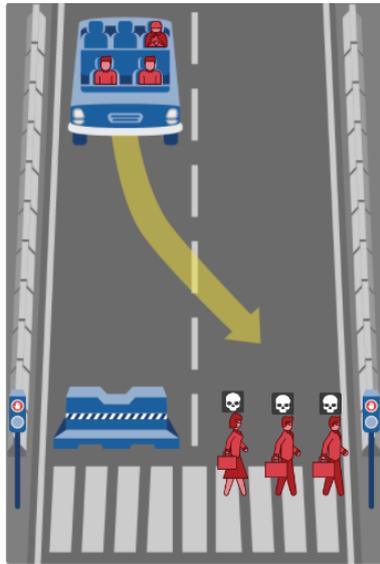
### 2.3.2. Soziale Akzeptanz autonomer Fahrzeuge

Im Kern dreht sich die Diskussion um die Akzeptanz der Technologie von AV sowohl um ethisch-moralische Dilemmata sowie rechtliche Rahmenbedingungen, die geschaffen werden müssen, um Fragen der Haftung und Verantwortung bei Unfällen autonomer Fahrzeuge zu beantworten (BAGLOEE et al. 2016, FRAEDRICH & LENZ 2015). In der Fachliteratur sowie in den Medien werden oftmals verschiedene Szenarien beschrieben, in denen unklar ist, ob bspw. die fahrende Person im AV oder die EntwicklerInnen der Software bzw. KI des Fahrzeugs oder der Fahrzeughersteller selbst haften oder bestraft werden sollten, wenn ein autonom fahrendes Auto einen Unfall verursacht und die Software bspw. entscheiden muss, ob Insassen eher geschützt werden sollen als Personen außerhalb des Fahrzeugs. Jedoch ist hier nicht nur die Frage nach der rechtlichen Verantwortung entscheidend, sondern viel mehr die Frage nach der Handhabung solcher Situationen vor dem Hintergrund ethisch-moralischer Gesichtspunkte. Folgende Abbildung 6 verdeutlicht eine klassische Dilemma-Situation (vollständig) autonomer Fahrzeuge:

In this case, the self-driving car with sudden brake failure will swerve and drive through a pedestrian crossing in the other lane. This will result in ...

- Dead:
- 1 female executive
  - 2 male executives

Note that the affected pedestrians are flouting the law by crossing on the red signal.



In this case, the self-driving car with sudden brake failure will continue ahead and crash into a concrete barrier. This will result in ...

- Dead:
- 2 men
  - 1 homeless person

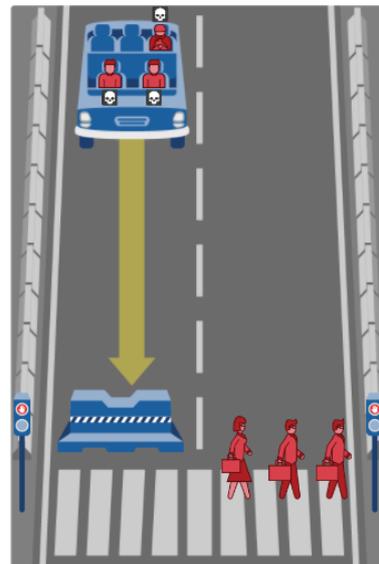


Abbildung 6: Mögliche ethisch-moralische Dilemma-Situation eines autonomen Fahrzeugs - welche Leben sollen bei diesem unausweichlichen Unfall gerettet werden? (Quelle: MIT 2021)

Bislang gibt es für solche – bislang theoretischen – Fragen in der Literatur bzw. Diskussion um AV keine verbindlichen Antworten und es ist fraglich, ob diese Problematik jemals zufriedenstellend gelöst werden kann (LIN 2015).

Ein Problem in der Forschung zur Akzeptanz autonomer Fahrzeuge im allgemeinen – welche entscheidend für eine erfolgreiche Markteinführung und Verbreitung der Technologie ist –

findet sich im Aspekt der genauen Fragestellung bzw. dem Verständnis, worum es sich bei AV handelt (HEKKERT et al. 2007, FRAEDRICH & LENZ 2015). Sowohl der frühe Stand der Technik und die dadurch erschwerte öffentliche Debatte um die Einflüsse autonomer Mobilität auf soziale, ökonomische und individuell-persönliche Faktoren sowie die derzeit geringe Anzahl an Pilotfahrzeugen bzw. der Aspekt, dass AV noch keine Massenprodukte sind, sind hierbei entscheidend. Problematisch ist zudem, dass AV nicht nur unmittelbare NutzerInnen der Technologie involviert, sondern auch außenstehende Personen, sowohl bei kritischen Fragen im Falle von Unfällen als auch bei sich ergebenden Chancen z.B. für Landnutzung und Umweltschutz. Dies macht es in Analysen und Befragungen noch schwieriger, differenzierte Aussagen darüber zu treffen, ob man AV als Technologie akzeptiert oder nicht.

## 2.4. Potenzielle Anwendungsbereiche / Einsatzszenarios

### Automatisierter Gütertransport/Logistik

Im Februar 2020 wurde im Zuge der sich abzeichnenden, weltweiten COVID-19 Pandemie in der chinesischen Metropole Shenzhen ein autonomes Lieferfahrzeug auf öffentlichen Straßen getestet. In dem Kooperationsprojekt *Hercules* verschiedener Hochschulen und anderer Organisationen aus Shenzhen und Hong Kong wurde das Konzept autonomer Logistikfahrzeuge erfolgreich demonstriert, indem kontaktlose (Essens)lieferungen an unter Quarantäne stehende BewohnerInnen einiger Stadtviertel von dem autonomen Lieferfahrzeug durchgeführt wurden (LIU et al. 2020).



Abbildung 7: Autonomes Logistik-/Lieferfahrzeug „Hercules“ in Shenzhen, Februar 2020 (Quelle: LIU et al. 2020)

Auch wenn es sich hierbei tendenziell mehr um ein Demonstrationsprojekt handelt, ist die Skalierbarkeit des *Hercules*-Projekts hoch. Abseits von automatisierten, kontaktlosen Essenslieferungen während Pandemien sind die Anwendungsszenarios solcher autonomen Logistiklösungen vielseitig. Denkbar sind etwa automatisierte Lieferungen von Medizin und anderen Versorgungsgütern sowohl während als auch nach Krisenzeiten.

### **Platooning**

Beim sogenannten Platooning fahren mehrere autonome LKW in sehr kurzen Abständen direkt hintereinander, hauptsächlich auf Autobahnen (BAGLOEE et al. 2016). Durch die Vernetzung der einzelnen Fahrzeuge kann somit ein ganzer Konvoi als geschlossene Einheit – ähnlich eines Zugs mit Wagons – agieren und so dieselbe Geschwindigkeit beibehalten, gleichzeitig beschleunigen bzw. bremsen und Vorteile des Windschattens ausschöpfen, was wiederum zu geringerem Energieverbrauch der einzelnen LKWs führt. Dies kann zu Kostenvorteilen führen, da ab Automatisierungsstufe 5 keine FahrerInnen benötigt werden und Güter direkter und damit schneller zum Ziel transportiert werden könnten als bspw. via Schienenverkehr. Zudem könnte der Bedarf an Straßenflächen durch Platooning reduziert werden und in urbanen Räumen anderweitig genutzt werden, etwa für Fahrstreifen für FahrradfahrerInnen oder FußgängerInnen. Diese Vorteile des Platooning kommen jedoch laut HEINRICHS (2015) erst ab vollständiger Automatisierung im System des Straßenverkehrs zum Tragen.

### **Vehicle on demand services**

Neben Logistik und Gütertransporten sind die entscheidenden Anwendungsfälle autonomer Fahrzeuge im Personentransport zu finden. Mithilfe autonomer Fahrzeuge ergibt sich die Möglichkeit, die Vorteile eines persönlich genutzten Automobils mit den Vorteilen des öffentlichen Verkehrs zu kombinieren, insbesondere um das Problem der „letzten Meile“ zu adressieren (FRAEDRICH et al. 2015: 7). Denkbare Anwendungen beinhalten etwa autonome Taxi-Services, bei denen fahrerlose Autos auf Abruf mehrere KundInnen gleichzeitig bedienen können (BAGLOEE et al. 2016). Bei ausreichend niedrigen Kosten im Vergleich zu klassischen car-sharing Modellen oder dem Besitz eines eigenen PKW haben sogenannte Robotaxis das Potenzial, den Anteil an AutobesitzerInnen zu reduzieren und dadurch möglicherweise mehr Flächen für alternative Nutzung zu gewinnen. In diesem Szenario könnten *vehicle on demand services* dafür sorgen, dass weniger Parkplätze (insbesondere in Innenstädten) benötigt werden. Dies wäre möglich, da AV prinzipiell rund um die Uhr fahren könnten, ohne ungenutzt auf

Parkplätzen zu verweilen, wobei hier der kritische Aspekt von Leerfahrten berücksichtigt werden muss, die es zu vermeiden gilt.

Anhand dieses Beispiels wird erneut die disruptive Wirkung einer vollständig autonomen Mobilität und deren Herausforderungen deutlich; durch selbstfahrende Robotaxis, die nicht zwangsweise am Zielort parken müssen, sondern ihre Dienste sofort für andere Personen anbieten können, könnten sich Chancen und Herausforderungen für stadtplanerische Maßnahmen ergeben, wie sie etwa von HEINRICHS (2015), BRAUN et al. (2019), DELOITTE (2019) und FAISAL et al. (2020) näher thematisiert werden.

Abschließend wird festgehalten, dass die Auswirkungen autonomer Fahrzeuge mitunter sehr tiefgreifend sein können, besonders bei einer weit verbreiteten, hochgradigen bzw. vollständigen Automatisierung. Dabei bleiben Unklarheiten über die tatsächlichen Vorteile für die Gesellschaft, die autonome Mobilität verspricht sowie ihre exakten Auswirkungen bestehen.

Des Weiteren wurde in Kapitel 2.2 illustriert, dass es sich bei der Entwicklung autonomer Vehikel tendenziell um einen fließenden Prozess handelt, sich der Grad der Automatisierung im Laufe der Zeit vermutlich stetig erhöhen wird und sich aus technischer Sicht die dafür wichtigen Schlüsseltechnologien – insbesondere die Software von AV – weiterentwickeln müssen.

### **3. Kernkonzepte der Innovationsforschung**

Für ein vertiefteres Verständnis über die Entstehung und Weiterentwicklung von autonomen Fahrzeugen ist es essenziell, das Konzept von Innovationen näher zu beleuchten.

#### **3.1. Innovationsmodelle**

*„Every Innovation is a revolution which failed – but also one which was attempted”* (NEGRI 1996: 156)

Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurden verschiedene Definitionen des Begriffs Innovation entwickelt, wobei der Ansatz der wirtschaftlichen Innovationen vom Ökonom Joseph A. SCHUMPETER in seinem Werk *The Theory of Economic Development* (1934) als Ursprung der modernen, interdisziplinären Innovationsforschung betrachtet werden kann (GODIN 2017). In seinem Werk identifiziert Schumpeter Innovationen als Treiber für wirtschaftliches Wachstum, wobei Innovationen im Sinne von Erfindungen, „neuen Kombinationen“ und insbesondere als kommerzielle Anwendungen dieser definiert werden (FRITSCH 2017, SCHUMPETER 1934).

Genauer unterscheidet SCHUMPETER zwischen Produktinnovationen, Prozessinnovationen – zusammengefasst als technologische Innovationen – sowie der Erschließung neuer Märkte, neuen Organisationsformen in der Industrie sowie der Verwendung neuer Ressourcen (SCHUMPETER 1934). Um die Frage zu beantworten, wie Innovationen entstehen, sieht SCHUMPETER besondere Individuen (dynamische UnternehmerInnen), welche sich durch kreative Neuschöpfung am Markt durchsetzen, als wesentliche AkteurInnen (KEHRBAUM 2009).

Der Grundsatz, dass Innovationen den Motor des Wirtschaftswachstums mit seinen positiven sowie negativen Externalitäten darstellen, wird in der interdisziplinären Innovationsforschung von verschiedenen AutorInnen – wenn auch im Laufe der Zeit an die aktuellen Gegebenheiten und Entwicklungen angepasst – vertreten. Jedoch wird die positive Konnotation des Begriffs u.a. von BRIKEN (2015) als eine kritisch zu hinterfragende Eigenschaft von Innovation beschrieben. Von Klimawandel, sozialer Ungleichheit, mangelndem Wohnraum in Städten bis zu Verkehrsproblemen – Innovationen werden oftmals als Universallösung gesellschaftlicher Probleme betrachtet (DOSI 1988). Der Ursprung dieser Auffassung ist unter anderem die zuvor erwähnte Bedeutung von Innovation bei der Förderung von Wirtschaftswachstum.

Aus einer ökonomischen Perspektive wird Innovation von der OECD (ähnlich wie von Schumpeter) als ein neues oder signifikant verbessertes, am Markt eingeführtes Produkt (Ware oder Dienstleistung, bzw. eine Kombination hiervon) oder als Einführung eines neuen oder merklich verbesserten Prozesses in einem Unternehmen beschrieben (OECD 2018: 1). Diese Definition der OECD ist stark auf im Markt eingeführte Produkte bzw. Dienstleistungen fokussiert, also auf das Ergebnis einer Innovation.

Grundsätzlich handelt es sich bei den Definitionen von SCHUMPETER bzw. der OECD um klassische Konzeptionen des Innovationsbegriffs. Um Schumpeters Systematisierung der wirtschaftlichen Perspektive auf Innovation zusammenzufassen eignet sich das in Abbildung 8 gezeigte Modell.



Abbildung 8: Lineares Innovationsmodell (eigene Darstellung nach (KEHRBAUM 2009))

Schumpeter unterscheidet zwischen der eigentlichen Erfindung, der Anwendung dieser (Innovation) sowie deren Markteinführung (Diffusion). Heutzutage betrachtet die Innovationsforschung Innovationen als mehrphasigen Prozess, der bezeichnenderweise von

Grundlagenforschung, über angewandte Forschung bis zur (Produkt)Entwicklung und zur Einführung am Markt verläuft (KEHRBAUM 2009: 46). Bei diesem theoretischen Framework handelt es sich – wie beim Ansatz von Schumpeter – um ein lineares Modell von Innovation, welches in Abbildung 9 veranschaulicht wird.



Abbildung 9: Erweitertes lineares Innovationsmodell (eigene Darstellung nach (GODIN 2006))

Verschiedene AutorInnen – wie bspw. GODIN (2006) – kritisieren dieses Modell und seine Annahme eines simplen, linearen Innovationsprozesses. Dennoch erfreut sich diese theoretische Konstruktion immer noch einer gewissen Popularität unter ÖkonomInnen, BeraterInnen, PolitikerInnen und Wirtschaftsschulen, obwohl auf alternative Frameworks zurückgegriffen werden kann. Eine Erklärung hierfür ist die relativ einfache Anwendung des linearen Innovationsmodells für politische EntscheidungsträgerInnen. Grundlagen- bzw. angewandte Forschung kann bspw. durch direkte finanzielle Unterstützung von Hochschulen und Forschungsprojekten gefördert werden. Folgt man der Annahme des linearen Modells, sollte dieser Input über einen bestimmten Zeitraum zur Entwicklung und letztendlich zur Markteinführung von neuen Produkten oder Dienstleistungen – dem Ergebnis des Innovationsprozesses – führen. Das Problem hierbei ist, dass es sich um eine *technology push*-Perspektive auf den Innovationsprozess handelt, deren Aufmerksamkeit in der Praxis auf die finanzielle Förderung von F&E gerichtet ist (TIDD 2006). Das Resultat am Ende des Prozesses (Produkt oder Dienstleistung) kann hierbei unter Umständen nicht die Bedürfnisse der NutzerInnen befriedigen und zu mangelnder Akzeptanz führen, wenn bspw. keine Rückkopplungseffekte eintreten (TIDD 2006). Anhand dieses Beispiels wird deutlich, dass Innovationen ein komplexer und dynamischer Prozess sind und trotz der Bedeutung für Wirtschaftswachstum und Wohlstandssteigerung nicht als generisches Allheilmittel für alle Probleme, die die Menschheit betreffen, gesehen werden sollten.

Neben der *Technology Push* Perspektive – in der wissenschaftliche bzw. technologische Durchbrüche für Innovationen sorgen – steht der Ansatz des *Market Pull*, in welchem die Nachfrage nach neuen Problemlösungen Innovation „anzieht“ (KEHRBAUM 2009). Diese neuen Perspektiven auf Innovationsprozesse (insbesondere, wenn es um technologische Innovationen geht) differenzieren zudem zwischen radikalen Innovationen und inkrementellen Verbesserungen. Radikale Innovationen werden laut KEHRBAUM (2009: 47) durch

wissenschaftliche bzw. technische Durchbrüche hervorgerufen, während inkrementelle Innovationen meist durch *Market Pull* ausgelöst werden.

Dass Innovationen in der Praxis selten linearen Prozessen gleichen, zeigt das in Abbildung 10 dargestellte *Chain-linked* Innovationsmodell nach KLINE & ROSENBERG (2010).

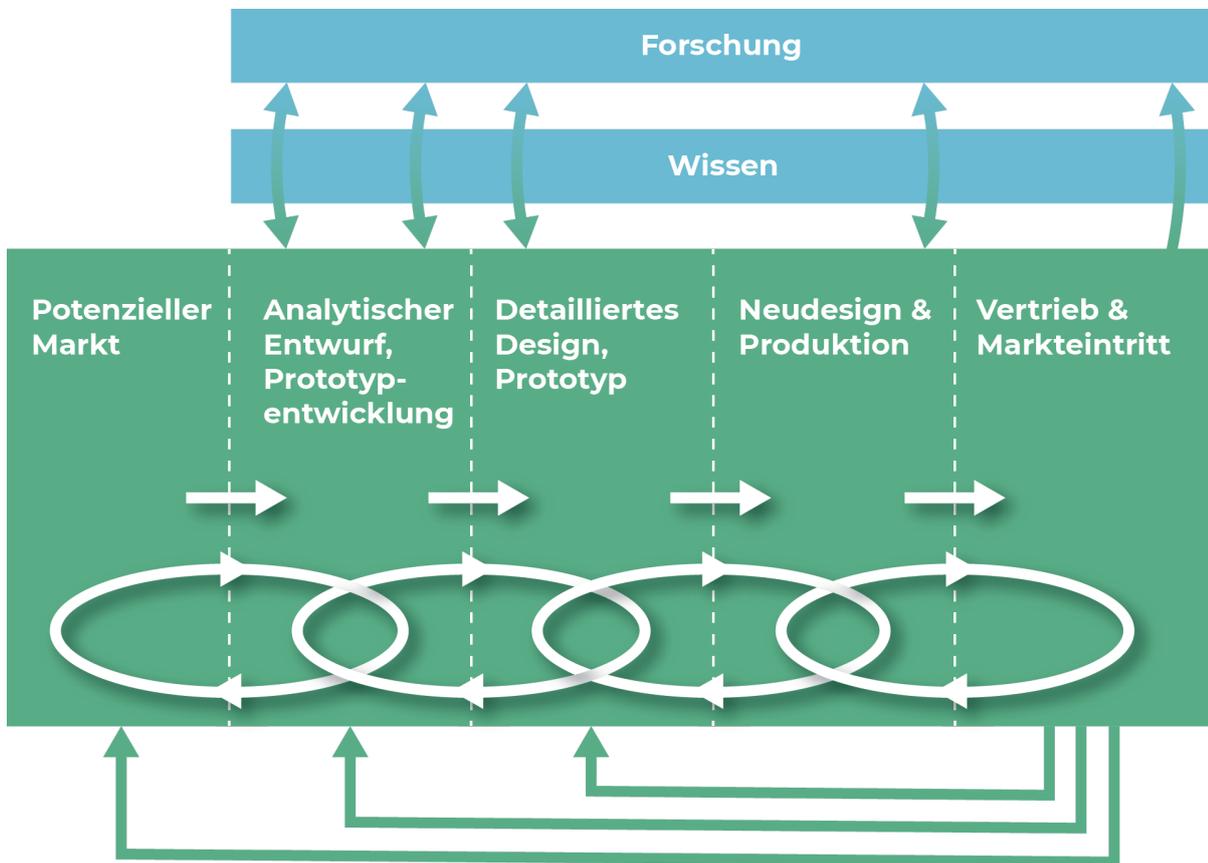


Abbildung 10: Chain-link Innovationsmodell, eigene Darstellung nach (KLINE & ROSENBERG 2010)

Die wichtigste Erweiterung, die das *Chain-linked* Modell gegenüber linearen Innovationsmodellen aufweist, sind die **Rückkopplungsschleifen** während des Innovationsprozesses. Diese Rückkopplungen iterieren die einzelnen Schritte im Innovationsprozess und schaffen eine direkte Verbindung der potenziellen NutzerInnen (potenzieller Markt) und möglichen Verbesserungen (Prototypen, Neudesigns), welche in der nächsten Stufe des Prozesses implementiert werden können (KLINE & ROSENBERG 2010). In diesem Innovationszyklus spielen die Wissenschaft und das Vorhandensein eines Wissenspools zudem eine tragende Rolle, da sie nicht – wie in linearen Modellen – nur am Anfang des Innovationsprozess mit einspielen, sondern während des gesamten Zyklus.

### 3.2. Wissen

Auch wenn sich die im vorherigen Kapitel beschriebenen Perspektiven und Erklärungsansätze von Innovation teilweise unterscheiden, enthalten sie alle ein wesentliches Element von Innovation – die Erschaffung von etwas Neuem. MELKAS & HARMAAKORPI (2008) sehen Wissen bzw. Informationen als wichtigsten Faktor bei der Erzeugung von Innovationen. Zusätzlich wird das Lernen, bzw. das Aneignen von Wissen, als fundamentaler Schritt in Innovationsprozessen gesehen.

Allgemein wird Wissen in zwei Kategorien unterteilt, in implizites (*tacit*) sowie explizites (bzw. kodifiziertes) Wissen (MELKAS & HARMAAKORPI 2008). Explizites Wissen kann in formaler, systematischer Sprache – auch über größere Distanzen – übertragen werden und benötigt keine direkte Erfahrungen zum tieferen Verständnis der Materie (bspw. kann explizites Wissen in Form von Anleitungen, Blaupausen etc. leicht kommuniziert werden) (HOWELLS 2002). Implizites Wissen dagegen kann nicht verschriftlicht werden oder in direkter Weise kommuniziert werden. Ein häufig herangezogenes Beispiel für *tacit knowledge* ist das Fahren eines Fahrrads, welches erstmals von POLANYI (1958) zur Veranschaulichung dieser Wissensart verwendet wurde. Die Fähigkeit das Gleichgewicht auf dem Fahrrad zu halten kann nur durch Versuchen und Lernen erlangt werden. Es ist nicht möglich diese Fähigkeit – bspw. mithilfe einer Schritt für Schritt Anleitung – an andere weiterzugeben, wie es mit explizitem, kodifizierbarem Wissen der Fall wäre (COLLINS 2010). Zur Übertragung von implizitem Wissen sind daher in der Regel soziale Interaktionen (bspw. am Arbeitsplatz) nötig, was die zu überwindende räumliche Distanz, über die *tacit knowledge* verbreitet wird, reduziert (ASHEIM et al. 2011).

ASHEIM ET AL. (2011) betonen jedoch, dass eine simple Unterscheidung zwischen zwei Wissensarten ein zu enges Verständnis von Wissen und dessen Einfluss auf Innovation liefert. Ein Fokus auf sogenannte **Wissensbasen** wird daher vorgeschlagen (ASHEIM et al. 2011). Folgende Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Kernelemente der einzelnen Wissensbasen, welche sich zusammengefasst anhand der unterschiedlichen Kombinationen von implizitem und explizitem Wissen, der Bedeutung räumlicher Distanzen bzw. Maßstabsebenen sowie den beteiligten AkteurInnen unterscheiden.

	<b>Analytisch (wissenschafts-basiert)</b>	<b>Synthetisch (technik-basiert)</b>	<b>Symbolisch (kunst-basiert)</b>
<b>Begründung der Wissensbildung</b>	Durch die Anwendung wissenschaftlicher Gesetze neues Wissen über natürliche Systeme entwickeln; <i>know why</i>	Anwendung oder Kombination von vorhandenem Wissen auf neue Arten; <i>know how</i>	Erschaffung von Sinn, Ästhetik, Affekt, immateriellen Werten, Symbolen, Bildern; <i>know-who</i>
<b>Entwicklung und Verwendung des Wissens</b>	Wissenschaftliches Wissen, Modelle, deduktiv	Problemlösung, Auftragsproduktion, induktiv	Kreativer Prozess
<b>Beteiligte AkteurInnen</b>	Kollaboration innerhalb und zwischen Forschungseinheiten	Interaktives Lernen mit AbnehmerInnen und AnbieterInnen	Experimentieren in Studios, Projektteams
<b>Wissensarten</b>	Stark kodifiziertes, hochgradig abstraktes, universelles Wissen	Teilweise kodifiziert, stark implizite Komponente, eher kontextspezifisches Fachwissen	Bedeutung der Interpretation, Kreativität, kulturellen Wissens, Größenwerten impliziert hochgradiges Fachwissen
<b>Relevanz der räumlichen Nähe</b>	Relativ konstant, niedrig bis mittel	Bedeutung variiert erheblich, mittel bis hoch	Bedeutung variiert sehr stark zwischen Orten, Klassen und Geschlechtern

*Tabelle 1: Typologie der verschiedenen Wissensbasen nach Asheim et al. (2011)*

Analytische Wissensbasen sind nach ASHEIM et al. (2011: 882) demnach „universell und theoretisch“ sowie leicht kodifizierbar, da sie das Ergebnis eines wissenschaftlichen Prozesses abbilden. Weiterhin ist analytisches Wissen weniger abhängig von Distanz und kann in globalen Wissensnetzwerken ohne Informationsverlust transferiert werden, bspw. zwischen Forschungseinrichtungen und Universitäten. Synthetisches Wissen ist dagegen kontextspezifisch, praxisbezogen und daher tendenziell impliziter Natur. Dies bedeutet auch, dass synthetisches Wissen eher durch lokale Kollaborationen entsteht, bspw. zwischen Unternehmen in einer verwandten oder derselben Industrie. Symbolisches Wissen bezieht sich auf kulturelle, künstlerische Industrien und die kulturelle Bedeutung von Ideen sowie Symbolen und ist daher eher in der Kunst als in der Wissenschaft verankert. Analytisches sowie synthetisches Wissen ist für die Entstehung und Weiterentwicklung von Innovationen wie autonomes Fahren daher relevanter als symbolisches Wissen.

### 3.3. Technischer Wandel

Neben den zuvor in Kapitel 3.1 beschriebenen Theorien und Ansätzen der Innovationsforschung wird den sogenannten evolutionären Innovationsansätzen eine zunehmende Bedeutung zugeschrieben. Grundsätzlich wird Innovation hier nicht mehr lediglich als externe Größe in der Ökonomie betrachtet, sondern als Ergebnis verschiedener endogener Veränderungsdynamiken, sozialer Selektionsprozesse sowie Beharrungs- und Stabilisierungsmomenten (KEHRBAUM 2009). Anders gesagt entstehen Innovationen nicht nur entlang eines linearen Prozesses aus unternehmerischen Ideen, Strategien und auf Nachfrage gerichtete Produktanpassungen oder aus wissenschaftlich-technologischen Durchbrüchen. Viel häufiger entstehen Innovationen im Kontext komplexer, sozialer Prozesse (BLÄTTEL-MINK & MENEZ 2015).

Innovation beinhaltet nicht nur die Suche nach neuen Produkten oder Produktionsprozessen, sondern auch die Entdeckung, Entwicklung, Nachahmung, Anpassung und das Experimentieren mit ihnen (DOSI 1988, BLÄTTEL-MINK & MENEZ 2015). Folglich sind – verglichen mit den zuvor beschriebenen, klassischen Innovationsmodellen und Theorien – auch deutlich mehr AkteurInnen am Innovationsprozess beteiligt. Eine entindividualisierte Sichtweise auf Innovation wird u.a. von DOSI ET AL. (1988) vertreten. Innovationen – eingegrenzt auf technische Neuerungen – werden hier im größeren Kontext des technischen Wandels betrachtet, welcher fünf grundlegende Merkmale aufweist;

- Unsicherheit im Kontext techno-ökonomischer Probleme und der Folgen technischer Entwicklung (BLÄTTEL-MINK & MENEZ 2015: 102ff.)
- Abhängigkeit neuer technischer Möglichkeiten von neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen
- Zunehmende Forschungsaktivitäten innerhalb der Wirtschaft
- Technologien entwickeln sich durch Rückkopplungsschleifen; durch *learning by doing* bzw. *learning by using*.
- Technischer Wandel ist kumulativ und entsteht nicht nur als Reaktion auf Marktwandel bzw. sich ändernder Marktnachfrage. Die Richtung des technologischen Wandels wird vom Status-Quo etablierter Technologien bestimmt (BLÄTTEL-MINK & MENEZ 2015: 103).

Nach dieser Sichtweise folgt technologischer Wandel bestimmten Trajektorien oder Pfaden (Pfadabhängigkeit), welche innerhalb eines technologischen Paradigmas definiert werden. Ein

technologisches Paradigma bezeichnet hierbei bestimmte Muster zur Lösung techno-ökonomischer Probleme, welche auch die technischen Möglichkeiten und Rahmenbedingungen für zusätzliche Innovationen definieren (BLÄTTEL-MINK & MENEZ 2015).

### 3.4. Pfadabhängigkeit

Das Konzept der Pfadabhängigkeit wird von verschiedenen AutorInnen als eine ausschlaggebende Eigenschaft ökonomischer Landschaften dargelegt (MARTIN & SUNLEY 2010). Dabei definiert WALKER (2003) Pfadabhängigkeit als Ausrichtung einer Technologie, die durch Entscheidungen in der Vergangenheit bestimmt wird. Die Einbettung von Technologien in Maschinen, Produktdesigns, Güter oder speziellen Kompetenzen bzw. erlangten Qualifikation von Arbeitskräften beeinflusst die Selektion nachfolgender Methoden, Designs und Praktiken. Dabei handelt es sich bei der Pfadabhängigkeit jedoch nicht um eine strikte Reihenfolge, die von Technologie in der Vergangenheit festgelegt wurde, sondern um eine Roadmap in der eine bestimmte Entwicklungsrichtung leichter einem Pfad folgt als einem anderen (WALKER 2003: 126).

Ein häufig zitiertes Praxisbeispiel des Phänomens der Pfadabhängigkeit (bzw. eines *lock-in* Effekts) im Kontext eines technologischen Paradigmas ist das der QWERTY-Tastatur, in welchem die Entwicklungsmöglichkeiten eines einzelnen Produktes durch seine Vergangenheit maßgeblich beeinflusst wurden. Ursprünglich wurden Schreibmaschinen im 19. Jahrhundert mit dem QWERTY-Layout aufgrund mechanischer Probleme bspw. mit einer simplen alphabetischen Tastenreihenfolge entwickelt und etablierten sich zum Standard für Schreibmaschinen. Mit dem Aufkommen von Computertastaturen im 20. Jahrhundert wurden die mechanischen Probleme zwar beseitigt, dennoch festigte sich das eigentlich ineffiziente QWERTY-Layout, teilweise aufgrund historischer Zufälle und positiver Rückkopplungseffekte (BLÄTTEL-MINK & MENEZ 2015). Bspw. setzten sich QWERTY-Tastaturen innerhalb von Unternehmen durch, da Bürokräfte Schreibmaschinen mit diesem Layout bereits beherrschten und keine neuen Tastaturen erlernen mussten. Nach und nach etablierte sich QWERTY zum Standard, trotz besserer Alternativen, die allerdings keinerlei Marktanteile gewinnen konnten (DAVID 1985, MARTIN & SUNLEY 2006).

Auch wenn es sich bei dem zitierten Beispiel nur um ein Produkt handelt, können in verschiedenen empirischen Studien ähnliche Phänomene wie Marktversagen und (negative) lock-in Effekte in ganzen Industriezweigen und **sozio-technischen Systemen** beobachtet werden. Beispielsweise wird die Pfadabhängigkeit des sozio-technischen Systems des

Automobilverkehrs von Verbrennungsmotoren in Studien von MARLETTO (2010), WEBB (2014), BRIGGS et al. (2015) sowie MALYCH & GILMOUR (2009) untersucht. Prinzipiell wird von den AutorInnen die These vertreten, dass es sich aufgrund negativer Auswirkungen von Fahrzeugen mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren bspw. auf die Umwelt oder Lärmbelastung in Städten, sowie ihrer Abhängigkeit von endlichen Erdölreserven hier um ein Marktversagen bzw. negativen lock-in Effekt handelt. Diese negativen Aspekte bilden dementsprechend Barrieren für eine Transformation zu nachhaltigerer Mobilität, bspw. durch Innovationen wie batteriebetriebene Fahrzeuge (MARLETTO 2010). Aufgrund der möglichen Auswirkungen autonomer Fahrzeuge – bspw. in Bezug auf privaten Autobesitz, dessen Status durch AV angefochten werden könnte – kann angenommen werden, dass es sich hierbei um eine Innovation mit potenziell großen Auswirkungen auf das sozio-technische System der Automobilität handelt (FRAEDRICH et al. 2015).

### **3.5. Multi Level Perspektive**

Bei der Multi Level Perspektive (MLP) handelt es sich um ein analytisches Konzept, welches zum besseren Verständnis der komplexen Dynamiken von soziotechnischem Wandel herangezogen werden kann (GEELS 2002: 1259). Wie in Kapitel 3.3 dargelegt, umfasst technischer Wandel nicht nur den reinen Technologiewandel, sondern auch Änderungen der Komponenten eines soziotechnischen Systems wie bspw. BenutzerInnenpraktiken, Regulierungen, industrielle Netzwerke, Infrastruktur und symbolischen Bedeutungen (GEELS 2002). Das Konzept von sozio-technischen Systemen beruht auf der Annahme, dass Technologie per se ohne menschliches Handeln keine Bedeutung hat. Lediglich in Verbindung mit menschlichem Handeln, sozialen Strukturen und Organisationen erfüllt Technologie Funktionen. Die Metapher eines „nahtlosen Netzes“, in welchem physische Artefakte, Organisationen, natürliche Ressourcen, wissenschaftliche Elemente sowie legislative Artefakte verknüpft werden um Funktionalität zu erreichen kann hierbei zur Veranschaulichung angeführt werden (GEELS 2002: 1257).

Dies bedeutet folglich, dass Veränderungen in einem soziotechnischen System tendenziell nur durch zahlreiche, komplexe Interaktionen der einzelnen gesellschaftlichen Gruppen und verschiedenen AkteurInnen sowie weiteren Faktoren ausgelöst werden können (FRAEDRICH et al. 2015: 2). Zur Verdeutlichung solcher Veränderungsprozesse wendet GEELS (2002, 2007) das Konzept der MLP mit seinen drei analytischen Ebenen – soziotechnische Umgebung (*landscape*-Ebene), soziotechnisches Regime und Nischen – an, siehe folgende Abbildung 11.

Increasing structuration  
of activities in local practices

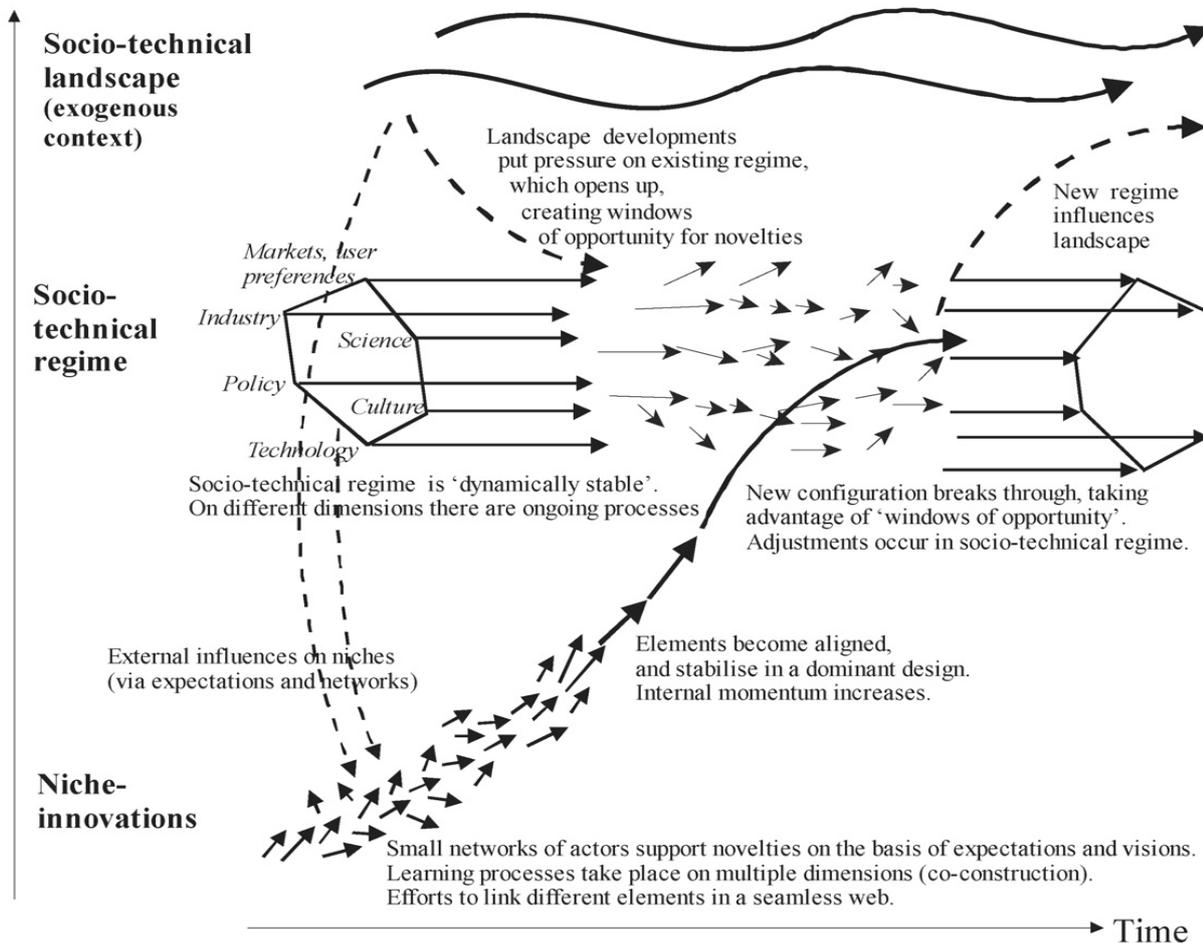


Abbildung 11: Multilevel Perspektive auf technischen Wandel nach (GEELS & SCHOT 2007)

Bestandteile eines **soziotechnischen Regimes** sind soziale Praktiken, Funktionen und Ansichten, die laufend in Kraft gesetzt werden. Diese formen gewisse Routinen, Regulierungen, materielle und institutionelle Ressourcen und Umfeld, soziale Gruppen, Normen, kulturelle Bedeutung etc., welche das Funktionieren des Gesamtsystems stabilisieren (FRAEDRICH et al. 2015: 2, GEELS 2011).

Die Nischen eines soziotechnischen Systems werden als „geschützter Raum“ definiert, wobei technologische Innovationen hier ohne Druck seitens Politik, Gesellschaft und (Absatz)märkten entwickelt werden, jedoch im Angesicht großer Unsicherheiten (GEELS 2002).

Die Bezeichnung *landscape* in der obigen Abbildung bezieht sich auf diejenigen exogenen Aspekte eines Systems, welche nicht einfach und bewusst veränderbar sind. Beispiele hierfür sind Faktoren wie die Abhängigkeit einer Technologie von begrenzten Ressourcen,

Klimawandel, dem demographischen Wandel, Globalisierungsprozessen usw. (FRAEDRICH et al. 2015: 3). Bspw. würde sich bei der Betrachtung der Automobilindustrie bzw. des sozio-technischen Systems der Automobilität aus der Multi-Level-Perspektive der Aspekt des globalen Ölförderungsmaximum (*peak oil*) auf der *landscape*-Ebene befinden. Prozesse auf der *landscape*-Ebene begründen zudem Prozesse auf den Ebenen des Regimes und der Nische und werden umgekehrt von Vorgängen auf diesen untergeordneten Ebene beeinflusst (FRAEDRICH et al. 2015).

Zusammenfassend bietet die Multi-Level Perspektive ein geeignetes Konzept für ein besseres Verständnis von weitreichenden, technologischen Veränderungen. Jedoch ist der Ansatz laut MARKARD & TRUFFLER (2008) u.a. weniger wirksam bei der Erklärung der Rollen und Strategien der beteiligten AkteurInnen sowie Interaktionen zwischen AkteurInnen und Institutionen. Hierfür – und insbesondere für die weitere empirische Ausarbeitung dieser Masterarbeit – wird ein Framework mit einer besseren Analysefähigkeit benötigt, welches im folgenden Kapitel detaillierter erläutert wird.

#### **4. Innovationssysteme**

Allgemein lässt sich ein System als eine Gruppe von Komponenten (bspw. AkteurInnen, Gegenstände oder Vorrichtungen) und deren Zwischenbeziehungen abgrenzen, welche einem gemeinsamen Ziel bzw. einer Gesamtfunktion entgegenarbeiten und dadurch eine Einheit – das System – formen (BERGEK et al. 2008, STEDEN 2015: 76f.).

Wie der Name impliziert, handelt es sich beim Konzept der **Innovationssysteme** um einen theoretischen Ansatz, mit dem u.a. die in vorherigen Kapiteln dargelegten Phänomene von Innovationen, Wissensentstehung, Wissensverbreitung und deren Rolle bei technischem Wandel und Transformationsprozessen aus einer systemischen Perspektive betrachtet und analysiert werden können. Die primäre Funktion eines Innovationssystems ist es, Innovationsprozesse zu induzieren (SUURS 2009). Dabei kann ein Innovationssystem unterschiedlich abgegrenzt werden. So können nationale, regionale, globale, sektorale oder technologische Innovationssysteme betrachtet werden, wobei bei diesen Ansätzen stets ähnliche Aspekte wie etwa die Entstehung, Verbreitung und Anwendung von Wissen im Zentrum stehen (CARLSSON et al. 2002). Überlappungen zwischen den verschiedenen Arten von Innovationssystemen treten häufig auf, so können bspw. Unternehmen Teil von mehreren Innovationssystemen (globale, nationale, regionale, sektorale bzw. technologische) sein (ASHEIM et al. 2019). Als wesentliche Bestandteile von (Innovations)systemen sind deren

zusammenhängenden Komponenten und Charakteristika hervorzuheben (CARLSSON et al. 2002: 233). Darunter fallen insbesondere AkteurInnen wie z.B. Unternehmen und deren Beziehungen bzw. Netzwerke untereinander.

LUNDVALL (2007) illustriert die **systemische Natur** des Konzepts von Innovationssystemen durch eine Eingrenzung auf eine Mikro- (den Kern, engl. *the core*) und Makroebene (den breiteren Rahmen, engl. *the wider setting*). Der Kern eines Innovationssystems besteht aus Unternehmen, welche in Interaktion mit anderen Unternehmen und deren umliegenden, bspw. von Universitäten oder technologischen Instituten bereitgestellten Wissensinfrastrukturen stehen. Der breitere Rahmen umfasst u.a. (nationale) Bildungssysteme, Arbeitsmärkte, und Finanzmärkte, welche um den Kern angesiedelt sind. Diese Veranschaulichung beruht dabei auf folgenden vier Annahmen nach LUNDVALL (2007: 102):

1. Unternehmen sind diejenigen Komponenten, welche die wichtigste Rolle im Innovationssystem einnehmen. Die Art und Weise, wie sich Unternehmen organisieren, wirkt sich auf Innovationen und deren Einfluss auf die Wirtschaftsleistung aus.
2. Unternehmen induzieren Innovationen durch Interaktionen mit anderen Unternehmen und einer **Wissensinfrastruktur**, welche Universitäten und technologische Institute inkludiert.
3. Die Art der Innovationsaktivitäten von Unternehmen ist abhängig von (nationalen) Bildungssystemen, Arbeits- und Finanzmärkten, Rechten an geistigem Eigentum, Wettbewerb innerhalb von Produktmärkten und der Ausprägung des Wohlfahrtsstaates.
4. Unternehmen aus verschiedenen Wirtschaftssektoren unterscheiden sich in ihren Innovationstätigkeiten, Interaktionen mit anderen Unternehmen und der Wissensinfrastruktur. Zusätzlich unterscheiden sich Unternehmen in der Art und Weise, wie sie auf bestehende Arbeits- und Finanzmärkte sowie geistiges Eigentum zurückgreifen.

In einer engeren Definition werden Innovationssysteme durch zwei **Teilsysteme** und deren Zwischenverbindungen und Interaktionen beschrieben. Das Teilsystem der *Erkundung* (engl. *exploration subsystem*) enthält AkteurInnen wie Universitäten, private und öffentliche Forschungsorganisationen, Organisationen mit Spezialisierung auf Technologietransfer sowie öffentliche und private Behörden die sich mit der Produktion und Diffusion von (neuem) Wissen auseinandersetzen. Das zweite Teilsystem der *Nutzung* (engl. *exploitation subsystem*) umfasst dagegen Unternehmen, die das Wissen aus dem *exploration subsystem* mit eigenem

Wissen kombinieren und für Innovationen bzw. kommerzielle Zwecke anwenden (ASHEIM et al. 2019: 8).

Im Folgenden werden verschiedene theoretische Ansätze zu Innovationssystemen vorgestellt und verglichen, wobei der Fokus auf technologische Innovationssysteme (TIS) gerichtet wird (siehe Kapitel 4.5).

#### **4.1. Nationale Innovationssysteme**

Im Ansatz nationaler Innovationssysteme (NIS) nehmen Informationsflüsse und Technologietransfers zwischen Personen, Unternehmen und Institutionen eine Schlüsselrolle bei Innovationsprozessen ein (OECD 1997: 8). Innovationen entstehen – wie oben bereits dargelegt – im Kontext komplexer Systeme in welchen sich verschiedene AkteurInnen wie Hochschulen und Universitäten, Unternehmen und politische Institutionen befinden.

Der Ursprung des konzeptuellen Frameworks von NIS geht auf Studien von FREEMAN (1987), LUNDVALL (1992) und NELSON (1993) zurück. Der NIS Ansatz wurde erstmalig als politisches Konzept für neu entstandene Innovationspolitik adaptiert, welche bis in die 1990er bzw. 2000er Jahre nicht zu den klassischen Politikfeldern und Ressorts gehörte (MAI 2011). Dies sorgte dafür, dass sich die Aufmerksamkeit politischer EntscheidungsträgerInnen weg von einer linearen, und hin zu einer interaktiven, wechselwirkenden Denkweise über Innovation richtete (LUNDVALL 2007: 97). Dieser Trend wird folglich als eine Bewegung von Wissenschafts- bzw. Technologiepolitik hin zu einer Innovationspolitik gesehen. Als Erweiterung von traditionellen wirtschaftspolitischen Ansätzen richten innovationspolitische Ansätze ihren Fokus auf wissenschaftsbasierte Innovationen und Lernprozesse (LUNDVALL 2007). Es handelt sich hierbei also um diejenigen Aktivitäten von nationalen Regierungen, welche die Produktion, Diffusion und Anwendung von wissenschaftlichem und technischen Wissen fördern, um nationale Zielsetzungen zu erreichen (LUNDVALL & BORRÁS 2005: 2). Darunter fällt bspw. die Sicherstellung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit eines Staates. An dieser Stelle sollte angemerkt werden, dass vor der Anerkennung und Adaptierung des Konzepts der Innovationspolitik als Instrument zur Sicherstellung bzw. Steigerung der internationalen Konkurrenzfähigkeit heimischer Unternehmen eine simplifizierende Grundannahme vorherrschte; sowohl ÖkonomInnen und PolitikerInnen sahen lediglich in der Verringerung von Nominallöhnen bzw. in der Devaluation der nationalen Währungen den Schlüssel zur Verbesserung der internationalen Konkurrenzfähigkeit von inländischen Unternehmen (LUNDVALL 2007: 97).

## 4.2. Regionale Innovationssysteme

Bei RIS handelt es sich – wie bei NIS – um räumlich abgegrenzte Innovationssysteme, die jedoch auf einer kleineren, regionalen Ebene definiert werden. RIS repräsentieren ebenfalls eine innovationsbasierte Theorie von Wettbewerbsvorteilen, die durch regionale Wirtschaftsentwicklung (gefördert durch Prozesse wie ökonomischer Diversifikation und regionalem Wirtschaftswachstum) entstehen können (ASHEIM et al. 2019: 24). Der RIS-Ansatz eignet sich zudem, zu untersuchen, warum bestimmte Regionen innovativer bzw. wirtschaftlich weiterentwickelt sind als andere Regionen, die sich mitunter innerhalb derselben Staatsgrenzen befinden. Eine Analyse auf regionaler Ebene ist naheliegend, da Kollaborationen – u.a. im Sinne von unternehmerischen Netzwerkaktivitäten – auf regionaler Ebene leichter durchzuführen sind. Räumliche, soziale, organisatorische, institutionelle sowie kognitive Nähe in einem regionalem Kontext können hier einen entscheidenden Vorteil bieten, wenn es um die Entstehung von Innovationen geht (ASHEIM et al. 2019). Die Bedeutung des Konzepts der Nähe innerhalb des RIS-Ansatzes für Innovationen als interaktiven Lernprozess ist eine Erklärung, warum das Konzept auch auf politischer Ebene beliebt ist. Die beschriebene Nähe ist jedoch u.a. stark von der Art der Wissensbasis (vgl. Kapitel 3.2) sowie der Integration von Unternehmen in (globale) Innovationsnetzwerke abhängig (ASHEIM et al. 2019). Mit dem RIS-Konzept vergleichbare, räumliche Innovationsmodelle umfassen Industriedistrikte (BELLANDI 1989), kreative bzw. innovative Milieus (CAMAGNI 1995) sowie Wirtschaftskluster (PORTER 1990, 1998).

## 4.3. Globale Innovationssysteme

Als Reaktion auf eine zunehmend globalisierte Wissensökonomie (engl. *knowledge economy*), ein Wirtschaftssystem gekennzeichnet durch Produktion von Gütern und Dienstleistungen durch wissensintensive Aktivitäten, welche schnellen technologischen und wissenschaftlichen Fortschritt beisteuern, entwickelten BINZ und TRUFFER (2017) das Konzept der globalen Innovationssysteme (GIS) (POWELL & SNELLMAN 2004). Auch da die räumliche Struktur von Innovationssystemen in den letzten Jahren deutlich vielschichtiger geworden ist und AkteurInnennetzwerke sowie institutionelle Rahmenbedingungen aus verschiedenen Orten und über verschiedene Maßstabsebenen umfasst, stellt das GIS-Konzept einen wichtigen Schritt in der Forschung über Innovationssysteme dar.

Im GIS-Ansatz werden die Teilsysteme (vgl. Kapitel 4) nicht auf Basis von zuvor festgelegten territorialen Grenzen definiert, sondern basierend auf den AkteurInnennetzwerken und

Institutionen die an der Kreation spezieller Systemressourcen (z.B. Wissen, Zugang zu Märkten, finanzielle Investitionen, Legitimierung von Technologie) beteiligt sind (BINZ & TRUFFER 2017: 2). Die AkteurInnen im betrachteten System müssen sich aus dieser Perspektive nicht zwangsläufig innerhalb einer bestimmten räumlichen Eingrenzung befinden.

Zusammenfassend betont das GIS-Konzept die Transnationalität von Innovation, bietet jedoch aufgrund seines frühen Entwicklungsstadiums bisher wenig empirische Anwendung bzw. Fallstudien (KLEIN & SAUER 2016).

#### **4.4. Sektorale Innovationssysteme**

Der auf MALERBA (2002, 2004) zurückgehende Ansatz der Sektoralen Innovationssysteme (SIS) versucht im Wesentlichen die Fragen zu beantworten, welches die Hauptmerkmale von Innovationsnetzwerken sind, welche Faktoren für Transformationen eines industriellen Sektors ausschlaggebend sind und welche Rolle institutionelle Rahmenbedingungen (auf nationaler Ebene) einnehmen (KLEIN & SAUER 2016: 18). Ähnlich wie im GIS-Ansatz wird bei sektoralen Innovationssystemen konzeptuell keine territoriale Eingrenzung vorgegeben, wobei empirische Anwendungen des SIS-Konzepts oftmals in einem regionalen, nationalen bzw. supranationalen Kontext stattfinden (MALERBA 2004, KLEIN & SAUER 2016). Nach MALERBA (2004: 9–10) umfasst ein *Sektor* eine Reihe von Aktivitäten, welche sowohl durch ähnliche Produktgruppen eines bestehenden bzw. neu entstehenden Nachfragemarkts, als auch durch die gemeinsame Nutzung von grundlegendem Wissen vereint werden. Eine Grundannahme des SIS-Konzepts ist dabei, dass verschiedene Sektoren unterschiedliche Pfadabhängigkeiten (vgl. Kapitel 3.4) aufweisen.

Bei den wichtigsten Komponenten eines SIS handelt es sich um Institutionen, AkteurInnen und Netzwerke, sowie Wissen und Technologie. Der Sammelbegriff der Institutionen enthält bspw. Normen, Routinen, Gesetze und Standards und folgt damit der allgemeinen Konzeption eines Innovationsystems. Darüber hinaus ähnelt die Komponente der AkteurInnen und Netzwerke im SIS-Ansatz der allgemeinen Definition eines Innovationsystems (vgl. Kapitel 4 ff.) insoweit, als dass diese bspw. Unternehmen und deren Beziehungen zu anderen Unternehmen umfassen, die wiederum als SchlüsselakteurInnen für Innovationen innerhalb eines bestimmten Sektors betrachtet werden (KLEIN & SAUER 2016). Weitere Kernmerkmale des SIS-Konzepts sind die Bedeutung und Unterschiede der Wissensbasis und Lernprozesse (vgl. Kapitel 3.2), die Funktion von Organisationen und Institutionen sowie der dynamische, evolutionäre Charakter von SIS (KLEIN & SAUER 2016).

## 4.5. Technologische Innovationssysteme

Ein technologisches Innovationssystem (TIS) wird von MARKARD & TRUFFLER (2008: 611) als eine Reihe von AkteurInnen- und Institutionsnetzwerken definiert, welche gemeinsam in einem **spezifischen Technologiebereich** interagieren und zur Entwicklung, Verbreitung und Nutzung einer neuen Technologie und/oder neuen Produkten (bzw. deren Varianten) beitragen. Die in einem TIS enthaltenen Komponenten und AkteurInnen umfassen dabei nicht ausschließlich diejenigen, welche sich primär der im Fokus stehenden Technologie widmen, sondern auch Komponenten, welche den Innovationsprozess der Technologie lediglich beeinflussen (BERGEK et al. 2008: 4).

Die Ursprünge des Konzepts der technologischen Innovationssysteme (TIS) gehen auf ein Forschungsprojekt von CARLSSON & STANKIEWICZ (1991) zurück. In dem Projekt wurden ein allgemeines, „technologisches System“ sowie zukünftige (wirtschaftliche) Entwicklungspotenziale anhand des Fallbeispiels Schweden untersucht. Zentrale Ergebnisse waren, dass sich das wirtschaftliche Wachstum eines Landes in den ökonomischen Entwicklungspotenzialen widerspiegelt, welche wiederum eine Funktion eines Technologischen Systems ist, in dem diverse wirtschaftliche AkteurInnen interagieren. Zudem wiesen die AutorInnen darauf hin, dass sich ein Technologisches System zwar vollständig innerhalb nationaler Grenzen befinden kann, aber nicht zwangsweise muss (CARLSSON & STANKIEWICZ 1991). Konzeptuelle Weiterentwicklungen des TIS-Ansatzes wurden verstärkt in den 2000er Jahren in die Forschung rund um TIS eingeführt, insbesondere durch Arbeiten von BERGEK et al. (2008) sowie MARKARD & TRUFFLER (2008). In der jüngeren Literatur über TIS wurde vermehrt versucht, ein **integriertes Framework** zur Analyse von Technologischen Innovationssystemen zu definieren, welches sowohl eine Perspektive auf entstehende Technologien bietet, als auch eine Betrachtung von Transformationsprozessen (ENGHOLM et al. 2020). Durch einen solchen, ganzheitlichen Ansatz ist es möglich, die Zukunftsaussichten und Dynamiken von speziellen Innovationen – bspw. in Form von Barrieren und Treibern – zu erfassen und herauszufinden, welche Faktoren einen Transformationsprozess bedingen (MARKARD & TRUFFLER 2008).

### Fallbeispiele

Während im Fallbeispiel von CARLSSON & STANKIEWICZ (1991) lediglich das gesamte Technologische System innerhalb eines Landes (Schweden) untersucht wurde und nicht einzelne Technologien – bspw. Biotechnologie, Energietechnik, Mikroelektronik o.Ä. – wurde

in nachfolgenden Studien mehr auf spezielle Technologien eingegangen. Die folgende Tabelle 2 enthält eine Übersicht verschiedener Studien, welche das TIS-Konzept als wesentliches theoretisches Element enthalten bzw. den TIS-Ansatz operationalisiert und empirisch angewendet haben.

<b>AutorInnen</b>	<b>Untersuchungsgegenstand/ Betrachtete Technologie</b>	<b>Untersuchungsgebiet</b>	<b>Territoriale Abgrenzung</b>
BERGEK et al. 2008	Windenergie	Deutschland	national
EDSAND 2017		Kolumbien	
BENTO & FONTES 2015		Portugal	
SAWULSKI 2017	Offshore Windenergie	Polen	
FOXON et al. 2010	CO <sup>2</sup> -arme Elektrizität	Vereinigtes Königreich	
BLUM et al. 2015	Entlegene mini- Elektrizitätsnetze	Laos	
SUURS & HEKKERT 2009	Biotechnologie (Biokraftstoff)	Niederlande	
KÖNIG et al. 2018	Aquaponik	Deutschland	
ENGHOLM et al. 2020	<b>Fahrerlose LKWs</b>	Schweden	
GOSENS et al. 2015	Cleantech	Global	supranational
BERG et al. 2019	Biotechnologie (Algen)		
MENG et al. 2019	<b>Autonome Fahrzeuge</b>		

*Tabelle 2: Übersicht TIS-Studien*

Auf den ersten Blick fällt auf, dass alle aufgeführten Studien spezielle, **nachhaltige Technologien** bzw. Innovationen als Untersuchungsgegenstand aufführen. Der Fokus richtet sich folglich auf spezifische Wissensgebiete (bspw. Windenergie, Aquaponik oder fahrerlose LKWs als Aggregationsebene des Wissens) bzw. auf eine Reihe von verwandten Wissensgebieten (Biotechnologie, autonomes Fahren allgemein) (KLEIN & SAUER 2016, BINZ et al. 2014). Weiterhin wird deutlich, dass TIS-Analysen im Vergleich zu den zuvor besprochenen Ansätzen von Innovationssystemen (NIS, RIS, GIS, SIS) **neu entstehende Technologiefelder** mit potenziell weitreichend Auswirkungen auf sozio-ökonomische Systeme untersuchen, wie bspw. die Technologien des autonomen Fahrens.

Darüber hinaus wird das TIS-Konzept oftmals in einem nationalen oder supranationalen räumlichen Kontext angewendet, wobei a priori keine territoriale Eingrenzung des Untersuchungsgebietes – wie etwa im NIS und RIS-Ansatz – notwendig ist. Auf regionaler Ebene werden TIS in der Literatur seltener untersucht, auch wenn die Bedeutung des regionalen

bzw. lokalen Kontexts bei der Entstehung von technologischen Innovationssystemen in verschiedenen TIS-Studien betont wird (MARKARD et al. 2015, KLEIN & SAUER 2016, STEDEN 2015). Folgende Abbildung 12 zeigt eine Verortung des TIS-Konzepts in Relation zu NIS sowie SIS:

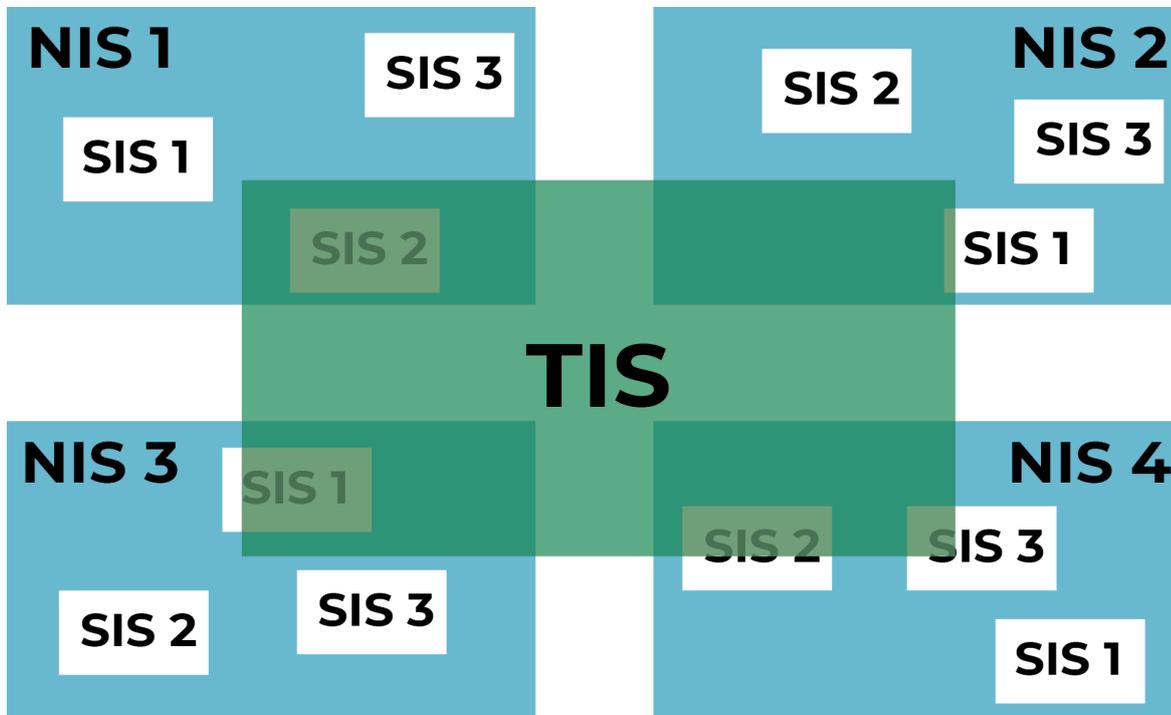


Abbildung 12: Technologisches Innovationssystem innerhalb nationaler und sektoraler Innovationssysteme (Eigene Darstellung nach (STEDEN 2015: 81, HEKKERT et al. 2007)

Technologische Innovationssysteme erstrecken sich in der Regel über nationale und sektorale Grenzen, da technologische Entwicklungen einen internationalen, globalisierten Prozess abbilden, der Industrien aus verschiedenen Sektoren involviert (SUURS 2009: 40).

Neben der konzeptuellen Verbindung zu anderen Innovationssystem-Ansätzen – insbesondere hinsichtlich der untersuchten Phänomene von Innovation, deren wesentlichen AkteurInnen und der Hervorhebung der Rolle von Netzwerken – besitzt das TIS-Konzept gewisse Überschneidungen mit ähnlichen Kernelementen wie das Multi-Level Framework (siehe Kapitel 3.5). Grundsätzlich zielen beide Ansätze auf ein tieferes Verständnis von Innovationen und Transformationsprozessen ab, indem sie bspw. die Relevanz von Netzwerken und Lernprozessen (siehe dazu Kapitel 3.2) hervorheben sowie die Schlüsselrolle von Institutionen betonen (ENGHOLM et al. 2020). Des Weiteren wurden beide Ansätze auch vor dem Hintergrund entwickelt, richtungsweisende Informationen für Innovationspolitik zu liefern (MARKARD & TRUFFER 2008: 597). An dieser Stelle gilt es jedoch erneut zu betonen, dass die MLP im

Rahmen dieser Masterarbeit keine empirische Anwendung erfährt. Sie wird lediglich zur theoretisch-konzeptuellen Illustration und zur Schaffung eines umfassenderen Verständnisses der Komplexität von Innovations- und Transformationsprozessen sowie dem Zusammenspiel von AkteurInnen herangezogen. Dagegen eignet sich das TIS-Konzept u.a. dank seiner Operationalisierbarkeit besser als zentrales Framework dieser Thesis (vgl. dazu auch Kapitel 5).

#### 4.5.1. Struktur

Die vier wesentlichen strukturellen Elemente eines TIS umfassen AkteurInnen, Netzwerke, Institutionen sowie Technologie, welche im Folgenden näher beleuchtet werden.

Bei den **AkteurInnen** innerhalb eines TIS handelt es sich in erster Linie um Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, Universitäten und Forschungsinstitute, öffentliche Institutionen, einflussreiche Interessensgruppen (bspw. Industrieverbände und nicht-kommerzielle Organisationen), einzelne Privatpersonen (bspw. *Venture Capitalists*, KapitalgeberInnen) sowie Normungsorganisationen, usw. (BERGEK et al. 2008: 12). Die AkteurInnen ähneln sich insoweit, als dass sie durch ihre getroffenen Entscheidungen und Handlungen letztendlich für die Erzeugung, Verbreitung und Anwendung der betrachteten Technologie verantwortlich sind und diese fördern, entweder direkt als EntwicklerInnen oder als (Erst)anwenderInnen, oder indirekt durch das Regulieren bzw. Finanzieren der Technologie (SUURS 2009: 43).

Die Kategorisierung der AkteurInnen eines TIS von HEKKERT et al. (2011: 5) unterscheidet lediglich zwischen Wissensseinrichtungen, Bildungseinrichtungen, Industrie, MarktakteurInnen, staatlichen Organisationen und unterstützenden Einrichtungen. Die Vielfalt der AkteurInnen eines TIS kann mitunter sehr groß sein, weswegen die Beziehungen zwischen ihnen ausschlaggebend für die Herausbildung des TIS sind.

Die **Netzwerke** zwischen den TIS-AkteurInnen bilden somit den nächsten zentralen Baustein eines technologischen Innovationssystems. Sie tragen dazu bei, dass Informations-, Technologie und Wissensaustauschprozesse zwischen den AkteurInnen zustande kommen, was im Zuge von interaktiven Lernprozessen letztendlich einen entscheidenden Faktor für die Entwicklung eines TIS darstellt (STEDEN 2015). Bestimmte (formelle) Netzwerke sind dafür arrangiert, spezifische Aufgaben zu erfüllen, bspw. wenn es darum geht (Technologie)Standards voranzutreiben, Zusammenschlüsse für Technologieplattformen bzw. Ökosysteme sowie öffentlich-private Partnerschaften zu etablieren oder AnbieterInnengruppen

mit gemeinsamen AbnehmerInnen zu vereinen. Darüber hinaus können auch Berufsnetzwerke und Verbände von KundInnen als Erscheinungsformen von Netzwerken betrachtet werden (BERGEK et al. 2008). Auf der anderen Seite existieren in einem TIS informelle Netzwerke, welche in der Praxis deutlich schwieriger zu identifizieren sind (SUURS 2009: 47). Im Folgenden werden einige verschiedenen Arten von möglichen Netzwerkstrukturen eines TIS vorgestellt (STEDEN 2015: 85):

- **AkteurIn-AkteurIn:** Hier stehen Handlungen (Geschäfte, Kooperationen/Projekte, Verträge, etc.) zwischen den AkteurInnen eines TIS im Fokus.
- **Technologie-Technologie/Institution-Institution:** Sowohl Technologien als auch Institutionen sind Teil eines Regelsystems, wobei sich die Regeln stets aufeinander beziehen. Institutionen geben im System bestimmte Spielregeln vor, die wiederum Technologie(entwicklung) entweder hemmen oder positiv beeinflussen können.
- **AkteurIn-Technologie/AkteurIn-Institution:** Durch Handeln der AkteurInnen ist es möglich, die Spielregeln des TIS – welche durch Institutionen bzw. indirekt durch Technologie aufgestellt werden – zu verfestigen oder zu lockern.

Die dritte zu identifizierende strukturelle Komponente eines TIS sind **Institutionen**. In der Literatur werden institutionelle Strukturen oftmals mit den „Spielregeln“ eines TIS gleichgesetzt (HEKKERT et al. 2011, EDQUIST 2005, STEDEN 2015). Grundsätzlich lässt sich zwischen formellen und informellen Institutionen unterscheiden. Unter formellen Institutionen können bspw. diejenigen Regeln verstanden werden, welche sowohl kodifiziert sind (z.B. in Form von Gesetzen oder Verordnungen) als auch durch eine entsprechende Autorität durchgesetzt und angewendet werden (SUURS 2009: 44).

Informelle institutionelle Strukturen weisen hingegen implizitere Eigenschaften auf als formelle Institutionen und formen sich organisch aus Interaktionen der AkteurInnen. Dabei können informelle Institutionen als normative Regeln – bspw. soziale Normen und Werte mit moralischer Bedeutung – oder kognitive Regeln (z.B. ein kollektives Verhaltensmuster oder soziales Paradigma) charakterisiert werden (SCOTT 2013, SUURS 2009).

Zusammenfassend handelt es sich u.a. bei staatlichen Gesetzgebungen, politischen Entscheidungen, Unternehmensrichtlinien und Verträgen um Beispiele für formale Institutionen. Ein Beispiel für informelle institutionelle Strukturen wie normativen Regeln ist die gefühlte Verantwortung eines Unternehmens Umweltverschmutzung zu vermeiden oder

dieser aktiv entgegenzuwirken. Als Beispiele für kognitive Regeln nennt SUURS (2009: 44) Heuristiken und Routinen zur Lösung von Problemen.

Darüber hinaus können Institutionen in „harte“ und „weiche“ Institutionen unterteilt werden. Bei harten Institutionen handelt es sich erneut um Gesetzgebungen, Standards, sowie Kapitalmärkte und das Bildungssystem (STEDEN 2015, HEKKERT et al. 2011). Weiche Institutionen umfassen bspw. Kultur, Ethik, Normen und Verhaltensmuster. Durch ihre unterschiedliche Wirkung innerhalb eines TIS, können Institutionen die Richtung eines spezifischen Technologiepfads (vgl. Kapitel 3.4) beeinflussen und geben nicht nur einen Rahmen vor sondern nehmen oftmals eine koordinierende Rolle im System ein (STEDEN 2015).

Markard & Truffer (2008) sowie Suurs (2009) erweitern die strukturelle Zusammensetzung eines TIS um den Faktor **Technologie**, welche nicht materiell, sondern in Form von Wissen, Kompetenzen und Handlungen der AkteurInnen und Institutionen auftritt. Technologie wirkt innerhalb des TIS ähnlich wie die Institutionen, indem sie den AkteurInnen gewisse Spielregeln vorgibt und das Handeln der AkteurInnen einschränken oder ermöglichen kann. Mit der Aufnahme technologischer Faktoren als strukturelle Systemkomponente erweitert das TIS-Konzept erneut andere Innovationssystem-Ansätze, in denen Technologie (bzw. Innovationen) lediglich als Resultat bzw. abhängige Variable betrachtet werden (MARKARD & TRUFFER 2008: 599). Eine Nichtberücksichtigung von technologischen Faktoren als TIS-Komponente würde zudem einen wichtigen Feedback-Mechanismus zwischen technologischem und institutionellen Wandel vernachlässigen (SUURS 2009). Beispielsweise kann die institutionelle Unterstützung einer aufkommenden Technologie durch Subventionsregelungen dazu führen, dass die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Technologieanwendungen verbessert wird und damit der Weg für Demonstrationsprojekte und weitere Förderungssysteme geebnet wird, was wiederum vorteilhaft für die Weiterentwicklung der Technologie sein kann.

#### 4.5.2. Funktionen

Auch wenn (technologische) Innovationssysteme mitunter ähnliche strukturelle Komponenten aufweisen, funktionieren diese oftmals komplett unterschiedlich (HEKKERT et al. 2011). Neben den bereits herausgearbeiteten Erweiterungen der Innovationssystem-Ansätze ermöglicht das TIS-Konzept eine Analyse von (System-)**Funktionen** bzw. Schlüsselaktivitäten innerhalb eines Innovationssystems, welche die Entwicklung, Verbreitung und Anwendung neuer Technologien und somit die Leistungsfähigkeit eines Innovationssystems direkt beeinflussen (ASHEIM et al. 2019, BERGEK et al. 2008: 2f.). Eine Analyse der Funktionen ist notwendig, da

eine reine Betrachtung der Struktur eines TIS keine Rückschlüsse auf die Wirkungsweise bzw. Leistung des Systems ermöglicht.

Im Folgenden werden sieben Funktionen eines TIS nach HEKKERT et al. (2011) näher beschrieben, deren Ursprung u.a. auf die Arbeiten von CARLSSON & STANKIEWICZ (1991), GALLI & TEUBAL (1997), RICKNE (2000), EDQUIST (2005) und insbesondere auf BERGEK et al. (2008) zurückgeht. Diese Funktionen wurden von HEKKERT et al. (2011) in ihrer Terminologie sowie Reihenfolge angepasst, sind inhaltlich aber nahezu identisch zu den oft zitierten Funktionen von BERGEK et al. (2008).

### **Funktion 1: Unternehmerisches Experimentieren**

UnternehmerInnen bzw. Unternehmen und deren Aktivitäten stehen im Kern eines jeden technologischen Innovationssystems (SUURS 2009). Die Kernaktivität von Unternehmen innerhalb eines TIS ist die Umwandlung von Wissen in Geschäftsmöglichkeiten sowie Innovationen. Eine fundamentale Eigenschaft von technischem Wandel (vgl. Kapitel 3.3) sind Unsicherheiten in Bezug auf Technologien, Anwendungsmöglichkeiten sowie (potenziellen) Märkten, welche im Wesentlichen durch unternehmerisches Experimentieren reduziert werden können (BERGEK et al. 2008). Die Entwicklung eines TIS verläuft oftmals entlang eines technischen (bzw. industriellen) Wandels, welcher ohne praktische Erprobung und Experimentieren mit neuen Technologien und deren Anwendungen – z.B. in Form von (Pilot)projekten – stagnieren würde.

Indikatoren für die Funktion sind neue MarktteilnehmerInnen – z.B. neue UnternehmerInnen – welche an der Formgebung neuer Märkte beteiligt sind sowie etablierte MarktteilnehmerInnen (*incumbents*), welche durch Diversifizierung ihrer Geschäfte sowie ihrer Forschungs- & Entwicklungstätigkeiten in eine neu entstehende Technologie vordringen oder mögliche Vorteile solcher Technologien für sich nutzen (SUURS 2009). Der Begriff UnternehmerIn muss hierbei nicht ausschließlich private AkteurInnen umfassen, sondern auch AkteurInnen aus öffentlichen Organisationen, solange ihre Aktivitäten ebenfalls auf marktorientiertes Experimentieren mit aufkommenden Technologien gerichtet sind. Diese Dynamik des experimentellen, unternehmerischen Handelns hängt dabei auch von anderen Funktionen eines TIS ab, insbesondere der Funktion 4 – Einfluss auf die Suchrichtung, sowie Funktion 6 – Mobilisierung von Ressourcen.

Anhand dieser Funktion lässt sich zusätzlich ein weiterer Vorteil des TIS-Konzepts gegenüber anderen Ansätzen bestimmen; mithilfe der Funktion ist es möglich zu analysieren, wie sich ein

TIS über einen Zeitraum entwickelt, bspw. wenn untersucht wird, ob in den letzten Jahren mehr MarktteilnehmerInnen in das TIS eingetreten sind. Ein solcher Trend – bezogen auf diesen Indikator – kann darauf hindeuten, dass die Entwicklung der Funktion und des gesamten TIS voranschreitet.

### **Funktion 2: Entwicklung von Wissen**

Mithilfe dieser Funktion kann eine zentrale Aufgabe eines TIS – die Entstehung neuen Wissens – analysiert werden. Die Entwicklung neuen Wissens wird auch als wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung eines TIS gesehen. Aus einer evolutionären Perspektive wird der Wissensentwicklung in der **Vorentwicklungsphase** eines TIS eine besonders wichtige Rolle zugeschrieben (HEKKERT et al. 2011). Durch intensivere Wissensgenerierung innerhalb eines TIS entstehen mehr (Handlungs)optionen für die AkteurInnen (z.B. Unternehmen) bezüglich der betrachteten Technologie und deren Anwendungen, was wiederum zu Unsicherheiten im System führt (SUURS 2009). Diese Unsicherheiten im System werden wiederum durch die anderen Systemfunktionen – insbesondere Funktion 4: Einfluss auf die Suchrichtung und Funktion 1: Unternehmerisches Experimentieren – beeinflusst und unter Kontrolle gehalten. Folglich kann der Grad der Wissensgenerierung von anderen TIS-Funktionen negativ oder positiv beeinflusst werden.

Im Fokus der Funktion 2 steht u.a. die Vielfalt und die Tiefe der bestehenden Wissensbasis (vgl. Kapitel 3.2) eines TIS (KLEIN & SAUER 2016). Dabei sollte in Analysen von TIS sowohl die globale Wissensbasis betrachtet werden als auch die im lokalen Kontext des TIS stehende Wissensbasis (BERGEK et al. 2008).

Typischerweise wird die Funktion der Wissensentstehung durch Universitäten oder andere Forschungseinrichtungen erfüllt, wobei auch in (privaten) Unternehmen neues Wissen generiert werden kann, insbesondere wenn eine *learning-by-doing* Mentalität in Unternehmen vorherrscht (SUURS 2009: 54f). Weitere (quantitative) Indikatoren sind bspw. Patentanmeldungen oder Publikationen, deren Anzahl bzw. Entwicklung über einen Zeitraum Rückschlüsse auf den Status Quo bzw. Trends hinsichtlich der Generierung neuen Wissens in einem TIS ermöglicht (HEKKERT et al. 2011).

### **Funktion 3: Verbreitung von Wissen**

Wie zuvor dargelegt, bilden Netzwerke ein Hauptmerkmal von TIS. Die Hauptfunktion von Netzwerken in einem System ist es, den Austausch bzw. die Verbreitung von Wissen zu

ermöglichen (SUURS 2009: 55). Kooperationen zwischen AkteurInnen wie Technologie-EntwicklerInnen – bspw. in Form von Konferenzen, Workshops, Veranstaltungen, etc. – bilden charakteristische Aktivitäten bzw. Erscheinungsformen der Funktion Wissensverbreitung.

In einer TIS-Analyse sind weitere Indikatoren für Wissensverbreitung mitunter schwieriger zu identifizieren, bspw. nennen HEKKERT et al. (2011) lediglich die Art und Anzahl vorhandener Netzwerke als mögliche Indikatoren der Funktion. Zusammenfassend gilt es Wissensaustausch sowie interaktive Lernprozesse zwischen den heterogenen AkteurInnen eines TIS zu begünstigen, um dadurch für eine erfolgreiche Entwicklung des TIS zu sorgen (SUURS 2009). Beispielsweise sollte Wissen zwischen Unternehmen und anderen Unternehmen, Universitäten und Unternehmen, Institutionen bzw. politischen EntscheidungsträgerInnen und Unternehmen transferiert werden, was oftmals mithilfe von (Pilot)projekten erreicht werden kann.

#### **Funktion 4: Einfluss auf die Suchrichtung (Steuerung der Akteure)**

Um die Entwicklung eines TIS voranzutreiben ist es u.a. wichtig, eine heterogene Anzahl an Unternehmen bzw. Organisationen in das System mit aufzunehmen. Entsprechende Anreize für Unternehmen, sich näher mit einer bestimmten Technologie zu beschäftigen und damit Teil des TIS zu werden sind daher ein wesentlicher Aspekt in der Entwicklungsphase eines TIS (BERGEK et al. 2008).

Die Funktion *Einfluss auf die Suchrichtung* umfasst daher diejenigen Aktivitäten innerhalb eines TIS, welche die Bedürfnisse und Erwartungen der beteiligten AkteurInnen hinsichtlich ihrer Unterstützung einer betrachteten Technologie formen (SUURS 2009: 55). Sowohl politische Einrichtungen als auch SchlüsselakteurInnen bzw. Schlüsselunternehmen erfüllen die Funktion, bspw. indem sie **Regulierungen**, **Visionen** sowie **Erwartungen** vorgeben, in welche Richtung sich die Technologie sowie deren Industrie und Märkte entwickeln sollen (HEKKERT et al. 2011). Zusätzlich richtet sich die Funktion an AkteurInnen, welche sich außerhalb des TIS befinden, durch ihre (technologischen) Kompetenzen und Ressourcen jedoch das Potenzial besitzen, die betrachtete Technologie im TIS weiterzuentwickeln. Aufgrund mangelnder Konvergenz positiver Signale bezüglich der Richtung der Technologieentwicklung (bspw. keine klaren Erwartungen, Versprechen oder politische Richtlinien) ist es möglich, dass Unternehmen und Organisationen dem TIS nicht beitreten. In diesem Fall würde es sich um einen negativen Einfluss auf die Suchrichtung handeln, welcher im Sinne einer effizienten Entwicklung des TIS vermieden werden sollte (SUURS 2009). Eine Erklärung für den hohen Stellenwert der Steuerung der AkteurInnen durch die Vorgabe von

Visionen – welche *weichen* Institutionen entsprechen – bzw. politischen Regulierungen (*harte* Institutionen) ist zudem das Vorhandensein begrenzter Ressourcen, wenn es um die Auswahl der vorhandenen Technologie-Optionen und Anwendungsmöglichkeiten geht.

Abschließend können Erwartungen, Visionen sowie Regulierungen seitens Politik und SchlüsselakteurInnen bzgl. dem Wachstum der Industrie und Märkte sowie dem Technologie-Design als Indikatoren in Betracht gezogen werden (HEKKERT et al. 2011, BERGEK et al. 2008).

### **Funktion 5: Schaffung von Märkten**

Insbesondere in der Entstehungsphase eines TIS ist es oftmals der Fall, dass keine Märkte für die aufkommende Technologie vorhanden sind bzw. die Nachfrage stark unterentwickelt ist (BERGEK et al. 2008). Denkbar ist zudem, dass potenzielle KundInnen noch kein Interesse an der Technologie bekundet haben, da das Preis-Leistungsverhältnis möglicher Technologienanwendungen nicht ausreichend ist und sich die neue Technologie u.a. erst gegen ihre Marktkonkurrenz – bspw. gegen etablierte MarktteilnehmerInnen (*incumbents*) – durchsetzen muss. Dementsprechend umfasst die Funktion *Schaffung von Märkten* alle Aktivitäten, welche die Nachfrage nach der betrachteten Technologie erhöht, indem bspw. die Anwendung einer neuen Technologie – um welche das TIS entsteht – finanziell gefördert wird bzw. die Verwendung konkurrierender Technologien höher besteuert wird (SUURS 2009). In der regulären Ökonomie werden Aktivitäten, die zur Entstehung von Märkten führen, hauptsächlich von Unternehmen durchgeführt, bspw. durch Marketingkampagnen und temporäre Vergünstigungen, wenn ein wirtschaftlich realisierbares Produkt/Dienstleistung existiert (SUURS 2009).

Die Entstehung von Märkten durchläuft prinzipiell drei charakteristische Phasen (BERGEK et al. 2008: 18); In der frühesten Entwicklungsphase des Marktes (*nursing market*) ist der Markt noch sehr begrenzt und bietet im Wesentlichen eine Umgebung zum Lernen, in welcher sich das TIS erstmals ansiedeln kann. Die nächste Phase wird als *Überbrückungsmarkt* bezeichnet und ermöglicht ein Zunehmen der vertriebenen Mengen – z.B. von Produkten, Dienstleistungen oder Technologienanwendungen – sowie eine Vergrößerung des TIS hinsichtlich der Anzahl neuer AkteurInnen im System. In einem erfolgreichen TIS kann schließlich ein *Massenmarkt* (bezogen auf Volumen) entstehen, oftmals erst Jahrzehnte nach der ursprünglichen, ersten Marktentstehung.

In der Praxis ist es vergleichsweise leichter die eigentliche Bildung von Märkten zu erfassen, so können bspw. Indikatoren wie die Marktgröße (gemessen anhand verkaufter Einheiten) bzw.

das Marktwachstum (gemessen anhand verkaufter Einheiten über einen bestimmten Zeitraum), sowie die Rolle von Standards herangezogen werden (KLEIN 2018). Das Aufkommen neuer Standards bzgl. der im TIS analysierten Technologie bzw. Teiltechnologien spricht hierbei ebenfalls für die Formierung von Märkten. An dieser Stelle wird auch die Verbindung zu *Funktion 4: Einfluss auf die Suchrichtung* deutlich, da technologische Standards in Abstimmung von Unternehmen und Organisationen mit Institutionen entstehen bzw. durch entsprechende Gesetzgebungen vorgegeben werden können. Demnach wird die Funktion 5 in einem interaktiven Prozess sowohl von Unternehmen als auch von Institutionen erfüllt.

Weitere Indikatoren bzw. Treiber der Formierung von Märkten wie bspw. Nachfrageprofile, Unternehmensstrategien bzw. die Absicht von AkteurInnen, marktreife Anwendungen der Technologie zu vermarkten und verkaufen sind hingegen schwieriger zu erfassen und erfordern vertiefte Einblicke in das TIS, welche bspw. durch Interviews mit ExpertInnen erlangt werden können (siehe Kapitel 5.2) (BERGEK et al. 2008).

#### **Funktion 6: Mobilisierung von Ressourcen**

Um eine erfolgreiche Entwicklung eines TIS zu erreichen, gilt es verschiedene Ressourcen zur Verfügung zu stellen, welche prinzipiell ökonomischen Variablen gleichen und daher in einer TIS-Analyse vergleichsweise leicht gemessen werden können. Darunter fallen zunächst Kompetenzen bzw. **Humankapital**, welches u.a. durch Bildung in speziellen Wissenschaftsbereichen und Technologiefeldern, sowie durch Unternehmertum und Management gefördert werden kann (BERGEK et al. 2008: 21). Mögliche Indikatoren für Humankapital umfassen die Anzahl an Hochschulabschlüssen (quantitativ) sowie die Qualität von Humanressourcen bzw. deren Veränderung über einen Zeitraum.

Zusätzlich sollten **finanzielle Ressourcen** – deren Indikatoren u.a. Startkapital, Risikokapital (*venture capital*) und Unternehmensdiversifikation einschließen – sowie **komplementäre Wirtschaftsgüter** (z.B. ergänzende Produkte und Dienstleistungen) und (physische) **Infrastrukturen** innerhalb des TIS bereitgestellt werden.

Die Funktion kann von verschiedenen AkteurInnen im TIS erfüllt werden, sowohl private Unternehmen, IndustrievertreterInnen als auch Regierungen können u.a. durch gezielte Investments oder Subventionen wichtiges Kapital bereitstellen. Generell kann gesagt werden, dass die Bedeutung der Mobilisierung von Ressourcen für ein TIS zentral ist, da eine aufkommende Technologie ohne finanzielle Mittel oder dem Vorhandensein von AkteurInnen

mit relevanten Kompetenzen und Wissen nicht ausreichend gestützt werden kann (SUURS 2009).

### **Funktion 7: Entgegenwirken der Resistenz gegenüber Veränderung (Schaffung von Akzeptanz)**

Ursprünglich bezeichneten BERGEK et al. (2008) diese Funktion als *Entwicklung positiver Externalitäten bzw. Zusatznutzen*. Die Systemfunktion wird hier als Indikator für die Gesamtdynamik eines TIS betrachtet. Insbesondere das Wachstum des TIS wird durch die Schaffung positiver Zusatznutzen – welche sowohl monetärer als auch nicht-monetärer Natur sein können – aktiv gefördert. Positiven Externalitäten können sich daher in Form von wirtschaftlichen Zusatznutzen, der Auflösung von Unsicherheiten, politischen Kräften, Legitimierung, kombinatorischen Möglichkeiten, Arbeitsmärkten, spezialisierten Zwischenprodukten sowie Informations- und Wissensflüssen manifestieren (BERGEK et al. 2008: 23).

In anderen TIS-Analysen wird der siebten Systemfunktion oftmals eine spezielle, an den Untersuchungsgegenstand angepasste Rolle zugeschrieben. Bspw. setzt STEDEN (2015) in ihrer Analyse der Entstehung eines TIS am Beispiel der Photovoltaik-Industrie in Deutschland positive Externalitäten mit positiven Umwelteinflüssen gleich, da diese hier ein zentrales Ziel bzw. Resultat der TIS-Formierung und Entwicklung darstellen. SUURS (2009: 57f.) beschreibt die siebte Systemfunktion in seiner Analyse über TIS im Kontext nachhaltiger Energie-Innovationen als *Unterstützung durch Interessensverbände*, da sich aufkommende Technologien im Energiesektor oftmals gegen die Interessen von *incumbents* des bestehenden Energiesystems durchsetzen müssen. Ein vergleichbarer Ansatz wird auch von HEKKERT et al. (2011) verfolgt, welche in ihrer Studie einen allgemein anwendbaren Analyserahmen für technologische Innovationssysteme und deren Dynamiken entwickelt haben, welcher anhand des Beispiels der Technologie von Offshore-Windkraft angewendet wurde. Sie bezeichnen die Funktion hierbei als das *Entgegenwirken der Resistenz* – bspw. seitens der *incumbents* – *gegenüber Veränderung bzw. Schaffung von Akzeptanz*. Aufgrund der Forschungsfragen und des Untersuchungsgegenstandes dieser Masterarbeit (siehe Kapitel 1.1) wird daher die Funktion 7 nach HEKKERT et al. (2011) für die Analyse herangezogen (siehe auch Kapitel 5). Der wesentliche Aspekt der Funktion nach HEKKERT et al. – die **Schaffung von Akzeptanz** – ist für die Untersuchung der Innovation Autonomes Fahren zudem von zentraler Bedeutung (siehe Kapitel 2.3.2). Ohne entsprechende Legitimierung im Sinne von gesellschaftlicher Akzeptanz

sowie dem Befolgen von institutionellen Regeln einer disruptiven technologischen Innovation wie AV, kann es zu massiven Hürden für die Entwicklung und Verbreitung der Technologie kommen.

Zusammenfassend wird die siebte Systemfunktion eines TIS in gängiger Literatur und Studien am breitesten definiert bzw. je nach Forschungsfrage die Terminologie betreffend angepasst. In dieser Arbeit wird mit der Funktion 7 im Wesentlichen untersucht, welche Aktivitäten zur Schaffung von Akzeptanz und politischer Legitimierung durchgeführt werden.

Die folgende Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der beschriebenen TIS-Funktionen, Beispiele für mögliche Indikatoren sowie die institutionellen Einflüsse auf die Indikatoren, aufgeteilt auf drei wesentliche Gruppen von AkteurInnen.

<b>Funktion</b>	<b>Akademia/ Wissenschaft und Technologie</b>	<b>Industrie/Öko- nomie</b>	<b>Politik/Richtlinien</b>
<b>F1 – Unternehmerisches Experimentieren</b>	Breite der verwendeten Technologien	Anzahl neuer Marktteil- nehmerInnen	Regulierungen und Richtlinien
<b>F2 – Entstehung von Wissen</b>	Wissenschaftliches, technologisches Wissen → <b>Publikationen</b>	Produktions-, Markt-, Logistik- und Design-Wissen → <b>Patente</b>	Lernen von neuen Anwendungen, Produktion etc.
<b>F3 – Verbreitung von Wissen</b>	Art und Anzahl von Netzwerken, Informationsflüsse, Wissens-Spillover		
<b>F4 – Steuerung der AkteurInnen</b>	Einschätzungen der AkteurInnen zu technologischen Möglichkeiten	Artikulation der Nachfrage von führenden KundInnen	Regulierungen und Richtlinien
<b>F5 – Marktentstehung</b>	Phase der Marktentstehung	Nachfrageprofile potenzieller AnwenderInnen, Marktgröße, Marktentwicklung	Vorhandensein institutioneller Anreize für die Bildung von Märkten, Technologie- standards
<b>F6 – Mobilisierung von Ressourcen</b>	Änderungen von komplementären Vermögensgütern	(Zunahme des) Volumen von <i>seed</i> und <i>venture</i> Kapital	Finanzielle Fördermittel, (Änderung der) Qualität und Volumen von Personalressourcen
<b>F7 – Schaffung von Akzeptanz</b>	Wer (oder was) die Schaffung der Akzeptanz wie beeinflusst	Einfluss der Akzeptanz auf Nachfrage	Die Stärke der Legitimierung im TIS, Ausrichtung zwischen TIS der geltenden Gesetzgebung sowie der Wertebasis der Industrie & Gesellschaft

Tabelle 3: TIS-Funktionen und deren Beispielindikatoren. (Quelle: Eigene Darstellung nach KLEIN & SAUER 2016: 26, HEKERT et al. 2011)

Dunkelgrün = Starker institutioneller Einfluss auf Indikatoren,  
Grün = Zugehörige Rolle von Institutionen auf Indikatoren

## 5. Methodik

Das methodische Vorgehen der vorliegenden Arbeit erfolgt in vier Schritten und orientiert sich damit an der Analyse von technologischen Innovationssystemen nach HEKKERT et al. (2011: 4). Mit dem ersten Schritt wird zunächst die **Struktur des TIS** um autonome Fahrzeuge in München erfasst, im Zuge derer auch relevante ExpertInnen identifiziert werden (siehe Kapitel 6.1). Im zweiten Schritt (siehe Kapitel 6.2) erfolgt die theoriegeleitete **Analyse der Funktionen eines TIS**, mit der durch qualitative ExpertInneninterviews von AkteurInnen innerhalb des TIS untersucht wird, wie gut die Funktionen des TIS um autonomes Fahren in der Region München erfüllt werden und die Beantwortung der Forschungsfragen ermöglicht. Schritt 3 (Kapitel 7) umfasst dann die **Beurteilung des TIS** hinsichtlich seiner Leistung. Im vierten und letzten Schritt werden schließlich **Handlungsempfehlungen** formuliert, die sich primär an politische EntscheidungsträgerInnen richten.

### 5.1. Strukturelle TIS-Analyse

Um die Struktur eines Innovationssystems zu bestimmen, ist es unabdingbar die einzelnen Komponenten des Systems (die Technologien, welche autonomes Fahren ermöglichen, AkteurInnen, Netzwerke, Institutionen) herauszuarbeiten und zu verorten. Die AkteurInnen – zunächst die im TIS aktiven Unternehmen – wurden anhand diverser Suchanfragen auf Jobportalen und Stellenausschreibungen identifiziert. Hierbei wurden Kombinationen aus Suchbegriffen wie „Jobs München autonomes Fahren/autonomous driving/selbstfahrende Autos“, „Jobs München ADAS/LIDAR/computer vision/Objekterkennung“ etc. auf Plattformen wie LinkedIn.de, Indeed.de, Google for Jobs, Glassdoor.com etc. verwendet. Die Resultate bzw. Stellenanzeigen sowie die verlinkten Unternehmenswebsites wurden anschließend qualitativ auf ihre Relevanz bzgl. AV untersucht. Zudem wurde darauf geachtet, ob das Stellenangebot sowie das zugehörige Unternehmen oder Organisation einen direkten Bezug zur Region München hat oder nicht. Somit konnten einige Stellenangebote und Unternehmen herausgefiltert werden, die zwar Jobangebote in München schalten, dort jedoch keinen Unternehmenssitz haben und auch nicht anderweitig in der Region aktiv sind. Einige Unternehmen haben wiederum ihren Hauptsitz im Ausland, suchen jedoch nach Fachkräften für ihren Standort oder einzelne Projekte in München, weswegen solche Unternehmen als Akteure innerhalb des TIS in München gewertet wurden (bspw. die US-Konzerne NVIDIA oder Intel mit Standorten in München, an denen aktiv an der Forschung & Entwicklung von AV-Technologien gearbeitet wird). Weiterhin wurden Unternehmen (bzw. Startups) durch Suchanfragen auf Unternehmensdatenbanken wie Crunchbase.com identifiziert, wobei die

Suchbegriffe hier ebenfalls auf autonomes Fahren direkt bzw. einzelne Technologieschwerpunkte gerichtet wurden. Unterstützend konnten einige für das TIS relevante AkteurInnen anhand einer Patentanalyse gefunden werden, welche im Kapitel 6.2.2 durchgeführt wird.

Die gefundenen Unternehmen wurden anschließend genauer kategorisiert, insbesondere die Unternehmen auf der Angebotsseite, die sich im IKT-Bereich bewegen. Eine grobe Kategorisierung von Unternehmen würde weniger Rückschlüsse auf die Unternehmenslandschaft im TIS erlauben und spätere Handlungsempfehlung einschränken, weswegen die identifizierten Firmen primär anhand der AV-(Schlüssel)technologien (AV Prototypen, ADAS, Daten & Simulation, Kommunikation, Wahrnehmung, Lokalisierung sowie Infrastruktur/Ökosystem unterteilt in Mobilitätsinfrastruktur, Kundenapplikationen) eingeteilt wurden. Diese Kategorisierung basiert sowohl auf den in Kapitel 2.2 herausgearbeiteten Schlüsseltechnologien sowie einer Veröffentlichung des Zentrums für Innovation & Gründung der Technischen Universität München, in der die Unternehmenslandschaft von deutschen Startups im Bereich autonomes Fahren analysiert wurde (UNTERNEHMERTUM 2018). Die Definition eines Startups für diese Masterarbeit folgt dabei DEE et al. (2015: 8), welche diese als junge, innovative und wachstumsorientierte Unternehmen definieren, die auf nachhaltige und skalierbare Geschäftsmodelle setzen. Die Frage, inwieweit diese Kriterien auf die identifizierten AkteurInnen zutrifft, wird anhand qualitativer Auswertungen von Unternehmensinformationen (bspw. über Websites und Artikel) beantwortet (FAIRLIE et al. 2015).

Die (harten) **Institutionen** werden anhand von Indikatoren wie veröffentlichten Gesetzestexten bezüglich autonomen und automatisierten Fahrens sowie den Förderstrukturen von AV-Projekten bestimmt. Die Rolle weicher Institutionen wie bspw. Normen oder Verhaltensmuster lässt sich hingegen schwieriger erkennen und kann daher primär mithilfe der qualitativen ExpertInneninterviews bestimmt werden.

Nachdem die AkteurInnen des TIS wie oben beschrieben identifiziert wurden, gilt es das strukturelle Element der **Netzwerke** zwischen den AkteurInnen zu erfassen. Hierfür wurden Unternehmens- bzw. Projektwebsites näher ausgewertet. Viele Unternehmen erwähnen ihre Partnerunternehmen in diversen Projektbeschreibungen, Artikeln oder direkt auf ihren Homepages, was vom Autor als formelles Netzwerk zwischen den AkteurInnen interpretiert wird. Zudem konnten weitere Kooperationsprojekte über autonomes Fahren in verschiedenen

Datenbanken gefunden werden. In der weiteren Ausarbeitung der Netzwerkanalyse in Kapitel 6.1.3 wurden zudem statistische Kennzahlen der sozialen Netzwerkanalyse (*degree centrality*, *betweenness*) mithilfe der Software UCINET erhoben.

Dennoch ist es anzunehmen, dass einige formelle Netzwerke nicht erfasst werden können, entweder weil nicht immer alle ProjektpartnerInnen offiziell erwähnt werden, bzw. nicht alle Beziehungen zwischen Unternehmen öffentlich einsehbar sind. Die informellen Netzwerke können – ähnlich zu den weichen Institutionen – tendenziell nur mithilfe von ExpertInnengesprächen näher ermittelt werden, da ihre Indikatoren hierfür für Außenstehende besonders schwierig erkennbar sind.

Trotz der vertieften Untersuchung der AkteurInnen und Unternehmen kann u.a. aufgrund der Bandbreite der Technologien autonomer Fahrzeuge nicht garantiert werden, dass die Strukturanalyse alle relevanten Unternehmen, Institutionen und Netzwerke erfasst. Zudem ist es möglich, dass weitere Unternehmen bzw. Startups im Laufe der Analyse in das TIS eingetreten sind und daher nicht erfasst wurden.

## **5.2. Qualitative ExpertInneninterviews**

Um herauszufinden wie ein technologisches Innovationssystem funktioniert, ist es nicht möglich diese Frage alleine mithilfe quantitativer Daten oder einer Betrachtung der Indikatoren der einzelnen TIS-Funktionen zu beantworten (HEKKERT et al. 2011: 9). Lediglich durch Gespräche mit einzelnen AkteurInnen, welche in das TIS eingebettet sind, ist es möglich, differenzierte Aussagen über die Leistungsfähigkeit des Systems treffen zu können. Zu diesem Zweck werden leitfadengestützte, qualitative ExpertInneninterviews eingesetzt.

### **5.2.1. Interviewte ExpertInnen**

Im Verlauf der oben beschriebenen Strukturanalyse wurden auch verschiedene ExpertInnen identifiziert und für leitfadengestützte ExpertInneninterviews angefragt. Dabei wurden Personen vom Autor nur kontaktiert, wenn sie folgende Kriterien erfüllen:

Ein Bezug zur Region München sollte idealerweise vorhanden sein. Entweder muss die Person in München ansässig sein oder für ein Unternehmen, das im TIS in der Region aktiv ist und in der Strukturanalyse identifiziert wurde, arbeiten. Das wichtigste Kriterium ist jedoch der ganzheitliche Bezug zur Thematik AV. Das heißt, dass Personen, welche zwar für ein Unternehmen des TIS arbeiten, aber keinen direkten oder nur geringen Bezug zum autonomen Fahren haben (Bspw. MitarbeiterInnen im Rechnungswesen oder SoftwareentwicklerInnen in

speziellen Teilbereichen für AV-Unternehmen) nicht für Interviews berücksichtigt werden. Im Wesentlichen wird der ganzheitliche Bezug zu AV-Themen anhand des Jobtitels (bspw. „ProjektmanagerIn Autonomes Fahren“, „Senior Consultant Autonomous Driving“ o.Ä.) ermittelt und durch Informationen aus beruflichen Netzwerkseiten wie LinkedIn und XING überprüft. Zusätzlich konnten InterviewpartnerInnen anhand des Schneeballprinzips nach MAY (2011) für Interviews gewonnen werden, indem einzelne Interviewanfragen mit einer Bitte um unternehmensinterne Weiterleitung ergänzt wurden. Folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der insgesamt sechs interviewten ExpertInnen:

<b>ExpertIn</b>	<b>Unternehmen/Organisation</b>	<b>Akteursgruppe</b>
E1	STTech GmbH	Wahrnehmung
E2	Siemens Mobility GmbH	Mobilitätsinfrastruktur
E3	Landeshauptstadt München - Projekt EASYRIDE	Politik, Verwaltung
E4	BMW Group	Automobilindustrie
E5	TUM – Projekt Providentia ++	Forschung
E6	CogniBIT GmbH	Daten & Simulierung

*Tabelle 4: Überblick der interviewten ExpertInnen*

Alle sechs ExpertInnen wurden im Zeitraum zwischen Januar und März 2021 via online Videokonferenzen (Zoom & Google Meet) interviewt, da Interviews aufgrund der anhaltenden Covid-19 Pandemie nahezu unmöglich vor Ort geführt werden konnten und vermutlich keine Bereitschaft für *face-to-face* Gespräche vorhanden gewesen wäre. BOGNER ET AL. (2014: 39) betonen jedoch, dass Interviews via Telefon (bzw. Videotelefonie) gewisse Einschränkungen mit sich bringen. Einerseits wird auf einen insgesamt geringeren Informationsgehalt und die schlechtere Kontrollierbarkeit der Gespräche als methodologische und methodische Nachteile verwiesen. Aspekte wie die Verbindlichkeit von Interviews, Ablenkungen durch Dritte, Unkonzentriertheit aufgrund des fehlenden Blickkontakts – zwei der sechs Interviews wurden seitens der ExpertInnen mit ausgeschalteter Webcam durchgeführt – waren von Seiten des Interviewers nicht kontrollierbar.

Zudem sehen BOGNER ET AL. (2014) die Terminfindung von (telefonischen) Interviews im Vergleich zu *face-to-face* Gesprächen als schwieriger an, was vom Autor im Rahmen der Organisierung der Interviews teilweise bestätigt werden kann. Insgesamt wurden Einladungen an 37 mögliche InterviewpartnerInnen für die ExpertInnengespräche via E-Mail bzw. Direktnachrichten auf LinkedIn.com verschickt, wobei 10 Zusagen sowie 3 Absagen erhalten

wurden, während die restlichen Einladungen – trotz wiederholter Anfrage – unbeantwortet blieben. Zudem erschienen drei ExpertInnen trotz vereinbarten Terminen nicht zum Interview und konnten auch nicht mehr zwecks einer Terminverschiebung erreicht werden. Für die leichtere Terminfindung wurde die Seite calendly.com verwendet, auf der sich Personen in einem Kalender die für sie bestmöglichen Termine nach der Zusage für das Interview selbständig aussuchen konnten. Die restlichen ExpertInnengespräche konnten bis auf einige kurze Unterbrechungen bzw. Ablenkungen der interviewten Personen ohne Probleme vollständig durchgeführt werden, weswegen angenommen werden kann, dass der Informationsgehalt nicht signifikant in negativer Weise beeinflusst wurde. Ein Vorteil der Interviewdurchführung via Zoom bzw. Google Meet ist die erleichterte Aufzeichnung des Tons der Gespräche, was wiederum für die anschließende Transkription und die weitere Auswertung essenziell ist.

### **5.2.2. Leitfaden**

Prinzipiell dient der Leitfaden als Instrument zur Datenerhebung und bildet gleichzeitig das Resultat der Übersetzung des Forschungsproblems und der theoretischen Annahmen in konkrete Fragen für ein Interview (KAISER 2014: 52). In dieser Arbeit wird der Leitfaden thematisch hauptsächlich entlang der in Kapitel 4.5 definierten TIS-Funktionen konzipiert und die Fragen entsprechend mit direktem Bezug auf die einzelnen Funktionen in Anlehnung an HEKKERT et al. (2011) formuliert. Das Ziel der Fragen ist es, von den InterviewpartnerInnen Informationen über die definierten TIS-Funktionen und deren Leistung innerhalb des Systems zu erhalten. Da die ExpertInnen verschiedene Hintergründe besitzen und bewusst nicht ausschließlich Personen aus der Automobilindustrie kontaktiert wurden, galt es die Fragen aus dem Leitfaden im Laufe des Gesprächs teilweise anzupassen, um präzisere Aussagen der ExpertInnen hervorzurufen. Lediglich die Funktion 7: Schaffung von Akzeptanz wurde nicht vertieft abgefragt bzw. in einem eigenen Themenblock für Interviews konzipiert, da dieser Aspekt einerseits sehr vielschichtig ist und zusätzliche Studien benötigt, die im Münchner Kontext durchgeführt werden müssten. Dennoch wird der Aspekt der sozialen Akzeptanz in der letzten Frage des Leitfadens abgefragt, um herauszufinden inwieweit eine mangelnde Akzeptanz eine Hürde innerhalb des TIS darstellt.

### 5.3. Auswertung der ExpertInneninterviews

Die Interviews wurden nach der vollständigen Transkription mithilfe der Software MAXQDA 20 codiert. Bei der Codierung (bzw. Kategorisierung) handelt es sich um einen Schritt in der **qualitativen Inhaltsanalyse** nach MAYRING und FENZL (2014: 544ff.), welche auch als Vorlage für die methodische Auswertung der ExpertInneninterviews herangezogen wurde. Bei der strukturierenden Inhaltsanalyse wird das Categoriesystem vorab theoriegeleitet bzw. deduktiv erstellt und dann in den Text übertragen.

Die Antworten der ExpertInnen wurden dann entsprechend ihrem Bezug zu den TIS-Funktionen codiert und einzelne Textabschnitte mit den Codes der Funktionen versehen. Eine reine Codierung einer Textpassage bspw. Mit dem Code „F1 – Unternehmerisches Experimentieren“ würde jedoch keine Rückschlüsse darauf zulassen, ob die ExpertInnen der Meinung sind, dass diese Funktion, deren Indikatoren bzw. Teilaspekte sich nachteilig oder vorteilig auf das System auswirken. Aus diesem Grund wurde das Codesystem im Laufe der Codierung erweitert (induktive Kategorienbildung) und durch detailliertere UnterCodes der einzelnen TIS-Funktionen ergänzt, die in den nachfolgenden Unterkapiteln der jeweiligen Funktion in Tabellen zu sehen sind. Dieser Schritt dient hauptsächlich zur Unterstützung der Auswertung der Gespräche, um einen besseren Überblick über die besprochenen Themenbereiche und die Einschätzung der ExpertInnen auf die TIS-Funktionen zu erhalten.

## 6. Das Technologische Innovationssystem im Bereich autonome Fahrzeuge in der Region München

Das folgende Kapitel widmet sich der Auswertung des technologischen Innovationssystems autonomer Fahrzeuge in der Metropolregion München. Die Untersuchungsregion der Metropolregion München bzw. des Großraums München umfasst neben der Landeshauptstadt weitere kreisfreie Städte wie Freising, Erding, Ingolstadt, Augsburg und Rosenheim, welche in der folgenden Strukturanalyse des TIS ebenfalls berücksichtigt werden. Für eine regional strukturierte Typisierung des TIS gegenüber einer Begrenzung auf das reine Stadtgebiet wurde sich aus folgenden Gründen entschieden:

In der modernen Raumplanung und Raumordnung ist es nicht sinnvoll lediglich die Stadt ohne ihr Umland zu betrachten und für politische Entscheidungen zu berücksichtigen, insbesondere wenn Themen wie die Innovations- und Wettbewerbsfunktion von Städten bzw. Metropolregionen behandelt werden (DANIELZYK & BLOTEVOGEL 2009). Dementsprechend wurden in Deutschland im Jahr 1995 in der Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) des heutigen Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat sogenannte Europäische Metropolregionen definiert, darunter auch die Metropolregion München (BMBAU 1995). Ziel war es unter anderem durch strategische Leitbilder Entwicklungstätigkeiten und regionale Kooperationen anzustoßen und effizienter zu steuern.

### 6.1. Strukturelle Komponenten

Im ersten Schritt der strukturellen Analyse werden die AkteurInnen innerhalb des TIS im Bereich autonomer Fahrzeuge in der Region München sowie die Netzwerke und Verbindungen zwischen ihnen verortet. Wie in Kapitel 5.1 dargelegt, wurden die AkteurInnen – insbesondere die Unternehmen entlang der horizontalen sowie vertikalen Wertschöpfungskette autonomer Fahrtechnologien – detaillierter aufgeschlüsselt. Die in den folgenden Unterkapiteln ausgearbeitete Detailanalyse der AkteurInnen beruht im Wesentlichen auf direkten Informationen der AkteurInnen, welche entweder via Auswertungen von veröffentlichten Daten – bspw. Unternehmenswebsites – oder durch die ExpertInneninterviews erlangt wurden.

Folgende Abbildung 13 sowie Abbildung 14 zeigen die Struktur der wesentlichen AkteurInnen des Münchner TIS, aufgeteilt in **Politik, Forschung & Bildung** sowie **Industrie** (Unternehmen in den Bereichen der Automobilindustrie, Schlüsseltechnologien + Startups, Infrastruktur/Ökosystem; Unternehmen welche Nachfrage nach AV generieren sowie unterstützende Organisationen/Unternehmen). Die Verbindungen (Netzwerke) zwischen ihnen

werden aus Gründen der Übersicht nicht in den Grafiken dargestellt, lediglich die für Netzwerke relevanten Projekte zu Technologien autonomer Fahrzeuge werden mit abgebildet. Außerdem enthält die Abbildung auch AkteurInnen, welche sich im TIS befinden und dort agieren, ihren Hauptstandort bzw. ihre primären geographischen Bezugspunkte nicht in der Region haben. Diese AkteurInnen werden mit einem Sternchen (\*) hervorgehoben. Grundsätzlich sollten solche AkteurInnen trotzdem als Teil des regional orientierten TIS gesehen werden, da sie durch ihre Aktivitäten die Entwicklung der Technologien autonomer Fahrzeuge mitunter maßgeblich vorantreiben, entsprechendes Wissen in der Region generieren und andere Funktionen des TIS erfüllen, was jedoch in Kapitel 6.2 genauer behandelt wird.



Abbildung 13: Struktur des TIS autonomer Fahrzeuge in der Metropolregion München

Aufgrund der großen Anzahl an Unternehmen, die sich primär bzw. zumindest teilweise oder indirekt mit autonomen oder automatisierten Fahrtechnologien sowie den Schlüsseltechnologien, die autonomes Fahren ermöglichen beschäftigen, wird dieser Teil der TIS-Struktur in folgender Abbildung 14 detaillierter visualisiert, nach demselben Schema wie die vorherige Grafik:

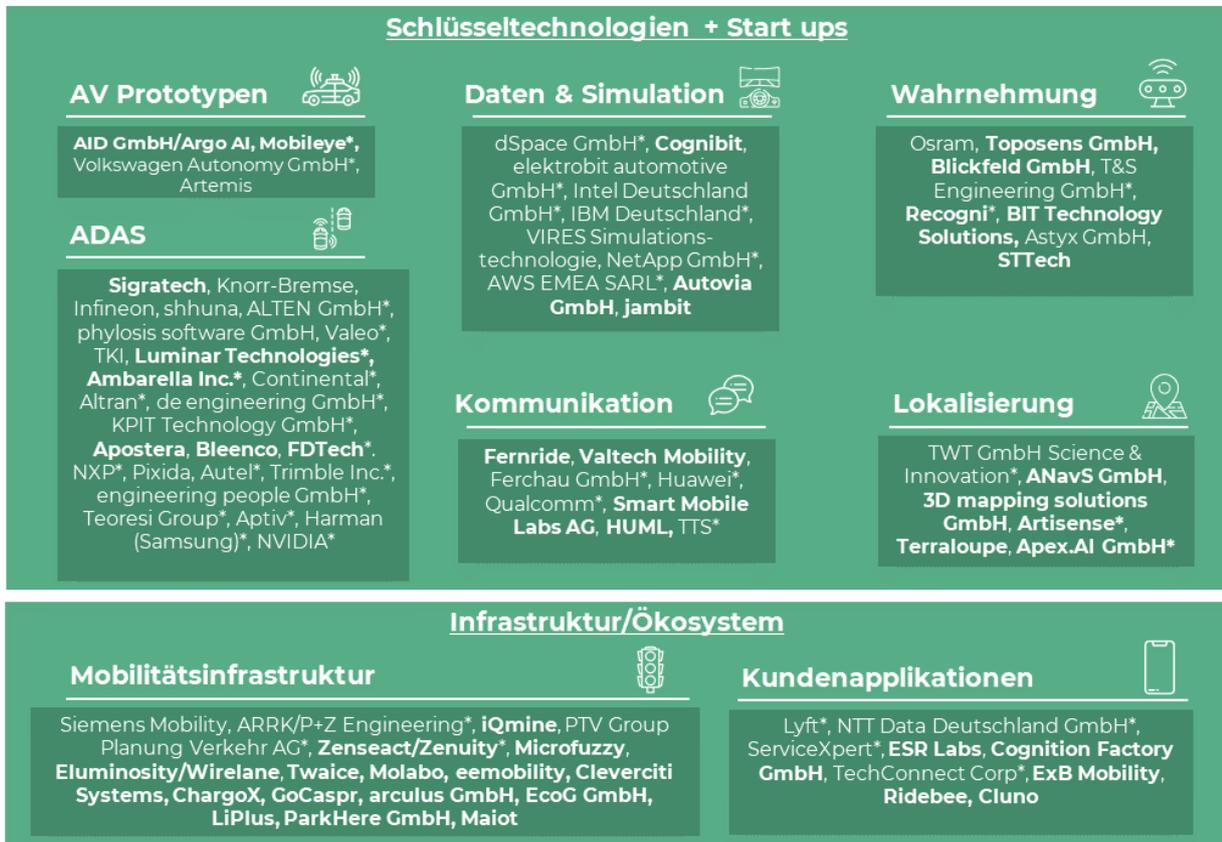


Abbildung 14: Detaillierte Übersicht der Unternehmen und Startups, die sich in München mit autonomen Fahrtechnologien beschäftigen (Startups fett hervorgehoben)

Insgesamt konnten im Laufe der Strukturanalyse 163 AkteurInnen identifiziert werden, die autonome Fahrtechnologien im der Region München vorantreiben und damit Teil des technologischen Innovationssystems sind. Darunter befinden sich 94 AkteurInnen, die einen starken Bezug zur Region München aufweisen, da sie dort ihren Hauptstandort besitzen sowie ihre unternehmerischen, bzw. F&E-Aktivitäten primär in der Region ausführen. Die restlichen 69 AkteurInnen sind auch in München aktiv, besitzen ihren Hauptstandort jedoch in anderen Regionen bzw. im Ausland – bspw. der multinationale Tech-Konzern NVIDIA mit Hauptsitz in den USA, welcher sich am Standort in München jedoch verstärkt auf die Entwicklung von autonomen Fahrtechnologien konzentriert. Folgende Abbildung 15 zeigt die Verteilung der übergeordneten Akteursgruppen.

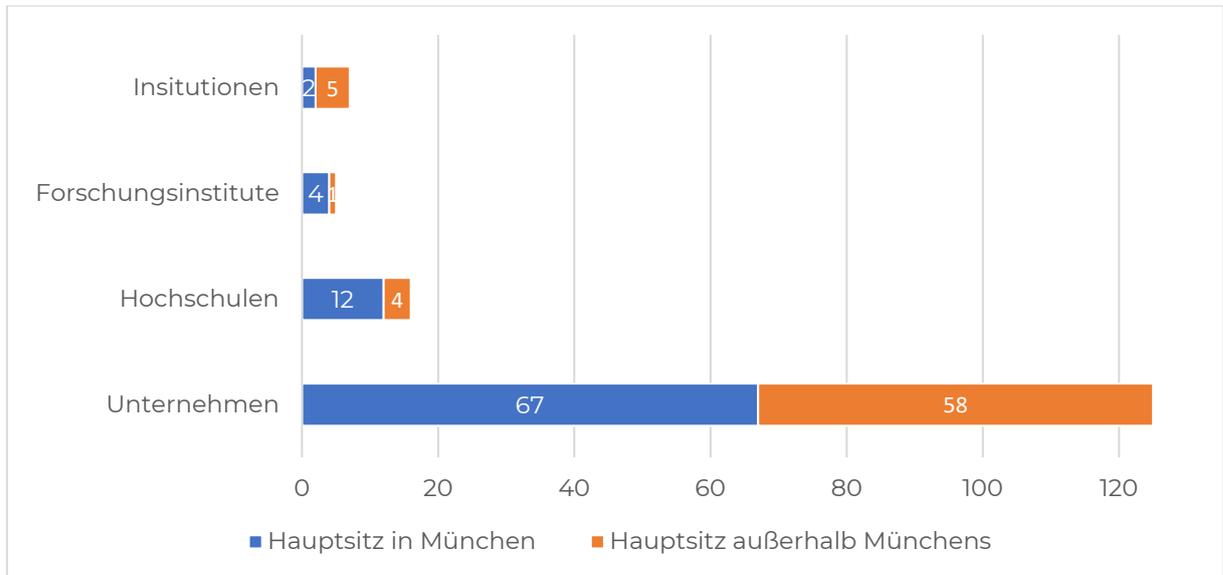


Abbildung 15: Aufteilung der verschiedenen Akteursgruppen innerhalb des TIS

Bei den vier Hochschulen ohne Hauptsitz in München handelt es sich um private Hochschulen, die ihren Ursprung bzw. Hauptstandort außerhalb der Region haben, jedoch mit Standorten im Großraum München, an denen bspw. Studiengänge oder Module zu Themen des autonomen Fahrens angeboten werden oder Forschung betrieben wird. Institutionen beinhalten bspw. übergeordnete Gesetze und politische Instrumente, die zwar in München zu tragen kommen – bspw. das StVG – aber auch außerhalb der Region Einfluss auf AkteurInnen nehmen. Anhand der obigen Grafik wird bereits erkennbar, dass die Unternehmen möglicherweise eine übergeordnete Rolle im TIS einnehmen, da sie die größte AkteurInnengruppe bilden. Da die Kategorie „Unternehmen“ jedoch wenig Informationen über die einzelnen Branchen im TIS liefert, werden die einzelnen Unterkategorien im Folgenden detaillierter beschrieben.

### 6.1.1. Unternehmen/Industrie

Die ersten zu nennenden Player im TIS in München finden sich in der ansässigen Automobilbranche, vertreten von Großkonzernen wie der BMW Group, Audi AG (Hauptstandort Ingolstadt, in der Metropolregion München), MAN Truck & Bus SE und der Next.E.Go Mobile SE (ein Automobilhersteller mit Hauptsitz in Aachen, welcher im Rahmen eines laufenden Projekts in München autonome Elektrobusse testet, vgl. Kapitel 6.2.1).

#### BMW

Aufgrund der langen Historie und tiefen Verankerung der Automobilindustrie – hauptsächlich durch BMW – in die Münchner Wirtschaft, ist es naheliegend, dass sich solche Konzerne mit neuesten Fahrtechnologien beschäftigen und die Entwicklung von AV massiv fördern. Die

BMW Group mit ihrem Hauptsitz in München beschäftigt sich ca. seit 2011 aktiv mit der Erprobung von autonomen Fahrzeugen und Schlüsseltechnologien (Interview 3).

Im Falle von BMW werden die Aktivitäten bzgl. der Forschung und Entwicklung sowie Testfahrten von autonomen Fahrzeugen zudem stark in der Region gebündelt. Insbesondere der 2018 errichtete *BMW Autonomous Driving Campus* in Unterschleißheim im Norden Münchens ist hierbei zu nennen. Mit Büroflächen für insgesamt rund 1.800 MitarbeiterInnen werden hier diverse Kompetenzfelder räumlich konzentriert, so dass Expertisen im Bereich der Softwareentwicklung und des Ingenieurwesens an einem Ort zusammenkommen, um hochautomatisierte Fahrzeuge zu entwickeln und um einzelne Aspekte der Technologien auf dem Campusgelände zu testen (BMW GROUP 2018). Durch die Nähe zum **Testfeld A9** ist es hier zudem möglich, entwickelte Technologien bzw. automatisierte Fahrzeuge in praxisnahen Tests einzusetzen und Daten bzw. neue Erkenntnisse zu erlangen. Ziel der Errichtung des Campus ist es u.a. durch den frühen Entwicklungsstand der Technologie eine Vorreiterrolle beim autonomen Fahren für die Zukunft zu sichern. Dieses Ziel ist somit auch Teil einer größeren Diversifizierungsstrategie der BMW Group, das Kerngeschäft der Fahrzeugherstellung durch die Entwicklung hin zu einem Tech-Unternehmen bzw. Mobilitätsdienstleister zu ergänzen (BMW GROUP 2018).

Weiterhin ist BMW an verschiedenen Projekten zum autonomen Fahren mit diversen Partnerunternehmen und Hochschulen beteiligt und nimmt dort oftmals eine tragende Rolle ein, bspw. in den Projekten **Easyride** und **TEMPUS** (vgl. Kapitel 6.2.1).

### **MAN Truck & Bus SE**

Der in Karlsfeld bei München ansässige Fahrzeugkonzern MAN – dessen Kerngeschäft in der Herstellung von LKWs und Bussen zu finden ist – arbeitet u.a. an der Entwicklung marktreifer, autonomer Fahrzeuge (MAN 2021). Ein besonderer Fokus wird dabei auf den Anwendungsfall des Platoonings (vgl. Kapitel 2.4) sowie dem generellen Aspekt der automatisierten Logistik gelegt. Zudem werden am Standort München ADAS wie z.B. Spurhalte- oder Stauassistenten, entwickelt, die bereits serienmäßig in einigen LKW-Modellen eingebaut werden (MAN 2021).

### **Audi**

Auch das Volkswagen Tochterunternehmen und Automobilhersteller Audi kann als relevante AkteurIn seitens der Automobilindustrie im technologischen Innovationssystem um autonome Fahrzeuge in der Region München betrachtet werden. Neben Entwicklungstätigkeiten zu

Fahrerassistenzsystemen (ADAS), die nach eigenen Informationen seit ca. 15 Jahren durchgeführt werden, stellt Audi seit einigen Jahren auch Konzeptfahrzeuge her, welche autonomes Fahren als zentrale Funktion integrieren (AUDI AG 2019).

Um die Entwicklung autonomer Fahrzeuge seitens Audi weiter voranzubringen, gründete das Unternehmen im Jahr 2017 die *Autonomous Intelligent Driving GmbH* (AID) mit Hauptsitz in München. Das als Startup konzipierte, eigenständige Unternehmen AID widmete sich ausschließlich der technologischen Entwicklung von autonomen Fahrzeugen und setzte sich als Ziel, Kompetenzen aus den Bereichen Robotik, KI, Software und der Automobilbranche unter einem Dach zusammenzuführen (AID GMBH 2020). Im Juni 2020 wurde die AID GmbH vom US-amerikanischen Tech-Startup *Argo AI* übernommen, welches den Standort in München beibehält und sich dort weiterhin primär auf die Bereiche Software, Hardware, Kartierung sowie Cloud-Infrastruktur für autonomes Fahren spezialisiert.

### **IT Branche & Startups**

Mit den etablierten Halbleiterherstellern Intel (Europazentrale in München) und Infineon Technologies (Gründungsort und Hauptsitz in München) befinden sich zwei global agierende IT-Unternehmen im TIS in der Region. Wesentliche Tätigkeiten zur Entwicklung von AV werden durch das Intel-Tochterunternehmen *Mobileye* (Hauptsitz in Israel) in Form von Testfahrten im Stadtgebiet Münchens geleistet (KNIPEKAMP 2020). Seit Ende 2020 werden von *Mobileye* Testfahrten von hochautomatisierten AV-Prototypen in München durchgeführt, welche verschiedene Verkehrsszenarien von Autobahnfahrten, Landstraßen sowie urbanen Stadtverkehr umfassen. Dabei befindet sich zu jeder Zeit noch SicherheitsfahrerInnen am Steuer des Fahrzeugs, um im Notfall die Steuerung zu übernehmen.

Während Intel bzw. Mobileye Prototypen autonomer Fahrzeuge testet, lässt sich die Rolle Infineons im TIS anhand der verschiedenen Schwerpunkte des Unternehmens hinsichtlich der Schlüsseltechnologien von AV charakterisieren. Infineon entwickelt hierfür bspw. Chip-Produkte, die bspw. für integrierte Sensordatenfusion oder einzelne Schlüsseltechnologien wie Radar- oder Lidar-Sensoren verwendet werden können (INFINEON AG 2021).

Neben der etablierten Automobilbranche findet sich im Münchener TIS eine vielfältige Startup-Szene. Besonders im IKT-Bereich sind diverse Unternehmen aktiv, welche u.a. durch angewandte KI Algorithmen für autonome Fahrfunktionen – bspw. für Objekterkennung, Umgebungserkennung, Datenverarbeitung etc. – entwickeln und verschiedene (B2B)

Dienstleistungen anbieten. Folgende Abbildung 16 zeigt die Anzahl an Unternehmen, die sich auf die Teiltechnologien autonomer Fahrzeuge spezialisieren:

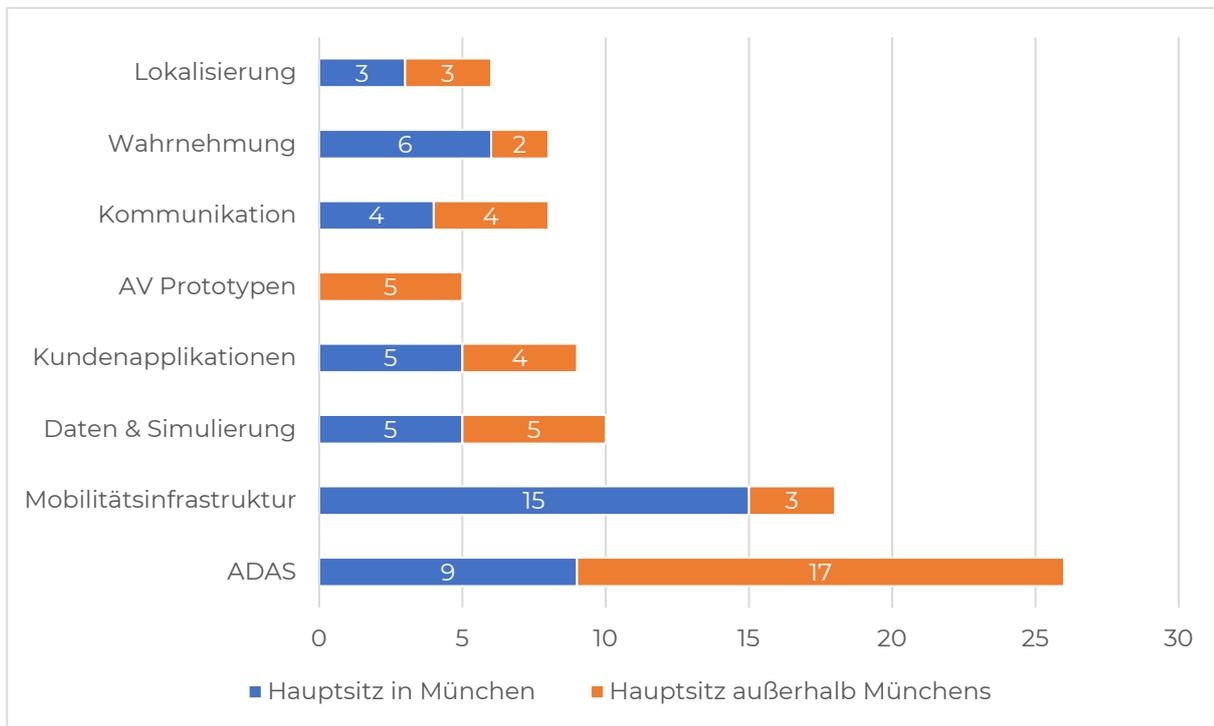


Abbildung 16: Verortung der Unternehmen/Startups aus dem Bereich der Enabling-Technologien

Insbesondere im Bereich ADAS beherbergt die Region München einige Unternehmen, die jedoch ihre Hauptstandorte primär außerhalb Münchens besitzen. Darunter fällt bspw. NVIDIA deren globales Kerngeschäft in der Entwicklung von Grafikprozessoren und Chipsätzen liegt, in den letzten Jahren jedoch um die Bereiche autonomes Fahren und KI erweitert wurde (NVIDIA CORPORATION 2021). Am Standort in München richtet sich der Fokus auf die Entwicklung diverser (Software-)Lösungen und Produkte für autonome Fahrzeuge, bspw. in den Teiltechnologien ADAS, Simulationen oder Kartographie.

Startups konnten primär in den Bereichen der Teiltechnologien – welche hinsichtlich ihrer Unternehmensschwerpunkte und Aktivitäten wiederum stark in der IKT-Branche verankert sind – identifiziert werden. Folgende Abbildung 17 zeigt den Anteil an Startups bei den Unternehmen der Teiltechnologien.

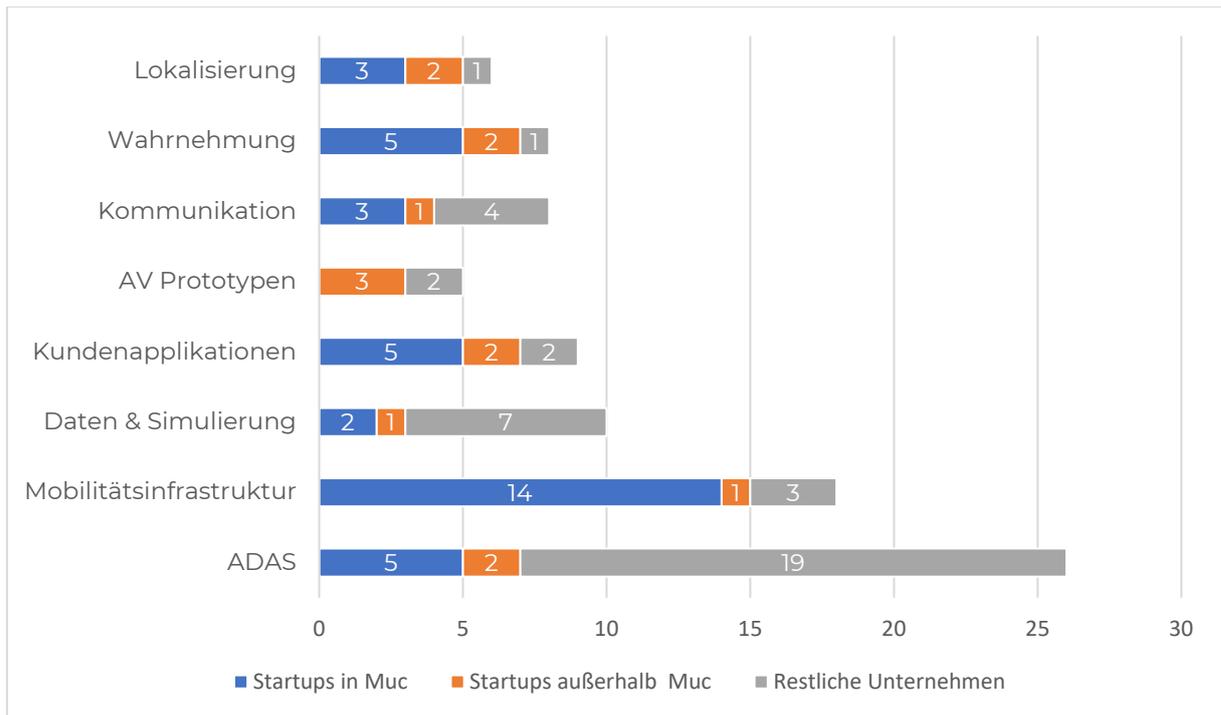


Abbildung 17: Verteilung von Unternehmen und Startups im Bereich der Enabling-Technologien

Auch wenn die meisten Startups im Bereich der Schlüsseltechnologien von AV aktiv sind, gibt es in München im auch Rahmen von unterstützenden Organisationen bzw. (potenziellen) kommerziellen NachfragerInnen diverse Startups.

### Kommerzielle Nachfrage

Das Busunternehmen und Startup FlixBus sowie der Car Sharing Anbieter DriveNow (eine Tochterfirma von BMW, welche seit 2019 im Rahmen eines Joint-Ventures mit Daimler unter dem Namen ShareNow agiert) können als (potenzielle) NachfragerInnen für autonome Fahrzeuge betrachtet werden. Der Betrieb von geteilten Fahrzeugen (DriveNow) bzw. Fernbusverkehr (FlixBus) könnte von selbstfahrenden Vehikeln erleichtert werden, da theoretisch mehr KundInnen durch autonome Flotten bedient werden können (STÜBER 2018). Dennoch sind diese beiden Startups auf der Nachfrageseite autonomer Fahrzeuge in ihren Geschäftsmodellen tendenziell international orientiert. Sie werden jedoch als AkteurInnen innerhalb des TIS bewertet, da eine regional generierte kommerzielle Nachfrage von autonomen Fahrzeugen einen wesentlichen Einfluss auf die Weiterentwicklung der Technologie haben kann. Denkbar sind auch zukünftige Testprojekte in der Region, welche durch die Agglomeration der Unternehmensstandorte auf der Nachfrageseite (z.B. FlixBus) und Entwicklern von AV auf der Angebotsseite (z.B. BMW) sowohl in der Koordination als in der Umsetzung begünstigt werden können.

Eine weitere Organisation mit bekundeter Nachfrage an autonomen Fahrsystemen ist das für den ÖPNV zuständige Verkehrsunternehmen der Münchner Verkehrsgesellschaft mbH (MVG), eine Tochtergesellschaft der Stadtwerke München GmbH (SWM), deren EigentümerIn wiederum die Landeshauptstadt München ist (SWM 2021). Jenseits der Beteiligung in den Projekten Easyride und TEMPUS steht die MVG der Technologie von AV offen gegenüber und eine Automatisierung des Fahrbetriebs gehört zu den langfristigen Zielen des Verkehrsunternehmens (SWM, persönliche E-Mail Kommunikation). Ein geplantes Pilotprojekt ist die in der Vorplanung befindliche, neue U-Bahnstrecke der Linie U9, welche technisch für fahrerlosen Betrieb ausgestattet werden soll und ca. zwischen 2035 und 2040 eröffnet wird (MVG 2019).

### **Unterstützende Organisationen & AkteurInnen in der Verwaltung**

Auf privat-unternehmerischer Seite wird die Automobilindustrie sowie IKT-Industrie im Münchner TIS von verschiedenen (Beratungs-)unternehmen und Organisationen unterstützt, die bspw. spezielle Ingenieurs- oder Zulieferleistungen anbieten. Darunter befinden sich u.a. Unternehmen wie die MVI Group, die bspw. Beratungsleistungen in den Bereichen KI und Softwareentwicklung für autonome Fahrsysteme anbieten oder die Berylls Strategy Advisors GmbH, die neben Beratungsdienstleistungen u.a. Studien über die Auswirkungen autonomer Mobilität durchführen (MVI GROUP GMBH 2020, KIPFERLER 2018).

In der Kategorie der unterstützenden Organisationen des TIS ist die technische Prüfungsorganisation TÜV Süd als besonders interessante AkteurIn hervorzuheben. Die TÜV Süd mit Gründungsort und Hauptsitz in München prüft u.a. Produkte bzw. Systeme darauf, ob diese mit geltenden Gesetzgebungen, Richtlinien oder Standards konform sind (TÜV SÜD 2021). Solche Prüfungs-, Test- und Validierungsverfahren werden mittlerweile auch für Technologien autonomer Fahrzeuge – wie z.B. ADAS – von TÜV Süd durchgeführt, bspw. in Form von physischen Realversuchen auf einem eigenen Testgelände in München sowie virtuellen Simulationen. Ziel ist es hierbei die Akzeptanz für AV durch die Erhöhung der Produktsicherheit – auch mithilfe entsprechender von TÜV ausgestellten Zertifizierungen und Normen – zu stärken.

Die **Landeshauptstadt München (LH)** ist eine auf die Entwicklung des TIS Einfluss nehmende VertreterIn auf kommunaler bzw. administrativer Ebene. Im Allgemeinen ist die LH daran beteiligt, die diversen wirtschaftlichen, kulturellen und sozialen Standortvorteile in der Region zu gestalten, welche wiederum innovative Unternehmen und AkteurInnen anziehen. Im

Speziell ist die LH u.a. durch die Koordinierung von AV-Projekten wie Easyride und TEMPUS (vgl. Kapitel 6.2.1) und der strategischen Planung des Verkehrs und Mobilitätskonzepten im TIS aktiv. Das Anfang 2021 eröffnete **Mobilitätsreferat** (MOR), welche diejenigen Arbeitsbereiche der LH bündelt, die sich auf Themen der Mobilität beziehen soll hier in Zukunft eine tragende Rolle einnehmen und autonomes Fahren im Kontext nachhaltiger Mobilitätskonzepte vermehrt thematisieren (Interview 3).

### **6.1.2. Forschung & Bildung**

Die zweite Gruppe von wesentlichen AkteurInnen des TIS findet sich in den verschiedenen Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen bzw. Instituten, die in der Metropolregion München aktiv sind, indem sie Wissen bzgl. AV produzieren.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) mit einem Standort in München und Hauptsitz in Köln, das Fraunhofer-Institut für kognitive Systeme (IKS), das Landesforschungsinstitut des Freistaats Bayern für softwareintensive Systeme (Fortiss) sowie das der BMW Group zugehörigen Institut für Mobilitätsforschung (IFMO) und das BMW Forschungs- und Innovationszentrum (FIZ) konnten als einzige Akteure im Bereich der Forschungszentren im TIS identifiziert werden, die sich mit AV befassen. Ob der Hauptfokus der Forschungstätigkeiten des FIZ auf der Entwicklung autonomer Fahrzeuge liegt, ist unklar. Insbesondere aufgrund der Existenz des zuvor erwähnten Autonomous Driving Campus in München. Anzunehmen ist jedoch, dass im FIZ auch für autonomes Fahren relevante Forschungsaktivitäten durchgeführt werden, bzw. in Zukunft verstärkt werden. Ein Ausbau des FIZ ist aktuell geplant, so sollen dort bis 2050 ca. 41.000 Personen (Stand 2020 ca. 26.000 Personen) arbeiten (BRAUN 2020). Da sowohl das FIZ als auch der Autonomous Driving Campus Teil der BMW Group sind, ist es denkbar, dass hier ein Austausch zwischen den beiden Einrichtungen stattfinden wird und das FIZ im Zuge der Unternehmensstrategie BMWs bezüglich autonomer Mobilität mehr Forschungsaktivitäten in dem Bereich durchführen wird.

Am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) mit Sitz in Oberpfaffenhofen bei München beschränken sich die Forschungsaktivitäten im Kontext von autonomen Fahrzeugen tendenziell auf die Entwicklung von Robotik-Technologien, deren Anwendungsbereiche die Teiltechnologien (bspw. die Aspekte der sensorischen Umgebungswahrnehmung und KI) umfassen (DLR o.J.).

Die 2009 gegründete (öffentliche) Forschungseinrichtung Fortiss, welche aus einer Kollaboration der TU München, dem Bayerischen Wirtschaftsministerium und der Fraunhofer-

Gesellschaft in München gegründet wurde, forscht unter anderem an Softwarelösungen und Entscheidungsalgorithmen autonomer Fahrzeuge (TUM 2009, FORTISS o.J.). Durch die Beteiligung von Fortiss in Projekten innerhalb des TIS – bspw. Providentia++ – handelt es sich hier um ein Forschungszentrum, welches angewandte Forschung in den Themenfeldern von autonomen Fahrzeugen betreibt.

Die signifikantesten Aktivitäten im Bereich der Bildung und Forschung im TIS gehen jedoch von den zahlreichen Universitäten und (privaten) Hochschulen in der Region München aus. Die Universität der Bundeswehr München (UNIBW) sticht hier nicht nur aufgrund der Historie als „Entstehungsort“ autonomer Fahrzeuge in den 1980er Jahren hervor (vgl. Kapitel 2.1). Auch heutzutage liegen die Forschungsschwerpunkte des Instituts für Technik Autonomer Systeme (TAS) auf der Entwicklung von autonomer, mobiler Roboterplattformen, welche selbstfahrenden Fahrzeugen entsprechen (UNIBW o.J.). So werden am Institut diverse Projekte abgewickelt und vertieft an den einzelnen Aspekten der Schlüsseltechnologien – u.a. LIDAR, Objekterkennung, Lokalisierung und KI – geforscht.

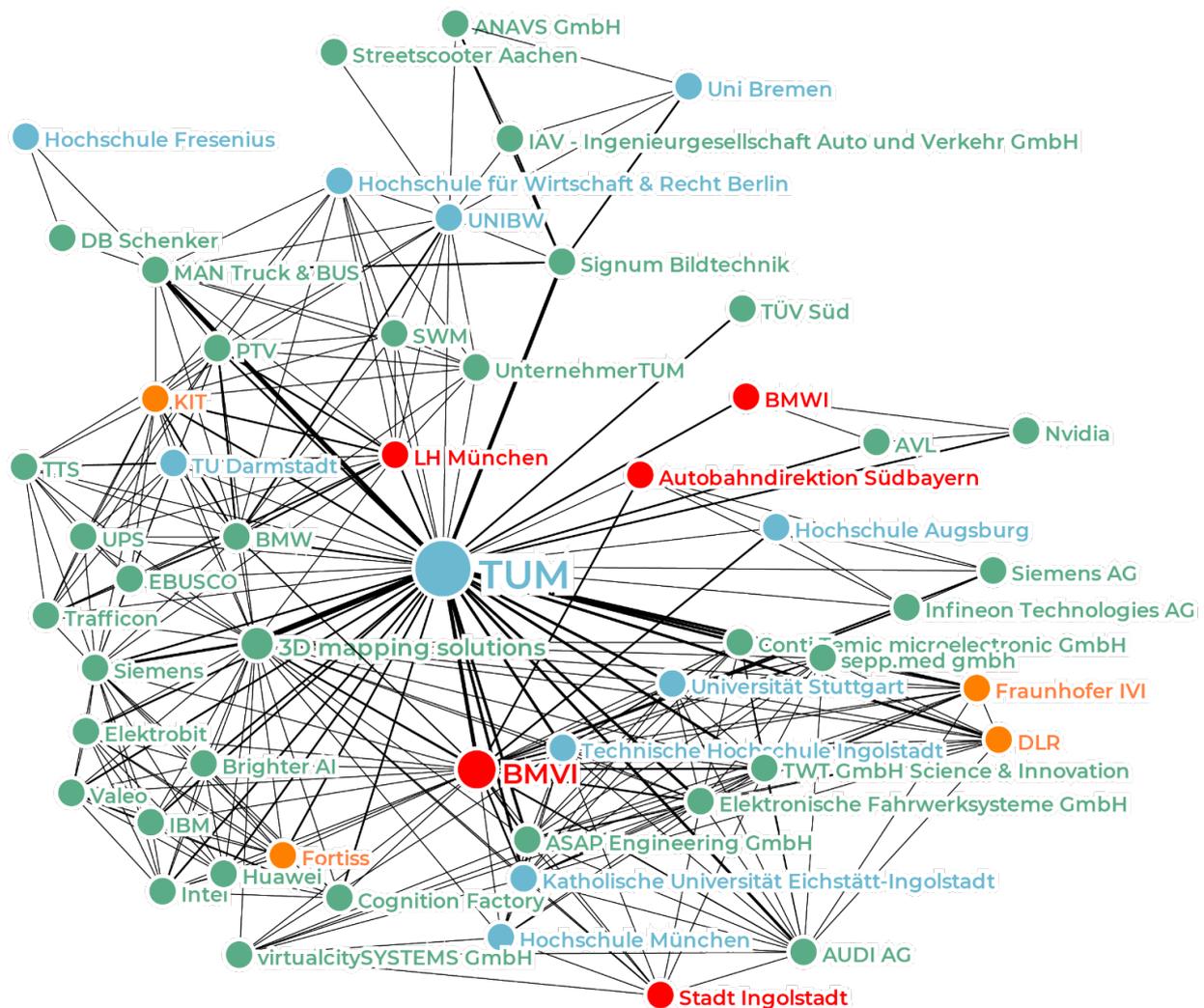
Auch von der Technischen Universität München (TUM) gehen signifikante Forschungsaktivitäten aus. Neben fakultätsübergreifenden Lehrveranstaltungen zu Themen des autonomen Fahrens – bspw. an den Lehrstühlen für Informatik, Fahrzeugtechnik, Regelungstechnik oder am Lehrstuhl für Robotik, Künstliche Intelligenz und Echtzeitsysteme – ist die TUM auch maßgeblich an der Entwicklung von praktischen Anwendungen in interdisziplinären Partnerprojekten beteiligt, auf welche später näher eingegangen wird. Die Forschungsschwerpunkte der TUM decken dabei tendenziell alle technischen Aspekte autonomer Fahrzeuge bzw. die angesprochenen Schlüsseltechnologien ab (TUM o.J.). Das Forschungsfeld „Automatisiertes Fahren“ am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik bspw. bearbeitet das Aufgabengebiet der Fahrassistenzsysteme und Sicherheit u.a. mit einem Methodenmix aus Fahrdynamiksimulationen und führt Studien mit einem Fahrsimulator durch (TUM o.J.). Das Forschungsfeld der „Intelligenten Fahrzeugsysteme“ am selben Lehrstuhl an der TU entwickelt u.a. einen durch KI gestützten Algorithmus zur Erkennung von VerkehrsteilnehmerInnen mittels Sensordatenfusion von Informationen aus Kamera- und anderen für autonomes Fahren benötigten Sensormodulen. Ziel ist es hierbei auch eine zuverlässige Objekterkennung bei schlechten Witterungsverhältnissen und damit bedingte Erhöhung der Fahrsicherheit zu erreichen. Im Rahmen von Praxistests soll dieser Algorithmus dann in autonomen Wettrennen erprobt werden.

An der Technischen Universität Ingolstadt (THI) wird seit dem Wintersemester 2020/2021 ein speziell auf autonomes Fahren konzipierter Bachelorstudiengang – *Autonomous Vehicle Engineering* – angeboten (THI 2020). Die Studieninhalte beinhalten hierbei das Zusammenspiel verschiedener Technologien automatisierter Fahrsysteme, darunter bspw. V2X-Kommunikation, KI und Sensordatenfusion.

Neben den genannten Universitäten, deren Forschungsschwerpunkte tendenziell auf mehrere Aspekte von autonomen Fahrtechnologien ausgerichtet sind, beschäftigt sich bspw. die Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) am Institut für Informatik mit dem Aspekt der Künstlichen Intelligenz, wobei die Applikation von KI in autonomen Fahrzeugen direkt thematisiert wird, jedoch keinen Forschungsschwerpunkt oder Ziel darstellt (LMU o.J.). Gleiches gilt für die restlichen 13 Hochschulen, die lediglich im Rahmen einzelner Projekte, Publikationen oder Forschungs- bzw. Studieninhalte im Bereich von AV aktiv sind und daher als AkteurInnen innerhalb des TIS bestimmt wurden.

### 6.1.3. Netzwerke

Die dritte strukturelle Komponente des TIS bilden die verschiedenen Netzwerke, welche zwischen den Akteuren vorhanden sind. Die folgende **Netzwerkanalyse** bezieht sich primär auf einige Projekte im Großraum München, welche als Indikator für Beziehungen zwischen Unternehmen und Hochschulen, anderen Unternehmen und politischen bzw. administrativen Einrichtungen herangezogen werden und den Zeitraum von 2016 bis 2021 abdecken. Insgesamt konnten 16 Projekte identifiziert werden, die allesamt die Entwicklung autonomer Fahrzeuge als übergeordnetes Ziel haben und anhand von Praxistests – z.B. in Form von Testfahrten von AV in München – bestehende Technologien in realen Szenarien testen. Folgende Abbildung 18 zeigt eine Visualisierung des erweiterten Netzwerks der AkteurInnen im TIS, eine Gesamtübersicht der Projekte findet sich im Anhang.



- 11 Hochschulen
- 35 Unternehmen
- 4 Forschungsinstitute
- 5 Politik/Administration

Abbildung 18: Erweitertes AkteurInnen-Netzwerk in München (2016 – 2021)

Das erweiterte Netzwerk enthält neben im Laufe der Strukturanalyse verorteten AkteurInnen auch solche, die bis auf das Mitwirken in einzelnen Projekten in München keinen bzw. sehr geringen Bezug zur Region und dem regional abgegrenzten TIS haben, bspw. die TU Darmstadt, das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) oder die Universität Stuttgart. Die Linien (*edges*) in der Grafik entsprechen einer Verbindung zwischen AkteurInnen, wobei die Liniendicke die Stärke der Verbindung repräsentiert. Mehr Kollaborationen – bspw. wenn zwei oder mehr Akteure in mehreren Projekten aktiv sind – bedeuten folglich eine stärkere Linie in der Grafik. Die einzelnen Akteure werden als Punkte (*nodes*) dargestellt deren Größe von der Zentralität (*degree centrality*) im Netzwerk abhängig ist (SCOTT 2005). Je mehr Verbindungen

die AkteurInnen aufweisen desto größer wird dessen Punkt abgebildet. Die Lage der *nodes* in der Visualisierung des Netzwerks ist willkürlich und repräsentiert z.B. keine geographische Lage oder die Rolle innerhalb des TIS. Auf den ersten Blick wird bereits deutlich, dass die meisten AkteurInnen im Netzwerk Unternehmen sind, die aus Gründen der Übersicht jedoch nicht weiter unterteilt werden wie in Kapitel 6.1.1 und somit Startups, unterstützende Organisationen und die Automobilindustrie umfassen.

Die folgende Tabelle 5 zeigt eine Übersicht statistischer Kennzahlen der sozialen Netzwerkanalyse für das erweiterte Netzwerk.

AkteurIn	<i>degree centrality</i>	AkteurIn	<i>Betweenness centrality</i>
TUM	198	TUM	763
BMVI	66	3D mapping solutions	168
3D mapping solutions	62	MAN	158
Siemens	44	UNIBW	149
BMW	36	BMVI	107

Tabelle 5: Maßzahlen der sozialen Netzwerkanalyse für das erweiterte Netzwerk

Der zentralste Player – gemessen anhand der *degree centrality*, eine Kennzahl die die Anzahl der Verbindungen (*edges*) einer AkteurIn im Netzwerk (*node*) widerspiegelt – im erweiterten Netzwerk ist die TU München, welche in nahezu allen AV-Projekten in verschiedenen Rollen aktiv ist und die meisten Verbindungen bzw. Projektkollaborationen zu anderen AkteurInnen aufweist. Ein weiteres Indiz für die zentrale Rolle der TUM im Netzwerk ist die vergleichsweise hohe *betweenness centrality*, welche dem Einfluss eines Akteurs im Netzwerk auf Informationsflüsse entspricht (SCOTT 2005). Anders formuliert kann mithilfe der *betweenness centrality* gemessen werden, ob eine AkteurIn als Brücke zwischen anderen AkteurInnen dient und diese somit erst in das Netzwerk aufnimmt. Die TUM sorgt folglich dafür, dass mehr AkteurInnen Teil des Netzwerks sind und dient als wichtigster Knotenpunkt im Netzwerk.

Als wesentliche VertreterIn der politischen Einrichtungen im erweiterten Netzwerk nimmt das national agierende Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) ebenfalls eine wichtige Position im Netzwerk ein, was hauptsächlich auf die koordinierende Rolle als FördergeberIn in einigen Projekten wie Providentia++, Easyride oder TEMPUS zurückzuführen ist. Das BMVI wird aufgrund seines Einflusses (insbesondere durch finanzielle Förderungen, siehe Kapitel 6.2.6) als eine zentrale AkteurIn seitens der politischen Behörden festgelegt.

Wie bereits erwähnt enthält das erweiterte Netzwerk einige AkteurInnen, die einen vergleichsweise geringen Bezug zum autonomen Fahren und/oder der Region München aufweisen, da sie bspw. nur in einzelnen Arbeitspaketen oder Teilprojekten aktiv sind. Folgende Abbildung 19 zeigt eine Visualisierung des Netzwerks ohne solche AkteurInnen und inkludiert nur diejenigen Unternehmen, Hochschulen, Forschungsinstitute und politischen bzw. administrativen Institutionen, die in der Region ansässig sind oder hier besonders aktiv sind.

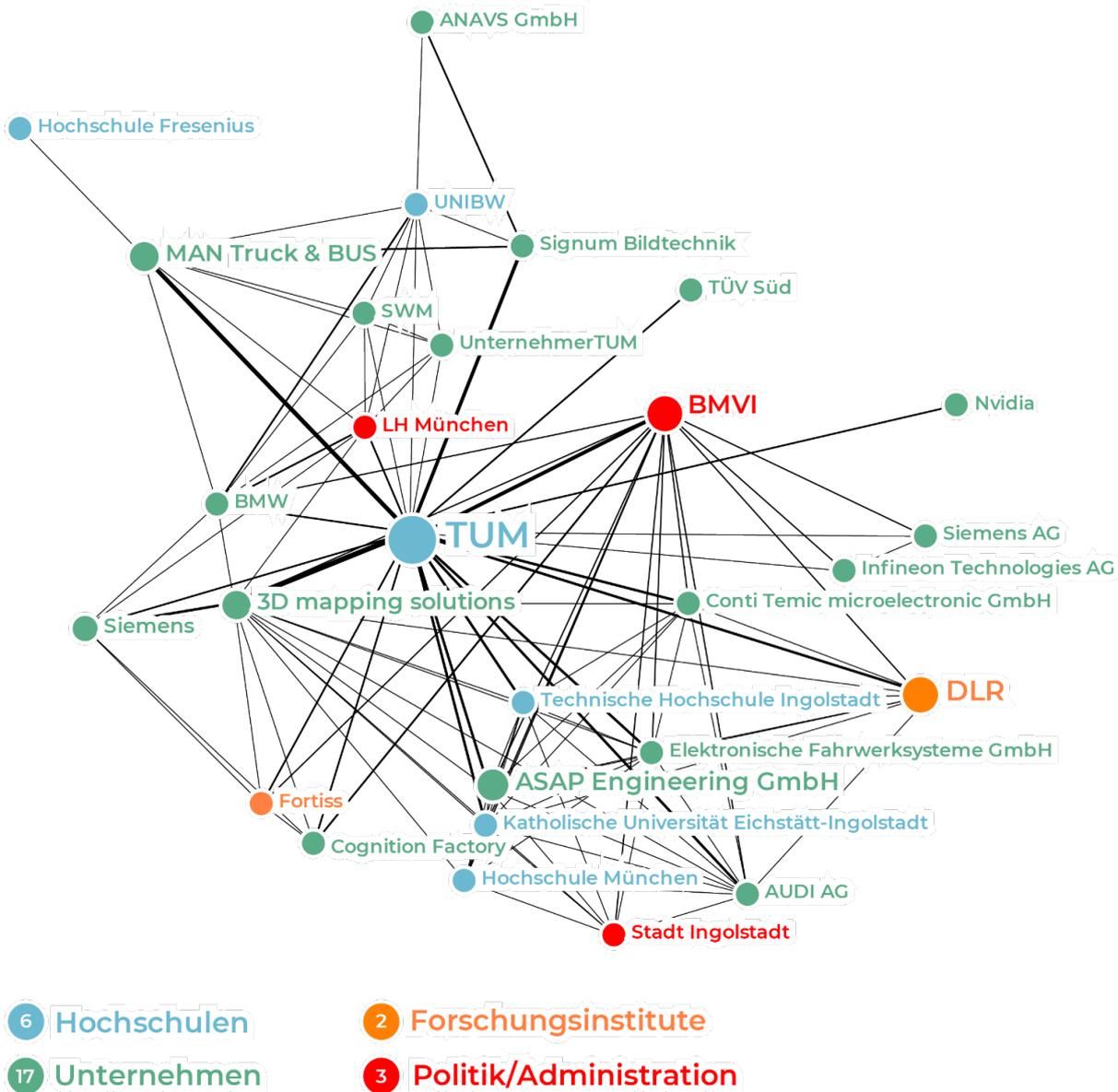


Abbildung 19: Akteursnetzwerk in München (2016 - 2021)

Auch in diesem, kleineren Netzwerk überwiegen die Unternehmen und die TUM sticht als zentrale AkteurIn hervor. Dies kann ein Indiz dafür sein, dass die Projekte einen sehr starken praktischen Bezug aufweisen und die Art des ausgetauschten Wissens tendenziell synthetischer

Natur bzw. technisch basiert ist (vgl. Kapitel 3.2), da es vermehrt zwischen Unternehmen ausgetauscht wird.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass in München viele formelle Netzwerke in Form von Projekten vorhanden sind, jedoch hauptsächlich mit ProjektpartnerInnen außerhalb der Region München. Dies spricht dafür, dass der Fokus der identifizierten formellen Netzwerke überregional ist und internationale AkteurInnen miteinschließt.

Auf europäischer Ebene werden diverse Projekte zu Themen des autonomen Fahrens gefördert, insbesondere innerhalb des Rahmenprogramms Horizon 2020. Einige AkteurInnen aus München sind an diesen – tendenziell national bzw. international – orientierten Projekten beteiligt, u.a. als ProjektträgerInnen. Eine detaillierte Netzwerkanalyse europäischer Projekte wurde vom Autor nicht durchgeführt, da der Fokus dieser Projekte tendenziell nicht auf München gerichtet ist. Dennoch ist es nennenswert, dass AkteurInnen wie BMW, Infineon oder das Fraunhofer IKS in zahlreichen Projekten bzgl. AV auf europäischer Ebene aktiv sind (in Abbildung 18 und 19 nicht dargestellt). Eine Erklärung für eine Vernetzung mit anderen internationalen StakeholderInnen findet sich möglicherweise in Größe der Konzerne BMW und Infineon bzw. des Forschungsinstituts IKS, die einerseits ausreichend (Human)Ressourcen besitzen, um in mehreren Projekten gleichzeitig aktiv zu sein. Zudem bedeutet die Vernetzung der TIS-AkteurInnen mit anderen, internationalen StakeholderInnen, dass bspw. Wissen und Ressourcen (Kapital sowie Humanressourcen) in die Metropolregion München einfließen können.

Neben zuvor visualisierten Netzwerken, die sich aus Kooperationen in Projekten ergeben, ist in der Region München die sogenannte Inzell-Initiative zu berücksichtigen. Es handelt sich hierbei um eine Kooperation der Landeshauptstadt München und BMW, welche mit diversen PartnerInnen aus der (kommunalen) Verwaltung, Industrie und Wissenschaft an der Umsetzung von Lösungen für nachhaltige Mobilität arbeiten (KEIL 2018). Die Themenschwerpunkte beinhalten auch autonomes Fahren, was von den beteiligten AkteurInnen der Inzell-Initiative zwar als ein strategisches Handlungsfeld gelistet wird, jedoch in praktischen Projekten bislang wenig thematisiert wird. Anstelle von direkt durchgeführten, Praxisprojekten zum autonomen Fahren werden von der Inzell-Initiative regelmäßige Plenumsveranstaltungen durchgeführt, bei denen es um die Vernetzung von AkteurInnen, die gemeinsame Erarbeitung von Strategien und Initiierung von Projekten geht (INZELL INITIATIVE o.J.).

Das unter Leitung der TUM gegründete Netzwerk MCube (Münchner Cluster für Zukunft der Mobilität in Metropolregionen) vereint ebenfalls AkteurInnen aus verschiedenen Branchen innerhalb und außerhalb des TIS. Unter Anderem listet MCube „Elektrifizieren & Automatisieren“ als eines von drei Innovationsfeldern, in dem diverse Einsatzszenarien und Auswirkungen automatisierter Mobilität in der Region u.a. in Form von Studien und Projekten analysiert werden sollen (MCUBE 2021). Da sich das Netzwerk Stand Oktober 2020 noch in der Konzeptionsphase befindet und die finalen Partnerunternehmen noch nicht offiziell bestätigt sind, wurde MCube in der Netzwerkanalyse nicht berücksichtigt.

#### **6.1.4. Institutionelle Komponenten**

Entscheidend für die Entwicklung eines TIS sind die institutionellen Rahmenbedingungen, die im Idealfall die AkteurInnen des Systems in ihren Aktivitäten unterstützen. Im Falle des TIS um autonome Fahrzeuge in München sind die relevanten „harten“ Institutionen dementsprechend die Gesetze bzw. Richtlinien, welche die Erprobung von AV-Technologien ermöglichen und langfristig den Regelbetrieb rechtlich absichern. Im Kontext von der aufstrebenden und mit Unsicherheiten verbundenen Technologien von autonomen Fahrzeugen ist es jedoch unwahrscheinlich, dass TIS-spezifische Institutionen als solche eindeutig erkennbar sind.

In der Region München gibt es keine von der Stadt oder auf kommunaler Ebene beschlossenen, speziellen Gesetzgebungen bzw. „harte“ institutionelle Rahmen, welche bspw. Testfahrten mit AV erlauben (Interview 1). Prinzipiell sind Testfahrten mit autonomen Fahrzeugen in allen Städten in Deutschland aus rechtlicher Sicht auf gleiche Art und Weise möglich. Die vom BMVI beschlossene Änderung des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) im Jahr 2017 (welches auch mit der Bezeichnung „Gesetz zum automatisierten Fahren“ gleichgesetzt wird) ermöglicht es, dass automatisierte Systeme (z.B. SAE Stufe 3) Fahraufgaben unter speziellen Voraussetzungen übernehmen dürfen und gilt in der gesamten Bundesrepublik (BMVI o.J.a). Nichtsdestotrotz behält das Gesetz den Grundsatz, dass die „fahrende“ Person (bzw. die Person die am Steuer sitzt) für das Fahrgeschehen verantwortlich ist und ermöglicht somit streng genommen keine vollständig autonomen Fahrzeuge (MARACKE 2017).

Im Februar 2021 wurde von der Bundesregierung schließlich ein Gesetzentwurf vorgelegt, welcher an die Gesetzesänderung von 2017 anknüpft. In dem neuen Gesetz werden u.a. verschiedene Einsatzszenarien autonomer Fahrzeuge ermöglicht, darunter bspw. fahrerloses Parken, autonomer Shuttle-Verkehr und automatische Personentransportsysteme auf kurzen

Strecken (BUNDESREGIERUNG 2021b). Solche Gesetze oder „harte“ Institutionen können mitunter große Auswirkungen auf die „weichen“ Institutionen haben. In diesem Beispiel ist es denkbar, dass ein Gesetz zum autonomen Fahren, welches auch Fragen der Sicherheit und Haftung eindeutig klärt, dafür sorgen kann, dass bestimmte (für die TIS-Entwicklung blockierende) „weiche“ Institutionen wie eine Skepsis gegenüber AV oder einer latenten Abneigung zu technologischen Innovationen reduziert werden. Umgekehrt ist es auch möglich, dass eine weit verbreitete Skepsis gegenüber AV ein Grund für die Schaffung von neuen Gesetzgebungen ist. Durch neue Gesetzgebungen bzgl. Sicherheitsaspekten von AV können bspw. Unsicherheiten reduziert und die allgemeine Akzeptanz der Technologie erhöht werden.

Die Erfassung von TIS-spezifischen, „weichen“ Institutionen wie Normen oder Verhaltensmustern ist deutlich schwieriger, weswegen im Folgenden lediglich einzelne Positionen von AkteurInnen qualitativ evaluiert werden. Als erstes ist hierbei der **Mobilitätsplan** der Landeshauptstadt München zu erwähnen, welcher sich noch in der Entwicklungsphase befindet und daher nicht in einem einzelnen, publizierten Dokument vorliegt. Autonomes Fahren und Automatisierungsprozesse werden hier lediglich als Themen im Kontext „Mobilität der Zukunft“ aufgeführt, an denen geforscht wird (LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN 2020a). In der von der Inzell-Initiative erarbeiteten und an den Mobilitätsplan anknüpfenden Vision der „**Modellstadt 2030**“ wird die Technologie des autonomen Fahrens als Chance betrachtet, um eine hohe Lebensqualität und hohe Mobilität in der Stadt zu vereinen (KEIL 2018: 5). Zudem wird in der Vision eine Reformierung der (rechtlichen) Rahmenbedingungen als strategische Maßnahme festgelegt, wobei hier nicht klar ist, ob diese Anpassung bspw. speziell auf Gesetze zum autonomen Fahren oder den anderen Themenschwerpunkten der „Modellstadt 2030“ abzielt.

Ein weiterer Aspekt, den es bei den „weichen“ Institutionen zu beachten gilt, sind die potenziellen AbnehmerInnen der Technologie, die in den Entwicklungsprozess autonomer Fahrzeuge stets mit einbezogen werden müssen. Insbesondere die Faktoren Sicherheit, Datenschutz und die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge kommen hier zu tragen da sie Verhaltensmuster der AbnehmerInnen beeinflussen. Diese Verhaltensmuster können wiederum einen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung des TIS haben und dieses fördern oder einschränken. Ein Beispiel für eine Einschränkung der TIS-Entwicklung aufgrund des Verhaltens möglicher AbnehmerInnen ist der Anteil an AutofahrerInnen, die AV skeptisch gegenüberstehen, sei es aus Gründen der wahrgenommenen Sicherheit, Fragen der Haftung bei Unfällen oder einem möglicherweise fehlenden „Fahrspaß“ bei autonomen Fahrzeugen.

Die Entwicklung des TIS erfolgt daher auch innerhalb dieser, durch Verhaltensmuster beeinflussten, „weichen“ institutionellen Rahmenbedingungen, wobei diese im TIS in München schwierig zu identifizieren sind.

Abschließend wird festgehalten, dass aus struktureller Sicht wenige TIS-spezifische Institutionen in der Metropolregion München identifiziert werden konnten. Autonome Fahrsysteme werden zwar in Gesetzgebungen („harten“ Institutionen) und Visionen wie der Modellstadt 2030 („weiche“ Institutionen) berücksichtigt, jedoch tendenziell ergänzend zu anderen Themenschwerpunkten urbaner Mobilität. Inwieweit dieser Umstand die Entwicklung des TIS positiv bzw. negativ beeinflusst, wird in Kapitel 6.2.4 näher beleuchtet.

## 6.2. Analyse der TIS-Funktionen

Im Folgenden werden die einzelnen TIS-Funktionen nach BERGEK et al. (2008) und HEKKERT et al. (2011) mithilfe der durchgeführten ExpertInneninterviews evaluiert.

Manche Funktionen sind unter Umständen noch unterentwickelt oder werden gar nicht erfüllt, was aber trotzdem Rückschlüsse auf das Funktionieren des Systems zulässt. Aus diesem Grund werden alle Funktionen abschließend auf einer 5-stufigen Likert-Skala die von 1=sehr schwach bis 5=sehr stark reicht beurteilt, inwieweit sie ihre Systemfunktion erfüllen (HEKKERT et al. 2011: 11). Wie in Kapitel 5 dargelegt, folgt die Beurteilung des TIS der qualitativen Inhaltsanalyse nach MAYRING & FENZL (2014). Folgende Tabelle 6 enthält eine Übersicht der in der Auswertung der Interviews abgeleiteten Codes sowie die Anzahl der Nennungen in den ExpertInneninterviews. Eine vollständige Übersicht aller Codes sowie deren Unterkategorien findet sich im Anhang.

Funktion	Code	Häufigkeit
F1	Unternehmerisches Experimentieren	51
F2	Entwicklung von Wissen	31
F3	Verbreitung von Wissen	131
F4	Steuerung der AkteurInnen	89
F5	Marktentstehung	26
F6	Mobilisierung von Ressourcen	81
F7	Schaffung von Akzeptanz	13

*Tabelle 6: Übersicht der Codes aus der Inhaltsanalyse*

### 6.2.1. Unternehmerisches Experimentieren (F1)

F1 – Unternehmerisches Experimentieren	
Unterkategorien	Häufigkeit
Gescheitertes Projekt	2
Viele Projekte	20
Ausreichend Akteure	11
Genügend Startups	2
Zu wenige Projekte	6
Zu wenige Netzwerke	2
Zu wenige Akteure	8
<b>Summe</b>	<b>51</b>

Tabelle 7: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F1

Wie in Kapitel 4.5 erläutert, entwickelt sich ein TIS typischerweise unter erheblichen Unsicherheiten bezüglich der Technologien und potenzielle Märkte. Eine Möglichkeit solche Unsicherheiten zu verringern ist unternehmerisches Experimentieren, was sowohl die Erprobung der Technologien, sowie deren möglichen Anwendungen impliziert. Im Folgenden werden daher die wichtigsten Aktivitäten (primär in Form von AV-Projekten) der Unternehmen im TIS evaluiert.

In der Strukturanalyse zeigte sich bereits, dass eine große Anzahl an Unternehmen und eine Startup-Szene im TIS aktiv ist, was von den ExpertInnen teilweise bestätigt und als fördernder, jedoch steigerungsfähiger Faktor des TIS gesehen wird (Interview 2, 3, 5, 6). Lediglich ExpertIn 1 und 4 kritisieren, dass insgesamt zu wenige relevante Unternehmen im TIS ansässig sind, wobei hier wiederum das Fehlen einer kritischen Masse an Startups in München (im Vergleich zu Regionen wie dem Silicon Valley in Kalifornien) bemängelt wird. Im speziellen werden fehlende unternehmerische Aktivitäten im Bereich der *Computer Vision* und Objekterkennung angemerkt (Interview 2, 6). Verglichen mit anderen europäischen oder deutschen Regionen wird die Unternehmenslandschaft in München jedoch als sehr divers bewertet und deckt prinzipiell alle Branchen der erforderlichen Schlüsseltechnologien von AV mit innovativen Unternehmen ab (Interview 5).

Der Ausgangspunkt der meisten AV-bezogenen Aktivitäten seitens Unternehmen wird von den ExpertInnen jedoch eher in der hiesigen Automobilindustrie verortet (Interview 2). Auch unternehmerische Aktivitäten im TIS werden in München oftmals von der Automobilindustrie gefördert, bspw. durch die BMW-Startup Garage (Interview 5). Interessanterweise folgt die BMW-Startup Garage nicht dem herkömmlichen Ansatz von Innovations- bzw.

Startupförderung durch die Ausgabe von Risikokapital, um damit bspw. erste Anwendungen oder Produkte innovativer Unternehmen zu ermöglichen. Die BMW-Startup Garage erwirbt hingegen das erste von einem Unternehmen eigenständig entwickelte Produkt/Prototyp oder Dienstleistung, sofern dieses in der Automobilbranche industrialisierungsfähig und skalierbar ist. Dabei wird betont, dass solche Produkte ihren Ursprung nicht zwangsweise in der Automobilindustrie haben müssen, sondern auch branchenfremde Innovationen mit Anwendungsmöglichkeiten in der Automobilindustrie sein können. Dies eröffnet folglich die Möglichkeit – bspw. für IT-Startups – ihre Ideen im Umfeld der Automobilbranche in München zu erproben und Förderungen zu erhalten (Interview 4).

Weiterhin wurde von einigen ExpertInnen festgehalten, dass in den letzten Jahren mehr Unternehmen in das TIS beigetreten sind, bspw. Mobileye (Interview 6). In den nächsten Jahren ist es außerdem wahrscheinlich, dass mehr internationale Unternehmen wie Tesla Motors und Waymo in München ihre autonomen Fahrzeuge und Prototypen testen und die Stadt anderen europäischen Regionen für erste Testfahrten vorziehen (Interview 4). Dieser Trend impliziert demnach eine kontinuierliche Weiterentwicklung des Systems.

Ein wesentlicher Ausgangspunkt für unternehmerisches Experimentieren im TIS ist das vom BMVI und dem Freistaat Bayern eingerichtete **Digitale Testfeld A9** (DTA) im Norden Münchens (Interview 1, 4, 5). Auf Abschnitten der stark frequentierten Bundesautobahn A9 wurden in einem Pilotprojekt erstmalig diverse Infrastrukturen wie 5G-Netzabdeckung, spezielle Straßenschilder und Sensorpunkte eingerichtet, die es Unternehmen ermöglichen, verschiedene Aspekte des autonomen Fahrens zu erproben (BMVI o.J.b). Beispielsweise können Technologien wie Radar, Lidar, Kameras oder Laser getestet und mithilfe einer standardisierten Aufbereitung von Mobilitätsdaten komplementiert werden, um die Umgebungswahrnehmung von AV zu verbessern, was als ein entscheidendes Alleinstellungsmerkmal des DTA gesehen wird (Interview 4). Zudem wird auf dem DTA die Entwicklung eines digitalen Echtzeit-Zwillings der Autobahn getestet, was einer entscheidenden technischen Hürde autonomer Fahrzeuge entgegenwirken soll, da AV mit detaillierten Umgebungsdaten wesentlich sicherer fahren können (Interview 4).

Die besten Beispiele für unternehmerisches Experimentieren im TIS finden sich jedoch in den AV-Projekten Easyride, TEMPUS, MAN EDDI sowie Providentia++.

## **Easyride**

In dem vom BMVI geförderten Projekt „Easyride – Automatisiertes und Vernetztes Fahren im städtischen Kontext“ wurden neben der Untersuchung der Auswirkungen autonomer Fahrzeuge auf Mobilität und Verkehr auch verschiedene **Feldversuche von AV** in München durchgeführt (LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN 2018). Ein Ziel des Projektes war es auch herauszufinden, welche Maßnahmen seitens der (Stadt)verwaltung getroffen werden sollten, um die Innovation zum Wohle der BürgerInnen zu steuern und einzusetzen. Dazu sollte im Sommer 2020 in einem Teilprojekt erstmalig ein autonomer Linienbus der SWM/MVG im Münchner Olympiapark verkehren, was letztendlich aufgrund des Insolvenzfalles eines Partnerunternehmens im Zuge der Covid-19 Pandemie scheiterte (Interview 3). Zudem wurden diverse institutionelle Hürden in der praktischen Umsetzung des Teilprojekts ersichtlich, da bspw. temporäre bauliche Maßnahmen im Park durch Auflagen der kommunalen Denkmalschutzbehörde blockiert und die Zulassung des autonomen Busses durch die Straßenverkehrsbehörden ausgebremst wurden. Dennoch wird die strategische Ausrichtung des Projekts sowie der Zusammenschluss diverser Unternehmen aus der Automobilbranche (BMW, MAN), Hochschulen (TUM, UNIBW), IT-Unternehmen (PTV Group), unterstützenden Organisationen (UnternehmerTUM, SWM) und der Stadtverwaltung der LH München als wichtiger Schritt und passendes Beispiel der Funktion 1 im TIS bewertet (Interview 2).

## **TEMPUS**

Das ebenfalls vom BMVI geförderte (inoffizielle) Nachfolgeprojekt von Easyride, ist das 2021 gestartete Pilotprojekt TEMPUS („Testfeld München – Pilotversuch urbaner automatisierter Straßenverkehr) (Interview 3). Thematisch und inhaltlich überschneiden sich die zu untersuchenden Aspekte autonomer Fahrzeuge stark mit dem Projekt Easyride. Gleiches gilt auch für die Partnerunternehmen des Projekts, so sind ebenfalls u.a. die LH München, BMW, PTV, TUM und das KIT an dem Projekt beteiligt. Ziel des TEMPUS-Projekts ist es, die **Einsatzmöglichkeiten von AV im ÖPNV** zu analysieren, wobei in den Projektbeschreibungen nicht klar wird, ob damit auch Feldversuche gemeint sind (LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN 2021). Zusammenfassend lässt sich aufgrund des frühen Stadiums des Projekts nicht sagen, ob es einen entscheidenden Beitrag für unternehmerisches Experimentieren liefert, jedoch impliziert die Aufnahme von Startups wie TTS Europe (Hauptsitz München), Ebusco (Hauptsitz in den Niederlanden), Trafficon (Salzburg) sowie 3D Mapping Solutions (Holzkirchen bei München) in die Partnerlandschaft des Projekts, dass ein Fokus auf die

Erprobung innovativer Lösungen gerichtet wird. Zudem deutet die Breite der aus verschiedenen Branchen stammenden Partnerunternehmen erneut auf positive Wachstumsdynamiken und eine zunehmende, internationalisierte Entwicklung des TIS hin.

### **MAN Platooning Praxistest EDDI (Elektronische Deichsel – Digitale Innovation)**

In dem vom BVMV geförderten Projekt der MAN Truck & Bus SE, der Hochschule Fresenius München und dem der Deutschen Bahn untergeordneten Logistikunternehmen DB Schenker wurden auf dem Testfeld A9 zwischen München und Nürnberg im Jahr 2018 erstmalig automatisierte LKW-Kolonnen unter realen Verkehrsbedingungen erprobt (MAN 2019). Im Kontext der Funktion 1 ist das Projekt besonders interessant, da hier eine spezielle Anwendung autonomer Fahrsysteme (**Platooning**, vgl. Kapitel 2.4) im TIS erprobt wurde, was nach BERGEK et al. (2008: 18) ein guter Indikator für die Erfüllung der Funktion darstellt. Im Projekt EDDI wurden ähnliche Technologien zu anderen AV-Projekten getestet (bspw. der Einsatz von Lidar, V2X-Kommunikation, etc.), jedoch mit dem Ziel, diese Technologien für den speziellen Anwendungsfall autonomer Mobilität, dem Platooning, zu erproben. Das EDDI Projekt ist verglichen mit den anderen AV-Projekten im TIS daher besonders interessant, da hier erstmalig vernetzte und automatisierte LKW-Konvois auf Autobahnen getestet wurden.

### **Providentia++**

Ziel des vom BMVI geförderten Projekt Providentia++ der TUM, Fortiss, Valeo, Cognition Factory und anderen PartnerInnen ist es zwar nicht direkt, autonome Fahrzeuge bzw. Prototypen zu testen, jedoch wird u.a. die Generierung eines digitalen Echtzeit-Zwillings von Abschnitten des Testfelds A9 angestrebt (PROVIDENTIA++ o.J.). Primär sollen die Aspekte der Objekterkennung, Datenfusion, Verbesserung der Sensorgenauigkeit und Kommunikation (Schlüsseltechnologien) untersucht werden. Mithilfe von neu geschaffener Infrastruktur am Testfeld A9 werden Daten und Informationen gesammelt, die u.a. das digitale Echtzeit-Modell der A9, und die Entwicklung von Mehrwertdiensten für autonome Fahrzeuge ermöglichen, bspw. hochauflösendes Kartenmaterial (Interview 5). Der Projektfokus liegt daher tendenziell auf der Erforschung und Testung von spezieller **Verkehrsinfrastruktur**, die in Zukunft die Verkehrssicherheit autonomer Fahrzeuge durch ergänzende Sensordaten und Informationen erhöhen kann.

Zusammenfassend zeigen die diversen AV-Projekte im TIS, dass in München nicht ausschließlich Prototypen von autonomen Fahrzeugen getestet werden. Nahezu die gesamte Breite der Technologien von AV wird im TIS in öffentlich einsehbaren Projekten getestet und

verschiedene Anwendungsmöglichkeiten (u.a. Autonome Linienbusse, Platooning und Infrastruktur für AV) erprobt. Darüber hinaus werden in unternehmensinternen, häufig unter Geheimhaltung stattfindenden Projekten AV-Technologien erprobt. Die Funktion wird daher basierend auf der Anzahl und Breite der AV-Projekte sowie der Einschätzungen der ExpertInnen gut (4) erfüllt, auch in Bezug auf die Indikatoren unternehmerischen Experimentierens nach BERGEK et al. (2008) (vgl. Kapitel 4.5). Einzig die Abwesenheit von Startups und experimentierfreudigen, risikoaffinen Unternehmen in Projekten kann bemängelt werden (Interview 2). Inwieweit die Startup-Szene in München mehr Realtests ihrer Technologien durchführen wird, ist schwer absehbar. Anzunehmen ist jedoch, dass sich zunehmend mehr Jungunternehmen in Partnerprojekten wie TEMPUS bzw. Nachfolgeprojekten beteiligen werden.

### 6.2.2. Entwicklung von Wissen (F2)

F2 – Entwicklung von Wissen	
Unterkategorien	Häufigkeit
Forschungsinstitute	1
in Unternehmen	13
Überregionales Wissen	7
Universitäten	10
<b>Summe</b>	<b>31</b>

*Tabelle 8: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F2*

Diese Funktion beschreibt alle Aktivitäten der TIS-AkteurInnen, welche die Schaffung von neuem Wissen bzgl. Autonomen Fahrsystemen und Teiltechnologien fördern. Dies inkludiert u.a. Forschungstätigkeiten von Universitäten und Forschungszentren oder unternehmerische F&E-Aktivitäten, bspw. im Rahmen der oben beschriebenen AV-Projekte in München.

Wesentliche (quantitative) Kennzahlen bzw. Indikatoren für die Generierung neuen Wissens sind hierbei **Publikationen** (seitens Unternehmen, Forschungsinstituten und Hochschulen), **Patentanmeldungen** (tendenziell von Unternehmen) sowie die Anzahl von Professuren, die Größe relevanter Lehrstühle etc. an relevanten Bildungseinrichtungen. Diese Indikatoren können sowohl geographisch auf die Region München eingegrenzt werden und im zeitlichen Verlauf ausgewertet werden, um etwa erfassen zu können, ob die Anmeldung relevanter Patente in den letzten Jahren zugenommen hat, was für eine positive Erfüllung der Funktion 2 sprechen würde.

## Patentanmeldungen

Um relevante Patente zu finden, wurde eine Auswertung der Datenbank des Europäischen Patentamts (*Espacenet*) durchgeführt. Per Keyword-Suche nach GANDIA et al. (2019) bspw. mit Suchbegriffen wie „autonomous driving / vehicles / car“, „fully automated vehicle“, „vehicle automation“, „driverless car“ etc. wurden insgesamt 1.611 Resultate bzw. Patentanmeldungen im Zeitraum von 1990 bis einschließlich 2020 gefunden. Davon konnten insgesamt 299 Patentanmeldungen herausgefiltert werden, die sich eindeutig auf das TIS in München beziehen.

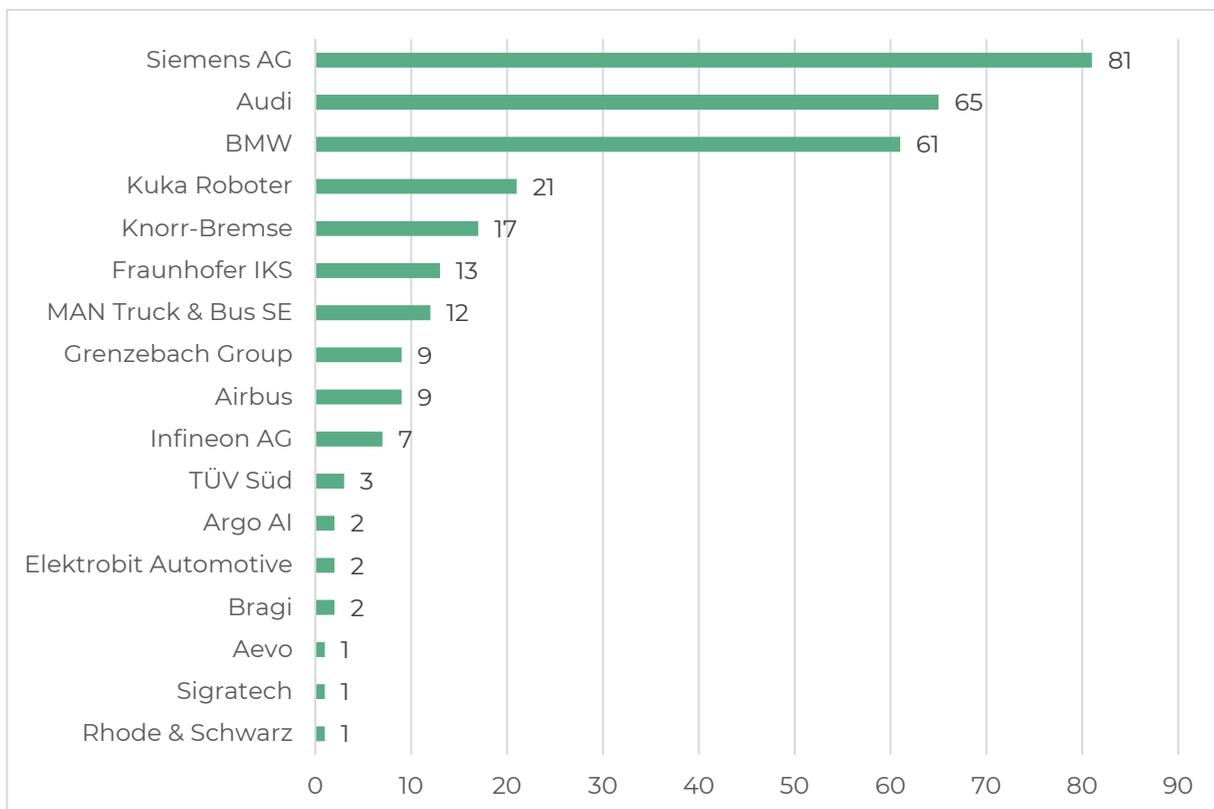


Abbildung 20: Anzahl der Patentanmeldungen zwischen 1990 und 2021 im TIS (n=299)

Wie in der Grafik zu erkennen ist, gehen die meisten Patentanmeldungen von Unternehmen aus, insbesondere von den großen Konzernen Siemens, Audi und BMW. Mit Argo AI und Sigratech sind zusätzlich zwei Startups vertreten, die Patente anmelden.

Betrachtet man den zeitlichen Verlauf der Patentanmeldungen im TIS in Abbildung 21, fällt auf, dass die meisten AV-Patente in den letzten Jahren angemeldet wurden.

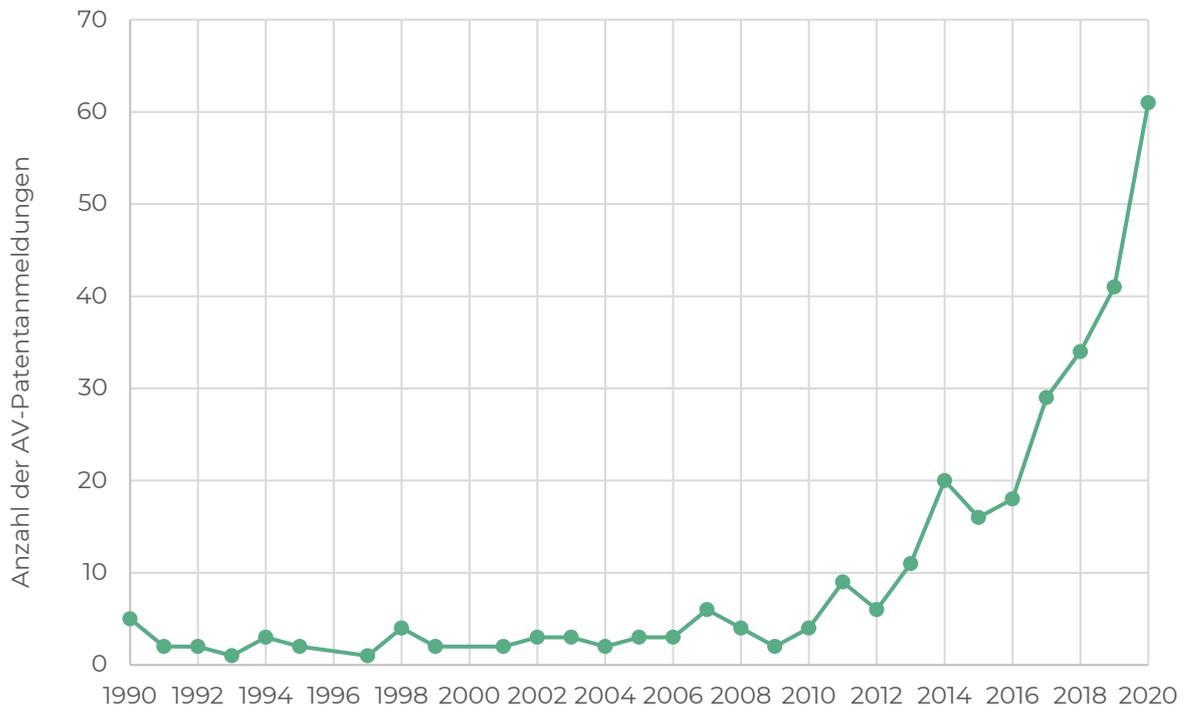


Abbildung 21: Entwicklung der Patentanmeldungen im TIS zwischen 1990 und 2021

Diese Entwicklung ist ein Indikator dafür, dass besonders in den letzten Jahren viel Wissen im TIS generiert wurde.

Als Zwischenfazit wird festgehalten, dass die Automobilindustrie mit Abstand am meisten Patente im TIS anmeldet und daher möglicherweise mehr Wissen generiert als Startups oder andere TIS-Akteure.

### Publikationen

Publikationen zu Themen des autonomen Fahrens wurden in der online Datenbank *Web of Science* (WOS) per Keyword-Suche gefunden, analog zur Vorgehensweise bei der Patentanalyse. Die Ergebnisse wurden anschließend gefiltert und auf das TIS in der Region München eingegrenzt sowie Publikationen von AkteurInnen außerhalb des TIS entfernt. Eine Übersicht der verbleibenden AkteurInnen und die Anzahl ihrer Publikationen ist in folgender Abbildung 22 dargestellt.

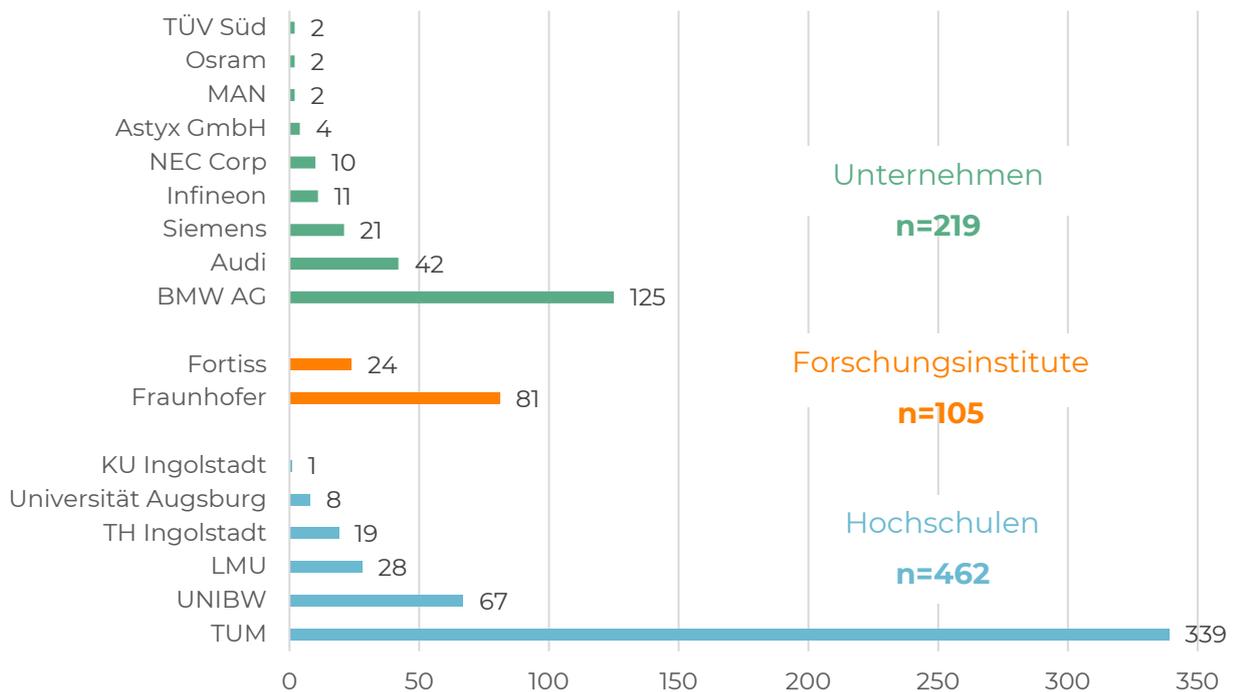


Abbildung 22: Anzahl an Publikationen nach TIS-Akteuren (1990 – 2020)

Die mit Abstand meisten Publikationen stammen von der TU München, was bereits auf die zentrale Rolle der Universität bei der Generierung neuen Wissens im TIS schließen lässt. Auffällig ist auch, dass einige Unternehmen – z.B. BMW, Audi, Siemens – zahlreiche Publikationen in der Datenbank aufführen und in der Wissensgenerierung im TIS aktiv sind. Die wenigsten Veröffentlichungen stammen von Forschungsinstituten, wobei hier die Fraunhofer Gesellschaft mit 81 Veröffentlichungen auf Platz drei aller Akteure steht.

Da die AkteurInnen in der Abbildung erst nach der Datenerhebung auf das TIS eingegrenzt wurden, ist es sogar möglich die Akteure hinsichtlich der Anzahl an Publikationen international zu vergleichen, was jedoch nicht in der Grafik abgebildet wird, da insgesamt über 1.461 AV-Akteure in dem WOS-Datensatz vertreten sind. Interessant ist hier, dass die TUM sich selbst im internationalen Vergleich im oberen Bereich bewegt und lediglich die *University of California, Berkeley* mit 850 Resultaten mehr AV-Veröffentlichungen als die TUM aufweist. Gefolgt wird die TUM im internationalen Vergleich von der *Tsinghua-Universität* in Beijing, China (276 Publikationen) sowie dem *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) in Boston, USA (263 Publikationen).

Die zentrale Rolle der TU München als wesentlicher Schrittmacher für Wissensgenerierung im Bereich AV wird explizit durch die interviewten ExpertInnen bestätigt (Interview 1, 2, 3, 4, 5).

Darüber hinaus nahmen in der Vorlesung über autonomes Fahren am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik im Sommersemester 2020 bis zu 700 Studierende teil, was von ExpertIn 1 als einer von vielen Indikatoren für die Bedeutung der Universität für die Funktion der Wissensgenerierung im TIS bewertet wird. Zudem wird die Qualität des generierten Wissens von Hochschulen von den ExpertInnen als sehr hoch eingestuft, da grundsätzlich ein starker Praxisbezug vorherrscht (Interview 1). Die langjährige Koppelung von Forschung an der TU mit PartnerInnen aus der Industrie – bspw. BMW – kann hierfür als eine mögliche Erklärung herangezogen werden. Ein Indiz hierfür ist neben durchgeführten Projekten auch die von ExpertIn 3 beschriebene Dynamik zwischen Forschung und Unternehmen; eine zweistellige Zahl von DoktorandInnen von der TU München arbeitet in verschiedenen Abteilungen bei BMW an der Entwicklung autonomer Fahrzeuge (Stand 2021), Tendenz steigend.

Auch die Kombination von verschiedenen Forschungsfeldern wie Fahrzeugtechnik sowie KI-Forschung bzw. ein Fokus sowohl auf Hardware als auch auf Software bezogenes Wissen an der TU wird als Katalysator für die Wissensgenerierung betrachtet (Interview 1, 3, 5).

Generell wird festgehalten, dass die Funktion 2 primär von der Automobilindustrie und der Forschung (an der TUM) erfüllt wird. Lediglich Forschungsinstitute scheinen hierbei eine leicht untergeordnete Rolle einzunehmen, was sowohl in der Analyse von Patentanmeldungen sowie Publikationen als auch in der Einschätzung der ExpertInnen ersichtlich wird, da keine der ExpertInnen Forschungseinrichtungen als wichtige AkteurInnen bei der Wissensgenerierung erwähnten. Einerseits kann die geringe Anzahl von Forschungsinstituten und der Mangel von Aktivitäten seitens Forschungszentren dafürsprechen, dass die Wissensgenerierung im TIS dadurch eingeschränkt wird. Andererseits ist es möglich, dass durch langfristige Kooperationen ausreichend praxisorientiertes Wissen seitens der Universitäten und der Unternehmen in München entwickelt wird und Forschungszentren daher nicht unbedingt erforderlich sind, um neues Wissen über autonomes Fahren zu generieren.

Abschließend wird die Funktion als sehr stark (5) beurteilt, da von zahlreichen, branchenübergreifenden AkteurInnen im TIS erheblich Wissen über alle Aspekte autonomer Fahrzeuge generiert wird. Auch der Trend der letzten Jahre spricht dafür, dass sowohl in der interdisziplinären Forschung als auch in der Automobilindustrie zunehmend Expertise über AV geschaffen und gebündelt wird.

### 6.2.3. Verbreitung von Wissen (F3)

F3 – Verbreitung von Wissen	
Unterkategorien	Häufigkeit
Mangelnder Austausch Behörden	8
Überregionale Netzwerke	6
Formelle Netzwerke	48
Informelle Netzwerke	13
<b>Summe</b>	<b>75</b>

Tabelle 9: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F3

Inwieweit das von Unternehmen und Hochschulen geschaffene Wissen impliziter Natur bzw. kodifizierbar und daher leichter zu verbreiten ist, gilt es mit Funktion 3 zu erfassen. Generell wird beim Thema der Wissensverbreitung von den interviewten ExpertInnen die Meinung vertreten, dass insbesondere Wissen über AV-Technologien international verteilt wird (Interview 1, 5). Für das TIS in München bedeutet dies, dass sowohl der Wissensaustausch zwischen den Akteuren im TIS als auch der Austausch mit (inter)nationalen AkteurInnen außerhalb der Region berücksichtigt werden muss, um bewerten zu können, wie gut die Funktion 3 erfüllt wird. Die Netzwerkanalyse in Kapitel 6.1.3 zeigte bereits, dass generell eine gute Vernetzung der TIS-AkteurInnen mit internationalen Schlüsselfiguren vorhanden ist, zumindest wenn man diese Anhand von Informationen öffentlich einsehbarer Kooperationsprojekte zu autonomen Fahrzeugen misst. Weiterhin erklärt auch die multinationale Unternehmensstruktur von BMW und die große Anzahl von internationalen Konzernen mit Standort in München die globalen Verflechtungen der TIS-AkteurInnen (Interview 5).

#### Ausbaufähiger Austausch zwischen Unternehmen

Zudem zeigte die Netzwerkanalyse, dass einige AkteurInnen aus unterschiedlichen Fachrichtungen, ohne direkten oder starken Bezug zu AV in Projekten mit dem Ziel der Entwicklung autonomer Fahrzeuge beteiligt sind, bspw. IT-Dienstleister wie IBM oder Halbleiterhersteller wie Intel, welche gemeinsame Projekte mit Automobilherstellern wie BMW durchführen. Dieser Umstand ermöglicht möglicherweise einen leichteren Wissensaustausch, da zwischen den genannten Unternehmen tendenziell kein direkter Wettbewerb herrscht. Auf der anderen Seite wird von ExpertIn 1 die Geheimhaltung von Informationen, welche prinzipiell von den meisten Unternehmen, die an AV arbeiten, vollzogen wird als mögliches Hindernis aufgeführt. Da es sich um sehr komplexe Technologien handelt, die das Potenzial haben, entscheidende Marktvorteile für diejenigen Unternehmen zu bringen,

die zuerst marktreife Produkte liefern, ist es anzunehmen, dass in einigen Disziplinen autonomer Fahrzeuge wenig Wissensaustausch stattfindet. In erster Linie können hier Daten gemeint sein, die während Testfahrten in München erhoben werden, um bspw. Algorithmen für Objekterkennung oder Fahrentscheidungen zu optimieren. Die Gewinnung solcher Realdaten aus Tests ist mitunter sehr kosten- und zeitintensiv, was gerade bei kleineren Unternehmen oder Startups eine Barriere für den Austausch von Wissen zwischen potenziell konkurrierenden Unternehmen darstellen kann. Auf der anderen Seite kann argumentiert werden, dass ein solcher Marktwettbewerb auch dafürspricht, dass bereits viele AkteurInnen Teil des TIS sind.

### **Sehr guter Austausch zwischen Unternehmen und Hochschulen**

Basierend auf der Netzwerkanalyse sowie den ExpertInnengesprächen ist der formelle (anhand von Projekten identifizierte) Wissensaustausch zwischen Hochschulen und Unternehmen am stärksten ausgeprägt. Lediglich von ExpertIn 6 wird der Wissensaustausch im TIS als mangelhaft bewertet, da insbesondere die großen Player aus der Industrie zu stark von der Forschung abgekoppelt agieren. Durch die Beteiligung in Forschungsprojekten profitiert die Wissenschaft von praktischen Anwendungsmöglichkeiten ihrer erforschten Themen, während Unternehmen von neuem, wissenschaftlich basiertem Wissen Gebrauch machen können.

Wie bei der vorigen Funktion 2 – Wissensgenerierung muss an dieser Stelle die essenzielle Rolle der TUM bei der Wissensvermittlung zwischen Unternehmen und Forschung betont werden. Insgesamt wird die TUM von allen ExpertInnen als wesentliche Schrittmacherin für den Wissensaustausch im TIS gesehen und bestätigt damit die in der Netzwerkanalyse ermittelte zentrale Rolle der Universität.

### **Sehr guter Austausch zwischen Hochschulen**

Während die Diffusion von Wissen zwischen Unternehmen im TIS tendenziell durch Dynamiken des Marktwettbewerbs gekennzeichnet ist und dadurch gehemmt wird, ist der Austausch zwischen Hochschulen besser ausgebaut. Da die Hochschulen im TIS grundsätzlich das gleiche Ziel – die Entwicklung autonomer Fahrsysteme – haben, wird hier mehr Wissen transferiert, was zu einer Forschungskonvergenz führt (Interview 1). Diese Kooperationen der Hochschulen beschränken sich jedoch nicht nur auf die Region München und das TIS, sondern umfassen zudem Wissensaustausch mit (inter)nationalen Universitäten. Dies wird bspw. im Projekt Easyride ersichtlich, in dem neben Unternehmen und der LH München die TUM, die UNIBW sowie das Karlsruher Institut für Technologie und die Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin gemeinsam forschen.

## **Ausbaufähiger Austausch zwischen Unternehmen & Hochschulen mit Behörden**

Trotz des sehr guten Wissensaustausches zwischen Unternehmen und Forschung sowie dem moderaten Wissensfluss zwischen Unternehmen, findet im TIS vergleichsweise wenig Vermittlung zwischen administrativen, behördlichen Einrichtungen und den restlichen TIS-AkteurInnen statt (Interview 1, 3, 4, 5). Auch wenn die LH München in AV-Projekten im TIS beteiligt ist, wird von den ExpertInnen ein mangelndes Interesse an autonomen Fahrzeugen seitens der Stadt wahrgenommen (Interview 5). Dennoch nehmen VertreterInnen der LH bspw. an regelmäßig organisierten Treffen teil, in denen Zwischenergebnisse von Projekten wie Providentia++ besprochen werden und alle PartnerInnen auf den gleichen Stand gebracht werden sollen, obwohl die LH nicht als assoziierte ProjektpartnerIn beteiligt ist. Abseits der formellen Beteiligung und Interessenvertretung der LH München in AV-Projekten im TIS wird von den ExpertInnen tendenziell die Meinung vertreten, dass zu wenig Koordination von Projekten und Aktivitäten seitens der Stadt München im TIS und der übergeordneten Politik (bspw. durch das BMVI) stattfindet.

Laut ExpertIn 3 gibt es in München tendenziell zu viele (informelle) Netzwerke. Dies bedeutet einerseits, dass bereits ein reger Austausch von Wissen im TIS stattfindet, dies aber nicht optimal von allen Akteuren gesteuert wird. Hier spiegelt sich auch die ausbaufähige Koordination von Wissenstransfers wider. Um dem entgegenzuwirken und den Wissensaustausch im TIS zu fördern, werden in der Region diverse Netzwerkveranstaltungen organisiert. Informelle Veranstaltung dieser Art sind bspw. die (online) NutzerInnengruppen (*user groups*) „Autonomous Driving München“ (aktuell 3.312 Mitglieder) und „Autonomous Vehicle Safety München“ (449 Mitglieder) auf der online Plattform [meetup.com](https://www.meetup.com) (Interview 2). Solche sozialen Netzwerke dienen primär dem informellen Austausch von Wissen über AV auf der Website sowie der Organisation und Bündelung von Paneldiskussionen, Vorträgen, Seminaren und Webinaren in der Region. Auch wenn diese *user groups* seit 2020 hauptsächlich online stattfinden, nehmen grundsätzlich verschiedene TIS-AkteurInnen – bspw. BMW, TUM oder IBM – an diesen Events teil, die vor der Covid-19 Pandemie bspw. in Tagungsräumen von BMW, TÜV Süd oder IBM in München ausgetragen wurden. Zusätzlich findet hier eine Vernetzung mit globalen AkteurInnen wie bspw. Tesla Motors statt, die ansonsten wenig Bezug zum TIS in München haben, international jedoch eine Voreiterrolle bei autonomen Fahrzeugen einnehmen, was erneut den überregionalen Charakter der Wissenstransfers unterstreicht.

Darüber hinaus ist München regelmäßiger Austragungsort der eMove360° Europe, einer internationalen Fachmesse für Themen der modernen Mobilität, bspw. Elektromobilität, vernetzte und autonome Fahrzeuge. Im Rahmen der jährlich stattfindenden Messe werden auch Konferenzen, Treffen und andere Events zu Themen von AV abgehalten, welche neben der Vernetzung der TIS-AkteurInnen auch Möglichkeiten zum Wissensaustausch mit branchenfremden Unternehmen und Einzelpersonen bietet und damit einen Beitrag zu Funktion 3 leisten. Ähnliches gilt auch für die im September 2021 in München geplante Internationale Automobil Ausstellung Mobility (IAA). Anwendungen autonomer Mobilität sollen hier im Rahmen der IAA nicht ausschließlich in klassischen Messe-Ausstellungen, sondern im gesamten Stadtgebiet Münchens in Form von partizipativ gestalteten Mini-Workshops präsentiert werden (IAA o.J.). Hierbei wird folglich nicht nur die Vernetzung von Unternehmen oder anderen TIS-AkteurInnen priorisiert, sondern auch ein Dialog mit potenziellen KundInnen autonomer Fahrzeuge angestrebt, wobei fraglich bleibt, inwieweit hier lediglich Unternehmensmarketing und Produktwerbung im Vordergrund stehen. Dennoch kann das Kernkonzept der IAA mit dem Austragungsort München als möglicher Faktor bei der Übertragung von Wissen im TIS betrachtet werden (Interview 2). Da die IAA normalerweise in Frankfurt im Main stattfindet und Konzeptfahrzeuge sowie andere Entwicklungen in der PKW-Industrie ausgestellt werden, ist es besonders interessant, dass München im Jahr 2021 erstmalig der Veranstaltungsort der Messe ist und zudem ein neues, mehr auf das Thema Mobilität als auf PKWs zugeschnittenes Konzept pilotiert.

Abschließend wird die Funktion 3 stark (4) erfüllt, da bereits ein guter, wenn auch teilweise nicht koordinierter und sehr informeller Austausch von Wissen über autonomes Fahren zwischen den AkteurInnen im TIS stattfindet. Besonders der erwähnte, mangelhafte Austausch mit administrativen Einrichtungen bzw. der LH München abseits der Projekte Easyride und TEMPUS sorgt dafür, dass die Funktion nicht so gut wie erforderlich erfüllt wird. Indizien für eine zunehmende Beteiligung von Behörden und dadurch gesteigerten Wissensaustausch ist u.a. die Eröffnung des Mobilitätsreferats der LH München im Jahr 2021 und die Initiierung des Projekts TEMPUS (vgl. Kapitel 6.2.1) (Interview 2, 4).

#### 6.2.4. Steuerung der AkteurInnen (F4)

F4 – Steuerung der AkteurInnen	
Unterkategorien	Häufigkeit
Problem Datenschutz	6
Allgemein fehlende Richtungsweisung	22
Zu viel Bürokratie	20
Fehlende Gesetzgebungen	23
Vorhandene politische Ziele	18
<b>Summe</b>	<b>89</b>

*Tabelle 10: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F4*

Dass möglicherweise zu wenig Wissensaustausch zwischen den Unternehmen/Hochschulen mit der Politik und Stadtverwaltung in München stattfindet, hat auch Auswirkungen auf die Funktion 4 bzw. lässt sich u.a. durch eine verbesserbare Richtungsweisung und Steuerung der AkteurInnen seitens politischer EntscheidungsträgerInnen erklären, was im Folgenden diskutiert wird.

In der Strukturanalyse konnten nur wenige Institutionen identifiziert werden, welche einen Einfluss auf das TIS nehmen. Dies ist ein erstes Indiz für eine allgemein fehlende Richtungsweisung, wie sich die Technologie um AV entwickeln soll und wie autonome Fahrzeuge im Kontext des Transformationsprozess der (Münchner) Automobilindustrie von politischen EntscheidungsträgerInnen betrachtet werden. Ohne ausgebaute und abgestimmte institutionelle Rahmenbedingungen ist es aus Sicht von Behörden schwierig, die Entwicklung des TIS zu begünstigen.

Übergeordnet wird zunächst von allen ExpertInnen eine allgemein **fehlende Richtungsweisung** bzw. eine nicht ausreichend präzise Vision zu AV, teilweise speziell seitens der Bundesregierung bemängelt, was sich auch auf das TIS in München auswirkt. Im speziellen wird bspw. von ExpertIn 4 darauf hingewiesen, dass sich kommunale AkteurInnen wie die LH München bei der Frage, wie die Entwicklung autonomer Fahrzeuge gefördert werden soll oder welche Einsatzszenarios priorisiert werden sollen etc. oftmals nicht auf vorgegebene Rahmenbedingungen (bspw. Visionen und klare, politische Ziele oder konkrete Gesetzgebungen von der Bundesregierung (oder sogar der EU-Kommission) berufen können (Interview 4). Wie sich in der Netzwerkanalyse und im Kapitel 6.2.1 herausstellte, wirkt das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) als VertreterIn der Bundesregierung in den wichtigsten AV-Projekten in München zwar als Förder- bzw. AuftraggeberIn mit und arbeitet bspw. aktiv an Gesetzesnovellierungen auf Bundesebene, um

Testfahrten von AV ohne im Fahrzeug befindliche SicherheitsfahrerInnen in Deutschland zu erlauben (Interview 5). Jedoch fällt die Entscheidungsverantwortung, wie Projekte zu AV konkret umgesetzt werden und vor allem welche Ziele damit verfolgt werden sollen tendenziell auf die umsetzenden Unternehmen und kommunale Behörden zurück, was von allen interviewten Personen als Hürde gesehen wird. Politische Vorgaben, dass Anwendungen autonomer Fahrzeuge in München bspw. primär zur Entlastung oder als Ergänzung des ÖPNV erforscht werden soll, oder dass sich die Automobilbranche mit AV-Technologien beschäftigen soll, um den Wirtschaftsstandort München zu stärken werden bspw. nicht klar genug kommuniziert und sorgen für eine fehlende Richtungsweisung (Interview 4, 5).

Dieser Umstand wird bei der Umsetzung von AV-Projekten im TIS durch weitere institutionelle Barrieren erschwert, insbesondere durch den Aspekt bürokratischer Aufwände, die es im Rahmen von Projekten zu überwinden gilt (Interview 1). Generell werden hier die oftmals lang andauernden Genehmigungsprozesse – bspw. wenn es um die Zulassung von AV-Prototypen geht – bemängelt (Interview 1, 3, 4). Im Projekt Easyride war es im Rahmen eines geplanten Tests eines autonom fahrenden Linienbusses bspw. schwer möglich, temporäre bauliche Veränderungen im Olympiapark durchzuführen, da diese aufgrund von Auflagen des Denkmalschutzes verhindert wurden und nur durch langwierige Genehmigungsverfahren hätten realisiert werden können (Interview 3). Ähnliches galt auch beim Projekt Providentia++, wo bspw. zahlreiche Genehmigungen für die Anbringung von Sensorik, 5G-Infrastruktur etc. an der Autobahn A9 für sehr langwierige Prozesse verantwortlich waren.

Auf der anderen Seite wird von den meisten interviewten ExpertInnen die allgemeine **Aufgeschlossenheit der Politik** – sowohl auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene in München – gegenüber innovativen Technologien wie autonomen Fahrzeugen als positiv angesehen (Interview 1, 2, 3, 4). Die Politik hat demnach auch erkannt, dass autonome Fahrzeuge eine aufstrebende Technologie mit breiten Anwendungsmöglichkeiten ist und engagiert sich grundsätzlich für die Förderung dieser (Interview 1, 2). Darüber hinaus erarbeitete die Bundesregierung bzw. das BMVI diverse Strategiepaper zu Themen des autonomen und automatisierten Fahrens, bspw. die Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren (2015) oder den Maßnahmenplan zum Bericht der Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren (2017). Während diese Strategiepaper keinen direkten Bezug zum TIS haben, nehmen die beschlossenen Ziele und definierten Handlungsfelder einen Einfluss auf die Entwicklung des TIS.

Auch wenn fehlende, konkrete Gesetzgebungen von den ExpertInnen als Barrieren im TIS bewertet wurden, gilt es erneut auf die im Mai 2021 beschlossene Änderung des Gesetzes bzgl. autonomen Fahrens hinzuweisen. In dem Gesetz wird u.a. als Ziel angegeben, bis 2022 Fahrzeuge mit autonomen Fahrfunktionen (SAE Stufe 4) in den Regelbetrieb aufzunehmen und dadurch eine erhöhte Verkehrssicherheit sowie umweltfreundlichere Mobilität zu fördern (BUNDESREGIERUNG 2021b). Zudem werden auch spezielle Einsatzszenarien wie autonomer Shuttle-Verkehr, autonome last-mile Personenbeförderungen oder autonomes Valet-Parken vom Gesetz abgedeckt. Diese Gesetznovellierung ist zwar ein wichtiger Schritt in der Schaffung von klaren, regulatorischen Richtlinien, wird aber in ihrer Formulierung oftmals als zu unpräzise und vorsichtig wahrgenommen (Interview 2, 3). Als Beispiel wird hier von ExpertIn 3 der Aspekt von Softwareupdates angeführt, welcher noch in keiner Gesetzgebung erwähnt wird. Rechtlich ist es bspw. nicht geklärt, ob ein autonom fahrendes Fahrzeug nach einem Softwareupdate – welches vorhandene autonome Fahrfunktionen verbessern oder verschlechtern könnte – eine neue Zulassung für den Straßenverkehr benötigt oder nicht (Interview 3).

Die Problematik **restriktiver Datenschutzbestimmungen** in Deutschland wird ebenfalls von den ExpertInnen als Hindernis bei der Entwicklung und Testung von autonomen Fahrtechnologien gesehen (Interview 1, 2, 3, 6). Zum Beispiel müssen im Rahmen des Projekts Providentia++ alle erhobenen Bilddaten so weit anonymisiert werden, dass keine KFZ-Kennzeichen oder Gesichter von Personen erkannt werden können (Interview 5). Auch bei anderen Testfahrten autonomer Fahrzeuge müssen alle Aufnahmen aus Kameras – welche beispielsweise für die Verbesserung von Objekterkennungsalgorithmen wichtig sind – eine Anonymisierung von gefilmten Personen gewährleisten, was einen erheblichen Mehraufwand für unternehmerisches Experimentieren im TIS bedeutet (Interview 6).

Auf kommunaler Ebene im TIS agiert – wie in Kapitel 6.1.4 dargelegt – die LH München als steuernde administrative Einheit. Dies wird besonders durch die Beteiligungen an AV-Projekten in der Region deutlich, insbesondere im von der Stadt geleiteten Projekt Easyride. Zudem wird durch die Schaffung der Inzell-Initiative durch die Stadt München, BMW und anderen Unternehmen auf eine verbesserte Koordinierung von AkteurInnen in der Region abgezielt (Interview 3). Dies umfasst auch die Ausrichtung von Aktivitäten zur Förderung von AV, wobei die derzeitigen Schwerpunkte eher auf der Koordinierung aller StakeholderInnen im Mobilitätssystem Münchens liegen.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass fehlende Richtungsweisungen seitens der dem TIS übergeordneten politischen Behörden auf Bundes- sowie Landesebene eine größere Hürde für die Entwicklung des TIS darstellen als die ebenfalls als ausbaufähige bzw. zu passiv empfundene Vision seitens der Stadtverwaltung Münchens (Interview 3). Folglich werden von den ExpertInnen tendenziell übergeordnete, bundesweit geltende Probleme wie unpräzise Gesetzgebungen zum autonomen Fahren, sowie strenge Datenschutzbestimmungen als Hindernisse gesehen, die sich auch auf das betrachtete TIS in München auswirken.

Im TIS wird die Erprobung autonomer Fahrzeuge (F1) zudem von lokalen bürokratischen Aufwänden begleitet, was die Steuerung der AkteurInnen zusätzlich erschwert. Prinzipiell scheint die Förderung von AV-Aktivitäten seitens der Stadt München lediglich eine von mehreren Maßnahmen zur Erreichung von Zielen wie nachhaltiger und effizienterer Mobilität in der Stadt zu sein. Bis auf die AV-Projekte Easyride und TEMPUS konnte bislang keine Anzeichen für eine aktivere Steuerung der AkteurInnen durch die Landeshauptstadt – bspw. durch klar definierte Ziele im derzeit entwickelten Mobilitätsplan – gefunden werden. In dem Mobilitätsplan der LH wird AV lediglich als eine neue Technologie betrachtet, deren Chancen und Möglichkeiten für eine nachhaltige Mobilitätsentwicklung nicht ignoriert werden sollte (LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN 2019).

Die Funktion 2 wird derzeit nur moderat (3) erfüllt, wobei anzumerken ist, dass sich dies in den nächsten Jahren vermutlich ändern wird. Neue AV-Projekte im TIS (z.B. TEMPUS), die Neueinrichtungen eines Mobilitätsreferats in München, welches sich künftig mehr mit autonomen Fahren im Kontext nachhaltiger Mobilitätskonzepte beschäftigen will (Interview 3) und die im Mai 2021 beschlossene Novellierung des Gesetzes zum automatisierten Fahren sprechen dafür, dass die Steuerung der AkteurInnen im TIS in Zukunft verbessert werden kann.

### 6.2.5. Formierung von Märkten (F5)

F5 – Formierung von Märkten	
Unterkategorien	Häufigkeit
Überregionale Nachfrage	13
Artikulierte Nachfrage in München	5
Visionen seitens Unternehmen	8
<b>Summe</b>	<b>26</b>

Tabelle 11: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F5

Die Entstehung von Märkten im TIS in der Region München wurde anhand von Positionen und der artikulierten Nachfrage von Unternehmen und potenziellen KundInnen im TIS ermittelt. Wenn Märkte für autonome Fahrzeuge nicht existieren oder unterentwickelt sind, kann dies als Zeichen für die frühe Phase der Entwicklung des TIS gesehen werden. Da weltweit noch kein kommerzielles Produkt auf dem Markt ist, welches eindeutig als autonomes Fahrzeug (Stufe 4-5) bezeichnet werden kann oder als solches vermarktet wird, ist es vorrausichtlich auch im TIS der Fall, dass wenig bis keine Märkte für AV vorhanden sind. Als potenzielle KundInnen für marktreife, autonome Fahrzeuge in München können im TIS lediglich die Verkehrsunternehmen MVG und FlixBus gesehen werden, welche beide grundsätzliches Interesse an der Verwendung von autonomen U-Bahnen bzw. Bussen bekundet haben (SWM, persönliche E-Mail Kommunikation).

Für eine Beurteilung der Funktion 5 muss jedoch möglichst die gesamte Wertschöpfungskette autonomer Fahrtechnologien berücksichtigt werden, zumal in AV verschiedene Schlüsseltechnologien zum Einsatz kommen, um die möglicherweise bereits Märkte entstehen oder vorhanden sind.

Indikatoren für die bevorstehende marktreife bzw. das Entstehen von Märkten, wie die Entstehung von (Technologie)Standards nach Bergek et al. (2008: 18) sind im TIS nicht erkennbar und deuten auf den frühen Entwicklungsstand der Marktformierung hin. Als Beispiel hierfür wird das Providentia++ Projekt erwähnt. Im Rahmen des Projekts erheben verschiedene Unternehmen unterschiedliche Daten für die Schaffung einer externen Infrastruktur für autonome und vernetzte Fahrzeuge (bspw. Kartenmaterial, Objekterkennungsalgorithmen), welche wiederum fusioniert werden müssen, um einen digitalen Zwilling von Abschnitten der Autobahn A9 zu erstellen. Mithilfe dieses digitalen Zwillings ist es wiederum möglich, Soll-Daten an Fahrzeuge zu übermitteln und bspw. einen effizienteren Verkehrsfluss zu erreichen oder in Zukunft die Ist-Daten der Sensorik von AV durch externe Infrastrukturen zu komplementieren. Jedoch gibt es weder für die Erhebung der Daten noch für die

Datenfusionierung vorgegebene Standards, an die man sich halten muss. Viel mehr werden spezielle Lösungen der einzelnen ProjektpartnerInnen entwickelt und deren Zusammenschluss in einem experimentellen Setting getestet. Ziel ist es mit den Erkenntnissen aus dem Projekt in Zukunft auch kommerzielle Anwendungen zu entwickeln und zu vermarkten, allerdings erschwert das Fehlen von Standards diesen Schritt von Tests zu fertigen Produkten oder Dienstleistungen zu gelangen (Interview 5).

Gemäß den Einschätzungen der ExpertInnen ist die Nachfrage nach autonomen Fahrzeugen international und beschränkt sich nicht auf AkteurInnen des TIS in München (Interview 1, 2, 3, 4, 5, 6). Zukünftige Hersteller von autonomen Fahrzeugen im TIS wie BMW orientieren sich dementsprechend an globalen Nachfragetrends und entwickeln AV-Technologien für internationale Märkte (Interview 4).

Trotz dieser Einschätzung der ExpertInnen, dass Unternehmen im TIS tendenziell AV-Produkte und Lösungen so entwickeln, dass diese global einsetzbar sind, finden bereits erste Dynamiken bei der Marktentstehung im TIS statt, welche sich allerdings auf den B2B-Bereich und die Schlüsseltechnologien beschränken. Beispielsweise entwickeln Unternehmen wie Blickfeld oder Toposens Lidar- bzw. Ultraschall- Sensormodule, welche wiederum an Fahrzeugbauer wie Audi und BMW verkauft werden (Interview 2). Ähnliches gilt auch für Geschäftsbeziehung zwischen NVIDIA und Audi, bei denen NVIDIA spezielle Technologien wie u.a. Chipsätze für KI-Anwendungen autonomer Fahrzeuge entwickelt und an Audi verkauft (NVIDIA CORPORATION o.J.). Weitere Beispiele für solche Dynamiken im TIS finden sich im Produktportfolio des Halbleiterherstellers Infineon, welcher bspw. speziell auf Anwendungsszenarien autonomer Fahrzeuge zugeschnittene Lösungen für Sensorfusion und andere Halbleiterlösungen wie Mikrocontroller anbietet (INFINEON AG o.J.). Im Bereich der Lokalisierung bzw. Erstellung von Kartenmaterial, bietet das Startup 3D mapping solutions kommerzielle Leistungen wie die Kartierung von Straßenabschnitten für spezielle Anwendungsfälle und Tests von autonomen Fahrzeugen an und richtet sich damit u.a. an Unternehmen aus der Automobilindustrie im TIS als potenzielle AbnehmerInnen (3D MAPPING SOLUTIONS GMBH o.J.).

Zusammenfassend wird festgehalten, dass für vollständige autonome Fahrzeuge noch keine Marktformierung im TIS feststellbar ist. Im Gegensatz dazu gibt es erste Indikatoren für Marktdynamiken im B2B-Bereich, insbesondere bei den im TIS aktiven Unternehmen im Bereich von AV-Schlüsseltechnologien. Die Funktion 5 wird folglich nur schwach (2) erfüllt,

es sind jedoch erste Anzeichen für eine Erweiterung der Automobilzulieferindustrie um IT-Unternehmen und Sensorherstellern vorhanden.

### 6.2.6. Mobilisierung von Ressourcen (F6)

F6 – Mobilisierung von Ressourcen	
Unterkategorien	Häufigkeit
Primär ausländische Fachkräfte	8
Fachkräftemangel	7
Ausreichend Humanressourcen	11
Mangelnder Ausbau der Infrastruktur	7
Ausreichend finanzielle Ressourcen	17
Venture Capital	7
Zu wenig Förderung vom Bund	5
Zu wenig Förderung vom Land	2
Zu wenig Förderung von der Stadt	3
Zu wenig finanzielle Ressourcen für Startups	14
<b>Summe</b>	<b>81</b>

Tabella 12: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F6

Anhand von Indikatoren wie (der zeitlichen Entwicklung von) Humanressourcen, finanziellen Ressourcen und physischer Infrastruktur im TIS, können Rückschlüsse gezogen werden, inwieweit die Funktion 6 erfüllt wird.

#### Humanressourcen

Fachkräfte und Humanressourcen im Bereich autonomer Fahrtechnologien werden im TIS nach Einschätzung der ExpertInnen primär von der TU München geschaffen (Interview 3, 4, 5, 6). Dies erklärt sich u.a. durch die bereits erläuterte tragende Rolle der TUM in diversen AV-Projekten (F1), bei der Generierung und Verbreitung von Wissen (F2 & F3) sowie den diversen Studienprogrammen und Lehrveranstaltungen am Campus (Interview 1). Auch die in Kapitel 6.2.2 besprochene Wechselbeziehung zwischen der TUM und BMW und der oftmals direkte Übergang von DoktorandInnen der TU zu Beschäftigungsverhältnissen bei BMW wird von den ExpertInnen als Beispiel für eine positive Erfüllung der Funktion 6 gesehen. An dieser Stelle ist es besonders interessant, dass die Anzahl von TUM-AbsolventInnen, die anschließend in Unternehmen wie BMW autonome Fahrzeuge entwickeln, in den letzten Jahren zugenommen hat (Interview 4). Dieses Phänomen beschränkt sich dabei nicht nur auf die TUM und BMW, auch GründerInnen von Startups im TIS – bspw. Cognition Factory, Fernride oder Blickfeld – wurden an der TUM ausgebildet.

Dem gegenüber wird im TIS von den ExpertInnen teilweise ein ausgeprägter Fachkräftemangel im Bereich autonomes Fahren und verbundenen Technologien wahrgenommen (Interview 1, 2, 3). Generell fehlt es in der IT-Branche im TIS (sowie generell in Deutschland) an ausgebildeten Fachkräften, was auch Unternehmen im Bereich AV negativ bemerken (Interview 1). Speziell in den Bereichen der Schlüsseltechnologien wie Objekterkennung/computervision und Kommunikation/Vernetzung von Fahrzeugen wird von ExpertIn 2 im TIS ein limitierender Fachkräftemangel kritisiert (Interview 2). Eine Strategie, diese Problematik zu mildern, ist es Fachkräfte aus dem Ausland anzuziehen, was nach Einschätzung der ExpertInnen die meisten Unternehmen im TIS erfolgreich tun. Da die Metropolregion München allgemein ein starker Wirtschaftsstandort mit einem vielseitigen Arbeitsmarkt und hoher Lebensqualität ist, ziehen ausländische Fachkräfte im AV-Bereich die Stadt München teilweise anderen Regionen in Deutschland vor (Interview 3, 6).

Ein kurzes Zwischenfazit zeigt, dass Humanressourcen im TIS bei großen Unternehmen weniger ein limitierender Faktor sind als bei Startups im Bereich von AV-Schlüsseltechnologien. Dass hier oftmals auf ausländische Fachkräfte zurückgegriffen wird kann dafürsprechen, dass die Funktion 6 in dieser Hinsicht nicht optimal erfüllt wird und nicht ausreichend Fachkräfte in der Region ausgebildet werden, besonders in Wissensfeldern der Schlüsseltechnologien und im Software-Bereich.

### **Finanzielle Ressourcen**

Die finanzielle Förderung der Entwicklung autonomer Fahrzeuge im TIS erfolgt aus öffentlicher Hand primär seitens des BMVI und wird von den ExpertInnen grundsätzlich als ein wesentlicher Impulsgeber für AV-Aktivitäten und die übergreifende Entwicklung des TIS betrachtet. Besonders Forschungsprojekte in der Region können nach Einschätzung der ExpertInnen auf ausreichend hohe Mittel zurückgreifen, um ihre wesentlichen Projektziele zu erreichen (Interview 3, 4, 6). Häufig werden Projekte aufgrund ihres Erfolges sogar von Nachfolgeprojekten abgelöst und erneut finanziell unterstützt (Interview 5).

Gemessen an finanziellen Mitteln wurde bzw. wird das Projekt Providentia++ mit 9,16 Mio. € (5,22 Mio. € durch das BMVI), das Projekt Easyride mit 10,53 Mio. € (6,6 Mio. € vom BVMI) und das zukünftige Projekt TEMPUS mit ca. 17 Mio. € des BMVI unterstützt (BMVI 2018, BMVI 2019, Interview 5). Neben Forschungsprojekten werden auch andere Aktivitäten im TIS durch das BMVI gefördert, bspw. das in der Konzeptionsphase befindliche Netzwerk MCube (vgl. Kapitel 6.1.3), welches in den nächsten neun Jahren auf ca. 11 Mio. € des BMVI

zurückgreifen kann (LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN 2021). Wichtig ist hierbei, dass eine Zunahme von Fördergeldern des Bundes in den letzten Jahren beobachtet werden kann und damit zunehmend mehr Gelder für Aktivitäten im TIS zur Verfügung stehen werden (Interview 3). Angesichts der mit AV-Technologien verbundenen Unsicherheiten in Bezug auf noch nicht vorhandene Märkte oder der Möglichkeit, dass AV nicht so schnell Teil des Regelbetriebs werden, wie medial oftmals vermutet wird, muss unterstrichen werden, dass zunehmende Förderungen von AV-Aktivitäten im TIS sehr für eine positive Erfüllung von Funktion 6 sprechen.

Seitens des Freistaates Bayern werden auch finanzielle Mittel für AV-Projekte bereitgestellt, wobei diese nicht im gleichen Volumen wie Förderungen des Bundes bzw. BMVI ausfallen und tendenziell deutlich geringer angesetzt werden (Interview 1). Auf kommunaler Ebene werden im TIS tendenziell keine finanziellen Ressourcen mobilisiert. Die Landeshauptstadt München verfügt demnach über keine Strukturen zur (direkten) Förderung von F&E-Aktivitäten im Bereich autonomer Fahrzeuge, was als institutionelle Hürde im TIS gesehen werden kann (Interview 6). Lediglich wird von der Stadt München auf externe Anlaufstellen für allgemeine Banken-, Mikro-, Beteiligungsfinanzierungen, Gründungszuschüsse und andere Finanzierungsstrukturen verwiesen, die jedoch nicht speziell auf einzelne Bereiche wie autonomes Fahren zugeschnitten sind (LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN 2020b, Interview 6).

Während die Volumina der Gelder für die Forschung und Entwicklung von AV im TIS (insbesondere vom Bund) von den ExpertInnen als ausreichend bewertet werden, sind Potenziale vorhanden, die Verteilung von Fördermitteln an Unternehmen effizienter zu gestalten. Als erster Aspekt ist hier die von den meisten ExpertInnen als nicht ausreichend wahrgenommene Förderung von Startups im Allgemeinen und Gründungstätigkeiten im Bereich autonomer Fahrzeuge im Speziellen zu nennen (Interview 1, 2, 3, 4, 6). Die zuvor beschriebenen Förderprogramme des Bundes für AV-Forschungsprojekte wie Easyride sind beispielsweise so strukturiert, dass Unternehmen für die Bewilligung einer finanziellen Förderung einen bestimmten Eigenanteil erbringen müssen, was wiederum hohe Umsätze der Unternehmen voraussetzt (Interview 1). Gerade bei jungen Startups ist es oftmals nicht der Fall, dass ausreichend hohe Umsätze generiert werden, um sich eine Beteiligung an öffentlichen Forschungsprojekten und die damit verbundenen Fördermaßnahmen leisten zu können.

Die Förderung von Startups und Innovationstätigkeiten durch Risikokapital (venture capital) wird im TIS von den meisten ExpertInnen als ausbaufähig und zu überkommendes Hindernis

evaluiert (Interview 1, 2, 4, 6). Besonders im Vergleich zu Vorreiterregionen für AV-Technologien in den USA oder China wird im TIS in München zu wenig Risikokapital aus öffentlicher Hand, sowie von privaten AnlegerInnen, *venture capitalists* bzw. *business angels* investiert. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Startup-Szene im TIS möglicherweise noch nicht umfangreich und attraktiv genug ist, um direkte Förderungen aus Risikokapital anzuziehen (Interview 2). Zudem wird von den ExpertInnen eine vergleichsweise hohe Risikoabneigung im Bereich der Förderung von Innovations- und Gründungstätigkeiten in Deutschland (vgl. Kapitel 6.1.4) als mögliche Ursache für fehlendes Risikokapital im TIS erwähnt (Interview 2, 4, 6). Dieser Umstand kommt einer dem TIS übergeordneten institutionellen bzw. gesellschaftlichen Hürde gleich und bekräftigt u.a. Ergebnisse anderer TIS-Studien von BERGEK et al. (2008).

Ein weiterer Faktor bei der Mobilisierung finanzieller Ressourcen sind Eigenmittel von Unternehmen im TIS, die aufgewendet werden, um autonome Fahrzeuge zu entwickeln. Da genaue Zahlen über unternehmensinterne Investitionen oftmals der Geheimhaltung unterliegen, ist es nicht möglich akkurate Aussagen über die Höhe solcher finanziellen Eigenmittel zu treffen. Auch hinsichtlich der Entwicklung der letzten Jahre lässt sich nur schwer feststellen, ob Unternehmen mehr Investitionen in AV-Technologien tätigen. Nach Einschätzung der ExpertInnen sind die Eigeninvestitionen von Unternehmen im TIS kein einschränkender Faktor, wobei hauptsächlich Großkonzerne aus der Automobilindustrie finanzielle Eigenmittel aufbringen. Audi plante bspw. im Jahr 2018 Sachinvestitionen und F&E-Leistungen von ca. 14 Mrd. € in Elektromobilität, Digitalisierung und autonomes Fahren im Zeitraum 2019 bis 2023 zu tätigen, wobei nicht klar ist welcher Anteil davon in AV fließen wird (AUDI AG 2018). Die Eröffnung des BMW Autonomous Driving Campus im Jahr 2016 wurde vermutlich auch primär aus Eigenmitteln finanziert und ist ein mögliches Anzeichen für steigende finanzielle Ausgaben für AV im TIS in den letzten Jahren.

Folglich werden sowohl finanzielle Ressourcen aus öffentlichen (Förder)geldern vom BMVI wie auch Eigeninvestitionen von Unternehmen aus der Automobilbranche als ausreichend hoch angesehen, um die Entwicklung des TIS positiv zu beeinflussen. Dennoch gilt dieser Umstand für Jungunternehmen in Relation zu AkteurInnen der Automobilindustrie nicht. Die finanzielle Unterstützung von Innovationen und Startups im TIS ist ausbaufähig und vorhandene Gelder (bspw. für AV-Projekte) werden nicht effizient verteilt.

## Physische Infrastruktur

Der Ausbau von externer Infrastruktur für autonome Fahrzeuge im TIS wird von den meisten interviewten Personen als zu gering eingestuft (Interview 1, 3, 4, 5). Im Bereich von unterstützender Sensorik, speziellen Verkehrsschildern oder Steuerungszentralen für zunehmend vernetzte Fahrzeuge werden bislang noch nicht ausreichend Infrastrukturen errichtet. Eine Erklärung hierfür ist, dass sich autonome Fahrzeuge generell noch in einem zu frühen Entwicklungsstadium befinden und daher wenig Motivation bspw. seitens der Stadt München besteht, solche Infrastrukturen zu errichten. Die Prioritäten der Verkehrsplanung in München liegen derzeit eher auf dem Ausbau der Infrastruktur wie Fahrradwege, Ladestationen für Elektroautos und der Zusammenführung verschiedener Verkehrsleitzentralen für Busse, Trambahnen, U-Bahnen, S-Bahnen etc. (Interview 3). Bis auf Sensorbrücken und 5G-Netzabdeckung auf Abschnitten des Testfelds A9 werden im TIS bis dato wenig bis keine Ausgaben für spezielle Infrastrukturen, die autonome Fahrtechnologien unterstützen, getätigt (Interview 3, 4).

Abschließend wird die Funktion 6 im TIS moderat (3) erfüllt, da prinzipiell ausreichend finanzielle Mittel aus öffentlicher Hand für AV-Projekte zur Verfügung stehen. Der wahrgenommene Fachkräftemangel in speziellen Bereichen, die zu bürokratisch konzipierte Verteilung von Fördergeldern sowie das Fehlen von speziellen Förderstrukturen für Startups schränken die Funktion ein und offenbaren Handlungsbedarf.

### 6.2.7. Schaffung von Akzeptanz (F7)

F7 – Schaffung von Akzeptanz	
Unterkategorien	Häufigkeit
Vorhandene Akzeptanz	5
Mangelnde Akzeptanz	8
<b>Summe</b>	<b>13</b>

Tabelle 13: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F7

Mit der siebten Funktion soll untersucht werden, inwieweit das TIS von einer vorhandenen oder mangelnden Akzeptanz der Technologie autonomer Fahrzeuge beeinflusst wird und welche Aktivitäten zur Förderung der Akzeptanz ausgeübt werden. Ohne eine Akzeptanz seitens potenzieller AbnehmerInnen sowie der AkteurInnen, die die Technologie entwickeln und steuern, kann die Verbreitung von AV-Technologien gebremst werden.

Insgesamt wird von den interviewten ExpertInnen die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge nicht als einschränkender Faktor im TIS bewertet. Unternehmen der Automobilindustrie im TIS

stehen autonomen Fahrzeugen nach Einschätzung der ExpertInnen sowie basierend auf ihren Aktivitäten im TIS nicht skeptisch gegenüber, auch wenn Konzerne wie BMW vom aktuellen System herkömmlicher PKW-Mobilität profitieren (Interview 4).

Allerdings wird auf eine übergreifende Skepsis gegenüber einschneidenden, technologischen Veränderungen hingewiesen, welche sowohl von politischen EntscheidungsträgerInnen als auch der Öffentlichkeit ausgeht, sich aber nicht auf die betrachtete Metropolregion München beschränkt (Interview 3, 5). In Deutschland bzw. Europa wird von den ExpertInnen auf eine vergleichsweise größere Skepsis zu autonomen Fahrzeugen hingewiesen, die in Ländern wie den USA oder China mitunter nicht so stark ausgeprägt ist (Interview 2, 3, 6). Im TIS werden AV-Projekte von der Öffentlichkeit teilweise kritisiert und zudem von entsprechend strengen Datenschutzbestimmungen begleitet, was sich bspw. im Projekt Providentia++ manifestiert (vgl. Kapitel 6.2.4). Besonders der Aspekt der Objekterkennung und Datengewinnung wird öffentlich nicht immer positiv wahrgenommen, ist aber ein wesentlicher Schritt in der Entwicklung der Technologie (Interview 5).

Ein weiterer Faktor, der für eine Schaffung von Akzeptanz autonomer Fahrzeuge im TIS zentral ist und noch nicht ausreichend thematisiert wird, ist die Beteiligung von BürgerInnen. Von den ExpertInnen wird angemerkt, dass die (mediale) Kommunikation und die vermittelten Versprechen – etwa dass autonome Fahrzeuge ab 2025 marktreif und Teil des Regelbetriebs sind – in der derzeitigen Form nicht förderlich sind (Interview 3, 5). Aspekte wie ethische Fragen und die potenziellen Auswirkungen autonomer Mobilität auf die Gesellschaft werden nicht ausreichend thematisiert und sorgen dadurch für Unsicherheiten bei potenziellen NutzerInnen der Technologien.

Ein Problem ist hierbei unter anderem, dass sich autonome Fahrtechnologien stetig weiterentwickeln und die Autonomie bzw. der Automatisierungsgrad von Fahrzeugen nach und nach erweitert wird. Bereits heute werden zunehmend mehr Fahrassistenzsysteme und Automatisierungstechnologien wie Einparkhilfen, Spurhalteassistenten usw. in Fahrzeugen standardmäßig inkludiert. Autonome Fahrzeuge ab SAE-Stufe 3 befinden sich allerdings noch in der Entwicklungsphase und können daher nicht von der breiten Öffentlichkeit unter alltäglichen Bedingungen genutzt werden, was jedoch potenziell Unsicherheiten und Skepsis reduzieren könnte.

Von den ExpertInnen werden Demonstrationsprojekte daher als Schlüssel zur Beseitigung von mangelnder Akzeptanz von AV gesehen (Interview 3, 4). Das 2020 gescheiterte Teilprojekt

eines autonomen Busses im Olympiapark im Rahmen des Easyride-Projekts hätte hierfür möglicherweise einen positiven Effekt haben können, da ParkbesucherInnen erstmalig mit AV im Kontext des ÖPNV in Kontakt gekommen wären (Interview 4). Auch die geplante vollständig autonom verkehrende U-Bahn der Linie U9 in München kann dafür sorgen, dass mehr Menschen mit der Technologie vertraut werden und akzeptieren, wobei die Linie vermutlich erst zwischen 2035 und 2040 eröffnet wird.

Ergänzend zu Demonstrationsprojekten bieten Veranstaltungen und Messen die Möglichkeit einer verbesserten Beteiligung der Öffentlichkeit an AV-Aktivitäten im TIS. Wie in Kapitel 6.2.3 erläutert, wird im Rahmen der 2021 in München ausgetragenen IAA auf eine Partizipation von BürgerInnen in Workshops zu Themen nachhaltiger Mobilität gesetzt, was auch autonomes Fahren beinhaltet. Inwieweit solche Veranstaltungen Unsicherheiten bzgl. AV reduzieren und die Akzeptanz der Technologie positiv beeinflussen, lässt sich aktuell zwar noch nicht sagen, jedoch sind Potenziale dafür vorhanden.

Aufgrund der ausbaufähigen Aktivitäten zur Schaffung von Akzeptanz im TIS durch Unternehmen und administrativen Einrichtungen wird die Funktion 7 derzeit nur schwach (2) erfüllt. Pilotprojekte sowie Testfahrzeuge sind in München aktiv, jedoch häufig unter Ausschluss der Öffentlichkeit und mit ausbaufähiger BürgerInnenbeteiligung. Aufgrund des frühen Entwicklungsstadiums autonomer Fahrzeuge sowie dem umliegenden TIS in München, scheint der Fokus derzeit eher auf der Technologieentwicklung und Erprobung von AV zu liegen als bspw. auf der Untersuchung möglicher Auswirkungen autonomer Mobilitätssysteme. Bei der Betrachtung von Aktivitäten im TIS wird nur teilweise ersichtlich, dass entscheidende Hürden wie Fragen der Sicherheit, Haftung sowie ethische Bedenken thematisiert werden. Auch wird anhand dieser Funktion ersichtlich, dass die Erfüllung nicht allein von Aktivitäten im TIS abhängt, sondern von globalen sowie nationalen Trends und Entwicklungen beeinflusst wird.

## 7. Conclusio

Insgesamt konnten im Laufe der funktionellen Systemanalyse sowohl treibende Kräfte als auch einige Problemfelder und potenzielle Barrieren für eine Weiterentwicklung des TIS identifiziert werden, welche im folgenden Kapitel rekapituliert werden.

Gesamt betrachtet ist das Technologische Innovationssystem für autonome Fahrzeuge in der Metropolregion München bereits moderat bis stark ausgebaut (vgl. Abbildung 23). Während besonders die Aspekte des unternehmerischen Experimentierens, die Generierung und Verbreitung von Wissen stark erfüllte Funktionen und treibende Kräfte im System darstellen, sind bei der Steuerung der AkteurInnen, Mobilisierung von Ressourcen (besonders für Startups) und der Schaffung von Akzeptanz noch Barrieren vorhanden. Gleiches gilt für die Schaffung von Märkten, wobei hier erste Anzeichen für Dynamiken im B2B-Bereich zwischen unterstützenden Schlüsseltechnologien und etablierten Automobilherstellern gefunden wurden, was für ein TIS in einem frühen Entwicklungsstadium besonders interessant ist.

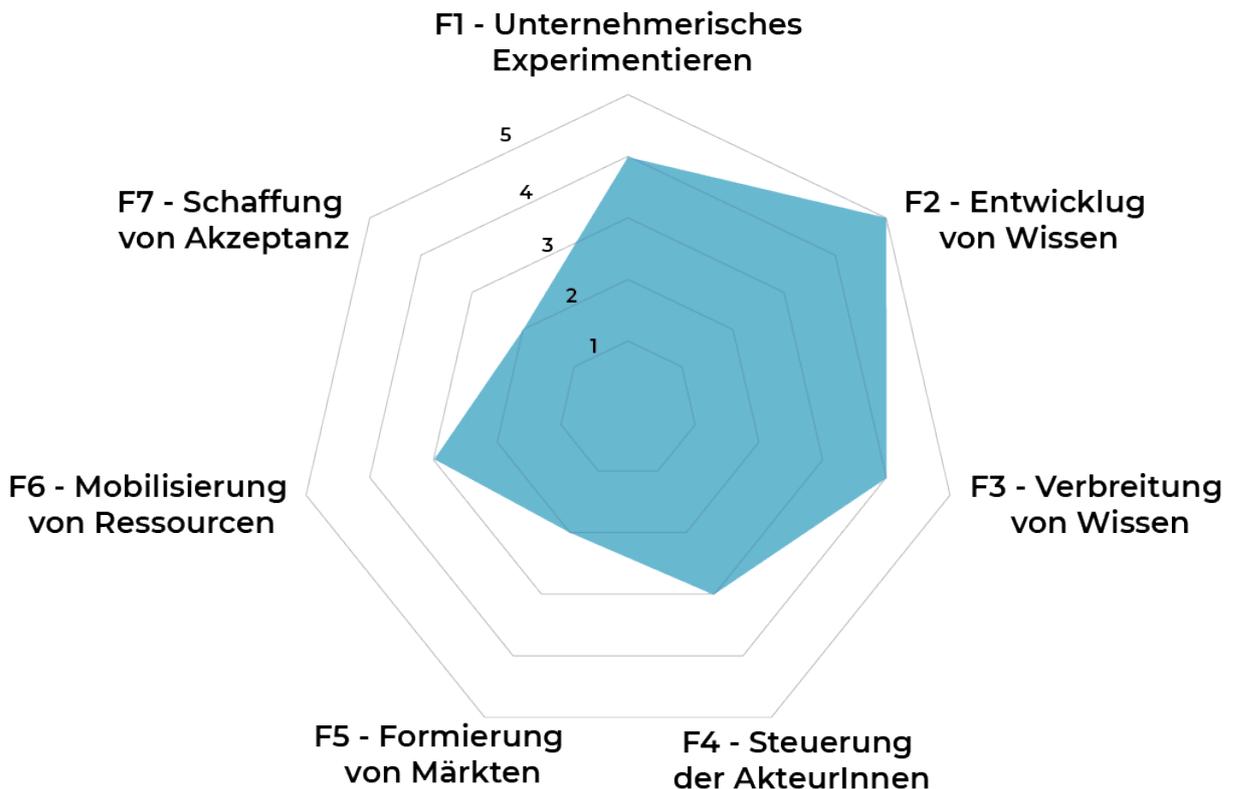


Abbildung 23: Übersicht der Gesamtfunktion des TIS

Basierend auf der Struktur- und Funktionsanalyse befindet sich das TIS derzeit zwischen der Vorentwicklungsphase und der Entwicklungsphase nach HEKKERT et al. (2011: 9). Funktionierende Prototypen existieren im TIS und werden getestet, kommerzielle

Anwendungen autonomer Fahrzeuge der Stufe 3 und aufwärts sind allerdings noch nicht vorhanden, da diese eher von systemischen als technologischen Barrieren zurückgehalten werden. Die im Mai 2021 beschlossene Gesetzesnovellierung auf Bundesebene könnte jedoch dafür sorgen, dass in kommenden Jahren sogar erste kommerzielle Lösungen wie autonome Shuttlebusse oder autonome Personentransportsysteme auf kurzen Strecken im TIS angeboten bzw. exportiert werden.

### **SchlüsselakteurInnen**

**FF1:** „Wer sind die **SchlüsselakteurInnen** bei der Entstehung eines technologischen Innovationssystems (TIS), im Bereich AV in der Metropolregion München und welche **treibenden Kräfte** fördern einen möglichen Transformationsprozess?“

**FF2:** "Inwieweit sind **formale und informelle Netzwerke** zwischen den relevanten AkteurInnen ausgebaut?“

Durch die Anwendung des TIS-Konzepts konnte gezeigt werden, dass die etablierten Unternehmen der Münchner Automobilbranche – BMW, MAN sowie Audi – in jeder untersuchten Funktion des TIS wichtige Rollen einnehmen und durch Aktivitäten auffallen, insbesondere was das Experimentieren der Technologie (F1) betrifft. Dies spricht dafür, dass die Automobilindustrie in Zukunft eine Schlüsselrolle im TIS einnehmen wird, was von den interviewten ExpertInnen bestätigt wurde, auch weil Automobilhersteller letztendlich für die Markteinführung von autonomen Fahrzeugen verantwortlich sein werden.

Die dargelegten wechselseitigen Beziehungen zwischen Universitäten im TIS (namentlich der TUM, die sogar weltweit betrachtet als SchlüsselakteurIn bei der Wissensgenerierung und Ausbildung von Fachkräften im AV-Bereich steht) sowie Unternehmen wie BMW zeigen, dass auch die Akteursgruppe der Hochschulen im TIS eine fundamental wichtige Rolle einnehmen. Informelle sowie formelle Netzwerke (F3, F5) zwischen Universitäten und Unternehmen sind folglich so stark und dicht ausgebaut, dass nicht nur Informationen und Wissen, sondern sogar Humanressourcen übertragen werden (F6). Informelle Netzwerke beziehen sich hierbei auch auf die dargelegten Anzeichen für Dynamiken zwischen Unternehmen der IKT-Branche und der Automobilindustrie, die oftmals das Zuliefernetzwerk der Automobilhersteller durch die Bereitstellung von Sensorik, Soft- und Hardwarelösungen erweitern. Die Dynamik zwischen Wissenschaft und Unternehmen im TIS ist bereits heute der wesentliche, treibende Faktor bei der Entwicklung des TIS. Weiterhin wirken sich AV-Projekte und das vorhandene Testfeld A9 positiv auf die Weiterentwicklung des TIS aus.

## Startups

Startups im Bereich der Enabling-Technologien im TIS scheinen zwar eine durchaus wichtige Rolle einzunehmen, können allerdings nicht immer auf die gleichen Förderstrukturen wie etablierte Großunternehmen zurückgreifen und sind stärker mit Barrieren im TIS konfrontiert (F6). Es ist anzunehmen, dass die Startup-Landschaft im TIS eher von der Entwicklung von AV abhängig ist, anstatt die Richtung der Entwicklung selbst zu beeinflussen. Mit Blick auf die Entwicklung autonomer Fahrzeuge in den USA, sind junge Tech-Unternehmen wie Waymo nach Einschätzung der ExpertInnen deutlich fortgeschrittener als Startups im Münchner TIS, was ein Problemfeld darstellt (Interview 3, 4). Im Konnex mit einer starken Automobilindustrie im TIS sollte daher ein verstärkter Fokus auf die Förderung von Startups und Innovationen von Schlüsseltechnologien gerichtet werden, insbesondere auf Softwarekompetenzen im Bereich der Objekterkennung, Computer Vision und KI im Allgemeinen (Interview 6). Existierende Startups sollten folglich mehr in das AkteurInnen-Netzwerk des TIS eingegliedert werden und in mehr Kollaborationsprojekte aufgenommen werden, da ihre Aktivitäten basierend auf der Einschätzung der ExpertInnen bislang zu gestreut sind und nicht optimal zusammenfließen.

### Systemdynamiken, TIS-Ansatz:

**FF3:** "Inwieweit hemmen bzw. fördern **institutionelle Rahmenbedingungen** die Entwicklung des TIS?"

**FF4:** „Inwieweit wird die **Dynamik** und **Zusammenarbeit** der HauptakteurInnen des TIS durch einen möglichen Transformationsprozess hin zu automatisierter Mobilität beeinflusst und welchen Chancen und Barrieren stehen die AkteurInnen gegenüber?“

Dass die teilweise mangelhafte Steuerung der AkteurInnen im TIS als mögliche Barriere ermittelt wurde, spiegelt sich u.a. bei der Schaffung von Akzeptanz und der Mobilisierung von Ressourcen wider und veranschaulicht die Systemdynamiken des TIS-Konzepts. Eine oftmals fehlende Richtungsweisung, bspw. wie sich autonome Fahrzeuge in München entwickeln sollen, ob die Münchner Automobilindustrie globalen Trends folgen oder proaktiv eine Position als internationale Vorzeigindustrie schaffen und festigen soll, hat potenziell weitreichende Auswirkungen auf das TIS. Ohne klare Visionen bzw. geschaffene rechtliche Rahmenbedingungen seitens der Politik kann es langfristig auch dazu kommen, dass eine mangelnde Akzeptanz der Öffentlichkeit die Entwicklung autonomer Fahrzeuge *Made in Munich* ausbremst. Weiterhin können fehlende, unklare oder restriktive Richtlinien dafür

sorgen, dass weniger Unternehmen motiviert sind, autonome Fahrzeuge in der Region zu testen und nicht Teil des Systems werden (F1).

Positiv ist anzumerken, dass die Stadt München autonomen Fahrzeugen grundsätzlich offen gegenübersteht und sich für ein förderliches Innovationsklima in der Region einsetzt und sich zunehmend an AV-Projekten beteiligt, oftmals in koordinierenden Rollen. Lediglich seitens der Bundesregierung könnten die Rahmenbedingungen und Richtungsweisung weiter ausgebaut werden, wobei das im Mai 2021 beschlossene Gesetz zum automatisierten Fahren ein erster Schritt in diese Richtung auf Bundesebene ist.

Abschließend wird festgehalten, dass Autonome Fahrzeuge in München großes Potenzial haben, die Marktstruktur und Beziehungen der Automobilindustrie mit IKT-Unternehmen bzw. Startups und dem öffentlichen Sektor maßgeblich zu verändern. Mehrere InterviewpartnerInnen teilen die Meinung, dass sich die Dynamiken zwischen den TIS-AkteurInnen verändern wird, einige AkteurInnen werden einflussreicher, andere verlieren an Bedeutung und komplett neue AkteurInnen aus neuen Branchen könnten Teil des Systems werden. Die einflussreichsten AkteurInnen auf Seiten der Unternehmen werden vermutlich auch in Zukunft in der Automobilindustrie zu finden sein, allerdings wird die Bedeutung von Unternehmen, welche Schlüsseltechnologien entwickeln, deutlich zunehmen.

### **Limitierungen:**

Während die Anwendung des TIS-Konzepts insgesamt aufschlussreich war, zeigte sich insbesondere bei den Funktionen 4, 5 und 7, dass eine Eingrenzung des Untersuchungsgebietes auf die Metropolregion München gewisse Limitierungen mit sich brachte. Zudem war es in der Strukturanalyse schwierig zu erfassen und zu begründen, welche Unternehmen Teil des TIS sind und welche nicht. International tätige Unternehmen, die in München aktiv sind und einen Standort besitzen, leisten zwar auch einen Beitrag zur Förderung der TIS-Entwicklung, offenbaren aber auch den globalisierten Charakter der Technologie. Besonders bei der Erfassung von Marktdynamiken (F5) ist eine Beschränkung auf nur einen geographischen Raum problematisch, da die Marktentstehung für AV global stattfindet.

Bei der Steuerung der AkteurInnen (F4) zeigte sich, dass Einflüsse auf das TIS primär von übergreifenden Institutionen ausgehen und nur teilweise auf das TIS gerichtet sind, was eine Erweiterung des Analyserahmens auf Deutschland bzw. die Europäische Union suggeriert und die Einnahme einer multiskalaren Perspektive nahelegt.

Bezüglich der Akzeptanz von AV (F7) konnten im TIS einzelne Aktivitäten identifiziert werden, um einer möglichen Skepsis der Technologie seitens potenzieller KundInnen und der Öffentlichkeit entgegenzuwirken. Jedoch erfordert die Beantwortung der Frage, ob eine mangelnde Akzeptanz in der Gesellschaft die Entwicklung autonomer Fahrzeuge hemmt, zumindest einen nationalen Blickwinkel, bzw. bietet Potenzial für nachfolgende Studien, die sich ausschließlich mit der Fragestellung beschäftigen, inwieweit eine mangelnde Akzeptanz die Entwicklung von AV (in München) hemmt.

## 8. Handlungsempfehlungen

In diesem Kapitel werden konkrete Handlungsempfehlungen für die AkteurInnen im TIS formuliert, die sich insbesondere an steuernde Einrichtungen wie der Landeshauptstadt München und der Bundesregierung Deutschlands richten.

### **Primäres Problemfeld: Verbesserungsfähige Steuerung der AkteurInnen**

### **Sekundäres Problemfeld: Ausbaufähige Vernetzung von Unternehmen**

Ein wesentlicher Schritt, um München als globale Vorzeigeregion für autonomes Fahren zu etablieren ist es **weitere Projekte** zur Forschung, Entwicklung und Kommerzialisierung autonomer Fahrzeuge zu starten und Anreize für ausländische sowie inländische Unternehmen zu schaffen, ihre Technologien in München zu erproben. Dies könnte bspw. mit dem Ausbau der Infrastruktur und (rechtlichen) Rahmenbedingungen in urbanen Gebieten nach dem Vorbild des Testfelds A9 erreicht werden. Dazu müssen jedoch auch entsprechende (rechtliche) Rahmenbedingungen geschaffen werden, die bislang hauptsächlich von der Bundesebene ausgehen. Der Landeshauptstadt München sollte in diesem Punkt mehr Entscheidungsfreiheit gegeben werden, etwa welche Areale für welche Arten von Tests autonomer Fahrtechnologien zur Verfügung gestellt und mit ergänzender Infrastruktur ausgestattet werden.

Durch die **Ansiedlung international renommierter AV-Unternehmen** wie bspw. Waymo, Tesla Motors oder Mobileye (bereits in München aktiv) können marktwirtschaftliche Wettbewerbsdynamiken induziert werden, welche die Entwicklung des TIS vorantreiben können. Außerdem bieten AV-Projekte gleichzeitig eine Gelegenheit, die in Kapitel 6.1.3 sowie 6.2.3 ermittelte, ausbaufähige Vernetzung von Unternehmen zu verbessern.

Um eine Pfaderneuerung bzw. Pfaddiversifikation der Münchner Automobilindustrie nachhaltig zu koordinieren, sollte zunächst das Thema Autonomes Fahren besser in übergeordnete Ziele der Metropolregion München eingegliedert werden. Da großes Potenzial besteht, die Stadt als weltweite Vorzeigeregion für AV zu positionieren, sollte die Entwicklung

autonomer Fahrzeuge konkreter in Strategiepapieren bzw. Masterplänen – bspw. dem Mobilitätsplan – thematisiert werden.

Weiterhin wird an das Mobilitätsreferat appelliert, in Zukunft eine tragende Rolle bei der Koordinierung der Akteure einzunehmen. Zu erreichende Ziele wären bspw., dass AV als neuer Industriezweig zur Stärkung der Wirtschaft sowie Sicherung von Arbeitsplätzen in München etc. gesehen werden sollte oder dass München eine Vorzeigeregion für Anwendungen bzw. Experimente für autonome Fahrtechnologien sein soll. Das erste Ziel scheint zunächst sinnvoller und sollte daher seitens der Stadt primär verfolgt und deutlicher kommuniziert werden. Wenn die Wirtschaft in der Region besser auf AV ausgerichtet wird, sich mehr Unternehmen (auch internationale Player) ansiedeln und Synergien nutzen, ist es naheliegend, dass erste kommerzielle Anwendungen (bspw. autonomer ÖPNV, autonome Taxis etc.) in der Stadt integriert werden.

### **Primäres Problemfeld: Ausbaufähige Startup-Szene**

#### **Sekundäres Problemfeld: Verbesserung der Ressourcenverteilung**

Eine weitere Möglichkeit die Entwicklung autonomer Fahrzeuge im TIS voranzutreiben und Innovationen zu induzieren ist die **Austragung von Wettbewerben**. In München könnte als Ergänzung zu vom Bund geförderten Projekten wie Easyride, TEMPUS etc. eine abgewandelte Form von Wettbewerben nach amerikanischem Vorbild der DARPA Challenges (vgl. Kapitel 2.1) ausgetragen werden. Ein Fokus sollte hierbei neben der Forschung und Entwicklung auch auf tatsächliche Anwendungen autonomer Vehikel gerichtet werden. Beispielsweise könnten in Zukunft Wettbewerbe konzipiert werden, bei denen die Stadt München unter verschiedenen Anbietern auswählt, wer die besten Lösungen zur Automatisierung des ÖPNV entwickelt. Vorteile solcher Programme sind einerseits die grundlegende Technologieentwicklung als auch die internationale Ausstrahlungskraft, welche wiederum mehr AkteurInnen anziehen und auf die Potenziale und Standortvorteile der Region aufmerksam machen.

### **Finanzielle Ressourcen**

Insgesamt sollte die finanzielle Förderung von AV unbürokratischer gestaltet werden und sich direkter an Startups richten. Der Landeshauptstadt München sollten vom Bund entsprechende Gelder direkt zur Verfügung gestellt werden, um eine Spezialisierung auf AV-Technologien voranzutreiben. Zum Ausbau der AV-Startup-Szene in der Region, muss mehr Start- und Risikokapital mobilisiert werden, sowohl aus öffentlicher als auch aus privater Hand. Um mehr privates Risikokapital für Gründungsaktivitäten anzuziehen, können spezielle Networking-

Veranstaltungen in der Region durchgeführt werden, die es Startups ermöglichen ihre Ideen internationalen InvestorInnen zu präsentieren und sich zu vernetzen.

### **Infrastruktur**

Eine weitere Maßnahme, um bessere Rahmenbedingungen für Unternehmen in der Region zu schaffen, automatisiertes und vernetztes Fahren weiterzuentwickeln ist eine Priorisierung des Infrastrukturausbaus. In diesem Zusammenhang sollte eine breite 5G-Netzabdeckung in der Region (und darüber hinaus) anvisiert werden, was den Weg für mehr AV-Tests und künftige Anwendungen ebnen kann. Zudem sollten bürokratische Hürden zur Anbringung spezieller Infrastrukturen für AV-Tests beseitigt werden, bspw. indem Genehmigungsverfahren weniger Behörden durchlaufen müssen und z.B. nur vom Mobilitätsreferat bearbeitet werden.

### **Humanressourcen**

Humanressourcen sind im TIS nur in speziellen Bereichen (Softwarekompetenz) nicht ausreichend vorhanden. Ein Weg dies zu verbessern, betrifft die wissensgenerierenden Universitäten im TIS. Durch eine **Erweiterung der Kolloquien** oder der **Erschaffung von speziellen Studiengängen** zum autonomen Fahren nach dem Vorbild des Studiengangs *Autonomous Vehicle Engineering* der Technischen Hochschule Ingolstadt an der TU München und anderen Hochschulen können mehr Fachkräfte in der Region ausgebildet werden. Langfristig können somit mehr Expertisen im Bereich der Softwareentwicklung für AV in der Region aufgebaut und auch mehr Gründungstätigkeiten induziert werden. Dies sollte ergänzend zur Ansiedlung von Unternehmen mit entsprechenden Kompetenzen im Bereich der AV-Softwareentwicklung (insbesondere Computer Vision) geschehen, um die Humanressourcenentwicklung nicht nur auf den universitären Bereich zu beschränken.

Als abschließendes Fazit wird festgehalten, dass in München bereits ein guter Mix an Unternehmen und Hochschulen besteht und ein sich positiv weiterentwickelndes TIS im Bereich autonomer Fahrzeuge vorhanden ist. Das Potenzial, Autonomes Fahren als wesentlichen Pfeiler der hiesigen Wirtschaft zu positionieren besteht, wird aber noch nicht vollends ausgeschöpft. Es gilt daher in Zukunft die Entwicklung von AV gezielt und mit Umsicht von allen AkteurInnen, insbesondere dem öffentlichen Sektor, zu steuern und sicher zu stellen, dass die Region den derzeitig vielversprechenden Kurs beibehält und zur globalen Vorzeigeregion der Technologie wird, sofern dies von allen StakeholderInnen und der Öffentlichkeit angestrebt wird.

## 9. Literaturverzeichnis

- 3D MAPPING SOLUTIONS GMBH (o.J.): Kundenportal. <https://www.3d-mapping.de/kundenportal/> (22.05.21).
- AID GMBH (2020): Übersicht. <https://www.linkedin.com/company/autonomous-intelligent-driving/?originalSubdomain=de> (29.04.21).
- ASHEIM, B. T.; BOSCHMA, R. und COOKE, P. (2011): Constructing Regional Advantage: Platform Policies Based on Related Variety and Differentiated Knowledge Bases. - In: *Regional Studies* 45. 893–904.
- ASHEIM, B. T.; ISAKSEN, A. und TRIPPL, M. (2019): Advanced introduction to regional innovation systems. - In: *Elgar advanced introductions*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited.
- AUDI AG (2018): Audi beschließt Investitionsprogramm für Neuausrichtung. <https://www.audi-mediacyber.com/de/pressemittelungen/audi-beschliesst-investitionsprogramm-fuer-neuausrichtung-11120> (01.02.21).
- AUDI AG (2019): 4 radikale Audi Concept Cars für ganz spezielle Situationen. <https://www.audi.com/de/experience-audi/models-and-technology/concept-cars/4-audi-concept-cars.html> (29.04.21).
- BAGLOEE, S. A.; TAVANA, M.; ASADI, M. und OLIVER, T. (2016): Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies. - In: *Journal of Modern Transportation* 24(4). 284–303.
- BELLANDI, M. (1989): The industrial district in Marshall. - In: *Small firms and industrial districts in Italy*. 136–152.
- BENTO, N. und FONTES, M. (2015): The construction of a new technological innovation system in a follower country: Wind energy in Portugal. - In: *Technological Forecasting and Social Change* 99. 197–210.
- BERG, S.; WUSTMANS, M. und BRÖRING, S. (2019): Identifying first signals of emerging dominance in a technological innovation system: A novel approach based on patents. - In: *Technological Forecasting and Social Change* 146. 706–722.
- BERGEK, A.; JACOBSSON, S.; CARLSSON, B.; LINDMARK, S. und RICKNE, A. (2008): Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. - In: *Research Policy* 37(3). 407–429.
- BINZ, C. und TRUFFER, B. (2017): Global Innovation Systems—A conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts. - In: *Research Policy* 46(7). 1284–1298.
- BINZ, C.; TRUFFER, B. und COENEN, L. (2014): Why space matters in technological innovation systems—Mapping global knowledge dynamics of membrane bioreactor technology. - In: *Research Policy* 43(1). 138–155.
- BLÄTTEL-MINK, B. und MENEZ, R. (Hrsg.) (2015): *Kompodium der Innovationsforschung*, 2nd edn. Wiesbaden: Springer VS.

- BLUM, N. U.; BENING, C. R. und SCHMIDT, T. S. (2015): An analysis of remote electric mini-grids in Laos using the Technological Innovation Systems approach. - In: Technological Forecasting and Social Change 95. 218–233.
- BMBAU (1995): Raumordnungspolitischer Handlungsrahmen. Berlin.
- BMVI (o.J.a): Deutschland wird international die Nummer 1 beim autonomen Fahren. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/gesetz-zum-autonomen-fahren.html> (03.05.21).
- BMVI (o.J.b): Digitale Testfelder. <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Digitale-Testfelder/Digitale-Testfelder.html> (02.04.21).
- BMVI (2015): Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren: Leitanbieter bleiben, Leitmarkt werden, Regelbetrieb einleiten. [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?__blob=publicationFile) (08.05.21).
- BMVI (2017): Maßnahmenplan der Bundesregierung: zum Bericht der Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren (Ethik-Regeln für Fahrcomputer). [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/massnahmenplan-zum-bericht-der-ethikkommission-avf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/massnahmenplan-zum-bericht-der-ethikkommission-avf.pdf?__blob=publicationFile) (09.05.21).
- BMVI (2018): Automatisiertes Fahren im städtischen Kontext - Pilotstadt München – EASYRIDE. [bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/AVF-projekte/easyride.html](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/AVF-projekte/easyride.html) (04.05.21).
- BMVI (2019): Providentia++ Basis der digitalisierten Autobahn der Zukunft: Highway Real-Time Digital Twin. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/AVF-projekte/providentia-plusplus.html> (04.05.21).
- BMW GROUP (2018): BMW Group Autonomous Driving Campus: WILLKOMMEN AUF DEM AUTONOMOUS DRIVING CAMPUS DER BMW GROUP. <https://www.bmwgroup.com/de/innovation/technologie-und-mobilitaet/autonomes-fahren/campus.html> (28.04.21).
- BOGNER, A.; LITTIG, B. und MENZ, W. (2014): Interviews mit Experten. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- BRAUN, K. (2020): Eine Stadt in der Stadt: BMW stellt Riesen-Projekt vor - Neues Zentrum wird München verändern. <https://www.tz.de/muenchen/muenchen-bmw-autos-bauplan-fiz-zukunft-stadt-a99-u-bahn-s-bahn-zr-13441937.html> (03.05.21).
- BRAUN, S.; SCHATZINGER, S.; SCHAUFLE, C.; RUTKA, C.-M. und FANDERL, N. (2019): Autonomes Fahren im Kontext der Stadt von morgen. Stuttgart.
- BRIGGS, M.; WEBB, J. und WILSON, C. (2015): Automotive Modal Lock-in: The role of path dependence and large socio-economic regimes in market failure. - In: Economic Analysis and Policy 45. 58–68.
- BRIKEN, K. (2015): Gesellschaftliche (Be-)Deutung von Innovation. - In: BLÄTTEL-MINK, B., MENEZ, R.: Kompendium der Innovationsforschung, 2nd edn.. Wiesbaden: Springer VS.

- BUNDESREGIERUNG (2021a): Autonomes Fahren in die Praxis holen. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/faq-autonomes-fahren-1852070#:~:text=Juni%202017%20gilt%20das%20Gesetz,ist%20dabei%20aber%20weite%20notwendig.> (28.02.21).
- BUNDESREGIERUNG (2021b): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes: Gesetz zum autonomen Fahren. [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Gesetze/Gesetze-19/gesetz-aenderung-strassenverkehrsgesetz-pflichtversicherungsgesetz-autonomes-fahren.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Gesetze/Gesetze-19/gesetz-aenderung-strassenverkehrsgesetz-pflichtversicherungsgesetz-autonomes-fahren.pdf?__blob=publicationFile) (12.02.21).
- CAMAGNI, R. P. (1995): The concept of innovative milieu and its relevance for public policies in European lagging regions. - In: Papers in regional science 74. 317–340.
- CARLSSON, B.; JACOBSSON, S.; HOLMÉN, M. und RICKNE, A. (2002): Innovation systems: analytical and methodological issues. - In: Research Policy 31. 233–245.
- CARLSSON, B. und STANKIEWICZ, R. (1991): On the nature, function and composition of technological systems. - In: Journal of evolutionary economics 1. 93–118.
- CLEMENTS, L. M. und KOCKELMAN, K. M. (2017): Economic Effects of Automated Vehicles. - In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2606. 106–114.
- COLLINS, H. (2010): Tacit and explicit knowledge: University of Chicago Press.
- DANIELZYK, R. und BLOTEVOGEL, H. H. (2009): Leistungen und Funktionen von Metropolregionen: Hannover: Verlag der ARL-Akademie für Raumforschung und Landesplanung.
- DAVID, P. (1985): Clio and the economics of QWERTY. - In: The American Economic Review 75. 332–337.
- DEE, N.; GILL, D.; WEINBERG, C. und MCTAVISH, S. (2015): Startup Support Programmes: What's The Difference?
- DELOITTE (2019): Urbane Mobilität und autonomes Fahren im Jahr 2035: Welche Veränderungen durch Robotaxis auf Automobilhersteller, Städte und Politik zurollen.
- DICKMANN, E. D. (2007): Dynamic Vision for Perception and Control of Motion. London: Springer-Verlag London Limited. <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10186954>.
- DICKMANN, E. D.; BEHRINGER, R.; DICKMANN, D.; HILDEBRANDT, T.; MAURER, M.; THOMANEK, F. und SCHIEHLEN, J. (1994): The seeing passenger car 'VaMoRs-P'. 68–73.
- DIETMAYER, K. (2015): Prädiktion von maschineller Wahrnehmungsleistung beim automatisierten Fahren. In MAURER, GERDES, LENZ & WINNER (Hrsg.). 419–39.
- DLR (o.J.): Institut für Robotik und Mechatronik. <https://www.dlr.de/rm/desktopdefault.aspx/tabid-12426/#gallery/36151> (03.05.21).

- DOSI, G. (1988): Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. - In: Journal of economic literature. 1120–1171.
- DOSI, G.; FREEMAN, C. R.; NELSON, R. R. und SOETE, L. (1988): Technical Change and Economic Theory.
- EDQUIST, C. (2005): Systems of Innovation: Perspectives and challenges. - In: the new Oxford Handbook of Innovation.
- EDSAND, H. E. (2017): Identifying barriers to wind energy diffusion in Colombia: A function analysis of the technological innovation system and the wider context: Elsevier. - In: Technology in Society 49. 1–15.
- ENGHOLM, A.; BJÖRKMAN, A.; JOELSSON, Y.; KRISTOFFERSSON, I. und PERNESTÅL, A. (2020): The emerging technological innovation system of driverless trucks. - In: Transportation Research Procedia 49. 145–159.
- FAIRLIE, R. W.; MORELIX, A.; REEDY, E. J. und RUSSELL, J. (2015): The Kauffman Index 2015: Startup Activity. - In: National Trends, Kansas City: Kauffman Foundation.
- FAISAL, A.; YIGITCANLAR, T.; KAMRUZZAMAN, M. und CURRIE, G. (2019): Understanding autonomous vehicles: A systematic literature review on capability, impact, planning and policy. - In: Journal of Transport and Land Use 12.
- FAISAL, A.; YIGITCANLAR, T.; KAMRUZZAMAN, M. und PAZ, A. (2020): Mapping Two Decades of Autonomous Vehicle Research: A Systematic Scientometric Analysis. - In: Journal of Urban Technology 2493. 1–30.
- FÄRBER, B. (2015): Kommunikationsprobleme zwischen autonomen Fahrzeugen und menschlichen Fahrern. In MAURER, GERDES, LENZ & WINNER (Hrsg.). 127–46.
- FORTISS (o.J.): Forschungsfelder. <https://www.fortiss.org/forschung/forschungsfelder> (04.05.21).
- FOXON, T. J.; HAMMOND, G. P. und PEARSON, P. J. (2010): Developing transition pathways for a low carbon electricity system in the UK. - In: Technological Forecasting and Social Change 77. 1203–1213.
- FRAEDRICH, E.; BEIKER, S. und LENZ, B. (2015): Transition pathways to fully automated driving and its implications for the sociotechnical system of automobility. - In: European Journal of Futures Research 3. 91.
- FRAEDRICH, E. und LENZ, B. (2015): Gesellschaftliche und individuelle Akzeptanz des autonomen Fahrens. In MAURER, GERDES, LENZ & WINNER (Hrsg.). 639–61.
- FREEMAN, C. (1987): Technology policy and economic performance/C. - In: London, NY.
- FRITSCH, M. (2017): The theory of economic development – An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. - In: Regional Studies 51. 654–655.
- GALLI, R. und TEUBAL, M. (1997): Paradigmatic shifts in national innovation systems. - In: Systems of innovation: Technologies, institutions and organizations. 342–370.

- GANDIA, R. M.; ANTONIALI, F.; CAVAZZA, B. H.; NETO, A. M.; LIMA, D. A. D.; SUGANO, J. Y.; NICOLAI, I. und ZAMBALDE, A. L. (2019): Autonomous vehicles: scientometric and bibliometric review. - In: *Transport Reviews* 39. 9–28.
- GEELS, F. W. (2002): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. - In: *Research Policy* 31. 1257–1274.
- GEELS, F. W. (2011): The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. - In: *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1. 24–40.
- GEELS, F. W. und SCHOT, J. (2007): Typology of sociotechnical transition pathways. - In: *Research Policy* 36. 399–417.
- GODIN, B. (2006): The Linear Model of Innovation. - In: *Science, Technology, & Human Values* 31. 639–667.
- GODIN, B. (2017): Models of innovation: The history of an idea. - In: *Inside technology*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- GOOGLE (2021a): Our systems have detected unusual traffic from your computer network. This page checks to see if it's really you sending the requests, and not a robot. <https://www.google.com/search?q=autonomous&oq=autonomous+&aqs=chrome.69i57j0i271j69i60l2.1976j0j1&sourceid=chrome&ie=UTF-8> (14.03.21).
- GOOGLE (2021b): What is reCAPTCHA?: reCAPTCHA protects your website from fraud and abuse. <https://www.google.com/recaptcha/about/> (15.03.21).
- GOSENS, J.; LU, Y. und COENEN, L. (2015): The role of transnational dimensions in emerging economy ‘Technological Innovation Systems’ for clean-tech. - In: *Journal of Cleaner Production* 86. 378–388.
- HAMIDA, E.; NOURA, H. und ZNAIDI, W. (2015): Security of Cooperative Intelligent Transport Systems: Standards, Threats Analysis and Cryptographic Countermeasures. - In: *Electronics* 4. 380–423.
- HEALY, M. (2018): Every time you prove you're human to captcha, are you helping Google's bots build a smarter self-driving car? <https://www.ceros.com/inspire/originals/recaptcha-waymo-future-of-self-driving-cars/> (13.05.21).
- HEINRICHS, D. (2015): Autonomes Fahren und Stadtstruktur. In MAURER, GERDES, LENZ & WINNER (Hrsg.). 219 - 239.
- HEKKERT, M.; NEGRO, S.; HEIMERIKS, G. und HARMSSEN, R. (2011): Technological innovation system analysis. - In: *Technological innovation system analysis*, (November) 16.
- HEKKERT, M. P.; SUURS, R.; NEGRO, S. O.; KUHLMANN, S. und SMITS, R. (2007): Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. - In: *Technological Forecasting and Social Change* 74(4). 413–432.
- HOBERT, L.; FESTAG, A.; LLATSER, I.; ALTOMARE, L.; VISINTAINER, F. und KOVACS, A. (2015): Enhancements of V2X communication in support of cooperative autonomous driving. - In: *IEEE Communications Magazine* 53. 64–70.

- HOWELLS, J. R. L. (2002): Tacit Knowledge, Innovation and Economic Geography. - In: Urban Studies 39. 871–884.
- IAA (o.J.): Die neue IAA. <https://www.iaa.de/de/mobility/aussteller/aussteller-werden/vorschau-iaa-mobility-2021#c5313> (02.05.21).
- INFINEON AG (o.J.): Sensorfusion für autonomes Fahren. <https://www.infineon.com/cms/de/applications/automotive/chassis-safety-and-adas/sensorfusion/> (19.05.21).
- INFINEON AG (2021): Vom assistierten zum automatisierten Fahren. <https://www.infineon.com/cms/de/discoveries/adas-to-ad/> (01.05.21).
- INZELL INITIATIVE (o.J.): Wie arbeitet die Inzell-Initiative. <https://www.inzellinitiative.de/arbeitsweise.html> (10.05.21).
- JANAI, J.; GÜNEY, F.; BEHL, A. und GEIGER, A. (2017): Computer Vision for Autonomous Vehicles: Problems, Datasets and State of the Art. <https://arxiv.org/pdf/1704.05519>.
- KAISER, R. (2014): Qualitative Experteninterviews. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- KEHRBAUM, T. (2009): Innovation als sozialer Prozess: Die Grounded Theory als Methodologie und Praxis der Innovationsforschung, 1st edn. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden.
- KEIL, M. (2018): Modellstadt München. Mobilität 2030. Ein Projekt der Inzell-Initiative: Lebensqualität und Mobilität steigern. Gleichzeitig. Trotz Wachstum. [https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:0e50f26f-b497-4828-a223-c31eae4a99c5/Stadtratshearing\\_Mobilitaet\\_Georg%20Dunkel\\_Dr.Carl%20Friedrich%20Eckhardt.pdf](https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:0e50f26f-b497-4828-a223-c31eae4a99c5/Stadtratshearing_Mobilitaet_Georg%20Dunkel_Dr.Carl%20Friedrich%20Eckhardt.pdf) (01.04.21).
- KIPFERLER, A. (2018): Autonom in die Zukunft: Berylls Studie zur autonomen Mobilität 2030 am Beispiel USA. [https://www.berylls.com/wp-content/uploads/2018/10/20181023\\_Studie\\_Autonomous2030.pdf](https://www.berylls.com/wp-content/uploads/2018/10/20181023_Studie_Autonomous2030.pdf) (01.05.21).
- KLEIN, M. (2018): Innovationsstrategien und internationale Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der Windenergie. Dissertation. - In: Research.
- KLEIN, M. und SAUER, A. (2016): Celebrating 30 years of innovation system research: What you need to know about innovation systems.
- KLINE, S. J. und ROSENBERG, N. (2010): An overview of innovation. In Studies On Science And The Innovation Process: Selected Works of Nathan Rosenberg. 173–203. World Scientific.
- KNIEPKAMP, M. (2020): Mitten in München: Roboter-Auto unterwegs. [tz.de/muenchen/stadt/muenchen-testfahrt-eines-roboter-autos-zr-90147932.html](https://www.tz.de/muenchen/stadt/muenchen-testfahrt-eines-roboter-autos-zr-90147932.html) (01.05.21).
- KÖNIG, B.; JANKER, J.; REINHARDT, T.; VILLARROEL, M. und JUNGE, R. (2018): Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system. - In: Journal of Cleaner Production 180. 232–243.

- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN (2017): Automotive: Fahrzeugbau in der Metropolregion München. <https://www.muenchen.de/rathaus/wirtschaft/branchen/automotive.html> (04.05.21).
- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN (2018): Über das Projekt. <https://www.easyridemuenchen.info/easyride/ueber-das-projekt.html> (11.05.21).
- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN (2019): Mobilitätsplan für München.
- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN (2020a): Mobilitätsplan: Verkehrsstrategie für München. <https://www.muenchen.de/rathaus/Serviceangebote/verkehr/verkehrsplanung/mobilitaetsplan.html> (08.05.21).
- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN (2020b): Zuschüsse, Darlehen und Mikrofinanzierung. [https://www.muenchen.de/rathaus/wirtschaft/gruendung/finanzierung.html#mikrofinanzierung\\_5](https://www.muenchen.de/rathaus/wirtschaft/gruendung/finanzierung.html#mikrofinanzierung_5) (24.05.21).
- LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN (2021): München testet automatisiertes und vernetztes Fahren. <https://ru.muenchen.de/2021/62/Muenchen-testet-automatisiertes-und-vernetztes-Fahren-95192> (11.05.21).
- LEVINSON, J.; ASKELAND, J.; BECKER, J.; DOLSON, J.; HELD, D.; KAMMEL, S.; KOLTER, J. Z.; LANGER, D.; PINK, O.; PRATT, V.; SOKOLSKY, M.; STANEK, G.; STAVENS, D.; TEICHMAN, A.; WERLING, M. und THRUN, S. (2011): Towards fully autonomous driving: Systems and algorithms. In 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV). 163–68. IEEE.
- LIN, P. (2015): Why Ethics Matters for Autonomous Cars. In MAURER, GERDES, LENZ & WINNER (Hrsg.). 69–85.
- LITMAN, T. (2020): Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning.
- LIU, T.; LIAO, Q.; GAN, L.; MA, F.; CHENG, J.; XIE, X.; WANG, Z.; CHEN, Y.; ZHU, Y. und ZHANG, S. (2020): Hercules: An autonomous logistic vehicle for contact-less goods transportation during the covid-19 outbreak. - In: arXiv preprint arXiv:2004.07480.
- LMU (o.J.): Technology and Research on Artificial Intelligence Laboratory at LMU Munich (TRAIL). <http://www.mobile.ifi.lmu.de/ai-lab/> (03.05.21).
- LOSSAU, N. (13.10.2017): Das erste autonome Auto kostete 200.000 D-Mark. - In: WELT. Online: <https://www.welt.de/wissenschaft/article169604489/Das-erste-autonome-Auto-kostete-200-000-D-Mark.html>.
- LUNDEVALL, B.-Å. (1992): National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter.
- LUNDEVALL, B.-Å. (2007): National Innovation Systems—Analytical Concept and Development Tool. - In: Industry & Innovation 14(1). 95–119.
- LUNDEVALL, B.-Å. und BORRÁS, S. (2005): Science, technology and innovation policy. - In: The Oxford handbook of innovation. 599–631.

- MA, Y.; WANG, Z.; YANG, H. und YANG, L. (2020): Artificial intelligence applications in the development of autonomous vehicles: a survey. - In: IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica 7. 315–329.
- MAI, M. (2011): Technik, Wissenschaft und Politik. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- MALERBA, F. (2002): Sectoral systems of innovation and production. - In: Research Policy 31. 247–264.
- MALERBA, F. (2004): Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe. Cambridge University Press.
- MALYCHA, C. A. und GILMOUR, A. P. (2009): Breaking the Path Dependency of the Internal Combustion Engine. - In: Deakin Papers on International Business Economics 2. 1–6.
- MAN (2019): Warum Platooning Die Zukunft Des Lieferverkehrs Ist. <https://www.mantruckandbus.com/de/innovation/warum-platooning-die-zukunft-des-lieferverkehrs-ist.html> (17.05.21).
- MAN (2021): Autonomes Fahren im Blick. <https://www.mantruckandbus.com/de/unternehmen/public-affairs/man-kompass-autonomes-fahren-im-blick.html> (29.04.21).
- MARACKE, C. (2017): Autonomes Fahren—ein Einblick in die rechtlichen Rahmenbedingungen. - In: Wirtschaftsinformatik & Management 9. 62–68.
- MARKARD, J.; HEKKERT, M. und JACOBSSON, S. (2015): The technological innovation systems framework: Response to six criticisms. - In: Environmental Innovation and Societal Transitions 16. 76–86.
- MARKARD, J. und TRUFFER, B. (2008): Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. - In: Research Policy 37. 596–615. Online: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733308000164>.
- MARLETTO, G. (2010): Structure, agency and change in the car regime: A review of the literature.
- MARTIN, R. und SUNLEY, P. (2006): Path dependence and regional economic evolution. - In: Journal of Economic Geography 6. 395–437.
- MARTIN, R. und SUNLEY, P. (2010): The place of path dependence in an evolutionary perspective on the economic landscape. - In: Handbook of Evolutionary Economic Geography.
- MAURER, M.; GERDES, J. C.; LENZ, B. und WINNER, H. (Hrsg.) (2015): Autonomes Fahren. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- MAURER, M.; LENZ, B.; WINNER, H. und GERDES, J. C. (2016): Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects. s.l.: Springer.
- MAY, T. (2011): Social research. McGraw-Hill Education (UK).

- MAYRING, P. und FENZL, T. (2014): Qualitative inhaltsanalyse. In Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. 543–56. Springer.
- MCUBE (2021): Unsere Vision: Innovationen für den Mobilitätswandel – miteinander – möglich – machen. <https://www.mcube-cluster.de/was-wir-tun/> (01.05.21).
- MELKAS, H. und HARMAAKORPI, V. (2008): Data, information and knowledge in regional innovation networks. - In: *European Journal of Innovation Management* 11. 103–124.
- MENG, D.; LI, X.; CAI, Y. und SHI, J. (2019): Patterns of knowledge development and diffusion in the global autonomous vehicle technological innovation system: a patent-based analysis. - In: *International Journal of Automotive Technology and Management* 19(1/2). 144.
- MILLARD-BALL, A. (2018): Pedestrians, Autonomous Vehicles, and Cities. - In: *Journal of Planning Education and Research* 38. 6–12.
- MIT (2021): Moral Machine. <http://moralmachine.mit.edu/> (24/02/21).
- MVG (2019): U9: Entlastung für Münchens Zukunft. <https://www.mvg.de/ueber/mvg-projekte/bauprojekte/u9.html> (02.05.21).
- MVI GROUP GMBH (2020): Automotive Development. <https://mvi-group.com/automotive-development/> (01.05.21).
- NEGRI, A. (1996): Twenty Theses on Marx: Interpretation of the Class Situation Today. - In: MAKDISI, S., CASARINO, C., KARL, R. E.: *Marxism beyond Marxism*. 149–80. New York: Routledge.
- NELSON, R. R. (1993): *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press.
- NVIDIA CORPORATION (o.J.): Audi und NVIDIA. <https://www.nvidia.com/de-de/self-driving-cars/partners/audi/> (19.05.21).
- NVIDIA CORPORATION (2021): INNOVATIVES FAHREN: End-to-End-Lösungen für softwaredefinierte autonome Fahrzeuge. <https://www.nvidia.com/de-de/self-driving-cars/> (02.05.21).
- OECD (1997): *National Innovation Systems*. Paris.
- OECD (2018): *Oslo Manual 2018*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- POLANYI, M. (1958): *Personal Knowledge: Towards a Post-critical Philosophy*. London: Routledge & Kegan Paul.
- PORTER, M. E. (1990): The Competitive Advantage of Nations: *Harvard Business Review*(73–93).
- PORTER, M. E. (1998): Clusters and the New Economics of Competition: *Harvard Business Review*. 77–90.
- POWELL, W. W. und SNELLMAN, K. (2004): The Knowledge Economy. - In: *Annual Review of Sociology* 30. 199–220.

- PROVIDENTIA++ (o.J.): Wo steht Providentia? <https://innovation-mobility.com/projekt-providentia/> (20.05.21).
- RICKNE, A. (2000): New technology-based firms and industrial dynamics: Evidence from the technological system of biomaterials in Sweden, Ohio and Massachusetts. - In: Doktorsavhandlingar vid Chalmers Tekniska Högskola. 1–340.
- SAE (2018): Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. [https://saemobilus.sae.org/content/J3016\\_201806/](https://saemobilus.sae.org/content/J3016_201806/) (21.02.21).
- SAE (2019): SAE Standards News: J3016 automated-driving graphic update. <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic> (21.01.21).
- SAWULSKI, J. (2017): Structural analysis of the offshore wind innovation system in Poland.
- SCHUMPETER, J. A. (1934): The theory of economic development;: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. - In: Harvard economic studies. Cambridge, Mass.: Harvard University Press vol. XLVI.
- SCOTT, J. (2005): Social network analysis: A handbook, 2nd edn. London: Sage.
- SCOTT, W. R. (2013): Institutions and organizations: Ideas, interests, and identities. Sage publications.
- STEDEN, S. (2015): Das System der Finanzierung von Technologieentwicklung am Beispiel der Photovoltaik-Industrie. Zugl.: Dortmund, Techn. Univ., Diss., 2014. Wiesbaden: Springer VS.
- STÜBER, J. (2018): Der Flixbus der Zukunft fährt elektrisch und autonom. <https://www.businessinsider.de/gruenderszene/allgemein/5-jahre-flixbus-interview-jochen-engert/> (29.03.21).
- SUURS, R. A. A. (2009): Motors of sustainable innovation: Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems. Utrecht University.
- SUURS, R. A. A. und HEKKERT, M. P. (2009): Cumulative causation in the formation of a technological innovation system: The case of biofuels in the Netherlands. - In: Technological Forecasting and Social Change 76. 1003–1020.
- SWM (2021): Stadtwerke München: Geschäftsbericht 2020. <https://www.swm.de/dam/online-pdf/2020-geschaeftsbericht/64/index.html> (02.05.21).
- THI (2020): Autonomous Vehicle Engineering (B. Eng.). <https://www.thi.de/elektro-und-informationstechnik/studiengaenge/autonomous-vehicle-engineering-beng> (03.05.21).
- TIDD, J. (2006): Innovation models. - In: Imperial College London 17.
- TUM (o.J.): Automatisiertes Fahren. <https://www.mw.tum.de/ftm/forschungsfelder/automatisiertes-fahren/> (03.05.21).
- TUM (2009): Technologie-Ausgründung der TU München: fortiss: Münchner Forschungs- und Transferinstitut für Software-intensive Systeme.

[https://portal.mytum.de/pressestelle/pressemitteilungen/news\\_article.2009-10-16.9788629361](https://portal.mytum.de/pressestelle/pressemitteilungen/news_article.2009-10-16.9788629361) (02.05.21).

TÜV SÜD (2021): AUTONOMES FAHREN: Bringen Sie Ihre automatisierten Technologien sicher auf die Straße. <https://www.tuvsud.com/de-de/branchen/mobilitaet-und-automotive/automotive/autonomes-fahren> (02.05.21).

UNIBW (o.J.): Institut für Technik Autonomer Systeme. <https://www.unibw.de/tas> (03.05.21).

UNTERNEHMERTUM (2018): Initiative for Applied Artificial Intelligence: German Startup Landscape of Autonomous Driving. <https://www.appliedai.de/hub/german-startup-landscape-of-autonomous-driving> (12.02.21).

VAN BRUMMELEN, J.; O'BRIEN, M.; GRUYER, D. und NAJJARAN, H. (2018): Autonomous vehicle perception: The technology of today and tomorrow. - In: Transportation Research Part C: Emerging Technologies 89. 384–406.

VAN VLIET, O.; BROUWER, A. S.; KURAMOCHI, T.; VAN DEN BROEK, M. und FAAIJ, A. (2011): Energy use, cost and CO2 emissions of electric cars. - In: Journal of Power Sources 196. 2298–2310.

WALKER, R. A. (2003): The Geography of Production. - In: SHEPPARD, E., BARNES, T. J.: A Companion to Economic Geography. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

WEBB, J. C. (2014): Theory and practice of automotive modal lock-in—an Indonesian case. Queensland University of Technology.

WHO (2006): What are the effects on health of transport-related air pollution? [euro.who.int/en/data-and-evidence/evidence-informed-policy-making/publications/hen-summaries-of-network-members-reports/what-are-the-effects-on-health-of-transport-related-air-pollution](http://euro.who.int/en/data-and-evidence/evidence-informed-policy-making/publications/hen-summaries-of-network-members-reports/what-are-the-effects-on-health-of-transport-related-air-pollution) (05.05.21).

WORLD BANK (2017): Mobility. <https://www.worldbank.org/en/results/2017/12/01/mobility> (04.05.21).

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die sechs Stufen der Automatisierung nach SAE Standard J3016 (Eigene Darstellung nach SAE 2019) .....	6
Abbildung 2: Experimentelles, autonomes Testfahrzeug VaMP, entwickelt an der Bundeswehr-Universität München, welches im Jahr 1994 zu 95% autonom ( $\cong$ 1678km) von München nach Odense, Dänemark fuhr (Quelle: Dickmanns 2007).....	7
Abbildung 3: Schlüsseltechnologien und Sensoren für autonome Fahrzeuge. (Eigene Darstellung nach Hamida et al. 2015: 390) .....	9
Abbildung 4: Informationsverarbeitung bei automatischer Fahrzeugführung (Eigene Darstellung nach Dietmayer 2015: 420).....	11
Abbildung 5: Typische (re)Captchas, welche mehrfach vom Autor im Zuge von Recherchen per Google-Suchanfragen gefunden wurden (Quelle: Eigene Screenshots von Google 2021a, 2021b).....	12
Abbildung 6: Mögliche ethisch-moralische Dilemma-Situation eines autonomen Fahrzeugs - welche Leben sollen bei diesem unausweichlichen Unfall gerettet werden? (Quelle: MIT 2021).....	16
Abbildung 7: Autonomes Logistik-/Lieferfahrzeug „Hercules“ in Shenzhen, Februar 2020 (Quelle: Liu et al. 2020).....	17
Abbildung 8: Lineares Innovationsmodell (eigene Darstellung nach (Kehrbaum 2009)) .....	20
Abbildung 9: Erweitertes lineares Innovationsmodell (eigene Darstellung nach (Godin 2006)) .....	21
Abbildung 10: Chain-link Innovationsmodell, eigene Darstellung nach (Kline & Rosenberg 2010).....	22
Abbildung 11: Multilevel Perspektive auf technischen Wandel nach (Geels & Schot 2007)..	28
Abbildung 12: Technologisches Innovationssystem innerhalb nationaler und sektoraler Innovationssysteme (Eigene Darstellung nach (Steden 2015: 81, Hekkert et al. 2007).....	36
Abbildung 13: Struktur des TIS autonomer Fahrzeuge in der Metropolregion München .....	55
Abbildung 14: Detaillierte Übersicht der Unternehmen und Startups, die sich in München mit autonomen Fahrtechnologien beschäftigen (Startups fett hervorgehoben) .....	56
Abbildung 15: Aufteilung der verschiedenen Akteursgruppen innerhalb des TIS .....	57
Abbildung 16: Verortung der Unternehmen/Startups aus dem Bereich der Enabling-Technologien .....	60
Abbildung 17: Verteilung von Unternehmen und Startups im Bereich der Enabling-Technologien .....	61
Abbildung 18: Erweitertes AkteurInnen-Netzwerk in München (2016 – 2021).....	66
Abbildung 19: Akteursnetzwerk in München (2016 - 2021) .....	68

Abbildung 20: Anzahl der Patentanmeldungen zwischen 1990 und 2021 im TIS (n=299) ....	78
Abbildung 21: Entwicklung der Patentanmeldungen im TIS zwischen 1990 und 2021 .....	79
Abbildung 22: Anzahl an Publikationen nach TIS-Akteuren (1990 – 2020).....	80
Abbildung 23: Übersicht der Gesamtfunktion des TIS.....	99

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Typologie der verschiedenen Wissensbasen nach Asheim et al. (2011) .....	24
Tabelle 2: Übersicht TIS-Studien .....	35
Tabelle 3: TIS-Funktionen und deren Beispielindikatoren. (Quelle: Eigene Darstellung nach Klein & Sauer 2016: 26, Hekkert et al. 2011).....	47
Tabelle 4: Überblick der interviewten ExpertInnen.....	51
Tabelle 5: Maßzahlen der sozialen Netzwerkanalyse für das erweiterte Netzwerk .....	67
Tabelle 6: Übersicht der Codes aus der Inhaltsanalyse.....	72
Tabelle 7: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F1.....	73
Tabelle 8: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F2.....	77
Tabelle 9: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F3.....	82
Tabelle 10: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F4.....	86
Tabelle 11: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F5.....	90
Tabelle 12: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F6.....	92
Tabelle 13: Häufigkeiten der Unterkategorien aus ExpertInneninterviews – F7.....	96

## Abkürzungsverzeichnis

ADAS	Fahrerassistenzsysteme (englisch <i>Advanced Driver Assistance Systems</i> )
AV	Autonomes Fahrzeug, bzw. Fahren (englisch <i>autonomous vehicle</i> )
AVF	Automatisiertes und vernetztes Fahren
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BRD	Bundesrepublik Deutschland
B2B	Business-to-business
Captcha	<b>C</b> ompletely <b>A</b> utomated <b>P</b> ublic Turing Test to tell <b>C</b> omputers and <b>H</b> umans <b>A</b> part
CORDIS	Community Research and Development Information Service
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DB	Deutsche Bahn
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
F&E	Forschung & Entwicklung
GPS	Global Positioning System
KI	Künstliche Intelligenz
LiDAR	<b>L</b> ight <b>d</b> etection and <b>r</b> anging
LH	Landeshauptstadt (München)
MLP	Multi Level Perspektive
MOR	Mobilitätsreferat München
MVG	Münchner Verkehrsgesellschaft mbH
MVV	Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH
OB	Oberbürgermeister [der Landeshauptstadt München]

OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PROMETHEUS	<b>PRO</b> gra <b>M</b> me for a <b>E</b> uropean <b>T</b> raffic of <b>H</b> ighest <b>E</b> fficiency and <b>U</b> nprecedented <b>S</b> afety
Radar	<b>R</b> adio <b>d</b> etection and <b>r</b> anging
SWM	Stadtwerke München
TUM	Technische Universität München
V2X OBU	Vehicle to X On-Board-Unit

## **Anhang**

### **Leitfaden für ExpertInneninterviews (Stand 5/2/2021)**

#### **a. Hintergrund**

Ich untersuche in meiner Masterarbeit ob in der Region München ein Technologisches Innovationsystem (TIS) um die Innovation Autonomes Fahren entsteht. Grundsätzlich braucht man für eine erfolgreiche Markteinführung einer Innovation mehr als die Technologie selbst. In der Wissenschaft spricht man hier von Innovationssystemen, in dem es drei wesentliche strukturelle Elemente gibt; Akteure (bspw. Unternehmen, Finanzinstitutionen), Netzwerke (wichtig für Technologie-, Informations- und Wissensaustausch) sowie Institutionen, welche die Spielregeln aufstellen und das Verhalten der Akteure beeinflussen.

Nachdem man diese Struktur und die wichtigsten Komponenten eines Innovationssystems identifiziert hat, kann man anschließend die **einzelnen Funktionen des Systems beurteilen**, wie gut oder schlecht das Innovationssystem funktioniert, um von einer Idee zu einem marktreifen Produkt oder Dienstleistung zu kommen.

- Ansatz des technologischen Innovationssystems unterscheidet sich von anderen Innovationssystemen darin, dass mit dem TIS tendenziell Systeme in einem frühen Entwicklungsstadium analysiert werden können

Maßgeblich für den Erfolg einer Innovation wie bspw. AV sind Komponenten wie gesetzliche Rahmenbedingungen, Strategiepläne aber auch informelle Gegebenheiten, die regional stark

variieren können. Der Austausch und das Zusammenspiel der wichtigsten Akteure innerhalb des Innovationssystems ist natürlich essenziell, daher erhoffe ich mir neue Erkenntnisse über die Netzwerke und Akteure innerhalb des Systems zu gewinnen

## **b. Einleitung**

Können Sie mir zu Einstieg noch einmal kurz über Ihre Rolle bei XYZ erzählen und Ihren Zugang zur Thematik um Autonomes Fahren?

Projektbezogene Fragen:

### **Zum Projekt Providentia++ (Interview 5)**

- Warum hat sich das BMVI für München entschieden?
- Inwieweit ist die LH München an dem Projekt beteiligt?
- Wie lief die Suche der beteiligten Partnerunternehmen und Hochschulen ab, ist das BMVI auf die Akteure zugekommen oder anders herum? (Von wem ging der Impuls aus?)
- Wie erfolgt die Kommunikation bzw. der Wissens und Informationsaustausch zwischen den Projektpartnern? Nur über Konsortialtreffen oder auch durch informellen Austausch?
- Würden Sie die Projektpartner (TUM, fortiss, Valeo, Intel etc.) als innovativ und experimentierfreudig einstufen?
- Wie sieht es aus mit den Genehmigungen bzw. rechtlichen Rahmenbedingungen für das Projekt, gab es da große Hürden?
- Zu den Zielen des Projekts, würden Sie sagen, dass die Ziele der beteiligten Partner sich decken und aufeinander abgestimmt sind?
- Wird das Projekt Ihrer Einschätzung nach finanziell ausreichend gefördert?

### **Zusammenfassend:**

- In welchem Bereich befinden sich Ihrer Einschätzung nach die größten Hindernisse, um Projekte wie Providentia ++ durchzuführen?
  - o Mangelnde Akzeptanz der Technologien? (F7)
  - o Fehlende Akteure?
  - Fehlende Netzwerke zwischen Akteuren, bzw. dass sich Unternehmen nicht zusammenschließen für solche Projekte?

### **Zum Projekt „Easyride“ & Mobilitätsreferat München (Interview 3)**

- Inwieweit spielt die Thematik AV eine Rolle im neuen Mobilitätsreferat?
- Wie lief die Suche der beteiligten Partnerunternehmen und Hochschulen ab, ist die Stadt München auf die Akteure zugekommen oder anders herum?
- Wie sieht es aus mit den Genehmigungen bzw. rechtlichen Rahmenbedingungen für das Projekt, gab es da große Hürden?
- Zu den Zielen des Projekts, würden Sie sagen, dass die Ziele der beteiligten Partner sich decken und aufeinander abgestimmt sind?
- Gibt es **politische Ziele bzw. Visionen**, etwa wie sich die Industrie und der Markt um AV speziell in München entwickeln soll?

### **Funktion 1: Unternehmerisches Experimentieren → Unternehmen, Politik, Hochschulen**

#### Indikatoren: Akteure in der Industrie (aus Strukturanalyse)

In München gibt es ja einige Unternehmen bzw. Startups die sich (teilweise) auf autonomous driving spezialisieren, bspw. BMW, MAN, Blickfeld, Toposens etc.

- Gibt es Ihrer Meinung nach in München genügend Akteure (Unternehmen, Hochschulen, Forschungsinstitute etc.) im Innovationssystem um AV, um die Stadt zu einer Vorzeigeregion für die Technologie zu entwickeln?
- Wen sehen sie als die wichtigsten Akteure im Innovationssystem um AV in München?
  - Automobilindustrie: BMW, AUDI, MAN?
  - Softwareunternehmen/Start-Ups:?
  - Forschungseinrichtungen?
  - Hochschulen?
  - Die Stadt München?
- Gibt es in München genügend/~~viele~~ Unternehmen, die sich auf AV fokussieren bzw. hat sich in den letzten Jahren eine Unternehmenslandschaft um AV entwickelt?
- Sind Unternehmen/Stadt München/Hochschulen im Bereich AV innovativ und experimentierfreudig?

### **Funktion 2: Entwicklung von Wissen → Unternehmen**

#### Indikatoren: Anzahl an Patenten/Veröffentlichungen

- Wird in München ausreichend Know-how über alle Aspekte von AV generiert?
  - Ist das Wissen, auf das zurückgegriffen wird regionaler oder internationaler Natur?

- Wo wird am meisten Wissen generiert, im Bereich Bildung/Hochschulen oder im technischen Anwendungsbereich, innerhalb von Unternehmen

### **Funktion 3: Verbreitung von Wissen → Unternehmen**

#### Indikatoren: Arten und Anzahl an Netzwerken

- Gibt es Ihrer Meinung nach in München ausreichend Wissensaustausch ...
  - a) ... zwischen Industrie und Wissenschaft, z.B. mit Hochschulen?
  - b) ... zwischen Industrie und Politik?
  - c) ... mit Unternehmen aus der IT-Branche?
  - d) ... mit Unternehmen aus der Automobilbranche?
- Gibt es ausreichend Wissensaustausch mit Akteuren außerhalb Münchens?
  - a) Auf welcher Ebene findet am meisten Wissensaustausch statt, regional in München oder Bayern, national oder international?
- Sehen Sie die **Qualität des Wissensaustauschs** als fördernd oder hindernd für Innovationstätigkeiten?

### **Funktion 4: Einfluss auf die Suchrichtung → Unternehmen, Politik**

#### Indikatoren: Regularien, Visionen, Erwartungen seitens der Regierung und Schlüsselakteuren

- Welche speziellen rechtlichen Rahmenbedingungen hinsichtlich AV gibt es in München?
  - o Würden Sie die geltende Gesetzgebung zu AV als fördernd oder hindernd bezeichnen?
- Gibt es **politische Ziele bzw. Visionen**, etwa wie sich die Industrie und der Markt um AV speziell in München entwickeln soll?
- Welche **Ziele** haben die Unternehmen in München, bzw. welche Ziele hat XYZ bzgl. AV?
- Sind Ziele/Visionen der einzelnen Akteure aufeinander abgestimmt?

### **Funktion 5: Marktentstehung → Unternehmen**

#### Indikatoren: Umgesetzte (installierte?) Projekte

- Schätzen Sie den aktuellen und zukünftigen Markt für AV in München als zufriedenstellend ein?
  - Welche Abnehmer für AV gibt es in München bzw. wird es in Zukunft geben?
    - Wie sieht die Nachfrage für AV speziell in München aus bzw. wie wird diese in Zukunft aussehen?
  - Oder glauben Sie, dass sich der Markt eher regionsübergreifend (international) befindet?

### **Funktion 6: Mobilisierung von Ressourcen → Unternehmen, Politik**

Indikatoren: Physisch (Infrastrukturen), Human (Arbeitskräfte), Finanziell (Investments, Venture Capital, Subventionen)

- Wie beurteilen Sie den lokalen Arbeitsmarkt, gibt es **genügend qualifizierte Fachkräfte?** (Nicht nur Automobiltechniker, Ingenieure etc.?)
- Stehen für AV **ausreichend (finanzielle) Ressourcen, Förderungen oder Steuerentlastungen** z.B. von Seiten der Stadt, bzw. Bayern, Deutschland oder sogar der EU zur Verfügung?
  - Oder gibt es Förderungen seitens von Banken, Business Angels, Venture capitalists etc?

### **Zusammenfassend:**

- In welchem Bereich befinden sich Ihrer Einschätzung nach die größten Hindernisse, um München zu einem „Hotspot“ für die Technologie autonomes Fahren zu machen?
  - Mangelnde Akzeptanz der Technologie? (F7)
  - Fehlende Akteure?
  - Andere Aspekte?

### **Abschluss:**

Gibt es von Ihrer Seite noch nicht besprochene Aspekte, die Sie gerne hinzufügen möchten?

### **Transkripte der ExpertInneninterviews**

## Interview 1, 12.01.2021

I: Können sie mir zum Einstieg kurz ihre Rolle bei [...] erzählen und ihren Zugang zur Thematik Autonomes Fahren?

E: Ich bin Geschäftsführer bei der [...] und ich bin auch leitend mitverantwortlich für die Vorlesung autonomes fahren der Technischen Universität München und habe sehr viele unterschiedliche Projekte mit unterschiedlichen Partnern in unterschiedlichen Entwicklungsständen von der Forschung über die Vorentwicklung bis Serienentwicklung von autonomen Fahrfunktionen von SAE Level 1 bis 5 mitbegleitet und begleite die in München aber auch international.

I: Seit wann sind Sie ungefähr in dem Bereich AV spezialisiert, insbesondere in München?

E: Das autonome fahren hat ja der Professor Dickmanns eine von der Eduard Rhein Stiftung eine entsprechende Ehrung bekommen als Erfinder des autonomen Fahrens und das ist ja auch tatsächlich hier in der Gegend dann passiert also würde ich jetzt sagen ist München ja quasi so einer der Geburtsorte des autonomen Fahrens

I: Interessant, bevor ich mich mit der Thematik mehr beschäftigt hatte, hatte ich immer den Eindruck dass es der Geburtsort in Kalifornien ist, Silicon Valley. Das ist natürlich eine neue Perspektive.

E: Das können sie gerne noch mal in Ruhe nachschauen weil ich jetzt nicht alle Aspekte ja auswendig parat habe, aber das autonome Fahren ist durchaus durchaus aus Deutschland auch hervorgegangen, ist dann im Rahmen dieser DARPA challenges gab es dann ein bisschen einen Schwung in die Ursache, ist dann allerdings mit den Arbeiten von unter anderem Mercedes und co durchaus auch entsprechend ja in Deutschland immer mit führend dabei gewesen. Da können sie gerne mal googeln nach Professor Ernst Dickmanns

I: Das werde ich auf jeden fall machen. Genau also in München gibt es ja auch aktuell auch einige unternehmen oder auch startups die sich zumindest teilweise AV spezialisieren also BMW natürlich kann man da nennen, MAN auch. Aber auch jüngere Unternehmen so wie Blickfeld, Toposens etc. Würden sie sagen, dass es in München genügend Akteure (Unternehmen, Forschungsinstitute, Hochschulen) im TIS um AV gibt aktuell?

E: Wenn man darüber nachdenkt, was den genügend eigentlich heißen soll dann würde ich vermuten die Antwort ist eher Nein, weil das sind dermaßen riesige Probleme dass man sich

eigentlich immer mehr gute Partner wünschen kann, die unterstützen. Aber ich glaube das ist aber für alle Regionen der Fall. Wenn man jetzt umgedreht fragen würde, nicht genügend, sondern ob es eine starke Partnerlandschaft in München gibt, dann würde ich sagen, dass München schon zu den besser aufgestellten Städten in der Welt. Oder auch die Region an sich mit umliegenden, starken Fahrzeugherstellern, starker Universitätslandschaft und starken Unternehmen auch in dem Bereich die Teiltechnologien entwickeln.

I: Wenn wir da weiter gehen, die Frage ein bisschen ausweiten, wen würden sie als die wichtigsten Akteur in München im TIS sehen? Eher die Automobilindustrie oder eher Softwareunternehmen, Startups, Forschungseinrichtungen, Hochschulen? Wem würden sie aktuell die tragende Rolle zuschreiben?

E: Also ich sehe keinen wichtigsten Player in der Gegend, ich sehe eher voranstrebende Einzeltechnologien, Integratoren, Fahrzeughersteller die alle unterschiedliche Aspekte bedienen. Ich denke der Gedanke geht immer mehr dahin, das Ökosysteme am wichtigsten sind, dass man sagt es gibt eine zentrale Firma, die das maßgeblich treibt. Dieser Ökosystem-Ansatz fällt immer mehr ins Gewicht, dass man sagt das sind also Verbünde, die sich da gegenseitig voranpushen.

I: Würden Sie dann die Unternehmen, die in München aktiv sind als innovativ und auch experimentierfreudig beurteilen? Oder auch die Stadt München an sich, bzw. Hochschulen?

E: Also Grüne Wiese Ansätze könnte es durchaus mehr geben. Das man sagt, man legt einfach mal los und nimmt mal eine Hand voll Leuten und setzt eine Schlüsseltechnologie auf dem neuesten Stand der Technik und der Wissenschaft um. Aber gerade die Universitäten haben ja auch viele Forschungsprojekte in denen man auch viele Freiheiten in der Forschung hat und in diese Projekte sind auch immer Industrieunternehmen eingebunden, wo es einen guten und engen Austausch zwischen Industrie und Akademia gibt. Insofern würde ich sagen, der Fokus ist schon oft auf den Inhalten, die auch unmittelbar oder kurzfristig einen Nutzen entfalten können. Aber im Prinzip wird schon einiges gemacht. Deutschland ist natürlich bei neuen Technologien, muss man manchmal ein bisschen Überzeugungsarbeit noch leisten, dass man das jetzt wirklich braucht und das sie auch förderlich ist und ähnliches. Da könnte man ggf, noch schneller unterwegs sein. Aber es ist schon nicht schlecht.

I: Entwicklung von Wissen: Wenn es um Innovation geht ist Wissen natürlich hoch entscheidend. Würden Sie sagen dass in München direkt ausreichend know-how über alle

Aspekte von AV generiert wird? Oder ist das Wissen auf das zurückgegriffen wird eher internationaler Natur, bspw. USA?

E: Ich würde sagen die meisten Unternehmen die sich maßgeblich im AV beteiligen publizieren auch international. Da die Wissenschaft meistens nicht regional gebunden ist, d.h. man hat diese Publikationssprache die zumeist Englisch ist und auch internationales Publikum. Man hat auch die Mitarbeiter in den Unternehmen, die sind ja heute auch sehr international aufgestellt. Das heißt ich glaube es entsteht durchaus auch regionales Wissen in den verschiedenen Zentren auf der Welt, aber es ist doch durchaus eine sehr internationale Domäne. Es gibt noch so ein bisschen Variationen davon, manche Arten von Wissen bei AV kann ich international überhaupt nicht gebrauchen, weil die einfach regionsspezifische Anforderungen teilweise sind. Es gibt bestimmte Verkehrskonstruktionen, die gibt es in anderen Ländern nicht. D. H. solche Dinge müssen vielleicht sogar regional geprägt werden. Bei anderen Dingen gibt es dann doch so eine Art Forschungskonvergenz, wo international mit ähnlichen Technologien gearbeitet wird.

I: Ich schätze mal sowas wie Lidar Technologie ist nicht unbedingt regional spezifisch.

E: Ja. Allerdings, sowas wie die Reichweite die gebraucht wird von einem Sensorset ist in Deutschland mit den Autobahnen die unbegrenzte Höchstgeschwindigkeit haben anders gestaltet als in Ländern, wo man eine allgemeine Höchstgeschwindigkeit von irgendwie 100 Meilen pro Stunde hat.

I: Oder auch die Auswertung von Daten vom Lidar, bspw. Punktwolken und unterschiedliche Objekte die erkannt werden müssen variieren regional. Gehen wir weiter zur Verbreitung von Wissen, Sie haben es ja schon so ein bisschen gesagt, dass die Hochschulen, gerade die TUM, einige Projekte machen mit privaten Stakeholdern. Würden Sie sagen, dass es in München auch ausreichend Wissensaustausch bzgl AV gibt? Zwischen Automobilindustrie und Wissenschaft, oder zwischen Industrie und Politik?

E: Es bilden sich in München durchaus solche Austauschgruppen, wo sich Leute einfach hobbymäßig treffen um Erfahrungen zu AV auszutauschen wo dann durchaus auch mal größere Teilnehmerzahlen zustande kommen. Es finden natürlich auch Konferenzen statt auch in München und in den umliegenden Regionen, die diesen Austausch fördern. Es ist gerade wegen Corona etwas virtualisiert worden. Insgesamt ist ja viel im AV unter Geheimhaltungsvereinbarungen, allerdings würde ich sagen dass es gerade auch über die

Universitäten da viel an Information ausgetauscht wird, mit dem Ziel dass man halt insgesamt mit den Technologien vorankommt.

I: Welche Akteure treiben den Wissensaustausch am meisten voran?

E: Ich würde z.B sagen die TUM als neutraler Vermittler, ist schon ein starker Schrittmacher für den Wissensaustausch und Wissensgenerierung und Vermittlung. Da ich ja die Vorlesung Autonomes Fahren Leite, zusammen mit Herrn Prof. Knoll wo wir teilweise bis zu 700 Studenten pro Semester haben, das ist ja ein gutes Beispiel.

I: Auf jeden Fall. Ich hab auch so schon eine kleine Patentanalyse gemacht, geschaut wo auf der Welt die meisten Patente für AV angemeldet wurden bzw. von welchen Hochschulen oder Unternehmen, da war die TU eigentlich immer an 2. Stelle hinter Unis in Kalifornien aber in Deutschland immer an erster Stelle. Würden sie die Qualität des Wissensaustauschs als fördernd oder hindernd für Innovationstätigkeit in München sehen? Sollte man mehr qualitativ hochwertige Veranstaltungen haben?

E: Zum beispiel, ja. Ich denke schon, dass man da immer noch mehr machen könnte und sollte.

I: Kommen wir zum nächsten Thema, Einfluss auf die Suchrichtung. Da würde mich interessieren, ob sie mir Einblicke in die Gesetzgebung um AV geben können, auch speziell in München? Würden sie diese eher als fördernd oder hindernd bezeichnen?

E: Die meisten Gesetze die es zu AV in München gibt würde ich sagen sind ja keine regionalen Gesetze, sondern Gesetze die auch in anderen Regionen Deutschlands so sind.

I: Stimmt, eher auf Landesebene, Bayern, oder auch Bundesebene natürlich.

E: München hat aber das erste digital Testfeld bekommen, auf der A9. Wobei ich gehört habe, die würden demnächst auslaufen.

I: Ich meine gelesen zu haben dieses Jahr, 2021.

E: Und die haben auch keine eigenen Gesetze in der Form, soweit ich weiß gehabt. Da galten ja die gleichen Gesetze wie außerhalb der digitalen Testfelder, meines Wissen nach. Ist die Frage, ob man das auch als Gesetz bezeichnen kann, aber auf jeden Fall waren das quasi die Richtungsweisungen von den Regierungsinstitutionen, die dann da auch förderlich waren. Die digitalen Testfelder haben sich sehr förderlich auf das Innovationsklima ausgewirkt. Die Parallel angezogenen Datenschutzbestimmungen führen natürlich zu Herausforderungen, die man in anderen Regionen auf der Welt weniger hat.

I: Auch interessant, bei sowas wie Datenschutz, das ist ja auch eher auf Bundes oder Landesebene geregelt, oder?

E: Die Einstellung, wie man jetzt zusammenarbeiten kann mit den einzelnen Datenschutzbehörden ist schon relevant. Ob man da gute Unterstützung findet, einen erfolgreichen und sinnvollen Datenschutz umzusetzen, zeitlich effektiv, ohne dass man sich dabei selber blockiert, dabei gibt es schon regionale Unterschiede.

I: Auch in München? Würden sie sagen, dass es da leichter geht?

E: Also in München habe ich eigentlich nur positive Erfahrungen gemacht und gute Dinge gehört an der Stelle, mit der Zusammenarbeit mit Behörden, so wie ich das bisher gesehen hab. Ich würde ja auch sagen, dass es insgesamt eine eher innovationsfreudige Region in Deutschland ist. Wenn man an die Behörden denkt usw., dann ist man ja tendenziell aufgeschlossen für moderne Technologien auch. Es gibt natürlich dann unterschiedliche Schwerpunkt wo man die dann hinlegen würde in der Richtung, aber allgemein ist Bayern ja schon stark am pushen auf neue Technologien, weil diese dann wiederum eine positive Auswirkung auf die Wirtschaftskraft und auch auf die daraus resultierenden Lebensqualität durch die neuen Technologien haben kann.

I: Absolut, also würden sie auch sagen, dass es politische Ziele und Visionen gibt wie sich die Industrie und auch der Markt um AV entwickeln soll?

E: Das wird auch international anerkannt, also ich bin schonmal mit ausländischen Botschaftern, die dann auch das digitale Testfeld A9 entlang gefahren zusammen mit den Ministerien und da hat man denen vorgeführt was es da alles gibt, es gibt ja z.B. diese Kameralitsysteme die man an der Autobahn A9 hat wo über viele viele Kilometer hinweg lückenlos die Standstreifen überwacht werden, das die dann quasi freigegeben werden können wenn man mehr Spuren auf der Autobahn braucht. Die ganzen Parkplätze sind vernetzt mit Parkplatzüberwachung, damit man sehen kann ob etwas frei ist oder nicht und wir haben da auch eine innovative Tankstelle in der Gegend, wo man mit Wasserstoff und Solar unterwegs ist. Wir haben Glasfaser liegen überall entlang der Autobahn und wir haben da moderne Infrastruktursysteme mit Radaren mit Kameras mit Lasern aufgebaut z.B. wo man live einen digitalen Zwilling der Autobahn bekommen kann. wir haben dort auch die ersten 5G Basisstationen hingestellt die es überhaupt so gab im Land. Von daher hat man auch einiges an experimenteller Infrastruktur da zur Verfügung gestellt und teilweise auch einfach im Serienbetrieb mit dem man sich eben ankoppeln kann. Und wenn man da eben entsprechende

Forschungsprojekte machen möchte, man kann es gut begründen, welchen Wert sie auch haben, dann stößt man eigentlich immer auf positive Gesprächspartner.

I: Jetzt würde ich gerne noch ein bisschen über den Markt reden, den Markt für autonomes Fahren. Würden Sie den aktuellen und zukünftigen Markt für AV in München als zufriedenstellend bewerten? Glauben Sie dass sich die Technologie auch in München etablieren wird?

E: Ich würde sagen ja, nach einer Anfangsschwelle. Wenn man heutzutage solche Technologien einführt in Deutschland, dann gibt es immer viele Menschen mit Bedenken, die man abholen muss, die sich da Sorgen machen ob es dann Probleme geben könnte, wenn dann solche Autos alleine rumfahren oder auch irgendwelche kleineren Wege, autonome Dreiräder oder größere Vans oder LKWs oder auch Kommunalfahrzeuge. Außen herum gibt es ja noch viele offene Fragen bzgl. autonomer Servicerobotik und AV das nicht im Straßenverkehr stattfindet. Das ist ja auch AV, nur nicht AV von PKWs im Verkehr. München ist eine Metropole, eine große Stadt, zwar nicht so groß wie Tokio oder Ähnliches aber durchaus ein großer Markt. Und Technologien die man für München entwickelt sind ja dann nicht nur für München nutzbar, sondern auch andernorts. Das heißt je nach Ansatz hat man teilweise regionale Aufwände, wenn man sagt man setzt das AV auf einer hochpräzisen Karte auf, die speziell für eine Region gemacht wird und man folgt einem Ansatz, dass man sagt man entwickelt insbesondere bestimmte Straßenverhältnisse, Straßenkonstruktionen, Geofencing nennt man das ja, das man sagt es funktioniert nur hier an der Stelle. Das ist durchaus ein Vektor, wie manche Firmen ihre autonomen Fahrtechnologien einführen bzw. einführen wollen. Dann würde ich sagen München ist schon eine attraktive Stadt. Wenn die Stadt entsprechend größer ist, muss man natürlich auch einen größeren Aufwand betreiben, weil man ja wiederum wieder viel mehr Verkehrsszenarien da drin hat. München ist ja relativ ordentlich vom Verkehr her, die Straßenmarkierungen sind gut, die Verkehrsdichte ist natürlich Metropolsverkehrsdichte, aber das ist jetzt nicht so übertrieben eng. Das Verkehrsverhalten der Teilnehmer ist ganz adequat, d.h. sie halten tendenziell im Verhältnis zu manchen indischen oder chinesischen Kreuzungen halten die ganz sinnvolle Abstände voneinander, geben häufiger ganz sinnvolle Blinkersignale, also das Fahrverhalten ist auch ganz angenehm, um autonome Fahrtechnologien zu entwickeln. Von daher würde ich sagen es ist schon eine gute Stadt. Es gab früher mal so Trends, das man gesagt hat es gibt ja andere Länder mit weniger Auflagen in vielerlei Hinsicht, an Sicherheit usw. und vielleicht auch anderen Verkehrsregeln die einzuhalten sind. Da gab es früher bei manchen Unternehmen den Gedanken, dass man doch da in diesen Ländern zuerst machen sollte, weil es einfacher ist, jedoch hatten diese Länder oft sehr sehr chaotische

Verkehrsverhalten. Da hat es doch Lerneffekte gegeben, dass man gesagt hat, dass es gar nicht so schlecht ist wenn man in einem strukturierten Verkehr an und arbeitet sich hin zu den mehr und mehr chaotischen Situationen.

I: Also nicht direkt ins kalte Wasser springen sozusagen, sondern lieber aufbauend, nach und nach. Dann würde ich jetzt gerne noch auf das Thema Mobilisierung von Ressourcen zu sprechen kommen. Das haben sie vorher schon kurz angesprochen, wenn man sich den lokalen Arbeitsmarkt in München anschaut, würden Sie sagen, dass es genügend qualifizierte Fachkräfte für AV gibt?

E: Da würd ich sagen, obwohl wir eine große Universität haben die da sehr viele neue Fachkräfte schafft, haben wir doch einen ausgeprägten Fachkräftemangel in dem Bereich. Das ist natürlich auch generell ein Problem in Deutschland. Wir haben zum Glück viele ausländische Bewerbungen auch, also Leute die immigrieren aus anderen Ländern. Insbesondere in den letzten Jahren hat der Abzug nach England und USA deutlich abgenommen und der Zuzug [nach München] hat eher zugenommen. Ich hab jetzt aber gerade keine Zahlen greifbar.

I: Kein Problem. Den Eindruck, dass der Arbeitsmarkt in München immer internationaler wird, habe ich auch, dass viele Fachkräfte auch aus dem Ausland nach München kommen.

E: München ist eine attraktive Region, in München wohnen die Leute ganz gerne.

I: Sehe ich auch so. Wenn man sich finanzielle Ressourcen ansieht, würden Sie sagen, dass in München (bzw. auch Bayern, Deutschland) ausreichend Mittel zur Verfügung stehen?

E: Ne da müsste mehr gemacht werden. Es stehen immer durchaus Mittel zur Verfügung, also es werden viele gute Förderprojekte auch gemacht, es wird auch vermehrt investiert in neue Startups. Z.B. UnternehmerTUM hat auch große Summen umgesetzt die letzten Jahre. Der Freistaat [Bayern] beteiligt sich da auch entsprechend, aber da könnte mehr gemacht werden und wenn man da mehr machen würde, dann würde auch die Entwicklung schneller vorankommen. Da ja auch unter Anderem gesagt wird, an der Frage der Forschung & Entwicklung des autonomen Fahrens entscheidet sich ob Deutschland ein Innovationsland ist und bleibt, oder führendes Innovationsland ist und bleibt, kann man das eigentlich nicht überbetonen, wie wichtig es ist da Gas zu geben. Oder Strom.

I: Das ist eine bessere Analogie. Oder auch von Seiten Deutschlands oder der EU, müsste da [finanziell fördernd] mehr gemacht werden? Da habe ich bisher noch nicht viel gefunden, das z.B. die EU gerade den Bereich fördert.

E: Bei Europäischen Fördergeldern sind die bürokratischen und die Erschließungs-overheads meistens ziemlich hoch. Da hat man immer ein deutliches größeres Risiko, dass wenn man sich um entsprechende Fördergelder sich bewerben würde, diese nicht bekommt. Jetzt mag man fragen, ob da der Wettbewerb einfach deutlich größer ist, das kann ggf. sein. Aber umgedreht sind auch die bürokratischen Aufwände bei der Umsetzung meistens erheblich höher. Das heißt, die nationale Förderung ist von erheblicher Bedeutung.

I: Und auch von größerer Bedeutung als Eigenmittel oder auch seitens von Banken, Business Angels, Venture Capitalists die Startups fördern, wenn sie das im Vergleich sehen?

E: Also so eine nationale Förderung von der ich gerade gesprochen habe, dass man sich z.B. an Forschungsprojekten beteiligt bekommen Startups ja gar nicht. Ganz neue, kleine Startups bekämen da nichts signifikantes, die könnten schon Förderungen bekommen, allerdings gibt es so Mindestwerte, ab denen der Aufwand, so eine Förderung zu beschließen, Sinn ergibt. Weil ja damit immer Aufwände verbunden sind, mit der ganzen Verwaltung. Allerdings wird dann immer gegenübergestellt und geschätzt, ob ein junges Startup das auch finanzieren kann, weil man kriegt oft kein Geld umsonst, sondern man muss selber einen Eigenanteil leisten. Das ist jeweils völlig unterschiedlich, je nach Fördermaßnahme. Wenn ich mich an solchen öffentlichen Forschungsprojekten beteiligen möchte, für die ich auch einen Eigenanteil stemmen muss, dann ist das für die Förderung von Startups leider aktuell nicht sinnvoll ausgelegt, da die dann erstmal schon sehr hohe Umsätze generieren müssen, damit man denen auch eine entsprechende Förderung bewilligt. Das könnte man etwas kulanter oder großzügiger gestalten, wir würden damit eine bessere Startup-Politik erreichen. Umgedreht gibt es natürlich auch solche Förderungen wie Gründerstipendien, EXIST-Stipendien, wo man teilweise mit weniger oder keinem Eigenanteil vorankommt. Die sind auch nicht schlecht, die haben aber natürlich immer die Herausforderung, dass man eine gute Gründungsidee hat, die man oft eher direkt umsetzen möchte und dann nicht einen langen, aufwändigen Prozess durchlaufen möchte. Man steht immer vor der Frage, investiert man jetzt die Zeit und Arbeit in die Umsetzung in die Ziele der Firma oder des Startups oder investiert man den Aufwand in das Gewinnen eines solchen Förderwettbewerbes. Häufig hat das auch unterschiedliche Vorteile. Es ist auf jeden Fall toll, dass es diese Möglichkeiten alle gibt, und auch im Sinne von Business Angels und Venture Capitalists, das war ja das nächste Level, da ist sicherlich im Verhältnis zu den USA noch Aufholbedarf. Aber auch das hat sich deutlich verbessert über die letzten 10 Jahre. Und München ist da auch eine gute Region, also wenn man fragt, wo schauen Venture Capitalists, dann ist München garantiert innerhalb von Deutschland oder auch innerhalb von Europa eine von denen locations, wo man starke Technologiestartups vermuten würde. Es gibt

oft Vergleiche, da hab ich zwar auch keine Zahlen parat, z.B. zwischen Berlin und München. In Berlin gibt es ja auch sehr viele Startups, aber die Startups auch bzgl. AV in München, da sind mehr davon geprägt, sehr stark technologielastrig zu sein.

I: Interessant. Dann wären wir auch schon fast am Ende der Fragen. Nochmal abschließend, zusammenfassend; Was sind ihrer Einschätzung nach die größten Hindernisse, um München wirklich zu einem hotspot für AV zu machen?

E: Ich würde sagen die Bürokratie ist noch zu groß. Erstmal würde ich sagen München ist schon ein hotspot für AV. Man kann natürlich immer noch mehr daraus machen. Im Verhältnis z.B. zu den Bereichen im Silicon Valley, wo die ganzen Waymo-Autos herumfahren, ist natürlich in München noch einen ticken weniger los, d.h. man kann schon fragen wie könnte man da entsprechend aufschließen. Die bürokratischen Hürden sollte man weiter reduzieren, die Erschließung von Fördergeldern für neue Produkte, neue Gründungen oder den Ausbau von Startups und jungen Firmen, kleinen Firmen oder insbesondere den Ausbau von Ökosystemen sollte man weiter ausbauen. Man sollte auch mehr investieren in die Infrastruktur, d.h. die Technologien die insbesondere die Einführung von solchen autonomen Fahrtechnologien erleichtern oder attraktiv machen, wie z.B. intelligente Sensorik in den Verkehrssystemen sind für die Region sicherlich förderlich, wenn die sich attraktiv machen möchte für autonome Fahrsysteme.

I: Vielen Dank, gibt es von Ihrer Seite noch nicht besprochene Aspekte die sie gerne hinzufügen möchten, was sie mir noch mitgeben möchten für die Arbeit und die ganze Thematik, was sie noch loswerden möchten?

E: Was in München z.B. auch noch gut ist, es gibt z.B. um den VVD herum Initiativen, dass man sagt, man versucht mal die ganzen verschiedenen Data-lakes die entstehen zusammenzubringen, weil ja die Entwicklung von autonomen Fahrfunktionen hängt oft eng zusammen mit der Verfügbarkeit von Daten, zum anderen von der Hardware und von Genehmigungen ab. Also hab ich die Daten, mit denen ich zumindest mal simulativ irgendwie meine Technologien in der Region austesten kann, gibt es Hardware, mit der ich das auch wirklich mal im Verkehr irgendwie vernünftig erproben kann und darf ich das auch. Also gibt es ein Verfahren wie ich mich entsprechend dafür qualifizieren kann. Diese Bestrebung von Städten also ihre Daten auch aufzubereiten und für entsprechende Anwendungsfälle nutzbar zu machen sind glaube ich auch förderlich. Früher war das so, und das ist heute teilweise oft noch so, dass wenn man z.B. fragen würde "wo stehen alle Verkehrsschilder in der Stadt?" dass dann Städte gar nicht so leicht beantworten können. Weil es da überhaupt keine präzisen, digitalen

Daten ggf. gegeben haben mag, wohingegen es ja doch attraktiv sein kann, wenn eine Stadt sagt klar, von uns gibt es eine hochaufgelöste Karte, die ich ja verwenden kann. Mit denen man dann Einstiegshürden reduziert. Und umgedreht ist natürlich auch förderlich, dort entsprechende Netzwerkveranstaltungen zu machen, wo man dann die Ökosysteme fördert und Firmen und Forschung auch zusammen bringt. Sie können sich gerne das von Herrn Professor Dickmanns anschauen, er ist meine ich sogar im Deutschen Museum als Erfinder des autonomen Fahrens geehrt worden, das ist von der Bundeswehr Universität in München. Da gibt es ganz bekannte Projekte wie das EUREKA-Projekt, das Prometheus-Projekt und alle Angaben ohne Gewähr, aber das kam ja damals auch aus den Fragen, "was kann ich denn mit einer Kamera machen?", kann ich mit einer Kamera auch eine Regelungstechnik steuern, für ein Pendel z.B. dass sich ein senkrechtstehendes Pendel automatisch ausgleiche über input den ich aus Bildern, die ich über eine Kamera sehe. Und danach hat man gesagt cool, es hat funktioniert, was wäre denn noch cooler? Man hat sich dann gefragt, kann ich den aus einer Kamera heraus auch ein Auto fahren? Und das hat man hier ausprobiert, d.h. man war damals also hier schon sehr innovativ und innovationsfreundlich auch. Allerdings auf die Frage, wie es damals Genehmigungen gab, um zu so früher Zeit über die Autobahn autonom brausen zu können, darauf war glaube ich damals die Antwort, dass man gesagt hat, ja, über die Bundeswehr gab es da andere Genehmigungsverfahren, die etwas bürokratisch weniger Aufwändig waren. Das zeigt auch wieder dass man Dinge vernünftig und unkompliziert und sicher ausprobieren kann und sich auch ein bisschen an die Universitäten anknüpft, dann hat das damals schon zu Innovationen geführt und das ist auch weiterhin der Fall. Das heißt das sollte man auch pflegen und fördern.

I: Von damals, von welchem Zeitraum sprechen wir da, wie lange ist das ungefähr her?

E: Ich meine das war in den 1980ern. Also Anfang der 80er Jahre, da waren hier der Professor Dickmanns mit der Bundeswehr-Universität und unabhängig Mercedes zu Gange mit solchen Fahrzeugen, das waren damals eher so kleine Vans und so, die Computer waren noch sehr sehr groß, es gab noch keine Nvidia Grafikkarten usw. Die Rechner die da eingebaut wurden hat man damals liebevoll gesprochen von den Dickmannschen Höllenmaschinen, da die Hardwareaustattung sehr üppig sein musste, weil das noch so schwach war von der Rechenkapazitätsdichte. Aber man ist 1987 ist man schon 100 km/h autonom auf der Autobahn gefahren.

I: Aber natürlich noch mit Sicherheitsfahrer?

E: Ja, aber der musste nichts machen. Also das man einen Sicherheitsfahrer in einem Fahrzeug hat ist durchaus nicht unvernünftig. Das ist dann auch wieder eine Frage der Gesetzgebung an

der Stelle, braucht man das sofort, dass also kein Fahrer in einem Auto sitzen muss und so. Ich denke das ist schon in Ordnung, dass es da entsprechende Sicherheitshürden gibt. Das wichtigste ist, würde ich meinen, dass auch auf Pfade gibt, wie man dann mit einer gewissen Rechtssicherheit von der einen Phase zur anderen gehen kann. Das man z.B. einen Plan macht, wenn ich das und das tue, dann kann ich danach mit Fahrer oder ohne Fahrer oder Ähnliches und ich muss so und so viel testen, das ist nicht schlecht wenn es dafür Richtlinien gibt die aber auch eine gewisse Flexibilität lassen.

I: Dass man nicht sofort auf SAE-level 5 autonom fahren muss, sondern vorher die einzelnen Stufen erprobt.

E: Ja oder umgekehrt, ggf. in einem Land auch gar nicht level 5 ohne Fahrer fahren darf und könnte, weil es dafür einfach keine Gesetze gibt. Und daran wurde in den letzten Jahren gearbeitet, das auszubauen, da dürfte aber auch noch einiges zu tun sein. Es gibt in Deutschland aber einen guten Austausch zwischen Behörden und Firmen und Forschungseinrichtungen in der Richtung. Also man kann durchaus da auf die Behörden zugehen, oder auf die Ministerien und sagen, da gibt's irgendwie ein Problem, man kann das und das gar nicht mache, könnte man da nicht schauen, dass man sich nicht mal überlegt wie sowas gesetzlich aussehen könnte, da sind die auch relativ interessiert daran, wenn es wirklich Verbesserungen darstellt. Man kann sich aber dann doch auf relativ langwierige Prozesse einstellen, die viele Jahre gehen können. Deswegen ist es wichtig, dass man da frühzeitig anfängt. In der deutschen Politik wird aber schon seit Jahren daran gearbeitet, zu schauen wie man die Gesetzgebung modernisieren kann um solche Technologien auch voran zu bringen, ist aber auch noch to do.

I: Klar, man kann immer noch mehr machen.

[Verabschiedung]

## **Interview 2 (14.01.2021)**

I: Können Sie mir zum Einstieg bitte kurz noch einmal Ihre Rolle bei [...] erklären und Ihren Zugang zur Thematik autonomes Fahren?

E: Sehr gerne, ich war bis vor kurzem bei Berylls Strategy Advisors in der Unternehmensberatung, das ist eine Strategieberatung, Ausgründung von Oliver Wyman die ausschließlich fokussiert ist auf Automobil-/Mobilitätsindustrie. In dem Rahmen hab ich sehr viel für OEMs und große Zulieferer in der Automobilindustrie gemacht, eben genau zu den

Themen Mobilität und Autonomes Fahren. Insgesamt habe ich Beratung gemacht für die Automobilindustrie seit 2014 und bin jetzt seit Anfang November 2020 bei [...] in einer Einheit bei der [...], also [...] hat aktuell ja drei große Bereiche und einer davon ist eben die Mobility, am besten bekannt wahrscheinlich durch die Züge wie die ICEs aber auch Trams, U-Bahnen etc.. Fokus auf Schienenverkehr, nichtsdestotrotz versteht sich die [...] als Mobilitätsanbieter und nun ist für uns interessant zu schauen, wie sich da die Transportmittel weiterentwickeln, weil letztendlich der Bedarf ist nicht eine U-Bahn zu kaufen oder in eine U-Bahn einzusteigen, sondern der Bedarf ist eben von A nach B zu kommen. Dann ist es erstmal egal wie das Angebot dann gestaltet wird um der Nachfrage nachzukommen und dementsprechend beschäftigt man sich hier schon länger mit dem Thema AV. Mit eben erstmal dem Fokus MaaS / öffentlicher Nahverkehr also als anders als viele Player in der Automobilindustrie nicht mit dem privaten autonomen Fahren, sondern eher in Richtung shared mobility. Das passt eben sehr gut zu meinem Hintergrund, deswegen bin ich jetzt seit Anfang November hier und bin für Business Development und partnerships zuständig, also ganz konkret verantwortlich für Strategie und Partnerschaften.

I: Dann glaube ich, dass Sie schon einige Einblicke in die Thematik bekommen haben in den letzten Monaten. Dann würde ich gleich mit der ersten Frage starten, in München gibt es ja schon einige andere Unternehmen und Startups die sich teilweise auf AV spezialisieren, also BMW natürlich, MAN auch, aber auch jüngere Unternehmen wie Blickfeld, Toposens z.B. und einige andere. Ist Ihrer Meinung nach in München eine kritische Masse an Akteuren, seien es Unternehmen, Hochschulen, Forschungseinrichtungen vorhanden, die sich mit AV beschäftigen?

E: Das ist eine sehr relative Frage, was heißt "kritische Masse"? Also es ist eine Frage was man erreichen will. Es ist nicht das Silicon Valley, es ist nicht so dass wir Stanford, Berkeley um die Ecke haben, es ist nicht so dass wir sowohl neue Automobilplayer wie Tesla hier haben die eben so innovativ und neu sind und den Fokus haben, oder Halbleiterindustrie etc. das ist es nicht. Aber ich denke für den Europäischen Vergleich hat man hier schon sehr viel was zusammen kommen muss, damit Fortschritt gemacht wird. Und ich denke in so einem Ökosystem sind Hochschulen, Technische Hochschulen sehr wichtig und mit der TU hat man hier eine sehr gute direkt in München. Aber auch die TU Ingolstadt ist gut und Augsburg also in einem größeren Einzugsbereich sind schon einige sehr gute Hochschulen. Die Keimzelle ist sicherlich die Automobilindustrie und dementsprechend sind auch die Hochschulen in die Richtung schon ausgerichtet und machen da viele tolle Sachen, das ist das erste. Ich glaube von den Unternehmen haben wir auch einen guten Mix in München, wir haben mit BMW direkt

lokal einen sehr großen Automobilhersteller, wir haben in Ingolstadt noch Audi wo hinter noch die Volkswagen-Gruppe steht. Dann in den Volkswagen-Gruppe auch MAN direkt in München, AID/Argo sitzt ja auch in der Ungererstraße, also sagen wir mal von den Großkonzernen aus dem Automobilssektor sind ja relativ viele - Knorr Bremse noch als supplier, Webasto bisschen außerhalb, also prinzipiell Automobilwirtschaft, traditionelle player sind schon viele da, was sicherlich sehr wichtig ist, erstmal für das Fahrzeug, aber natürlich dann auch was deren Entwicklung in Richtung automatisiertes, in Klammern ADAS bis hin zu autonomen Fahren geht. Dann natürlich so player wie Siemens, also ein Technologiekonzern der jetzt nicht primär vom Auto ausgeht, sondern AV vielleicht noch aus einem bisschen anderen Winkel anschaut, eben in Ergänzung z.B. zu Schienenfahrzeugen etc., aber auch durch Infrastruktur auf das Thema schaut. Das ist dann die Siemens-Komponente. Also es sind große Konzerne die unterschiedliche Perspektiven auf das Thema haben, sowohl den Fokus in einem System des autonomen Fahrens - Stichwort BMW auf Fahrzeug und Siemens vielleicht nicht nur Fahrzeug, und auch unterschiedliche Stufen einer Wertschöpfungskette. Also Stichwort OEM oder Zulieferer, das ist glaube ich von den etablierten Unternehmen auch da. Und Startups kommen, also sie haben jetzt ein paar genannt, da gibt es schon ein paar. Deswegen prinzipiell, wenn sie so eine Liste haben von nötigen stakeholdern und sagen wir eine relativ engagierte Politik gibt es auch, die das Thema sagen wir mal auch pusht und erkannt hat dass es wichtig ist. Also prinzipiell kommen da diese Player zusammen. Ist das jetzt über einer kritischen Maße hängt wie gesagt davon ab was die Ambition ist. Wenn die Ambition ist im nächsten Jahr besser zu sein als Waymo, dann glaube ich haben wir noch einen Weg vor uns. Ist München in Europa ein wettbewerbsfähiges Umfeld? Dann auf jeden Fall, mit einem guten Potenzial.

I: Gehen wir weiter, also grundsätzlich ist es ja auch so wenn Unternehmen vorhanden sind und die einzelnen Akteure ist es ja auch ganz wichtig, gerade wenn man über Innovationen spricht, dass auch entsprechend Wissen generiert wird von den relevanten Akteuren. Deswegen würde ich gerne nach Ihrer Einschätzung fragen, ob nämlich in München konkret ausreichend know-how über alle Aspekte von AV generiert wird. Ist das Wissen auf das zurückgegriffen wird, z.B. auch bei Siemens, ist das eher regionaler Natur oder internationaler Natur?

E: Nein also, insbesondere in Großkonzernen, und ich glaube da spreche ich für alle, sind ja global aufgestellt durch ihr bestehendes Geschäft und deswegen wird der Fokus nie nur regional sein. Ich glaube das wird sich auch keiner erlauben bei dem Thema AV jetzt regionale Lösungen zu entwerfen, die niemals irgendwo erprobt werden in anderen Märkten. Dafür sind glaube ich die Investitionen zu hoch als dass man dann sich die anderen Märkte gar nicht anschaut. Deswegen ist der Fokus da zumindest - ich spreche jetzt für die Konzerne - der Fokus ist immer

international. Inwiefern das jetzt kleine, junge Unternehmen wie Blickfeld auch schaffen einfach aufgrund ihrer manpower, immer mit allen Märkten ihre Ideen zu fahren, ich würde fast hoffen, dass sie es nicht tun, weil man sich da wahrscheinlich sonst verzettelt. Aber vielleicht ist es da auch nicht so nötig. Auch insbesondere in dem Feld, in dem sie arbeiten, also wenn ich jetzt an Blickfeld oder Toposens denke, also wenn man eher in Richtung Sensoren schaut, dann ist man ja sehr stark abhängig von den Fahrzeugbauern die diese Sensoren einsetzen, primär Fahrzeugbauern. Wenn die wiederum den internationalen Blick haben, dann muss es das Startup selber vielleicht nicht leisten.

I: Zum Beispiel. Genau, und wenn man so spricht über die Verbreitung des Wissens, bzw. auch Informationsaustausch zwischen Unternehmen, würden Sie sagen, dass da in München auch ausreichend Wissensaustausch gibt? Also zwischen Automobilindustrie und der Wissenschaft oder zwischen den einzelnen Unternehmen oder der Automobilindustrie und den Startups. Würden Sie sagen, dass es da auch Netzwerke gibt?

E: Ja absolut, es gibt den Austausch. Ist das jetzt ausreichend, das ist wieder schwer zu beantworten. Also es geht immer mehr, aber man hat natürlich auch gewisse Restriktionen, man kann nicht mit jedem potenziellen Wettbewerber auch sprechen. Also man hat da einfach auch kartellrechtliche Barrieren. Ich glaube der Austausch ist auf jeden Fall da, es gibt ja z.B. auch einige Projekte, die laufen, wie z.B. das Projekt Providentia hier in München, wo unterschiedlichste player zusammen kommen, über die TU, da ist Siemens dabei, da ist Intel dabei. Und solche Projekte gibt es ja einige, also alleine über die Projekte gibt es da einen guten Austausch. Es gibt Netzwerke wie z.B. ich weiß nicht ob sie das kennen, über meetup, diese Plattform gibt es z.B. eine autonomous driving Gruppe München, die sehr spannend ist und sehr aktiv ist, wo immer wieder Vorträge auch stattfinden, nicht nur von Unternehmen oder playern aus München, sondern einfach für player aus München kommen dann auch externe player dazu, sowas gibt es. Also da gibt es schon einiges, das könnte natürlich noch mehr sein, wenn ich es jetzt vergleiche mit Silicon Valley, mit San Francisco, dann glaube ich können wir das noch deutlich intensivieren.

I: Wenn wir über den Einfluss der Politik auf AV in München, würden sie die Gesetzgebung für AV in München, bzw. eher auf Ebene von Bayern bzw. Deutschland, würden Sie das als fördernd oder hindernd bezeichnen für die Technologie?

E: Ich verstehe schon, das ist ein bisschen zweischneidig. Man sagt ja immer, dass die USA z.B. was die Regulatorik angeht Vorteile bieten, weil man eben da viel schneller Dinge probieren kann. Das ist denke ich mal ist schon richtig, insbesondere wenn man sich jetzt

Piloten oder erste kommerzielle Angebote in den USA anschaut wie z.B. in Phoenix durch Waymo wo ein kommerzieller Dienst angeboten wird ohne Sicherheitsfahrer, das wäre aktuell hier nicht möglich. Auf der anderen Seite gibt es solche Lizenzen für Tests oder auch kommerzielle Angebote ohne Sicherheitsfahrer in den USA auch noch nicht so furchtbar viele. Also das ist jetzt Nuro für den Logistikbereich wurde jetzt neulich in Kalifornien haben glaube ich die allererste Lizenz, also auch wirklich relativ frisch. Und vorher waren das alles Fahrten mit Sicherheitsfahrer. Mit Sicherheitsfahrer geht in Europa auch schon relativ viel. Deswegen, so der Eindruck dass in den USA alles möglich ist und bei uns gar nichts möglich ist, der ist nicht richtig. Dieser konkrete Schritt ohne Sicherheitsfahrer jetzt Dinge anzubieten, da sind die USA oder die unterschiedlichen Bundesstaaten - die das aktuell noch heterogen, individuell lösen können - da sind manche von denen schon weiter, das ist richtig. Aber hier geht eben auch schon viel und Sie wissen es bestimmt, dass das BMVI an einer Novellierung unterschiedlichster Gesetze und auch Vorschriften und Verordnungen, also unterschiedlichste Gesetzestexte werden da angepasst bzw. sollen auch neu aufgesetzt werden zu dem Thema. Man erwartet eigentlich hoffentlich im frühen 2022 dass das hier auch möglich ist ohne Sicherheitsfahrer.

I: Das wäre dann schon fast Level 5 in der Automatisierung.

E: Jein, also ich bin mit Level 5 immer sehr vorsichtig oder je nachdem welche Definition man anschaut. Aber wenn sie sich die SAE anschauen, die ja so die gängigste ist, dann ist Level 5 eigentlich eine Technik die viel besser und auch generell und universeller einsetzbar ist als ein Mensch. Sprich sie kann in jeder Situation ohne human-in-the-loop sicher funktionieren und daran glauben aktuell nicht so furchtbar viele Menschen daran. Wenn in der Industrie - oder auch Technikjournalisten - Level 5 sagen, und sagen dass das dann in 2025 oder wann auch immer sagt dass es möglich ist, dann definieren sie es häufig ein bisschen anders als das was ich gerade gesagt habe. Aber ich denke an Level 4 nach SAE, das in einer relativ gut beschriebenen ODD ein Betrieb möglich ist, ohne human-in-the-loop.

I: Kommen wir noch einmal zurück auf den Einfluss auf die Suchrichtung bzw. Einfluss der Politik. Gibt es ihrer Meinung nach auch politische Ziele bzw. Visionen etwa wie sich die Industrie und der Markt speziell in München entwickeln soll? Gibt es von Seiten der Stadt, Bayern oder Deutschland, der EU etwas?

E: Da muss ich zugeben, da glaube ich fehlt es noch ein bisschen. Aber ich muss generell nochmal dazu sagen, das ist meine Meinung hier, nicht Siemens, das hätte ich vielleicht als Disclaimer vorneweg sagen müssen. Meine Meinung zu dem Thema, zu der Frage, ich glaube

dass generell was unterschiedlichste Bereiche angeht, aber auch konkret Technologie aber auch AV angeht, da fehlt einfach die Vision. Oder die Visionen die entwickelt werden stecken noch so ein bisschen in den Kinderschuhen und haben nicht so den letzten push. Das ist glaube ich auch wieder historisch bisschen erklärbar, warum das so ist. Also wenn man eine sehr gut laufende Industrie hat, wie die Automobilindustrie z.B. oder auch der Siemens-Konzern der gutes Geld verdient in anderen Geschäftsbereichen und da auch Arbeitsplätze sicher und gut bezahlt vorhanden sind, dann hat jetzt eine Landes- oder eine Bundesregierung nicht den ultimativen Drang da die große neue Vision die eine große Disruption bedeutet und auch sehr unsicher ist, sehr kostenintensiv ist zu entwickeln. Ich glaube das ist so ein bisschen die Erklärung warum es so ist, wie es ist. Das ist natürlich anders in den USA, wo das autonome Fahren eher eine Fortschreibung ihrer ohnehin existierenden Industrie ist. Da kommt es natürlicher, Silicon Valley da sind die ganzen Komponenten ja irgendwie schon da und die Unternehmen drängen natürlich in den Bereich. China ist wiederum anders, dort ist schon viel entstanden und das ist einfach eine neue Industrie, die sich für China z.B. bietet, um da eben Marktführerschaften zu erlangen. Ein bisschen ähnlich wie jetzt Elektromobilität. Und deswegen glaube ich sind in den anderen zwei Weltregionen die Visionen einfach deutlicher und größer und waren schon früher da und in Europa hängt man da so ein bisschen hinterher. Obwohl ich nicht sagen will, das es das gar nicht gibt, es gibt es, wenn sie reinschauen was Herr Scheuer ab und zu dem Thema kommuniziert, auch was hier in Bayern konkret kommuniziert wird, dann gibt es da sicherlich die Ambition. Auch die Bundesregierung hat ja neulich nochmal wiederholt, dass das Thema AV in Deutschland einen hohen Stellenwert hat. Aber ich glaube da kann man noch ein bisschen konkreter werden.

I: Verstehe, kommen wir auf den Markt zu sprechen. Schätzen Sie den aktuellen, bzw. zukünftigen Markt für AV in München zufriedenstellend ein, also glauben Sie dass für die Technologie in München genügend Abnehmer geben wird in Zukunft, oder auch jetzt schon?

E: Wie meinen Sie das, also das Kunden in München für die Technologiebezahlen?

I: Zum Beispiel, oder auch sowas wie Stadtwerke München, MVG ob da Interesse bekundet wurde für die Technologie, oder auch die Deutsche Bahn, also alle potenziellen Kunden in München auch auf der Ebene.

E: Ich kann natürlich keine Namen von potenziellen Kunden nennen und wie da das Interesse ist aber prinzipiell ist das Interesse häufig größer als man so denkt in der Presse. Und das nicht nur in München. Ich glaube keiner schaut nur auf München. Wenn sie sagen sie schauen sich das Innovationssystem in München an und dafür ist es vielleicht auch wichtig das hier vor Ort

Kunden da sind. Also die Stadt München sicherlich hat auch dazu kommuniziert, was das Interesse ist. Jetzt haben wir dieses Jahr auch die IAA mit diesem erweiterten Fokus Mobilität. Da kann man sich aus dem was in der Presse verfügbar ist denken, dass solche Themen auch von Interesse sind auf jeden Fall. Aber ich glaube da muss man eher ein bisschen größer denken, also nicht nur München und die Umgebung hier, sondern generell ist die Nachfrage oder sind potenzielle Kunden offen in Deutschland und Europa, und da denke ich auf jeden Fall. Dafür ist das Thema auch schon alt genug in Anführungszeichen, dass auch player die jetzt nicht von Haus aus die innovativsten sind, dass die mittlerweile sehen, da kommt was und auch ein großes Interesse haben. Also seien es Städte aber auch Endkunden. Das Thema kommt ja auch immer wieder auf, glaubt ob Kunden das akzeptieren? Da gibt es solche und solche Studien und letztendlich weiß es keiner so richtig, aber ich gehe fest davon aus, dass in Deutschland und auch Europa die Kunden das akzeptieren wenn es wirklich bisschen etablierter ist und entsprechend mit einer Kommunikation flankiert wird etc.

I: Dann wollte ich fragen, ob sie glauben dass der Markt auch außerhalb von München zu finden ist, anscheinend ja schon. Kommen wir zum letzten Punkt; Mobilisierung von Ressourcen. Da würde ich Sie fragen, wie sie den lokalen Arbeitsmarkt in München beurteilen würden? Gibt es genügend Fachkräfte, nicht nur Automobilingenieure sondern auch aus dem IT-Bereich, die für AV von großer Wichtigkeit sind?

E: Ja ich glaube wo man richtig gut ist, ist Fahrzeugtechnik. Das wird auch benötigt, ich glaube das darf man auch nicht unterschätzen. Es wird häufig immer ein bisschen unterschätzt, auch weil die Automobilindustrie oder deutsche Unternehmen sich dann selber geiseln und das Schein machen, weil sie andere Sachen eben nicht können. Das ist sehr wichtig. Also wenn Sie z.B. sehen, dass Zoox ein neues shuttle vorstellt und da Komponenten von ZF verbaut, also dass man in der Fahrzeugtechnik wirklich in Deutschland aber auch Europa, französische Unternehmen, Valeo etc. sind ja auch sehr gut in dem Bereich. Also Fahrzeugtechnik glaube ich ist sehr gut in die Richtung. Auch Sensorik ist echt nicht schlecht, alles was so die Verbindung von Hardware und Software angeht. Wo man wirklich noch Potenzial hat ist glaube ich in der Softwarekompetenz. Software, und was meine ich damit konkret, Ich glaube z.B. super wichtig ist computer vision. Also alles was innovative Möglichkeiten sind, das Umfeld wahrzunehmen, zu erkennen, natürlich Objekte erkennen, aber auch ein semantisches Verständnis von Situationen und dann richtige Schlüsse ziehen um dann Fahrmanöver vorzuschreiben. Diese ganzen Fähigkeiten, die da benötigt sind, da gibt es glaube ich noch nicht genügend Experten. Wenn ich sage, es gibt noch nicht genügend Experten in dem Bereichen dann ist es der Status Quo, auch wieder historisch erklärbar. Ich glaube das wird sich aber sehr

schnell ändern. Zum einem weil die Universitäten das erkannt haben und da auch ihre Colloquia entsprechend ändern, also es kommen wirklich junge Leute nach, die diese Kompetenzen mitbringen. Und München ist natürlich international auch charmant. Insbesondere bei [...], aber auch in allen anderen ist man ja sehr international unterwegs. Ich nehme das auch generell so wahr, München wird immer internationaler. Es kann sich dann sehr schnell ändern, wenn die Jobs da sind, wenn die Stellen ausgeschrieben sind, dann kann man glaube ich auf einen globalen Talentpool zugreifen und ich glaube schon, dass München da attraktiv ist als Standort. Also da kann sich der Status-Quo relativ zügig ändern.

I: Wie sieht es aus bei finanziellen Ressourcen, oder auch Förderungen bzw. Steuerentlastungen, sei es von Seiten der Stadt München direkt oder Bayern, Deutschland oder sogar der EU, würden Sie sagen dass da genügend zur Verfügung steht für die Unternehmen bzw. die einzelnen Akteure?

E: Zum einem ist die Frage, wo kommt das Geld her? Wir haben wie gesagt einige große Unternehmen, die auf den balance sheets selber Innovationen betreiben können, und das finanzieren können aus bestehendem Geschäft. Da ist natürlich Geld da, in einem gewissen Rahmen. Aber prinzipiell sehen Sie es ja selber, gerade im Vergleich zu anderen Europäischen Regionen ist es sicherlich möglich. Die Bundes- und Landesregierung, da gibt es auch unterschiedliche Fördertöpfe. Nicht zuletzt auch durch Konjunkturpakete, etc, also prinzipiell ist da die Politik schon sehr engagiert. Was noch deutlich stärker werden kann, obwohl ich die letzten Zahlen nicht kenne, ist der venture capital Bereich. Wie gesagt, ich komme nicht aus dem Investmentbanking, ich bin nicht so tief im venture Bereich, aber das ist das was ich immer so mitbekomme habe, was die Zahlen sagen, dass die Volumina die investiert werden im Risikobereich hierzulande viel viel geringer sind als in den USA z.B. Und ich glaube das sieht man. So furchtbar viele Startups haben wir in München auch nicht in dem Thema. Und ich glaube das geht in die richtige Richtung. Vor ein paar Tagen schrieb das Handelsblatt, dass europäische oder deutsche Startups immer attraktiver werden, auch für internationales Kapital. Das ist definitiv die richtige Richtung, aber aktuell glaube ich ist es noch ein bisschen zu wenig.

I: Dann kommen wir schon zum Schluss, ich würde gerne nochmal zusammenfassend fragen, was sind denn Ihrer Einschätzung nach die größten Hindernisse in München sind, damit die Stadt oder die Region zu einem hotspot wirklich für AV und die Technologie wird?

E: Also ich würde die zwei Punkte aufgreifen, erstens know-how über AV ist, ich möchte nicht despektierlich über andere Geschäftsmodelle sprechen, aber überhaupt nicht despektierlich gemeint, das ist einfach meine Einschätzung. Wenn ich mir e-commerce Geschäftsmodelle

anschaue, so wie bekannte online Modehändler aus Berlin, dann ist das technisch glaube ich sehr viel einfacher als das automatisierte Fahren. Insbesondere wenn man schon auf Cloudprovider aufsetzen kann wie Amazon, AWS, Google oder Azure. Darauf Geschäftsmodelle online auszurichten die nicht sicherheitskritisch sind ist deutlich einfacher. Das automatisierte Fahren braucht einfach eine tiefe Expertise in unterschiedlichsten Dimensionen und ist außerdem sicherheitskritisch. Wenn 2,5 tonnen Roboter ohne menschliches Zutun autonom bewegt, dann hat man einfach eine ganz andere Erwartung an die Stabilität an das Gesamtsystem als an eine Website oder einen Webshop. Deswegen brauchen wir hochqualifizierte Leute, in unterschiedlichsten Domänen. Das ist wie gesagt, die Fahrzeugtechnik, da würde ich einen grünen Haken dran machen. Gerne auch in Richtung Batterietechnologie oder generell Elektromobilität, da ja die Aufholjagd aktuell stattfindet. Aber insbesondere in diesen Software-Bereichen und da eben perception, computer vision aber auch communication sprich IoT. Da brauchen wir einfach noch deutlich mehr richtig gute Leute. Das zweite ist, venture money und Unternehmertum. Wenn man alles hätte, man hat die Leute da die das beherrschen, das Themenfeld, wenn man dann noch Geld hat - dann wären es ja doch drei Themen. Dann braucht man eben noch die Leute, die gründen oder die ins Risiko gehen. Entweder ist das eine Organisation wie ein Konzern der in ein Risiko geht, oder es sind eben Leute, die Unternehmen gründen um das dann auch umzusetzen. Das hat sich ja schon stark geändert in den letzten Jahren, dass in Deutschland die Leute einfach risikoaffiner werden und in Startups gehen oder selber gründen oder auch in Konzernen unkonventionelle Dinge tun. Ich glaube diese drei Punkte sind schon auf einem guten Weg, aber um auch wirklich Weltspitze werden zu können, müssen wir in allen drei noch mal Gas geben. Abschließend einfach meine Einschätzung, ich bin da optimistisch. Es ist einfach glaube ich in Europa eine spannende Region hier. Wenn sie sich anschauen welche anderen Regionen in Europa noch so für das Thema in Frage kommen, dann wäre es vielleicht Berlin. Aber in Berlin da fehlt eben die Fahrzeugseite, bis auf Tesla jetzt, aber verhältnismäßig ist da einfach weniger, dann auch Unis, die TU Berlin ist sicher auch sehr gut oder könnte ein Pendant sein. Und sonst gibt es jetzt nicht spontan die vielen großen Hubs, London ist natürlich technisch auch sehr gut, Cambridge, Oxford in UK. Aber da kommt nicht so viel zusammen, deswegen glaube ich, die von Ihnen wahrscheinlich aufgestellte Hypothese mit der sie die Arbeit gestaltet haben, dass es eine interessante Region ist, würde ich mal ohne diese Untersuchung gemacht zu haben würde ich unterschreiben. Im regionalen Vergleich, international muss man dann auf andere Regionen gucken und da müssen wir uns noch ein bisschen strecken.

[Verabschiedung]

### **Interview 3: (26.01.2021)**

I: Können Sie mir kurz Ihre Rolle bei, ich glaube Sie sind auch im Mobilitätsreferat München, bzw. Ihre Rolle beim Projekt Easyride erzählen und Ihren allgemeinen Zugang zur Thematik AV?

E: Also ich bin seit 1.8.2019 Leiter des Sachgebietes oder Bereiches Innovationen in der Mobilität gewesen, mit dem Übertritt in das MOR leite ich jetzt die Abteilung "Forschung und Innovation" mit etwa 10 MitarbeiterInnen, tendenz steigend, ehrlich gesagt, weil F&E bei der Politik relativ beliebt ist. Das heißt wir machen einiges an Forschungsprojekten, im Moment, ich leite das Projekt Easyride in München als Projektleiter und bin mit involviert in das - ich darf es nicht Nachfolgerprojekt nennen, weil wir sonst 20% Fördermittel weniger gekriegt hätten - es ist ein alternatives oder neues Projekt zum Thema automatisiertes und vernetztes Fahren, TEMPUS nennt sich das, das ist jetzt gerade, wir schreiben gerade die Stellen aus. Das hat insgesamt 8,8 Personen die da irgendwie bestellt werden, 0,8 liegen bei mir, ich werde sozusagen die Koordinationen mit übernehmen in diesem Projekt. Ob wir für 0,8 Personen sozusagen eine Koordinationsfunktion wahrnehmen können, wird sich noch zeigen, schauen wir mal. Ein paar andere Personen habe ich natürlich auch noch die sich mit dem Thema auskennen. Also wird sind gerade in der Strukturierungsphase und das läuft noch relativ holprig sage ich ganz deutlich, also das ist im Moment sehr schwierig jetzt neue Projekte anzustoßen ist ein bisschen eine Herausforderung würde ich sagen. Auch vor dem Hintergrund der Haushaltslage, ja. Das Projekt Easyride, möchte ich auch ganz deutlich protokollieren, das ist wirklich ein strategisches Projekt, das ist jetzt nicht so sehr konkret geworden, wir haben zwei gescheitete Demonstratoren, ich glaube ich hatte das schonmal kurz skizziert, nämlich einen gescheiterten Demonstrator im Olympiapark, wo wir die Stadtwerke versucht haben ein autonomen Shuttlebus fahren zu lassen und ein abgesagten Demonstrator, der ist nicht gescheitert, sondern der ist abgesagt worden von BMW weil Corona-bedingt die strategische Lage bei BMW so ein bisschen überdacht wurde. Ehrlich gesagt, das Projekt Easyride läuft schon seit 26 Monaten oder so, d.h. da ist eigentlich deutlich zu spüren gewesen am Anfang des Projekts hieß es immer 2025 haben wir die ersten autonomen Fahrzeuge auf der Straße, im Moment heißt es 2050. Das ist so ein bisschen die Entscheidung oder auch die strategische Wandel der bei BMW stattgefunden hat. Und im Forschungsprojekt TEMPUS haben wir jetzt nicht so sehr einen strategischen Hintergrund, sondern da geht es um unterstützende Elemente im Bereich der Infrastruktur für automatisiertes und vernetztes Fahren, d.h. es geht um

zusätzliche Sensoren die installiert werden können und zusätzliche Kommunikation, da ist Siemens mit involviert, da ist wieder BMW involviert, da sind auch die Stadtwerke involviert und da geht es aber darum sozusagen die Fahrzeuge, die im Moment noch nicht in der Lage sind vernünftig ihre Umwelt wahrzunehmen mit zusätzlichen Informationen auszustatten, damit sie sozusagen einigermaßen verkehrssicher durch die Gegend fahren. Da gibt es aber mehr um autonomes Fahren Stufe 3 und Stufe 3 als Stufe 4. Ich weiß nicht, ich hoffe sie kennen diese Stufen, 5 ist vollautonomes Fahren, dann eben wo man sich wirklich zurücklehnen kann und ein Nickerchen macht und da sind wir noch relativ weit entfernt davon im Moment.

I: Vielen Dank für die Informationen. Über das Projekt TEMPUS habe ich auch schon ein bisschen gefunden. Ich würde nochmal kurz bei dem Projekt Easyride bleiben, Sie haben ja auch schon gesagt, dass Sie da mit einigen Partnerunternehmen zusammenarbeiten, auch mit der TUM wie ich das gesehen habe. Wie lief da die Suche der beteiligten Partner ab? Sind Sie da eher auf die Akteure zugekommen oder war das anders herum, dass BMW z.B. angefragt hat bei der Stadt oder die anderen einzelnen Partner?

E: Also soweit ich mich erinnere war es tatsächlich dass BMW angefragt hat ob wir nicht als LH München mit ihnen gemeinsam ein Forschungsprojekt anzustoßen. Ehrlich gesagt haben wir dann auch gar keine große andere Wahl gehabt als mitzumachen, weil entweder wir machen mit als LH München oder BMW macht es ohne uns. Da es sich um ein strategisches Projekt handelt und so haben wir dann eben den Forschungsantrag dann in diese Richtung gedrängt, haben wir gesagt wir machen den Lead und übernehmen die Steuerung des Projekts um wirklich eine strategische Überlegung zu machen, was braucht man um autonomes Fahren vernünftig in einer Kommune betreiben zu können? Welche Regulierungsmethoden machen Sinn, welche Möglichkeiten gibt es die sich ergeben, was für rechtliche Probleme stellen sich. Wir haben sechs Arbeitspakete in dem Projekt, das erste ist sozusagen eine Szenarienentwicklung. Da haben wir ein dreiviertel Jahr nur über Szenarien diskutiert. Das zweite Arbeitspaket ist dann Simulation von diesen Szenarien, da sind wir gerade noch dabei, da haben wir das erste Szenario-Ergebnis vorliegen. Ist ein bisschen enttäuschend ehrlich gesagt, aber komme ich vielleicht nachher noch zu. Das dritte Szenario der das dritte Arbeitspaket ist dann sozusagen die rechtliche Bewertung und auch die Entwicklung von Handlungsprogrammen für andere Kommunen. Das sind jetzt drei Arbeitspakete die überwiegend die Kommune interessieren und sozusagen für alle anderen Kommunen in Deutschland sozusagen Hilfs und Anleitung geben soll, wie geht man mit dem Problem um, oder mit den autonomen Fahrzeugen, die ganz andere Möglichkeiten haben im öffentlichen Raum und auch in Parkhäusern oder so. Und dann gibt es

drei Arbeitspakete die mehr die Technik betreffen, da sind wir gar nicht so stark involviert als Kommune. Das ist dann sozusagen die App-Entwicklung, die App-Erprobung und letztendlich die Umsetzung im Regelbetrieb. Bei letzterem hat es ein bisschen gehapert, weil die Technik noch nicht soweit ist, oder auch die rechtlichen Rahmenbedingungen problematisch waren, können wir danach im Detail noch drauf eingehen.

I: Genau, das wäre tatsächlich eh meine nächste Frage gewesen, so, wie das aussah bei dem Projekt mit den rechtlichen Rahmenbedingungen oder auch mit den Genehmigungen. Ganz konkret, ob Sie das als große Hürde sehen würden für das Projekt oder auch für die Technologie selbst, für autonomes Fahren?

E: Das ist so, ja, also es gibt unterschiedliche Probleme. Also jetzt mal am Beispiel der SWM, die haben wie gesagt versucht im halb-öffentlichen Raum im Olympiapark wo keine Autos fahren, wo nur Fußgänger, vielleicht auch Radfahrer und E-Scooter unterwegs sind eine Teststrecke aufzubauen und zu genehmigen. Wir haben dann im Nachgang erst gemerkt, dass der halb-öffentliche Raum im Bereich des Olympiaparks die schlechteste Wahl von allen war, weil das Ding denkmalgeschützt ist und gerade im Übergang in der Genehmigungsphase zum Weltkulturerbe ist. Dementsprechend darf man da keine einzige bauliche Maßnahme machen, was die SWM natürlich schon wollten, wenn sie ein neues Verkehrssystem einführen, dass es barrierefrei zugänglich ist, dass man Rampen hat um in ein Fahrzeug einsteigen zu können, auch mit einem Rollstuhl und sowas. Dazu hätte man 5 oder 10cm hohe Rampen anbringen müssen, das war mit dem Denkmalschutz eine ewige Quälerei um solche Sachen, alle Baumaßnahmen hätten wieder zurückgebaut werden müssen, das ganze sollte nur für einen bestimmten Zeitraum, 6 Wochen, laufen. Und es benötigt immer zwei unterschiedliche Arten der Genehmigung um ein autonomes Fahrzeug im Moment im öffentlichen Raum zu betreiben. Das erste ist die Fahrzeugzulassung durch die Straßenverkehrsbehörde, ja das ist also ganz einfach dass es ein Kennzeichen hat und auch registriert ist und auch technisch als sicher eingestuft wird, was auch nicht so ganz einfach ist, weil es im Hintergrund immer das Problem gibt, da ist sehr viel Software im Hintergrund und es ist rechtlich noch nicht ganz sicher geklärt wie das mit Softwareupdates läuft. Ist ein Fahrzeug das ein Softwareupdate kriegt immer noch zugelassen, wenn die Software nicht explizit vom Hersteller oder von der Zulassungsbehörde geprüft oder genehmigt wurde. Da gibt es ja auch immer wieder, ich sage mal Software die fehlerhaft installiert wird auf Computern, ja. Und vor dem Hintergrund, dass das Verkehrssystem sind die durchaus im öffentlichen Raum bewegen gibt es durchaus noch rechtliche Fragen, die Hemmnisse sind. Das hat alles ewig lange gedauert, also wir haben gut

1.5 Jahre verhandelt mit der ausgewählten Firma, dass war die e.Go aus Aachen glaube ich ist das. Die haben sozusagen eigentlich angeboten gehabt da zwei oder drei Fahrzeuge anzubieten. Die Fahrzeuge haben zu Beginn keine Zulassung gehabt, sie haben bis zum Ende des Erprobungszeitraums wo die SWM dann entscheiden mussten, wir nehmen das Fahrzeug ab oder nicht keine Zulassung gekriegt für die Straße. Vor dem Hintergrund sind die SWM dann vom Kauf dieser Fahrzeuge zurückgetreten, so ist es glaube ich zu sagen, seitdem reden sie nicht mehr davon weil das also ein unerfolgreich abgewickelt Projekt ist. Wollen da also auch bei keinem Termin mehr mit dem Herrn Scheuer eingeladen werden so ungefähr weil das ist ihnen alles peinlich. Kann ich alles nachvollziehen. Ausgeliefert wurde das Fahrzeug nicht, weil Corona-bedingt ehrlich gesagt die Firma pleite gegangen ist. Also gerade dieser Betriebszweig ist dann nicht mehr in der Lage gewesen sozusagen das Fahrzeug zu liefern. Andererseits hätten die SWM es auch nicht abgenommen wenn es keine Straßenzulassung gehabt hätte. Das sind einfach zwei Seiten gewesen die nicht zusammen gepasst haben. Das ging so weiter, also wir haben ungefähr 1 Jahr Mut gebraucht um überhaupt eine Art Strecken/Trassengenehmigung einigermaßen abzustimmen mit dem Denkmalschutz, mit der unteren Naturschutzbehörde der LH. Da gibt es so viele Player die alle irgendwo uns im Rahmen des Forschungsprojektes im Moment Knüppel zwischen die Beine geworfen haben. In einem ich sage mal abgeschlossenen Käfig, ohne Öffentlichkeit hätte man das alles machen können. Aber sobald es eben in den öffentlichen Raum geht wird es höchstkompliziert und dann schalten sich so viele unterschiedliche Player ein, dass es kein Spaß ist. Und vor dem Hintergrund sind wir mehr als ernüchtert. Ich glaube auch als Projektpartner insgesamt, dass es eben doch keine ganz so Kleinigkeit ist automatisiertes und vernetztes Fahren auf die Straße zu bringen. Ich hatte ja schon gesagt, Anfang des Projektes hatte BMW irgendwie in den Zeitungen von 2025 irgendwie uns noch angedeutet, mittlerweile 2050, und das ist auch sehr unterschiedlich. Was relativ einfach machbar ist natürlich, dass automatisiertes und vernetztes Fahren auf einer Autobahn zu installieren. Das ist aber bedingt durch den Einrichtungsverkehr, durch die geringe Anzahl an Einfädelungsstellen, durch die relativ ähnliche Geschwindigkeit der Fahrzeuge, d.h. das ist einfach die Geschwindigkeit, die benötigt wird durch die Software und durch die Erfassungssysteme erheblich geringer, als in einem öffentlichen Raum wo man mit Verkehrsarten an Kreuzungen zu tun hat. Da treten Systeme plötzlich auf, und wenn ein Ball auf die Straße rollt oder sowas oder ich sage mal es sitzt ein Huhn auf der Straße. Deshalb reden wir immer vom automatisierten und vernetzten Fahren und nicht vom autonomen Fahren, da wir ja eigentlich davon ausgehen, dass es in den Anfangsphasen noch sehr viele Verkehrssituationen überhaupt nicht bewältigbar sind von den Systemen. Das heißt das Huhn

sitzt auf der Straße und das AV weiß nicht ob es darüber fahren darf oder nicht. Vor dem Hintergrund benötigt es in der Regel dann eben eine Zentrale, die im Notfall eingreifen kann und sagen kann "du dummes Biest, jetzt fahr über das Huhn drüber". Also das ist so ein bisschen die Geschichte also, autonomes und automatisiertes und vernetztes Fahren sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Begriffe. Ich glaube wirklich wir brauchen automatisiertes und vernetztes Fahren und hinter dem vernetzten steht noch eine ganze Menge mehr an Aufgabe als beim automatisierten Fahren. Weil dahinter steckt nämlich eigentlich noch die Baustelle einer sogenannten Mobilitätsplattform und einer vernetzten Verkehrsleitzentrale. Dazu muss ich sagen in München haben wir derzeit sechs Verkehrsleitzentralen, das ist die DB die die S-Bahn betreibt [Unterbrechung durch klingelndes Handy]... Dann ist es die Verkehrszentrale der LH für das innerstädtische Straßennetz, dann gibt es die Autobahndirektion Südbayern mit ihrer Autobahnanlage die ja alles steuert. Dann gibt es die Busse, die Busleitzentrale der MVG, dann gibt es die Tramleitzentrale der MVG und dann gibt es letztendlich auch noch die U-Bahnzentrale. Also das sind sechs unterschiedliche Zentralen die alle mit Telefon sind, sinnvoll wäre natürlich ein Netzgraph den man mit aktuellen online-Informationen versieht und dementsprechend auch intelligente Routingsysteme für alle Verkehrssysteme die sich in München bewegen, sei es der E-Scooter, sei es ein E-Auto, sei es ein autonomes Fahrzeug, sei es ein Bus, dass man allen diesen Systemen eine Routing-Empfehlung gibt, zu entsprechenden Tageszeiten dynamisch geroutet inklusive Verspätungsinformation.

I: Das wäre zentral gesteuert wahrscheinlich deutlich effizienter. Kommen wir noch einmal kurz zurück auf das MOR. Also es wurde ja sehr neu eingerichtet so wie ich das mitbekommen habe, da würde mich auch interessieren inwieweit da das Thema AV oder auch automatisiertes und vernetztes Fahren im Bereich von Zielen und Visionen behandelt wird. Anders gefragt, ist es ein wichtiges Thema im MOR?

Es ist ein zentrales Thema, ja. Also es geht uns darum Mobilität stärker zu vernetzen und die Verknüpfung zwischen unterschiedlichen Systemen zu optimieren. Wir sind in unterschiedlichen Forschungsprojekten jetzt im Bereich der first- und last-mile unterwegs, also Mobilitätsstationen zu errichten, die Mobilitätsstationen der SWM kennen sie wahrscheinlich, teilweise gibt es da eben bei city2share vier Stationen, [Civitas] Eccentric hat Mobilitätskonzepte, Wohnungsbau angefangen, wir versuchen sozusagen den BürgerInnen bei Neubauten inzwischen auch unterschiedliche Verkehrssysteme einfach in die Tiefgarage zu

stellen, dass da sharing-Fahrzeuge drinnen sind, dass sie gar nicht mehr in das eigene Auto einsteigen. Das ist ein ganz wichtiges Thema und natürlich gehört da auch automatisiertes und vernetztes Fahren zu, weil im Moment hat man so eine Akzeptanzreichweite für geteiltes Fahren sage ich mal im Bereich Auto von 500 Metern wenn das Auto weiter weg ist will da keiner mehr hin laufen. Vor dem Hintergrund wenn das Fahrzeug kommt und einen abholt, ist die Barriere deutlich gesunken und insofern sehen wir das als Unterstützung der first-mile und last-mile. Gleichzeitig haben wir als LH natürlich immer ein bisschen Bauchschmerzen wenn ich höre, dass Leerfahrten stattfinden um es ganz öffentlich zu sagen. Also wenn da keiner drinne sitzt, dann beginnt es unlustig zu werden für mich als Verkehrsplaner, weil ich immer noch das absolute Grauen vor Augen habe, das ist immer mein Extrembeispiel: z.B. eine Familie mit 4 Personen, einer ist Arbeitnehmer, die Familie wohnt am Stadtrand, hat zwei Autos, schaffen sich eines ab, schaffen sich ein AV an. Dann lässt sich morgens die arbeitende Personen zu seiner Arbeitsstelle fahren im Innenstadtbereich, dann wird das Auto wieder nach Hause geschickt, leer, und kann den ganzen Tag für Freizeit, Einkauf, Abholen, alles benutzt werden und Abends drückt dann derjenige, der im Innenstadtbereich arbeitet auf einen Knopf "Komm mich abholen, Auto" und dann fährt es wieder leer in das Stadtzentrum. Und wenn wir 800.000 Fahrzeuge haben und die erzeugen neben den personenbesetzten Fahrzeugen auch noch 2 Leerfahrten pro Tag auf Arbeitswegen, dann hört der Spaß auf.

I: Dann käme ganz schnell einiges zusammen an unnötigen Fahrten, ja. Genau, ich würde ein bisschen ausweiten, das Thema. Und zwar würde mich interessieren, in München gibt es ja bereits einige Unternehmen und auch Startups die sich zumindest teilweise auf die Technologie AV spezialisieren, also z.B. BMW, MAN aber auch jüngere Unternehmen wie Blickfeld und Toposens. Gibt es Ihrer Einschätzung nach in München genügend Akteure, seien es Unternehmen, Hochschulen, Forschungsinstitute usw. in dem Innovationssystem um die Stadt zu einer Vorzeigeregion für die Technologie zu entwickeln?

E: Gut also, wir haben unterschiedliche Initiativen und ich glaube wir haben wirklich genug Akteure die sich da zusammengeschlossen haben, also wir haben das Forschungsprojekt Easyride, das hatte in etwa ein Fördervolumen von ich glaube 11 Mio. €, jetzt haben wir das Forschungsprojekt TEMPUS mit ich glaube 15 Mio. € fast, wir beantragen gerade noch das Forschungsprojekt oder den Forschungscluster Mcube, können Sie auch mal googeln, das sind ungefähr 15 Lehrstühle von der TUM die sich zusammengeschlossen haben mit der LH, mit unterschiedlichen Partnern aus der Industrie, die gemeinschaftlich alle möglichen unterschiedlichen Themen zur Mobilität angeschoben haben. Darunter ist auch der Lehrstuhl von Herrn Professor

Lienkamp, Fahrzeugtechnik usw., also es gibt genug Player die die Thematik aufgreifen und mit denen wir weiter vorangehen wollen. Es soll ja auch noch ein Kompetenzzentrum für urbane Mobilität vom Herrn Scheuer installiert werden in München. Wie es auch immer heißt, ich glaube der Titel ist nicht ganz richtig, ist auch egal, der Herr Scheuer will hier irgendwie 500 Mio. € hinkarren dass sich 100 Leute sich mit dem Thema Mobilität beschäftigen in Bayern, weil er kommt ja aus Bayern, als CSU-Minister. Das ist auch das nächste Thema wo wir uns reinspreizen werden und für ganz Deutschland zur federführenden Einheit werden. Es gibt gleichzeitig darüber hinaus die UnternehmerTUM in München und den digital hub mobility, der eingerichtet wurde auch vom Wirtschaftsministerium, weiß ich nicht ganz sicher. Jedenfalls digital hub mobility, es gibt unterschiedliche digital hubs, die gibt es für Medizin, für Technik, Technologien, für Mobilität ist es halt in München. Wir sind schon ein Schwerpunkt der Mobilitätsforschung insgesamt. Und auch die UnternehmerTUM hat unterschiedliche Startups, die immer wieder versuchen auch mit der LH, und wir sind da in der Art Stimmung uns sozusagen an neuen Themen zu beteiligen. Aktuellstes Thema ist die City-Maut so ungefähr. Da hat ja die CDU vor 2 Monaten groß in die Presse gebracht, dass sie auf einmal dafür sind, eine City-Maut einzuführen. Die IHK hat genau das gleiche schon untersuchen lassen mit einer Studie des IFO. Ich glaube wir haben hier kein Problem, dass wir zu wenig Themen zu bespielen haben, das ist auch der Grund warum es jetzt ein MOR gibt, weil die Themen sich da dramatisch verdichten und auch der Takt enger wird. Wir müssen sehen, dass wir effizient in die Innovationsthemen hineinspielen und da bin ich natürlich echt froh, dass ich im Moment auch eine Aufgabe habe die sich genau mit dieser Fragestellung beschäftigt.

I: Wenn würden Sie als die wichtigsten Akteure bezeichnen, wenn es um AV in München geht? Also glauben Sie dass es eher von der Automobilindustrie gepusht wird, das Thema, oder von den Startups in Zukunft oder auch von der Stadt München direkt? Oder von den Hochschulen? Wenn würden Sie da als wichtigste Akteursgruppe betrachten?

E: Also wichtigster will ich nicht sagen, aber es geht nicht ohne die LH, weil die Dinge letztendlich genehmigt und zugelassen werden müssen. Es gibt gewisse Regeln an die man sich zu halten hat als Fahrzeughersteller. Startups haben weniger Möglichkeiten als große Firmen wie bspw. Autohersteller und natürlich haben wir in München immer das Problem oder das große Glück, je nachdem wie man es sieht, dass wir BMW hier haben. BMW eröffnet Chancen, andererseits ist es auch so eine Sache, wenn man eben in München als LH tätig ist, dann wir auch erwartet dass wir mit BMW zusammenarbeiten und das wir nicht mit Audi

zusammenarbeiten, weil BMW und Audi in einem gemeinschaftlichen Projekt, das haben die nicht im Fokus. Das ist einfach so, die teilen sich eher ihre Reviere sehr genau auf, das ist ein gentlemen's agreement, also es gibt schon auch von Audi hier im Bereich AV. Audi hat glaube ich im Bereich der Allianz Arena jetzt mal autonomes Parken getestet und versucht zu installieren. Aber im Prinzip ist es immer so eine Sache, entweder mit dem Einen oder mit dem Anderen, das geht nicht und ganz klar ist immer auch BMW hier ein großer Steuerzahler und wenn es denn von BMW wieder nur heißt, wenn ihr mit Audi zusammenarbeitet, und das wird dann gegenüber dem OB kommuniziert. Dann könnt ihr nicht mit uns zusammenarbeiten, dann ist schon klar, dass irgendwie der OB schon wieder sagt "jetzt müsst ihr mit BMW zusammenarbeiten, sonst verlieren wir womöglich den größten Steuerzahler in München". Das will keiner.

I: Verständlich. Wenn man jetzt Innovationen anschaut generell, wie ich es auch in meine theoretischen Teil der Masterarbeit mache, dann ist der Aspekt Wissen und Wissensentstehung sehr wichtig, sicher auch bei AV. Würden Sie sagen, dass so in München ausreichend know-how über alle Aspekte von AV vorhanden ist? Die Player gibt es sagen Sie, aber das Wissen, dass generiert wird, glauben Sie dass das ausreichend ist?

E: Ist eine schwierige Frage, in den technischen Details stecke ich nicht so richtig drinnen muss ich ehrlich sagen. Ich glaube wirklich wir haben im Moment tatsächlich auch noch größtenteils ein hardwaretechnisches Problem. Ich glaube durch die Computer, die in AV die Daten auswerten müssen sind derzeit noch nicht leistungsfähig genug um alle Verkehrssituationen überblicken zu können. Wir haben heute schon in 7er BMWs Technologien drinnen, und deshalb sage ich auch immer autonomes Fahren wird kommen, es sind alles schon Elemente, es sind Einparkassistenten, das sind Spurhalteassistenten, das sind Abstandsassistenten und sowas, Bremsassistenten. Also die Technologien kommen fließend in die Fahrzeuge sage ich immer, d.h. die Technologie entwickelt sich, wir werden das auch nicht aufhalten können als LH, selbst wenn wir das wollten. Wir müssen uns der Technologie stellen. Die Technologie entwickelt sich mit Sicherheit schnell, die Kommune ist da teilweise auch mit den Genehmigungsprozessen nicht so schnell um es ganz deutlich zu sagen. Es ist einfach so, weil was ich vorhin schon angedeutet habe mit den Softwareupdates, das ist nicht so ganz trivial. Es kann eben immer sicherheitsrelevante Probleme geben. Wo ich im Moment den größten Schritt zum Stufe 5 automatisierten Fahren sehe, das ist einfach die Regelung der Haftung. Die Regelung der Haftung für autonome Fahrzeuge, die fehlerhaft oder situationsbedingt aus irgendwelchen Gründen einen Unfall verursachen. Da haben die Hersteller von AV ein ganz

großes Problem mit, weil sie eben sagen, sie wollen eigentlich nicht dafür haften, ja? Andererseits ist es genau so wenn sie bei Telefunken einen Fernseher kaufen ist Telefunken selbstverständlich dafür verantwortlich wenn er im ersten halben Jahr kaputt geht. Also da ist aber sozusagen auch die Politik gefragt um dieses Problem zu lösen. Ehrlich gesagt zeichnet es sich im Moment bei AV bis Stufe 4 ab, dass eigentlich das Problem auf den Nutzer abgewälzt wird. Das heißt wenn einer drinnen sitzt und fährt mit, hat er letztendlich doch immer noch die Verantwortung bis Stufe 4. Da muss man letztendlich in der Lage sein innerhalb von 10 Sekunden spätestens wenn das Fahrzeug warnt das Steuer zu übernehmen. Bei Stufe 5 gilt das nicht mehr und dann geht es eben auch darum dass die Fahrzeuge völlig ohne Personen unterwegs sind und dann ist das Problem der Haftung noch ein völlig ungelöstes. Aber zu den Technologien muss ich sagen ist es eine Frage der Zeit. Erst hieß es von BMW jetzt kommuniziert uns gegenüber, die Technologie kommt und ist 2025 da, kostet etwa 10.000€ zusätzlich zu einem Auto von BMW sage ich mal in der Luxusklasse, was 100.000 - 120.000€ kostet. Ehrlich gesagt interessiert das die Nutzer von BMWs relativ wenig, die würden einfach bezahlt werden wenn die Technologie da ist. BMW sagt aber aus strategischen Gründen vielleicht auch etwas bisschen anderes uns gegenüber, weil sie auch so ein bisschen Angst haben, dass wir die Probleme von selbstfahrenden Autos zu dramatisch sehen. Im Moment wird das ein bisschen kleingeredet, als ob es nur autonome sharing Flotten gäbe zukünftig. Also ich persönlich glaube noch nicht daran, dass wie sie sagten genug oder ausreichend spezifisches Wissen generiert wird, ich glaube die Technologie entwickelt sich einfach in alle Fahrzeuge hinein. Mich hat auch keiner beim Autokauf gefragt, ob ich einen Heckscheibenwischer haben will, das ist einfach so das wird dann mitgeliefert, dann darf man sich damit herumschlagen, dass es mal funktioniert und mal nicht, der Scheibenwischer. Und so wird es eigentlich auch sein beim automatisierten und vernetzten Fahren.

I: Ist anzunehmen ja. [Unterbrechung wegen Anruf des Interviewpartners]. Was mich auch noch interessieren würde, gerade so Projekte wie Easyride sind ein gewisser Indikator auf für den Wissensaustausch. Wenn dort verschiedene Akteure beteiligt sind, ist es auch ein Ziel dass man sich über die Technologie und anderen Aspekte unterhält und vernetzt auch? Würden Sie sagen, dass in München speziell Wissensaustausch gibt zwischen Akteuren die für die Technologie arbeiten, für AV? Beispielsweise in Projekten wie Easyride und TEMPUS, oder würden sie sagen, dass der Wissensaustausch noch nicht so gut ist und dass man da noch ein bisschen den Bereich fördern sollte, auch durch andere Dinge, nicht nur Projekte?

E: Wir haben unterschiedliche Netzwerke, das ist ein ganz wichtiger Punkt für uns. In München haben wir wirklich genug Netzwerke, wir haben fast zu viele. Es ist so, dass wir teilweise Doppelarbeiten machen. Im Moment sind wir gerade dran als LH, seit über 20 Jahren betreiben wir die sogenannte Inzell Initiative, Inzell ist eine kleine Gemeinde außerhalb von München, da hat man sich mal getroffen. Der Name hat nichts weiter zu bedeuten, aber es ist ein Zusammenschluss von allen möglichen großen Industriepartnern aus München, der LH, dem MVV, der MVG und im Rahmen dieser Inzell Initiative seit Jahrzehnten wirklich Probleme der Mobilität. Das Motto war, als es gegründet wurde "Verkehrsprobleme gemeinsam lösen". Das ist eine historische Geschichte, da beneiden uns viele andere, große Kommunen drum, dass wir da eben eine Diskussionskultur entwickelt haben, die auch Projekte vorantreibt. Das ist auch noch ein Kernpunkt, man schlägt der Inzell-Leitung, das ist der OB gewesen, der Christian Ude oder jetzt der Dieter Reiter und immer ein Vorstandsmitglied von BMW, das ist eine Doppelführung gewesen. Aber auch Siemens, MAN sind dabei usw., also da sind alle großen Technologieentwickler aus München dabei und es wollen auch immer neue dazustoßen. Aber wir haben jetzt ein kleines Kern-Team von etwa 20-25 Leuten, also Vorständen sage ich mal und Oberbürgermeister usw. Und die kümmern sich dann eben darum, dass man denen interessante Themen vorschlägt und sagt "wollen wir uns da nicht gemeinsam bemühen und wollen wir nicht gemeinschaftlich das Projekt als Inzell-Projekt anschieben?". Und das gelingt in der Regel relativ gut und man macht eigentlich das auch so ein bisschen zum Werbeobjekt, dass wir dann sagen, jetzt ist dieses Projekt bspw. Easyride, ein Inzell-Projekt geworden und da hat der OB gesagt "stellen sie den Antrag, wir sind dafür, das ist ein Inzell-Projekt und wir sind sehr gespannt auf die Ergebnisse. Wenn so etwas in der Presse steht wirkt das natürlich immer ganz positiv und so versuchen wir Prozesse zu beschleunigen. Jetzt gibt es noch eine andere Ebene die aktuell ein bisschen konkurrenzmäßig läuft, die wir aber gerade versuchen ähnlich mit Inzell sozusagen zusammenzuführen, das ist auch eine wichtige Ebene, nämlich die Ebene des Freistaates. Der Freistaat hat den sogenannten Verkehrspakt Großraum München gegründet und da drin enthalten sind eben alle Landkreise um München und auch eben der Freistaat mit dem Bayerischen Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr. Das sind ganz wichtige Player die wir brauchen, um jetzt Themen die stadtumlandübergreifend sind und Pendlerverkehr und auch AV ist nun mal stadtumlandübergreifend, es sind 500.000 Pendler fast, die wir jeden Tag nach München kriegen. Da versuchen wir eben auch mit dem Freistaat und der Inzell-Initiative diese Probleme in den Griff zu kriegen, durch intelligente Steuerungssysteme beim MVV werden entwickelt als Inzell-Projekt. Das was ich vorhin schon angesprochen habe, eine Mobilitätsplattform für dynamische Daten, also Digitalisierung insgesamt als gemeinschaftliches Projekt zu verstehen, nicht nur an der Stadtgrenze aufzuhören als LH. Ich sage mal als Beispiel der

Verkehrsentwicklungsplan 2006 hörte an der Stadtgrenze auf. Das können wir uns nicht mehr erlauben als LH im heutigen Mobilitätsverhalten von Leuten, dass wir an der Stadtgrenze aufhören. Aber es ist schwierig im politischen Zusammenwirken und bis man an einem Strang zieht, es ist mit Sicherheit noch ein weiter Weg von 10, 15 Jahren. Ich komme aus Hannover, hab da studiert und meinen Doktor gemacht mit der Expo Verkehrsplanung. Für die Expo wurde eine Verkehrsleitzentrale gesetzlich verankert, in die eben alle die Verkehrszentralen die ich vorhin beschrieben habe die wir in München haben integriert wurden. In Hannover gab es tatsächlich eine zentrale Steuerungseinheit und aus allen unterschiedlichen Verkehrssystemen wurden Leute abbestellt und in diese Zentrale. Von dort aus wurde ein gemeinschaftliches Verkehrssteuerungssystem entwickelt. So etwas müssen wir in München auch in Angriff nehmen. Aus unterschiedlichen Gründen hat es in Hannover nach der Expo nicht mehr lange funktioniert, es wurde wieder aufgegeben. Jetzt haben sie wieder unterschiedliche Zentralen, man fast sich manchmal an den Kopf, aber trotzdem ist das natürlich ein Modell der Zukunft, dass man nicht nur Mobilität aus einer Hand, sondern auch Informationen über Mobilität aus einer Hand und eben auch Steuerung aller Verkehrssysteme aus einer Hand schafft. Gutes Schlagwort dafür ist miteinander statt nebeneinander, habe ich mal gesagt. Das gilt auch für den ganzen sharing-Bereich, man sollte auch geteilte Fahrzeuge nutzen. Es gilt aber auch für die Politik, dass man eben mit unterschiedlichen Landkreisen zusammenarbeiten muss, dass man nicht mehr als eine räumliche Einheit denken darf und das man mit den Ministerien denken muss, dass man mit unterschiedlichen Betreibern denken muss, das ist aus meiner Sicht ein relativ guter Spruch, und schauen wir mal ob uns das gelingt mit dem miteinander statt nebeneinander.

I: Das ist die Frage. Einen Themenblock habe ich noch, und zwar würde mich interessieren, wenn man sich auch so Sachen anschaut wie finanzielle Ressourcen, Förderungen, Steuerentlastungen auch für Projekte wie Easyride, würden Sie sagen, dass es ausreichend ist generell, wenn man so ein Projekt in Gange bringen möchte, dass die finanziellen Ressourcen ausreichend sind oder ist das eher ein Hindernis, dass einfach das Geld fehlt für solche Vorhaben, sei es von Seiten der Stadt oder den anderen beteiligten Akteuren?

E: Also wir können uns jetzt nicht beklagen ehrlich gesagt. München hat eigentlich relativ guten Erfolg immer und wir werden auch weil das BMVI vielleicht im Moment CSU geführt ist vom Herrn Scheuer eigentlich relativ gut bedacht mit Fördermitteln. Ich persönlich habe jetzt gerade noch für 5 Mio. € wieder beim BMVI ohne eine Förderrichtlinie zu haben, wo ich mich darauf beworben habe, das Thema Umweltspuren angebracht...

[Unterbrechung durch Telefonanruf des Interviewpartners]

Da haben wir 5 Mio. wie gesagt, ich glaube München kann sich jetzt nicht beklagen, aber man kann natürlich immer sagen es könnte noch mehr gehen. Aber andererseits muss man auch sagen vor dem Corona-Hintergrund und wenn man sich den ÖPNV jetzt in der aktuellen Lage anguckt, da sind die Einnahmen wirklich dramatisch weg gebrochen. Ich habe es Gestern nochmal gehört, teilweise auf 40 - 50% sind die Einnahmen weg gebrochen. Und nur deshalb sind sie noch so hoch, weil die meisten Leute ihr Monatsticket immer noch bezahlen obwohl sie nicht drin sitzen. Mir geht es ähnlich, ich habe seit März [2020] ein Jobticket, was ich für 500€ im Jahr gezahlt habe und bin bisher zwei mal mit dem ÖPNV gefahren, das sind teure Fahrten. Das ist also schon eine Geschichte wo man sagen muss, da erwarte ich im Moment oder erhoffe ich mir im Moment natürlich, dass die Mittel nicht gleich versiegen, auch beim Bund. Aber wie das jetzt aussieht weiß ich nicht, tendenziell muss ich sagen eigentlich sind wir als München wirklich relativ gut im Rennen und glaube ich auch als Technologiestadt immer ganz gerne gesehen als Testfeld. Es gibt natürlich noch Hamburg und Berlin, aber wir sind die größte Kommune in Deutschland. Es ist einfach so weil wir nur Kommune sind und nicht noch gleichzeitig wie Berlin und Hamburg ein Stadtstaat sind. Das ist auch ein ganz wichtiges Ding zum Thema AVF. Wir können als LH keine Gesetze erlassen, Hamburg und Berlin können das. Das ist schon ein ganz gravierender Unterschied. Wenn die was testen wollen dann sagen sie wir ändern das Gesetz, wir als LH können dies nicht, wir müssen den Freistaat dazu haben.

I: Dann würde ich gerne noch einmal zusammenfassend fragen, in welchem Bereich befinden sich Ihrer Einschätzung nach die größten Hindernisse um München zu einem Vorreiter oder zu einem hot-spot für die Technologie AV zu machen?

E: Ich kann jetzt gar nicht behaupten, dass wir Hindernisse haben. Das größte Hindernis ist, dass die Technologieentwicklung Zeit braucht, auch hier. Wir brauchen auch Erprobung, wir brauchen Erfahrung. KI, die AV steuert braucht Kilometer die gefahren werden, da sind andere deutlich weiter als der Hersteller BMW, ich denke nur an Google oder sowas, Waymo, es geht nach gefahrenen Kilometern um es ganz deutlich zu sagen, nach Erfahrungssituationen. Gerade jetzt im Winter sehe ich ein ganz großes Problem für AVF, weil sämtliche Fahrbahnmarkierungen erkennbar sind, alle Assistenten die im Moment im Einsatz sind nach meinem Kenntnisstand versagen an dieser Stelle, wenn die Fahrbahn verschneit ist und keine Markierung zu erkennen ist, da hört dann der Spaß auf. Ich glaube dass dauert einfach noch eine Weile und ich will jetzt gar nicht sagen, dass es Hemmnisse sind, die uns irgendwie hemmen. Wir kriegen Geld vom Staat und auch von der EU für Forschungsprojekte, aber es braucht einfach noch ein bisschen bis die Technologie wirklich Marktreif ist. Ich hab auch

Kollegen, die nix vom AV halten, die sich dann darauf freuen am Mittleren Ring auf die Fahrbahn zu springen vom Seitenstreifen, um dann zu sagen das autonome Fahrzeug wird schon anhalten. Das ist natürlich kontraproduktiv, wir haben noch ein paar Probleme zu lösen. Das schlimmste Problem, was solche Leute natürlich hätten, wäre wenn da ein Mensch drin sitzt, der würde nämlich einfach drüberfahren wahrscheinlich. Das autonome Fahrzeug würde wahrscheinlich anhalten, jedenfalls wenn es gut entwickelt wurde, aber ich will noch sagen, es gibt ganz unterschiedliche Rahmenbedingungen die einfach noch zu definieren sind wie man mit solchen Technologien umgeht. Wir werden auch noch eine ganze Reihe von Jahrzehnten, und ich sage das wirklich bewusst, haben weil einfach die Fahrzeugflottendurchdringung nicht so schnell ist, dass man eben von heute auf morgen sagen, schwupps alle fahren mit dem autonomen Fahrzeug. Sondern das wird 20 Jahre dauern, bis der letzte wirklich ein autonomes Fahrzeug hat und selbst dann gibt es noch die grünen Kennzeichen, das sind die Auto-Oldtimer, die gibt es noch heute, es gibt 50 Jahre alte Fahrzeuge die immer noch eine Zulassung haben und herumfahren dürfen. Das wird es in 50 Jahren noch geben. Vor dem Hintergrund muss man einfach sehen, dass es immer noch Mischverkehr gibt und effizient sind als autonome Fahrzeuge als System dann, wenn sie alle 100% im System sind. Wenn einer dazwischen ist, der nicht mitmacht, ist das System sozusagen löchrig und in der Leistungsfähigkeit ganz klar gebremst. Ich glaube wirklich AV wird als allererstes auf den Autobahnen kommen, da bieten sich natürlich die LKW-Konvois an über ganz lange Kilometerzeilen und dann wird es vielleicht im Niedergeschwindigkeitsbereich möglich sein auch im privaten Raum oder im öffentlichen Raum möglich sein. Auf Landstraßen sind wir noch weit davon entfernt, weil wenn eine Kreuzung an der Landstraße ist und einer fährt mit 100 von rechts und einer fährt mit 100 von links und die treffen sich, dann sind die Systeme heute einfach noch wahnsinnig überlastet.

I: Vielen Dank für Ihre Einblicke und ihre Perspektive auf die Thematik. Jetzt hätte ich nur noch ganz abschließend die Frage ob es von Ihrer Seite noch nicht besprochene Aspekte gibt, die Sie ergänzen möchten?

E: Ich sehe das ganze immer, und so habe ich das versucht rüber zu bringen, als Gesamtsystem. Digitalisierung ist nicht nur AVF, Digitalisierung erleben wir gerade, wir kommunizieren über zoom miteinander, das hätten wir vor ein paar Jahren noch nicht gedacht, also Digitalisierung ist etwas was alle möglichen Dinge voranbringt und das ist ein ganz großer Punkt und wir werden da noch einige Jahre und Jahrzehnte wahrscheinlich mit der Digitalisierung uns beschäftigen. Aber was für mich ein ganz großes Problem ist, ist eigentlich immer noch die unterschiedliche Ausbaustufe von Digitalisierung in unterschiedlichen Räumen. Auch ein

großes Problem was wir heute noch gar nicht abschätzen können und auch was kein Modellierer sagen kann von Szenarien, es gibt auch die Möglichkeit und das haben wir heute schon, also BMW hat z.B. Shuttle-Bussysteme die jetzt mit Fahrer unterwegs sind, aber wenn man sich dort sozusagen abholen lässt von einem Stellplatz, kriegt man W-LAN im Shuttlebus zur Verfügung gestellt, kann arbeiten, das gilt als Arbeitszeit ja. Das heißt sie brauchen nicht mehr im Büro zu sein und können ihre Arbeitszeit registrieren. Was ist wenn das sozusagen Nutzer aus Würzburg nutzen die dann in München arbeiten und die ganze Zeit im AVF sozusagen arbeiten, wie entwickelt sich das und wie wirkt sich das auf die Infrastruktur oder auf die Siedlungsstruktur aus? Ist es dann zukünftig nicht völlig egal wo man wohnt, so ungefähr. Kann es dann sein, dass keiner mehr was wir heute haben in die Stadt zieht sondern alle nur noch auf dem Land wohnen und wie wirkt sich AVF auf die Siedlungsstruktur in München aus, das ist eine völlig ungeklärte Frage.

[Verabschiedung]

### **Interview 3 (28.01.2021)**

I: Zum Einstieg würde ich Sie fragen, ob Sie mir kurz Ihre Rolle bei [...] nochmal kurz erklären können und Ihren Zugang zur Thematik AV?

E: Sehr gerne, Ich bin Wirtschaftsingenieur und seit 1987 bei [...] also schon ziemlich lange und ich bin nach vielen anderen Stationen seit 2005 in der Sicherheitselektronik unterwegs also in der Elektronik-Sicherheit ehrlich gesagt genauer, also funktionale Sicherheit, Cybersecurity usw. Seit 2012 habe ich die Strategie zum autonomen Fahren von [...] mitgestaltet, als Fachexperte für eben genau die Sicherheits- und Elektronikthemen aber auch im Sinne einer gesamthaften Strategie für [...]. Seit 2015 bin ich jetzt sehr stark aktiv als sogenannter technischer Produktmanager für Regulatorik, d.h. ich habe vor vielen Jahren schon angefangen im Verband der Automobilindustrie, im VDA in Berlin sozusagen das Thema autonomes Fahren besser zu erklären und eine Roadmap zu verfassen, die dann auch dazu geführt hat, dass es eine Strategie der Bundesregierung gab, die gar nicht so viel anders war als die Roadmap des VDA. Das hat also sehr gut funktioniert und ich bin auch in Brüssel beschäftigt, da gibt es eine Technologieplattform die sich um AV kümmert und die leite ich dort, also die Arbeitsgruppe

zum automatisierten Fahren. Und auch wenn Regulatorik in USA und China eine Rolle spielt klinge ich mich auch manchmal ein, aber da haben wir natürlich als BMW viele Experten vor Ort, die das bearbeiten. Also ich habe einen weltweiten, ganz guten Überblick, sitze aber in München, das ist eigentlich genau sogar mein Steckenpferd, deswegen habe ich auch gerne zugesagt dieses Interview zu führen, weil das ist in Brüssel meine Hauptaufgabe, die Forschungs-Roadmap zum AV zu erklären und was alles für Stakeholder eine Rolle spielen, damit die Innovation auch auf die Straße kommt.

I: Sehr interessant, ich glaube da dürften Sie einen ziemlich guten Überblick haben. Wenn wir direkt auf München zu sprechen kommen, so wie ich es schon herausgefunden habe, und das wissen Sie bestimmt auch, gibt es in München schon einige Unternehmen, bzw. Startups die sich zumindest teilweise auf die Technologie, auf AV spezialisieren. BMW natürlich, MAN auch von den größeren Playern aber auch kleinere Unternehmen wie Blickfeld, Toposens z.B., da würde ich nach Ihrer Einschätzung fragen ob Sie sagen würden, wenn man München betrachtet, ob es da schon der Region genügend Akteure gibt, seien es Unternehmen, Hochschulen, Forschungsinstitute eben in diesem Innovationssystem um auch die Technologie voranzutreiben?

E: Das ist ein guter Punkt, ich glaube die Frage mit nein beantworten zu können, gibt es noch nicht. Ich würde mir wünschen, dass - ich weiß nicht wie genau das strukturiert ist, dieser Cluster Medizintechnik im Münchner Südwesten, da gibt es ja eine ganz große Agglomeration von verschiedensten Firmen und Dienstleistern in dem Bereich und mit Siemens Healthineers ist es ja auch gut vernetzt mit Großkonzernen - Ich glaube das ist das entscheidende, dass man eine Struktur findet und es auch gezielt steuert als Stadt wahrscheinlich oder als Land Bayern vielleicht auch, dass ich sage mal mit diesen Polen im Münchner Norden, das geht für mich bis Ingolstadt, also BMW, Audi und MAN als drei große Player und darum herum eben schaut, dass man da was ansiedelt, ich glaube da passiert in Ingolstadt gerade relativ viel, das ist aber natürlich sehr lokal. Die TUM sitzt ja in Garching auch im Münchner Norden, also räumlich ist das alles sehr sehr nah zusammen und hat aus meiner Sicht ein Riesenpotenzial da deutlich mehr zu machen in dieser Richtung. Also die TUM arbeitet auch sehr gut mit BMW zusammen, an vielen vielen Projekten, wir haben gefühlt eine mittlere zweistellige Zahl von Doktoranden eigentlich mit der TUM permanent beschäftigt, ich habe selber drei davon auch zur Doktorarbeit geführt und zu BMW-Jobs danach. Da ist die Verbindung zur Akademia ist glaube ich sehr gut, was ein bisschen fehlt ist tatsächlich diese Startup-Szene. BMW versucht es auch zu fördern, ich weiß nicht ob sie die BMW-Startup Garage kennen?

I: Tatsächlich nicht, nein.

E: Ok, also das ist eine kleine Truppe von hoch-engagierten Innovationsförderern von BMW. Die machen nicht das typische, was BMW auch macht, das nennt sich BMW i ventures, das ist nämlich Risikokapital rauszugeben an Startups, sondern die machen es genau umgekehrt und das finde ich noch viel spannender, die kaufen das erste Produkt eines Startups. Das heißt ein Startup bewirbt sich auf eine Innovation bei BMW, ich kann das und das machen, ich habe die und die Kompetenz, und ich will folgendes Produkt fertigen oder anbieten als Dienstleistung. Dann sagt BMW, ok die Idee gefällt mir, wir bezahlen dir für dein erstes Produkt 500.000€ oder 1 Mio., aber du musst es erstmal selber irgendwie auf die Füße stellen. Wir wollen sehen, dass es auch sozusagen nicht nur ein Prototyp ist, sondern auf industrialisierungsfähig ist. Wenn diese Gegebenheiten erfüllt sind, dann können wir weiter zusammenarbeiten. Also da wird quasi Innovationsförderung über die Marktreife gemacht, das finde ich eine sehr spannende Geschichte. Wir haben da auch ein sehr großes Netzwerk, welches weit über München hinausgeht, also vor zwei Jahren war mal ein Tag, da haben sich israelische Startups beworben und da haben auch einige den Zuschlag bekommen. Das Netzwerk zum Entwickeln des autonomen Fahrens und auch zum Betreiben nachher, ist natürlich ein weltweites. Als [...] schauen wir da auf die ganze Welt, trotzdem ist natürlich so, ich arbeite selber am [...], und da arbeiten in Summe mit den Lieferanten 2.000 Ingenieure am autonomen Fahren und an der Fahrassistenz. Um die herum sind jetzt momentan ein paar Ingenieurbüros und ein paar wichtige Lieferanten, die aber natürlich ihre Zentralen woanders haben. Aber da könnte wahrscheinlich noch deutlich mehr Dynamik entstehen, wenn in dem Umfeld um die TUM herum die Szene deutlich wachsen würde. Wir haben darüber hinaus auch eigentlich sehr gute Rahmenbedingungen von vor allem der Bundesregierung, das ist gar nicht so sehr Bayern, obwohl Bayern da auch aktiv ist. Aber auf Bundesebene wurde München ja jetzt das Forum für Mobilität in Deutschland benannt.

[Unterbrechung vom Interviewpartner]

Also dieses Forum Mobilität ein Ansatz in die richtige Richtung, weil es eben nicht nur darum geht Kompetenz zur Technologie zusammenzuführen, sondern den Alltagsnutzen zu demonstrieren. Das passiert in Förderprojekten, vor allem bundesdeutschen Förderprojekten, manchmal EU-Projekte, manchmal auch bayerische Projekte, aber der Schwerpunkt sind die deutschen Förderprojekte. Und das passiert indem es ja dieses Testfeld A9 gibt, das ja München - Ingolstadt bis Nürnberg geht, bis Hof geht sogar, das passiert auch indem die Stadt München als Testfeld sozusagen ausgerufen ist. Wir haben auch als [...] direkt mit der Stadt München

ein sehr gutes Förderprojekt abgeschlossen, das nennt sich Easyride, da wird es demnächst mit der Hoffnung dass es nach Corona möglich ist, eigentlich war es für Januar geplant, eine Abschlussveranstaltung geben wo auch der Bundesminister Scheuer kommt wahrscheinlich, also das hat dann auch eine große Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit.

I: Absolut. Mit dem Easyride Projekt habe ich auch schon mit jemanden gesprochen. Ist auf jeden Fall sehr interessant, Sie haben mir jetzt tatsächlich schon einige Fragen beantwortet die ich noch stellen wollte. Deswegen rudere ich nochmal kurz zurück, ganz einfach gefragt, oder nicht einfach gefragt, aber wen würden Sie als die wichtigsten Akteur im Innovationssystem um AV in München sehen?

E: Genau, das ist die Schwierigkeit, ich versuche gerade eine differenzierte Antwort zu finden, die dem Thema gerecht wird. Also ich glaube nicht, dass man das so eindeutig sagen kann, ich glaube dass es genau davon lebt, dass auch ein Großkonzern wie BMW durchaus auch mal herausgefordert werden kann von einem Startup und einem neuen Dienstanbieter. Ein Großkonzern der in München sitzt hat natürlich auch ein Interesse in München alles zu erproben und auszuprobieren, da kommt aber noch etwas anderes ins Spiel. Nämlich eben die regulatorischen Rahmenbedingungen, die es uns in München natürlich deutlich schwerer machen als wenn wir nach Singapur oder Dubai oder so wohin gehen wollten, was wir natürlich nicht wollen. Was uns von dort aber angeboten ist, also wir könnten sofort Testflotten mit deutlich massiverer Förderung als in Deutschland dort installieren, das ist nicht unser Interesse. Von dem her ist es so eine Mischung aus Rahmenbedingungen schaffen, damit sowohl Startups als auch Großkonzerne ein einfachere Möglichkeit finden es auch in der Realität zu zeigen und damit Möglichkeit zu geben sozusagen die Vorteile die die Gesellschaft davon hat erkannt werden.

I: Sehr interessant was Sie gesagt haben, wenn da z.B. aus Dubai oder Singapur Interesse wäre an Projekten und Sie sich [...] entscheiden, das München doch der bessere Standort ist so wie ich es verstehe. Da würde ich gerne fragen, was dafür der Grund ist, ist das einfach Logistisch zu aufwändig sowas im Ausland zu machen oder auch wenn da die Regulatorik dort vielleicht fördernder wäre.

E: Genau, das ist eigentlich der Punkt, wir haben natürlich inzwischen relativ verteilt die Entwicklung der Fahrzeuge oder auch der Technologien und haben auch Standort in der Gegend von New York und Los Angeles und auch Peking und Shanghai, das sind so die 4 großen Außenstandorte wo viel passiert. Wir würden dort wahrscheinlich auch Projekte machen, aber auch dort ist es gar nicht so einfach wenn man es genauer anschaut. Singapur und Dubai sind

halt jetzt keine Standorte wo es Sinn macht, wie soll ich sagen, die Großindustrie geht eigentlich immer gleich vor und [...] war da immer sehr konsequent, dass zuerst sozusagen die Produktion dem Markt folgt. Wir haben Montagewerke in allen großen Märkten, Europa, USA, China, Japan, Korea, Korea in dem Fall, in Japan haben wir keine Produktion, aber da haben wir auch Technologiestandorte, kleine, aber USA, Europa, China ist der Schwerpunkt, dort sind wir sehr gut vertreten. Dort gibt es eben auch Werke und wenn Werke etabliert sind, dann folgt meistens eine gewisse Entwicklungsmannschaft um lokale Gegebenheiten anzupassen und am Werk Autos fertig zu machen und Technologien weiter zu entwickeln für den Markt. Das ist in Singapur und Dubai z.B. jetzt nicht der Fall. Die wissen genau, dass sie klein sind und die großen Magneten für einen riesigen Markt um sich herum nicht haben und deswegen versuchen sie über die Rahmenbedingungen Technologieführer zu werden weil dort eben in dem Fall bei beiden beliebig Geld vorhanden ist. Aber das ist eben nicht alles. Das waren ja auch die letzten Werksentscheidungen von [...], die liefen ja auch in eine Richtung wo man bewusst z.B. in 10 Jahren Leipzig aufgebaut hat und nicht nach Osteuropa gegangen ist und solche Dinge. Ich sage mal die Produktion folgt dem Markt und dann folgt die Entwicklung der Produktion, das ist so der Leitgedanke und der kann natürlich in Dubai oder Singapur nicht stattfinden.

I: Verstehe. Genau, sie haben es vorhin schon kurz angesprochen, dass die einige Doktoranden von der TUM bei sich haben, auch bei BMW. Da würde mich dann auch interessieren, wenn man über Innovationen spricht ist natürlich das Wissen, das generiert wird ein wichtiger Aspekt, weil letztendlich die Leute mit dem entsprechendem Know-how kann es auch keine Innovation geben. Deshalb meine Frage, würden Sie sagen, dass in München ausreichen know-how über alle Aspekte von AV generiert werden, das genügend know-how lokal vorhanden ist? Oder greift BMW eher auf internationales Wissen und Fachkräfte zurück, bei der Forschung zu AV?

E: Da mein letzter Doktorand sogar den letzten Doktorandenkreis von [...] geleitet hat und dort vieles organisiert hat habe ich da zufällig mehr Einblick, sonst hätte ich die Frage nur schwer beantworten können. Da habe ich mir mal angeschaut, wo kommen eigentlich die Doktoranden her, die bei [...] arbeiten und auch in unserem Bereich in Neuanstellungen. Das ist tatsächlich ein sehr breites Netzwerk, da kommen auch Leute aus Kalifornien, aus dem Silicon Valley nach München. Das sind eher nur eine Hand voll, aber wir haben also viele

Asiaten, Osteuropäer, Südeuropäer, Skandinavier, also es ist eine bunte Mischung. Man kann es wie ein Zwiebschalenmodell sehen, die meisten kommen schon von der TUM, von bayerischen Unis, von deutschen Unis, auch die Einstellungen, da ist die überwiegende Mehrheit deutsch. Aber natürlich sind für ganz spezifische Jobs, wenn es um KI geht oder Scrum Master oder Softwareorganisation sage ich jetzt mal, dann sind da die Kompetenzen da, aber halt nicht im beliebigen Volumen und dann geht man natürlich auch gezielt auf ausländische Standorte zu und sucht dort aktiv. Das sind so die typischen Bereiche.

I: Wie ist das mit dem Wissensaustausch? Das Wissen das generiert wird ist internationaler Natur und auch aus München. Beim Thema Netzwerke, würden Sie sagen, dass es in München ausreichend Wissensaustausch gibt, zwischen einzelnen Akteuren, sei es zwischen Industrie und Wissenschaft, oder zwischen der Industrie und Politik bzgl. AV?

E: Na gut, sie haben schon Easyride erwähnt. Das ist für mich ein Musterbeispiel wo das eben sehr gut funktioniert weil ganz offen gesagt so eine Organisation wie die LH sich wahnsinnig schwer tut innovative Themen zu verarbeiten. Deswegen brauchen die einfach auch Unterstützung von außen um Ressourcen extern sich an Land zu holen um solche Themen auch mitzugestalten und aufzuarbeiten. Das liegt in der Natur der Sache, dass eine kommunale Organisation sehr im hier und jetzt und im Lösen der täglichen Probleme verhaftet sein muss und deswegen ist es sehr verständlich dass dort die Ressourcen einfach nicht so zur Verfügung stehen für solche Themen. Ein Industriekonzern lebt von der Innovation, eine Stadt lebt eher davon, dass die Bürger zufrieden sind und die Schulden nicht so hoch werden und solche ganz pragmatischen Dinge, die für jeden Konzern auch wichtig sind, aber da ist in einem Industriekonzern deutlich mehr Spielraum da, das ist klar. Ich glaube dieser Gedanke der sich jetzt etabliert, und ich bin mal gespannt wie er sich genau ausprägt, ich hab auch nur die Schlagzeile gelesen von diesem Forum für Mobilität, also München als Mobilitätscluster in Deutschland, den finde ich sehr sehr gut weil das so ein Magnetpol dann wird, wo sich viele Leute von selbst angezogen fühlen. Man kann das glaube ich nicht so wirklich steuern, man kann nicht sagen ich gehe als BMVI oder als bayerischer Verkehrsminister her und sage ich will jetzt dass München eine zentrale Rolle steht und deswegen rufe ich ein paar Firmen an und die sollen sich hier ansiedeln oder ich mach eine Agentur auf, die die Vernetzung organisiert und dann läuft das schon. So glaube ich funktioniert es nicht, sondern es muss eine Strahlkraft da sein wo Motivation entsteht und es für jeden offensichtlich ist, dass es ein Vorteil ist da dabei zu sein. Das glaube ich so eine Initiative schon bewirken. Dann muss die Vernetzung eigentlich aus Eigeninteresse der Beteiligten entstehen. Wenn Demoprojekte gut laufen, dann sagt ein anderer so was will ich auch machen und dazu brauche ich aber noch den und den und dann

sagt plötzlich die Telekom, naja das 5G-Netz wäre in München in höherer Priorität auszubauen als in einer anderen Stadt, weil da haben wir ja diese Mobilitätsthemen, mehr Umsatz usw. Also entsteht ein Schneeballsystem wo immer mehr Dynamik entsteht. Also diese Eigendynamik zu wecken ist glaube ich der entscheidende Punkt.

I: Kommen wir zu dem Themenblock "Einfluss auf die Suchrichtung, Einfluss der Politik". Wie ich vorhin schon angesprochen habe, die LH bzw. die politische Ebene ist in einem Innovationssystem entscheidend um Aktivitäten zu steuern, Akteure zu beeinflussen und auch um zu schauen, dass sich die Ziele der einzelnen Unternehmen decken. Da würde ich fragen, wie sind die Ziele bzw. Vision von [...] bzgl. AV in München aussehen? Auch warum das FIZ in München eingerichtet würde und nicht wo anders?

E: Generell ist natürlich München als Heimatstandort von [...] gesetzt wenn man neue Technologien entwickelt, da gibt es keine Frage, das ist selbstverständlich. Das [...] wurde damals aufgebaut, weil man gesagt hat, wir haben da am Mittleren Ring eine Konzernzentrale und ein Werk und damals war es auch so, dass einige Entwicklungsabteilungen im Werk mit angesiedelt waren, Motorentwicklung, weil der Motorenbau war gleich um die Ecke, das war sehr praktisch für die Ingenieure. Dann wurde [...] aber größer, es wurden immer mehr Werke und dann hat damals der Herr [...] gesagt, dass [...] gab es schon aber es wurde dann massiv ausgebaut und das haben wir gerade im nächsten Schritt gesehen. Dieser Vorteil, dass alle Entwicklungstätigkeiten an einem Standort zusammenfließen und das ist ja inzwischen eine riesen, riesen Fläche, ich glaube das ist jetzt 1 x 1,3 km groß. Da tummeln sich 20.000 Ingenieure mit vielen Außenstandorten rund herum, wie in Unterschleißheim eben, wo doch wieder nochmal rausgegangen werden muss weil die Fläche nicht reicht. Das ist ein Riesenvorteil, wenn sozusagen die technischen Entscheidungen, die im Prinzip durchaus sehr starken Einfluss auf die gesamte Unternehmensstrategie haben, wenn die da getroffen werden wo entwickelt wird und gleichzeitig auch nah daran sind, wo die Konzernentscheidungen getroffen werden, also dem Hochhaus am Mittleren Ring. So, also dieses eng zusammenrücken und die Kräfte bündeln um eine konsistente Unternehmensstrategie zu haben ist ein wesentlicher Vorteil. Und auch mit dem Werk in München, das wird immer wieder belächelt was [...] produziert in der Stadt, in München zwischen den Wohngebieten mit verschärften Umweltbedingungen und den ganzen Problemen mit dem Transport der Autos aus der Stadt heraus usw. Das ist aber ein riesen Standortvorteil und nicht umsonst produzieren wir den i4 der so das Elektroauto wird für die nächsten Jahre mit dem größten Volumen, in München. München hat als erstes angefangen Werke umzuschulen weil der Druck war so groß, dass der Standort München als Werk auch zukunftssicher ist und das eben, ich meine Engineering hört

ja nicht auf wenn ein Prototyp gebaut ist, sondern die Hauptentwicklungsarbeit ist ja den serienreif zu machen und produktionsfähig zu machen. Diese Nähe zur Produktion ist ein Riesenvorteil, und in München hat man sehr früh angefangen schon z.B. Werke die heute Verbrennungsmotoren produziert haben umzurüsten, umzuschulen mit Elektrikerschulungen on top, dass sie heute Hochvoltbatterien montieren. Das sind so Strategien die entstehen aus dem engen Verbund der Standorte; Verwaltung, Produktion, Entwicklung. Das ist ein Riesenstandortvorteil und deswegen wird das [...] auch niemals aufgeben, da bin ich fest überzeugt.

I: Wenn wir auf den Markt zu sprechen kommen von autonomen Fahrzeugen. Wie würden Sie den aktuellen bzw. zukünftigen Markt eben für autonome Fahrzeuge in München einschätzen? Glauben Sie dass da auch Interesse sein wird, sage ich mal AV in der Stadt auf der Straße sind, dass da auch die LH oder MVG potenzieller Kunde ist in Zukunft? Oder schaut [...] eher, dass die Technologie wenn sie entwickelt wird hauptsächlich international vertrieben wird?

E: Also natürlich müssen wir immer auf den Weltmarkt schauen und können nicht für München was spezifisches entwickeln. Aber natürlich haben wir ein großes Interesse solche Projekte vor Kunden in München voranzutreiben. Ich habe da auch eine Studie von vor ca. 10 Jahren im Kopf, das war in der Vorbereitungsphase vom i3. Der i3 war ja ursprünglich als Mega City Vehicle benannt im Konzept. Und um dieses Konzept zu entwickeln hat man damals weltweit große Städte besucht und auch sich mit Stadtstrukturen auseinandergesetzt. Da gibt es gefühlt, das wurde damals so dargestellt in 5 Städtekategorien wie die Bevölkerungsstruktur in der Stadt ist und die Struktur der Stadt als solche ist. München ist ein typischer Vertreter der größten Gruppe dieser 5. Nämlich mit einem sehr dichten Kern, es sind zwar keine Hochhäuser, aber es ist trotzdem sehr dicht bebaut und auch sehr viel Bevölkerung da, gleichzeitig aber mit einem sehr großen Umland. Das ist eine typische Stadtstruktur, die halt in viel größerer Dimension auch in China typisch ist z.B. oder auch in USA häufig vorkommt, auch wenn dort die Flächen meistens deutlich größer sind auch wenn die Bevölkerung gar nicht so viel größer ist. Ich will damit sagen, es gibt natürlich Unterschiede, aber München würde sich als Modellstadt prinzipiell eignen, um Stadtmobilität der Zukunft zu entwickeln, und genau deswegen machen wir auch so Projekte wie Easyride. Jetzt ist [...] natürlich als, ich sage mal Schwerpunkt immer noch Hersteller von Premiumfahrzeugen, in der Position wo wir natürlich schon mehr darauf schauen müssen, was unsere Kunden brauchen. Wir sehen auch in diesen Studien, dass unsere Kunden im Wesentlichen im Umland leben und vor allem in die Arbeit pendeln oder zum Einkaufen nach München fahren. Von dem her haben sie ein großes Interesse, dass individuelle Mobilität nicht sozusagen in Verruf gerät, was leider immer wieder mal so ein bisschen

polemisch passiert. Ich bin persönlich fest davon überzeugt, dass - Auch die Studien die wir da machen mit vielen externen Partnern, u.a. auch mit der DB - die zeigen dass die Speckgürtel eher größer werden und eher noch mehr Leute in die Speckgürtel um die großen Städte, also Metropolregionen hat es ja Bayern mal genannt, dass das ein ganz wesentlicher Trend der Zukunft ist und das man da gar nicht auskommt. Ich sage mal geteilte Autos in der Innenstadt sind absolut die Zukunft, da bin ich fest überzeugt. Die Technologie um geteilte Autos auch noch ohne Fahrer fahren zu lassen, die braucht halt noch eine ganze Weile. Das wird eher mehr als weniger als 10 Jahre sein, bevor solche Flotten wirklich relevant so groß ausgerollt werden, dass sie den Verkehr verändern und auch das Kaufverhalten der Menschen beeinflussen wenn es um Autokauf geht. Das wird eher noch länger dauern als 10 Jahre. Ich habe erst wieder ein Interview gelesen mit dem John Krafcik von Waymo, die sind da sicher vorne und das wird in vielen Studien immer wieder so bestätigt. Deswegen kann ich das auch ruhig sagen, werden auch sicher bald in Deutschland anfangen und es kann durchaus sein, dass die sich auch München herauspicken als erste Stadt, das ist überhaupt nicht ausgeschlossen. Muss man einfach mal sehen was da passiert. Wir haben selber bei [...] auch schon ein Projekt gemacht, die neue Domagsiedlung wo ja viele viele Wohnungen gebaut wurden, die hat ein anderes Verkehrskonzept schon, wo DriveNow oder überhaupt CarSharing quasi gesetzt ist von Haus aus. Also jeder der dort eine Wohnung kauft ist automatisch ein CarSharing Kunde. Muss er natürlich nicht nutzen, aber kann er. Und es wurden auch weniger Parkplätze für Privatautos genehmigt sozusagen. Sodass geteilte Mobilität und die Verbindung von Individualverkehr und ÖPNV dort auch massiv gefördert wurde, das war auch ein Projekt das [...] mit unterstützt hat. Ich glaube das [...] über Easyride und solche Projekte viele, viele Möglichkeiten hat dort ziemlich weit vorne mit dabei zu sein und das wird sich natürlich zeigen, ob es auch so passiert.

I: Wenn wir nochmal zum letzten Themenpunkt über die Projekte bzgl. AV, so wie Easyride, zu sprechen kommen. Da würde mich nochmal ihre Einschätzung interessieren, ob Sie finden, dass ausreichend finanzielle Ressourcen, seien es Förderungen oder Steuerentlastungen von Seiten der Stadt, Bayern, Deutschland oder sogar der EU zur Verfügung stehen, um die Technologie voranzutreiben?

E: Ich kann das nicht so direkt beantworten, weil das ist eine ganz schwierige Frage. Das Problem ist immer, ich muss ja auch als Stadt oder Organisation aufpassen, dass ich im Markt keine Wettbewerbsverzerrungen erzeuge, deswegen muss man genau hinschauen was sinnvoll ist und möglich ist. Was ich aber glaube, ist dass der Staat die Städte ein bisschen alleine lässt. Die Städte haben das große Problem mit dem Stau und dem Verkehr und dass das Auto so viel Fläche einnimmt in der Innenstadt, was überhaupt nicht die Zukunft der Städte sein kann. Ich halte total viel von einer PKW-freien Innenstadt, sagen wir mal innerhalb des Altstadtrings oder so. Aber solche Entscheidungen sind natürlich total unpopulär. Das heißt wenn jede Stadt alleine gelassen wird solche Konzepte voranzubringen, dann werden die einfach nicht passieren. Wenn aber ein Land Bayern oder eine BRD, oder vielleicht sogar eine EU-Kommission Rahmenbedingungen schafft, die sozusagen den Städten diese Entscheidung ein Stück weit abnehmen und für die Bürger es als politisches Ziel erklärt wird, warum solche Dinge nötig sind und was die dann auf lange Sicht allen bringen, das kann eine Stadt alleine nicht lösen, das kann aber über Demonstrationsprojekte in einzelnen Städten, die dann auch massiv gefördert werden gezeigt werden, dass es funktioniert. Dann hat es meines Erachtens einen riesen Schneeballeffekt und könnte in vielen anderen Städten kopiert werden. Man könnte ja auch heute ohne AV schon den Verkehr deutlich besser regeln, wenn man der Bevölkerung gut genug erklären würde, warum Parkpreise z.B. deutlich teurer werden müssten, oder warum man Straßennutzungsgebühren einführt. Ich halte nichts von Verboten, aber Benutzungsgebühren würden total viel Sinn machen und dann könnte man unglaubliche Effekte hervorrufen, mit marktwirtschaftlichen Mitteln, aber eben durch eine Rahmenbedingung, durch eine regulatorische Steuerung, die eben die positiven Effekte dann auch ermöglicht. Das ist auch eine Aktivität an der ich mitarbeite, auf EU-Ebene und auch auf deutscher Ebene, solche Dinge voranzubringen. Unglaublich schwierig, da ist einfach auch zwischen den sogenannten Sektoren sagt man in der EU, also Autoindustrie, Stadtverwaltungen, ÖPNV Betreiber, der Straßenbetreiber - da hat jeder so seine Vorbehalte vor den anderen und da sind viele Berührungspunkte. Wenn man da über Demonstrationsprojekte zeigen kann, dass man eigentlich auch miteinander kann und sich nicht gegenseitig austrickst, dann könnte da eine große Dynamik entstehen und die Städte sich für die Zukunft deutlich besser vorbereiten.

I: Das ist auch ein interessanter Aspekt. Tatsächlich wären wir auch schon am Ende, ich würde einfach nochmal zusammenfassend Sie fragen, nämlich in welchem Bereich sind die größten Hindernisse, um München zu einem Zentrum für die Technologie autonomes Fahren zu machen?

E: Ich glaube tatsächlich die größten Hindernisse sind in diesen politischen Rahmenbedingungen um neue Mobilitätskonzepte wirklich möglichst reibungslos einführen zu können. Ich glaube gar nicht so sehr, dass es die Technologie selber ist, die kommt sowieso. Aber die Vorstellung und der Glaube, dass die Kosten der Mobilität stärker marktwirtschaftlich organisiert oder gesteuert werden können durch eben solche Straßenbenutzungsgebühren oder Parkgebühren und solche Dinge und damit aber gleichzeitig aber natürlich die Bürger entlastet werden müssten, um KFZ-Steuer oder vielleicht Mineral-Steuer oder keine Ahnung wie das mit dem Strom geht wenn es viele elektrische Autos gibt, dass dort eine Umsteuerung stattfindet hin zu diesen Anreizen die dann den Verkehr wirklich umweltfreundlich und stadtfreundlich machen können. Das ist glaube ich die größte Hürde.

[Verabschiedung und Ausblick]

### **Interview 5 (5.2.2012)**

I: Zum Einstieg würde ich Sie fragen, ob Sie mir kurz Ihre Rolle im Projekt Providentia ++ erklären?

E: Ich kann Ihnen nur zu meinem Hintergrund sagen, ich bin seit einem halben Jahr in dem Projekt und betreue die Kommunikation und habe vorher für Technologiekonzerne in der Kommunikation gearbeitet, was ich auch weiterhin noch tue, aber mein primäres Projekt ist Providentia ++. Aber ich bin selber nicht derjenige, der seit 15 Jahren AV verfolgt und sich da top auskennt. Natürlich seit einem halben Jahr mache ich da intensiv viel zu und unterhalte mich auch viel mit dem Professor Knoll, der ja der Chef von Providentia ist. Also Konsortialführer sind wir da ja und ich kann versuchen ihre Fragen zu beantworten.

I: Genau, ich würde mich hauptsächlich auf das Projekt beziehen. Als erste Frage würde ich gerne wissen, warum wird das Projekt in München durchgeführt? Hat sich das BMVI konkret für München entschieden oder hat sich das so ergeben?

E: Nein, soweit ich weiß gab es 2016 diverse Ausschreibungen in Richtung Testfelder in Deutschland und da konnten sich ja alle Bundesländer bewerben für Testfelder für AV. Da gibt es auch im BMVI wurden Testfelder finanziert, seit 2017 und da konnte man sich aus allen Bundesländern bewerben. Das wird in der Koordinierungsstelle für automobiles Fahren, im VDA in Berlin koordiniert. Da hat die TUM insbesondere mit dem Hintergrund vom Herrn Professor Knoll sich darum beworben, von der Lehrstuhlseite, weil er seit 20 Jahren KI macht

und darauf spezialisiert ist Roboter zum laufen zu bringen. Letztlich ist das eine große Ähnlichkeit die man sieht in der Robotik und dem autonomen Fahren. Da hat man sich eben beworben, es kamen sehr sehr viele Autobahnen, also die Autobahnen waren quasi im Fokus damals, weil das vermeintlich noch das einfachste Verkehrsszenario ist. Deswegen hat man sich dann auch im Testfeld ein Stück von der Autobahn, von der A9 in der Nähe vom Forschungszentrum Garching und hat da bis jetzt zwei Schilderbrücken mit Sensorik bestückt und einen digitalen Echtzeitzwilling geschaffen. In anderen Ländern gibt es ja ähnliche Projekte, wenn man in Nordrhein-Westfalen oder in Niedersachsen oder in Berlin gibt es auch Testfelder, die dann jeweils einen anderen Ansatz haben.

I: Das finde ich interessant, sie haben gesagt, dass es vom Herrn Professor Knoll bzw. der TUM ausging, der Impuls, das Testfeld eben in München zu machen und das wäre meine nächste Frage gewesen, ob das eher so war, dass das BMVI gesagt hat wir nehmen speziell München, oder dass der Impuls wirklich auch aus München direkt kam?

E: Das ist leider vor meiner Zeit gewesen, der Konsortialführer für den ersten Teil des Projekts war ja auch nicht die TUM, sondern fortiss, das ist ein An-Institut der TUM. Also die arbeiten mit der TUM schon in Projekten eng zusammen, aber die hatten da die Konsortialführerschaft. Das hat dann gewechselt, aber warum damals fortiss die Konsortialführerschaft übernommen hat weiß ich ehrlich gesagt nicht so genau. Den Draht zum BMVI, den haben diese Professoren alle. Was ich jetzt sehe in dem Projekt, ist dass es da sehr enge Verbindungen gibt und ein starker Austausch stattfindet und es gibt ja auch ständig neue Ausschreibungen.

I: Dann würde mich interessieren, da habe ich nämlich nicht so viel gefunden, inwieweit nämlich die LH so als Kommune an dem Projekt beteiligt ist? Ich hab sie z.B. auf der Partnerseite nicht gesehen, deswegen wäre da auch so die Frage, inwieweit die LH beteiligt ist an dem Projekt und Interesse bekundet an den Ergebnissen vielleicht?

E: Ja, die sind tatsächlich nicht als assoziierte Partner mit dabei. Aber auch da kann man nur sagen, es gibt halt den engen Austausch z.B. mit dem MOR, das ja jetzt neu gegründet wurde, dass wir auch einfach mit denen reden und versuchen eine Möglichkeit zu finden in künftigen Projekten enger mit der Stadt München zusammenzuarbeiten. Es ist ja jetzt so, dass das BMVI das Sonderprogramm Stadt und Land ausgerufen hat. Das ist ein 1,4 Mrd. Projekt zur Verbesserung der Mobilität in der Stadt vor allem, es geht dann um Radverkehrsinfrastruktur

usw. Durch diese ganzen Sensorstationen, die wir aufgebaut haben gibt es durchaus Verbindungspunkte, sodass die letztlich auch von Providentia profitieren könnten, wenn es Anschlussprojekte vielleicht zusammen mit dem MOR gäbe. Aber ich meine das muss ich wirklich ganz im Konjunktiv belassen, ich will damit eigentlich nur sagen es gibt da einen Austausch. Man schaut was macht die TUM da, in diesem Projekt, was ja mit vielen Mio. gefördert ist und über jetzt fast vier Jahre lief, bis Ende diesen Jahres sind es 5 Jahre und dann ist das auch zum Abschluss gekommen. Was die Stadt München macht, sie ist in einem Anschlussprojekt auch mit dabei, wo allerdings nicht der Lehrstuhl von Herr Knoll, sondern der Lehrstuhl von Herrn Professor Bogenberger beteiligt ist, das ist das TEMPUS Projekt. Und auch mit denen tauschen wir uns aus. Es ist nicht so, dass jetzt irgendwer seine eigene Forschung macht und da in seinem Kämmerlein sitzt und die Ergebnisse abgibt und nach 5 Jahren sagt, so das war es gewesen, interessiert uns alles nicht mehr. TEMPUS sehr interessiert daran, insbesondere an einer Teilstrecke die wir haben, jetzt noch neu bestücken, nämlich nach Garching rein. Die gucken eher in den urbanen Bereich, also wir dringen jetzt sozusagen erstmals in den urbanen Bereich vor und werden einen Teil der Ergebnisse urban verwerten, gehen aber noch viel stärker auf die Landstraße und in die Stadt mit ihrer Sensorik. Das ist das Institut für Verkehrsforschung des Professor Bogenbergers. Und dieses TEMPUS Projekt fängt jetzt gerade an.

I: Das finde ich auch sehr interessant, dass auch das Interesse vom Projekt TEMPUS kommt und ein Austausch stattfindet, finde ich sehr spannend. Können Sie darauf etwas näher eingehen, wie dieser Austausch funktioniert. Ist das eher über Konsortialtreffen oder ist da auch informeller Austausch?

E: Also das mit dem TEMPUS Projekt ist informell, also da geht es auch gerade erst los, weil TEMPUS ja auch gerade gestartet hat. Da haben wir ein Gespräch gehabt und es wird auch regelmäßige Gespräche geben. Ich weiß nicht, ob wir da jetzt groß von profitieren, aber unser Projekt läuft ja noch das ganze Jahr über und die Teststrecke wird erweitert. Und gerade diese Teststreckenerweiterung ist für TEMPUS auch interessant und da haben wir jetzt ein Auftaktmeeting gehabt, da wurde uns das Projekt vorgestellt und wir haben unser Projekt vorgestellt, den Stand der Dinge und das was jetzt noch kommt. Und da gab es Schnittmengen und darüber werden wir uns bis Ende des Jahres denke ich in regelmäßigen Abständen austauschen. Ansonsten muss man sagen, Sie sprachen ja vorhin das Thema Netzwerke an, wir haben mit unseren Partnern regelmäßige meetings, wir haben Konsortialtreffen wo es

offiziellere Updates gibt wo dann von offizieller Seite, vom DLR, auch immer vom BMVI jemand dabei ist und sich anhört, was tut sich da, dass alle auf dem gleichen Stand sind. Diese Partnertreffen, da findet nächste Woche z.B. eines statt, das ist natürlich alles online jetzt, aber da sind auch 1,2 Repräsentanten von allen Partnern dabei und von den assoziierten Partnern und da werden kurze Updates gegeben und diskutiert wo es vielleicht hakt und wo man weiter machen kann. Das findet alle 6 Wochen statt, die größeren Konsortialtreffen, da gibt es auf der Homepage einige Informationen zu.

[Detaillierter Hinweis auf Website des Projekts]

Die Konsortialtreffen finden alle 6 Monate statt, das letzte war am 17.12.2020. Die finden also regelmäßig statt um dann ein größeres Update zu geben, auch im größeren Rahmen. Ansonsten stimmen sich die Partner permanent ab, die Wissenschaftler immer mit ihren Valeo- oder Elektrobitschnittmengen, mit Valeo aktuell sehr viel, da es um Datenfusion geht. Die Daten aus den Radaren, Flächenkameras und demnächst auch aus dem Lidar und eventbased Kameras zusammenzubringen und da ein digitalen Zwilling draus zu machen, das ist ein großes Thema. Da geht es gar nicht ohne permanenten Austausch. Also die haben glaube ich jede Woche Kontakt, zum Beispiel. Deswegen hat man ja auch diese Partnerlandschaft definiert.

I: Es ist vielleicht schwierig zu beantworten, aber würden sie da eher dem formellen Austausch eine größere Rolle zuschreiben als dem informellen Austausch zwischen den Partnern.

E: Der informelle Bereich überwiegt glaube ich. Der informelle Austausch ist ja so, wenn es ein Problem gibt greift man zum Hörer oder setzt eine Zoom-Konferenz auf und diskutiert das durch, das verstehe ich unter informell. Das muss man sagen findet ständig statt. Es gibt ja verschiedene Forschungsbereiche hier und die sieht man im übrigen auf der Projektseite. Objekterkennung, Datenfusion, Fehlertoleranz, Kommunikationsprotokolle, da kann man im Prinzip sagen, das ist ein Mitarbeiter von der TUM jeweils damit betraut, es gibt noch einen anderen Forschungsbereich der hier nicht mit erwähnt ist, das ist die 3D-Darstellung, das macht noch ein fünfter. Das sind also 5 Leute, die einen Forschungsbereich haben und je nach Bereich arbeitet man mit bestimmten Partnern zusammen. Das ist bei Objekterkennung cognition factory, bei Datenfusion ist es Valeo, Intel und Fehlertoleranz ist eher fortiss und Valeo, Kommunikationsprotokolle, da geht es um IKT da ist dann Huawei als Partner. So hat halt jeder seine Domänen wo es den informellen Austausch gibt. Permanent. Deswegen gibt es ja auch die Forschungsprojekte und deswegen sind die auch mit der Industrie verknüpft, dass man auch von der Industrie lernen kann und neue Themen werden eher von den

Wissenschaftlern angegangen, wovon einerseits die Wirtschaft profitiert, auch dadurch dass sie Kontakt zu jungen Leuten kriegt die ambitioniert sind. Da geht es auch um Fachkräfte rekrutieren, da sind auch in der Partnerlandschaft später die Kontakte. Die, die in die Industrie gehen gehen oft über ehemalige Doktoranden von der TUM, so nehme ich das jedenfalls war in dem letzten halben Jahr. Auch der Herr von der cognition factory, der einer der Partner ist, der hat seinen Doktor auch bei Professor Knoll gemacht und hat jetzt sein eigenes Unternehmen. Andere arbeiten dann halt bei Intel, bei Valeo oder sonst wo, das weiß ich jetzt aber gar nicht wo die studiert haben damals. Es ist nicht nur so, aber teilweise.

I: Wenn wir nochmal über die jetzigen Projektpartner sprechen, da würde mich ihre Einschätzung interessieren, ob Sie die beteiligten Partner, TU, Intel, Valeo, fortiss etc. als innovativ und experimentierfreudig einstufen? Dass man auch im Projekt einzelne Dinge ausprobiert die nicht unbedingt erfolgsversprechend sind sofort?

E: Ja dass ist ja Sinn und Zweck der Sache. Es gibt ja so Ziele die definiert sind und die man dann angeht nach und nach und da sind natürlich mal die einen Partner mal die anderen mehr involviert. Wenn man auf die Projektseite guckt und oben sich diese digitalen Zwillinge anschaut, das ist ja ein live-Bild von der A9 hier in Garching. Da sieht man die Autos fahren, da kommen dann die weißen Punkte an [Anmerkung: livestream: <https://innovation-mobility.com/projekt-providentia/>]. Da ist extrem viel wissenschaftliche Arbeit nötig und da brauch es auch ständig neue Algorithmen die man ausprobiert oder erst dieses Modell ist ja nur das was wir darstellen und es gibt auch die Möglichkeit, das als 3D-Modell in einem anderen Tool namens CARLA abzubilden. Da sieht man dann die Fahrzeuge nicht mehr, da ist dann quasi alles wie in einer Animation zu sehen. Das sind dann schon Bereiche die komplett neu sind für viele, wo man neue Algorithmen ausprobiert und die werden auch ständig überarbeitet. Aber wenn man jetzt mal auf diese weißen Punkte geht, die müssen ja möglich präzise die Autos messen, da sind die Wissenschaftler schon seit 2 Jahren dran und da muss man sagen gerade hier so im Anfangsbereich, da hecheln die weißen Punkte noch so ein bisschen hinterher, aber das ist schon viel viel besser als es vorher war und das ist nur im extrem nahen Bereich. Ansonsten ist die Messung jetzt absolut präzise und auch die Messung im Nebel ist präzise, im Regen sogar im strömenden Regen läuft die Detektion eigentlich wunderbar. Das ist so die Arbeit der Fehlertoleranz, dann muss man halt ständig an Algorithmen rumschrauben. Die wissenschaftlichen Themen, da bin ich auch nicht so bewandert, aber man muss z.B. auch gucken, die Sensoren sind ja auf einer Schilderbrücke angebracht. Diese Schilderbrücke steht

ja nie ganz still, je nachdem wie windig es ist. Damit verändert sich ja eigentlich immer der Blickwinkel von den Sensoren, von dem Radar, den Flächenkameras, die da drauf sind und diese Fehler müssen ja auch herausgerechnet werden, durch Algorithmen. Also dass sie da resistent werden, gegen dieses Schaukeln der Brücke. Also das ist nur ein Beispiel, und da muss man halt ständig, ständig sehen wie kann man das möglichst fehlertolerant aufbauen, dass dieses Datenfusion geht.

I: Was mich auch noch interessieren würde zu dem Projekt, wenn man sich hier im livestream anschaut, wie die Autos auch gefilmt werden, wie das aussah oder aussieht mit Genehmigungen und auch rechtlichen Rahmenbedingungen für das Projekt. Würden Sie dies als eine Hürde bezeichnen, auch bezogen auf Themen wie Datenschutz?

E: Also Datenschutz ist ja ein anderes Thema, wenn es in die Skalierung geht. Wenn man sagt wir möchten bspw. diese Providentia Technologie nutzen und auf allen deutschen Autobahnen zur Verfügung stellen. Das ist ein Wert den Herr Professor Knoll immer bringt, müsste man 1 Mrd. € investieren, um schon eine gesunde, sinnvolle Anzahl von Schilderbrücken mit der Sensorik zu bestücken, dann hätte man eine sehr gute Abdeckung. Also digitale Zwillinge für den gesamten Autobahnverkehr. Das jetzt allerdings in Fahrzeuge, also die Idee ist natürlich diese Informationen den vernetzten Fahrzeugen zur Verfügung zu stellen und später autonomen Fahrzeugen. Da gibt es halt noch sehr viele unregelte Dinge, also diese - Sie werden das sicher verfolgen, wie das in Deutschland gerade ist - das BMVI hat einen Vorschlag gemacht und das Justizministerium ist damit so gar nicht einverstanden und sagt, die Hoheit über alle Daten müssten beim Fahrer liegen und nirgendwo sonst und da ist das BMVI bisschen anderer Meinung. Aber das zeigt einfach nur, da gibt es Diskussionsbedarf. Das ist in Deutschland so, das Ende des Jahres [Bundestags]Wahlen sind, deswegen will sich natürlich die SPD, die jetzt das Justizministerium bekleidet auch profilieren vor dem BMVI, das von Herr Scheuer geleitet wird. Ich denke mal dass politische Partei-Spielchen mit eine Rolle spielen, auch wenn es wirklich mehr der SPD entspricht, den Autofahrern sozusagen sämtliche Datenschutzrechte einzuräumen. Ich glaube, das wird im Endeffekt auch darauf hinauslaufen müssen, aber das ist meine ganz persönliche Meinung. Das ist natürlich was, was ein wichtiger Punkt ist für den Ausbau von solchen Strecken, weil diese Daten die da genutzt werden, die sind von uns natürlich anonymisiert. Aber was passiert, dann mit den Daten? Das ist dann der nächste Schritt, mit den Assistenzsystemen im Auto, da müsste dann geklärt werden was macht jetzt so ein Fahrzeughersteller mit seinen Assistenzsystemen mit den Daten? Von unserer Seite, wir haben

die anonymisiert, komplett anonymisiert. Wir haben auch einen Partner an Bord der heißt brighter AI und der verpixelt sämtliche Kennzeichen und auch Köpfe, Gesichter wenn es in den urbanen Raum geht, da wird man auch keinen Fahrradfahrer mit Gesicht erkennen können. Die Kameras haben das natürlich, diese präzisen Bilder, aber die werden sofort anonymisiert. Von daher sind wir datenschutzkonform, aber die Daten gehen ja weiter, von der Infrastruktur in die Autos und von da vielleicht in eine Cloud. Das ist eben die Herausforderung für den Datenschutz, die Daten werden vielfach dann benutzt denke ich. Ansonsten, Regulatorien, also was den Aufbau eines Testprojekts angeht, das braucht schon viele Genehmigungen, also von den Behörden wo man halt unterwegs ist, wir sind in Garching und in Freising unterwegs, brauchen da gewisse Genehmigung, dass wir überhaupt Masten an Straßen aufbauen dürfen, dass wir unsere Computer an Straßen aufbauen dürfen. Das sind auch hochleistungsfähige Computer, die im Prinzip den lokalen digitalen Zwilling berechnen, das passiert direkt an der Strecke. Wir haben einen 5G-Masten aufgestellt an der Strecke, an der A9, von Huawei werden wir da unterstützt. Und jetzt kommen halt noch zu den zwei Sensorstationen die wir auf den Autobahnen haben fünf neue hinzu. Da braucht man für jeden Masten den man aufstellt und für jede Schilderbrücke die man mit Sensoren bestückt, und das sollen jetzt wirklich eine ganze Menge werden, bis zu 50, Genehmigungen. Man braucht auch Genehmigungen wo man bspw. Übertragungskabel unterbringen, hinlegen will und wenn man sie nur durch eine Röhre unter der Straße langführt braucht man eine Genehmigung, weil man muss wissen da sonst stattfindet, über das alles muss man mit den Behörden diskutieren, das dauert sehr sehr lange. Das ist ganz gut gute Kontakte in die Behörden zu haben. Das meinen Sie vielleicht auch mit Regularien. Testprojekte, also reine Forschungsprojekte auf den Weg zu bringen ist natürlich noch was anderes, es nachher zu skalieren und es in den Verkehr zu integrieren, das ist ja nur der Anfang. Wir haben ja nur 5 Jahre und dann muss das auch schnell gehen, so eine Infrastruktur aufzubauen. Aber das dauert ganz schön lange, da muss man einen einzelnen Menschen beschäftigen der nichts anderes macht. Es gibt einen Wissenschaftler, der eigentlich ganz andere Sachen vorhat, der beschäftigt sich seit dem ich da bin eigentlich ausschließlich damit, die Teststreckenerweiterung unter Dach und Fach zu bringen und auch die Genehmigungen vom Bauamt zu kriegen, dass man jetzt auch losbauen kann und solche Sachen. Und dass man auch irgendwann die Sensorik anschrauben kann auf den Schilderbrücken, das ist ja durchaus eine gefährliche Sache, also wenn man auf der Schilderbrücke steht und da fahren Autos mit 120 unter einem lang, da darf keine Schraube runterfallen, nichts darf da runterfallen. Das ist wirklich sicherheitskritisch und deswegen sind die da natürlich auch hinterher. Und das müsste dann in ganz Deutschland so gemacht werden.

Dafür gibt es in Deutschland ja jetzt diese Autobahn GmbH, die Herr Scheuer auch noch auf den Weg gebracht hat. Das heißt alle Autobahnen sind nicht mehr in Hand der Länder, sondern in der Hand des Bundes, nur die Autobahn GmbH ist dann sozusagen der Oberverwalter von allen Autobahnen, so dass man solche Dinge dann schneller umsetzen könnte, wenn man z.B. so ein Providentia-System auf alle deutschen Autobahnen ausdehnen wollte.

I: Ist das eigentlich auch ein Ziel des Projekts, dass man das auch auch hochskaliert, auch außerhalb von München und die Erkenntnisse auch woanders anwendet?

E: Ja das ist auf jeden Fall ein Ziel von Herrn Professor Knoll, das ist ganz klar. Und auch etwaige Anschlussprojekte sollen auf den Erkenntnissen aufbauen, die da jetzt gemacht wurden. Das war wichtigste Ziel und das ist auch schon erreicht muss man sagen, einen Echtzeit-Zwilling des aktuellen Verkehrs zu entwickeln, den gibt es. Der kann auch in 3D dargestellt werden und ganz grundsätzlich ist das Projekt übertragbar auf alle anderen Szenarien auf der Straße, nicht nur auf Autobahnen. Also auch in der Stadt, wenn man da die Sensorik hat kann man da jetzt auch einen Echtzeit-Zwilling des Verkehrs berechnen lassen. Das ist eigentlich die Erkenntnis daraus, dass es einerseits für die Stadt für neuralgische Punkte einsetzbar wird, also wenn man z.B. irgendwelche Kreuzungen lokalisiert wo viele Unfälle stattfinden, wo sehr viele Autos unterwegs sind, da könnte man z.B. so einen neuralgischen Punkt mit diverser Sensorik ausstatten und den Autos gewisse Mehrwertdienste zur Verfügung stellen mit einer digitalen Nachricht, die dann in einem Assistenzsystem visuell dargestellt wird. Sodass man vielleicht um die Ecke schauen könnte, oder das so ein System Fahrspurempfehlungen gibt, also sowas ist durchaus denkbar. Das können die Systeme dann. Der Witz ist halt wenn man so eine Infrastruktur hat, die ein bisschen Vogelperspektive bietet, sieht man halt mehr wenn man im Auto sitzt mit allen möglichen Sensoren ausgestattet ist, aber da sieht man nicht so viel wie mit dem zusätzlichen Sensor der externen Infrastruktur, man sieht noch ein bisschen mehr und macht vernetzte Fahrzeuge noch ein bisschen sicherer als sie eh schon sind. Aber es reicht beim vernetzten Fahrzeug nicht 95% sicher zu sein, das muss 99,9999% sicher sein. Dafür wird das eben gemacht, dass man es zumindest erst auf der Autobahn hinkriegt super sicher unterwegs zu sein und da gibt es ja schon diverse Ansätze von MAN Platooning zu machen, also die LKWs weitestgehend alleine fahren zu lassen in Konvois und da wird es wahrscheinlich am ehesten zu sehen sein, dass die Autofahrer mal die Hände vom Steuer nehmen, weil einfach die Strecken geradlinig sind. Sofern man nicht einen Stau hat oder einen sehr dichten Verkehr ist das eigentlich alles sehr vorhersehbar, was da passiert.

I: Das stimmt. Sehr interessant auf jeden Fall. Noch eine Frage zum Projekt, wie sah es aus mit der finanziellen Förderungen des Providentia Projekts? Würden Sie diese als ausreichend beziffern oder war das eher ein Knackpunkt den man in Folgeprojekten angehen müsste, dass mehr Geld zur Verfügung steht für solche Testfelder?

E: Nein, also ich denke das Geld was zur Verfügung gestellt wurde, irgendwo findet man die genauen Zahlen, also 7,8 Mio. € insgesamt. Es kommt immer ein bisschen darauf an, die solideren Zahlen findet man auf der BMVI-Seite, die geben letztlich das Geld für uns und für die Partner, das wird ja dann geteilt. Da muss man halt sehen, was ist mit diesem Geld realisierbar und was nicht. Das ist dann einfach eine Projektplanung wo man sagen muss, das können wir machen, das müssen wir erstmal zurückstellen. Aber dafür gab es ja schonmal jetzt die zweite Förderung, also das P++ Projekt war schon ein Anschlussprojekt, das war ja gar nicht vorgesehen und dann hat man gesehen die kommen ja ganz gut weiter, da machen wir noch ein Anschlussprojekt, aber das passiert relativ oft, bei Forschungsprojekten, das ist nicht außergewöhnlich. Wir hatten allerdings gehofft, dass es jetzt noch ein drittes Anschlussprojekt gibt, da muss man sagen man hat damit ein bisschen zu tun, dass jetzt ein Regierungswechsel kommt und gewählt wird, da bringen die großen Projekte was Testfelder angeht nicht unbedingt mehr auf die Straße. Das sagt man uns jedenfalls dass es so ist, deswegen schauen wir jetzt nach neuen Projekten. Wir hätten uns natürlich gewünscht, dass es noch in eine dritte Runde geht, ganz klar, weil die Forscher sind ja jetzt alle drinnen die kennen sich aus und in diesem Jahr wird man noch ordentlich weiterkommen. Aber dann ist wahrscheinlich Ende des Jahres möglicherweise Schicht, ich weiß es nicht ganz genau. Wir gucken nach neuen Projekten auch, die dann diese Erkenntnisse aufgreifen und dann weiterführen können, das ist die Idee.

I: Darauf in Bezug nehmend, wo würden Sie denn die größten Hindernisse sehen um solche Projekte wie P++ durchzuführen? Bzw. wo sehen sie die größten Hindernisse, um München zu einem Hotspot für die Technologie AV zu machen?

E: Ich muss ein bisschen nachdenken. Da gibt man sich immer in so einen Bereich, was darf man sagen, was nicht. Ich denke dass die Partner schon ganz ordentlich zusammengearbeitet haben. Ansonsten Hindernisse, von Corona brauch man gar nicht reden. Ich denke der Austausch zur Politik könnte durchaus besser sein, bzw. das Interesse könnte sicherlich noch größer sein. Also man muss sich wirklich sehr bemühen dass man diesen Austausch hat, wir

werden wahrscheinlich demnächst mit dem Herrn Scheuer sprechen über das Projekt, dass da dann auch gesehen wird, da läuft wirklich was ab und dann hat man nicht nur die Infrastruktur da stehen sondern denkt auch gleich einen Schritt weiter und nimmt die Forschungsergebnisse und projiziert sie auf eine größere Ebene. Es ist gar nicht erst angedacht, dass man aus dem Forschungsprojekt, was sehr lokal ist, in eine große Dimension geht. Das wird sich Herr Knoll schon wünschen, dass man zumindest darüber nachdenkt, was haben wir davon wenn wir unsere Forschungsergebnisse für ganz Deutschland nutzen und auf allen Autobahnen prinzipiell anwendet. Dass mal durchdacht wird, mal durchgerechnet wird, mal ein Zeitplan erstellt wird. Herr Knoll sagte mal so, innerhalb von 5 Jahren mit 1 Mrd. € in der Hand kann man die Autobahn extrem viel sicherer machen. Das sind schon irgendwo Hindernisse, dass die Prioritäten von einem Verkehrsministerium sich schnell mal ändern, was ja auch irgendwie nachvollziehbar ist. Auch gerade durch Corona. Aber es ist natürlich für das P++ Projekt ein Hindernis. Am Anfang hat man gesagt digitale Autobahn und jetzt auf einmal heißt es uns interessiert nur noch das urbane, die Stadt. Außerdem werden da viel mehr Fahrradwege gebraucht und der Autoverkehr ist nicht mehr so im Vordergrund, was ich persönlich auch absolut richtig finde. Da gibt es jetzt auch große Investitionen vom BMVI in Richtung Radverkehrsinfrastruktur in Deutschland, auch in großen Städten, auch in München. Und das ist auch super spannend, da können wir unsere Erkenntnisse auch mit einfließen lassen, aber das ist halt ein anderer Ansatz, das hat mit digitaler Autobahn jetzt so gar nichts mehr zu tun, also nicht direkt. Wenn wir unsere Erweiterung unserer Teststrecke anschauen kriegen wir schon eine Schnittmenge hin mit dem neuen Vorhaben, das ist auch sage ich mal unser Anker wo wir jetzt für die Zukunft andocken. Aber die digitale Autobahn hat man gesehen, das kommt bei den Menschen nicht so gut an, die gesellschaftliche Akzeptanz von autonomen Fahren, da komme ich vielleicht zu Ihrer anderen Frage. Die gesellschaftliche Akzeptanz ist nicht so da, also autonomes Fahren will kein Mensch, bisschen flapsig gesagt. Das gibt gesellschaftlichen Gegenwind, das kann man sagen, weil viele Menschen meinen das sei nicht sicher genug und es ist nicht geklärt, ich sitze hinter dem Steuer und verursache einen Unfall während ich Zeitung lese, wer ist dann verantwortlich? Ich glaube da sind viele Sachen, die noch so ungeklärt sind. Von technischer Seite kann ich sagen, es ist vieles halt noch nicht erforscht da muss man sagen es fehlt an Sicherheitsforschung, das ist das wichtigste überhaupt, wie kann ich das gewährleisten, wie weit hilft die externe Infrastruktur. Da helfen z.B. so HD-maps, also hochauflösende Karten, die mitgenutzt werden. Ich sage mal das ist ein sehr sensibles Netzwerk von sehr vielen Sensoren einerseits an Bord des Fahrzeugs, dann gibt es die HD-maps, die auch als externer Sensor von so einem Fahrzeug genutzt werden können, dann gibt es die externe

Infrastruktur und alles muss zusammenkommen. Und wo man dann schon sagen könnte, das ist vielleicht ein Hindernis, jeder macht so sein Süppchen. Auch wenn jetzt die TUM in dem Projekt sehr darauf achtet Open Source zu nutzen, auch was die 3D-Darstellung usw. angeht und die Datenfusion ist das nicht unbedingt immer so gedacht. Da kocht jeder sein Süppchen, die Frage ist das jetzt wirklich sinnvoll unsere externe Infrastruktur mit einer externen Infrastruktur sonstwo zu verheiraten oder hat man meinetwegen 5 verschiedene Systeme im Einsatz und da gibt es noch keine Standard der sich durchgesetzt hat. Ich glaube das wird sicherlich noch eine Diskussion werden, dass dann eben ein Audi der darunter langfährt auch die Infrastruktur versteht und der BMW hat damit vielleicht Probleme oder so. Nein, man muss schauen, dass jeder Autotyp oder die ganzen Assistenzsysteme fähig sind die Daten auch zu verarbeiten, die von der Infrastruktur kommen. Ich denke da gibt es schon noch Themen, deswegen hat der Herr Knoll auch seine Initiative gestartet, die heißt ASINI glaube ich, da geht es auf jeden Fall darum, dass er sich dafür stark machen will, dass es eine Plattform gibt die zentral ist, wo alle mit arbeiten können. Das ist denke ich mal schon ein Schub, wenn man da mit einem Standard arbeiten würde. Aber das ist ja bei Technik oft so, bei Telekommunikation ja auch so, dass es ein bisschen gedauert hat und da wird sich noch ein Standard bilden, und darauf müsste man sich einigen bevor man so ein Projekt skaliert.

[Danksagung und Ausblick]

### **Interview 6 (18.02.2021)**

I: Können Sie mir zum Einstieg kurz noch einmal Ihre Rolle bei [...] und Ihren Zugang zur Thematik AV erklären?

E: Ich bin einer der drei Gründer und auch Geschäftsführer von [...]. Ich habe davor aber auch drei Jahre bei [...] in der Entwicklung vom autonomen Fahren gearbeitet und werde daher deshalb wahrscheinlich meinen Zugang zum Thema mehr geprägt als meine Erfahrung bei [...].

I: Danke. In München gibt es ja schon einige Unternehmen und auch Startups die sich teilweise oder auch sehr speziell eben mit AV beschäftigen und auch spezialisieren. Die Big Player BMW, MAN dann natürlich auch andere Unternehmen die sich eher auf die Teiltechnologien spezialisieren. Da wäre meine erste Frage, ihrer Einschätzung nach, würden Sie sagen dass in

München genügend Akteure gibt (Hochschulen, Unternehmen etc.) die sich mit den Schlüsseltechnologien beschäftigen?

E: Es ist relativ viel verglichen mit anderen größeren Städten in Deutschland. Ich würde sagen München ist schon gut vertreten.

I: Wenn sehen Sie als die wichtigsten Akteure? Würden Sie sagen, dass die Technologie eher von der Automobilindustrie getrieben oder eher von Softwareunternehmen, Startups oder sind es die Hochschulen?

E: Die Uni der Bundeswehr würde ich als erstes erwähnen. Die haben das Thema mal sehr stark getrieben in den 90er Jahren schon. Aber seitdem ist BMW der Haupttreiber, ganz klar. Andere Unternehmen natürlich auch. Also aber BMW ist der Haupttreiber. Sicherlich läuft an der TU in der Richtung auch einiges, oftmals in Kollaboration mit BMW. Von seiten Startups natürlich auch ein bisschen was, aber das ist denke ich schon deutlich weniger als das was BMW am laufen hat sozusagen.

I: Wie hat sich das in den letzten Jahren entwickelt, hat sich da eine gewisse Unternehmenslandschaft entwickelt in München?

E: Also das Thema ist bei BMW sehr große geworden vor, sagen wir mal ca. 2016 rum, ist der Bereich sehr vergrößert worden. Das hat dann auch dazu geführt, dass würde ich sagen im Umfeld vieles entstanden ist.

I: Wenn man über Innovationen wie AV spricht ist ja der Aspekt von Wissen sehr wichtig. Ihrer Einschätzung nach, wird in München ausreichen know-how über AV bzw. Teiltechnologien entwickelt wird?

E: Würde ich schon sagen auf jeden Fall. Das erste autonome Fahrzeug der Bundeswehr Uni ist auch ein münchner Produkt. Würde sagen da wird schon sehr viel know-how erzeugt hier in der Richtung

I: Ist das Wissen auf das man zurückgreift, ist es eher in München geschaffen oder mehr internationales Wissen?

E: Schwierige Frage. Es wird sehr viel würde ich sagen schon externes Wissen auch aus dem Ausland hierfür benötigt. Nehmen wir mal das Thema Bilderkennung, da setzen sehr viele sagen wir mal z.B. auf Unternehmen wie Mobileye aus Israel, das ist so der Marktführer in dem Bereich. Wenn wir andere Sensortechnologien nehmen, da gibt es auch andere Unternehmen

die alle nicht aus München sind oder zum größten Teil. Da würde ich sagen dass es schon ein Thema ist bei dem man weltweites Wissen nutzen muss.

I: Genau. Mobileye ist ja erst im Dezember durch München gefahren mit ihren autonomen Fahrzeugen zum Beispiel. Dann würde mich Ihre Einschätzung interessieren ob das meiste Wissen (sei es theoretisch oder praktisches Wissen) eher im Bereich der Hochschulen in München generiert wird oder machen das eher die Unternehmen?

E: Ich meine dass der Anteil der Unternehmen erzeugt wird doch deutlich größer ist. Wenn man sich überlegt, dass alleine bei BMW eine Abteilung von einer doch großen dreistelligen Mitarbeiterzahl an dem Thema arbeitet, das ist dann glaube ich schon deutlich mehr als das was man an der TU in die Richtung macht, das ist viel größer denke ich.

I: Wenn wir auf das Thema Wissensverbreitung und Netzwerke zu sprechen kommen, wie würden Sie den Wissensaustausch in München einschätzen, gibt es genügend Wissensaustausch über AV?

E: Da könnte man auf jeden Fall mehr machen. Also viele größere industrielle Player, insbesondere in Deutschland publizieren zum Beispiel in dem Bereich fast gar nichts. Das läuft sehr, sagen wir mal losgelöst von der akademischen Forschung. Da ist der Austausch schätze ich mal z.B. in einem Silicon Valley deutlich größer zwischen einer Stanford Uni und Waymo z.B. Das ist in Deutschland nicht so.

I: Und das Thema Gesetzgebungen und politische Regulatorik ist immer ein wichtiger Aspekt beim AV, damit sich die Technologie später durchsetzen kann, auch ab Stufe 3 bis 5 nach SAE. Wie würden Sie da die geltenden Gesetzgebungen in DE beschreiben, sehen Sie diese eher als fördernd oder hindernd an?

E: Jetzt hat sich ja gerade ein bisschen was getan in Deutschland [Gesetzesentwurf für autonomes Fahren in Deutschland]. Da ist gerade was neues am laufen, mal schauen was daraus wird. Für Level 3 wurde das ja sozusagen immer hergenommen als Grund, warum manche Unternehmen die schon längst Level 3 angekündigt haben das noch nicht rausgebracht haben bis heute. Das sieht man bei Audi als erstes, auch bei Daimler und bei BMW. Es ist glaube ich nicht der wirkliche Grund. Also ich weiß auf der anderen Seite, dass es auch technische Gründe gibt da Systeme nicht da sind und das es von dem her ganz gut war, dass sich der Gesetzgeber mehr Zeit gelassen hat als es eigentlich notwendig war. Ich würde das daher mal sagen: Formell ist es gerade eine Hürde und ein Hindernis, es müsste aber nicht so sein.

I: Da würde mich auch interessieren, sie sagten dass technische Gründe mit einfließen dass sich AV auf Stufe 5 noch ein bisschen hinziehen wird. Würden Sie sagen, dass es es eher an den Aspekten der Software liegt, dass z.B. KIs noch nicht so weit sind, oder ist es eher die Qualität der Sensoren, die einfach noch nicht die entsprechenden Daten liefern können?

E: Beides. Die Sensoren alleine, die reine Hardware, das ist nichts großes. Bei der Objekterkennung ist es ja nur die Kamera, das hat man ja schon lange im Griff. Aber man zählt ja sozusagen die Sensornähe Software auch zum Sensor hinzu, und die ist sicherlich noch das große Problem. Aber nicht nur Sensorik, sondern der ganze Rest der Datenverarbeitung ist noch in den Kinderschuhen muss man sagen. Die Software allgemein, von Sensor bis Motorik ist noch das Problem.

I: Verstehe. Kommen wir zum Thema der Marktentstehung, würden Sie sagen dass auch in München speziell einen Markt geben wird für AV. Seien es z.B. MVG, MVV oder Logistikanbieter, dass die konkret in der Stadt mit autonomen Lieferfahrzeugen agieren werden oder glauben Sie dass es in München eher nicht danach aussieht?

E: Ich glaube nicht, dass München unter den ersten Städten weltweit sein wird. Ich glaube dass, wenn es sich etabliert hat dass natürlich auch in München kommen wird. In Arizona z.B. sieht man es hingegen anders, da fährt ja Waymo z.B. schon mit Testflotten herum.

I: Die nächsten Fragen drehen sich um, ich hab das mal Mobilisierung von Ressourcen genannt. Wie würden Sie den lokalen Arbeitsmarkt einschätzen? Gibt es genügend qualifizierte Fachkräfte für AV in München?

E: Ich meine doch dass es sehr viele gibt. Vor allem die TU wirft einiges ab an guten Leuten sozusagen. Ich meine ein Unternehmen wie BMW, die haben auch die Möglichkeiten das so attraktiv zu machen, dass Leute auch von außerhalb hierher kommen und das machen sie ja auch.

I: Kommen da wirklich die meisten gerade von der TU oder doch auch von außerhalb?

E: Ist schwer zu sagen, ich weiß nicht was der Prozentsatz ist, aber ich würde schon sagen dass die meisten von der TUM kommen.

I: Wie sieht es aus mit finanziellen Ressourcen, oder auch Förderungen, Steuerentlastung von Seiten der Stadt, Bayern, Deutschland oder der EU? Ist das ein Bereich den man noch ausbauen müsste für München?

E: Also Steuerentlastungen kann ich sagen als Startup, kriegen wir auf jeden Fall keine. Das wäre schonmal nicht schlecht. Ich weiß auch nicht bei BMW ob sie eine Steuerentlastung bekommen kriegen. Was es gibt sind Fördermittel, auf kommunaler Ebene nicht, aber auf Landesebene von Bayern und dann auf deutscher Ebene von BMVI und auch auf EU-Ebene. Es gibt also auf allen Ebenen ganz gute Fördermittel insgesamt auch für das Thema AV kann man sich da eigentlich nicht beschweren. Da ist ja auch z.B. in der Presse genannt worden, dass glaube ich die Mittel vom Verkehrsministerium im letzten Jahr gar nicht ganz abgerufen wurden die sie eigentlich bereitgestellt haben. Ich weiß nicht mehr welche genauen Fördermittel das waren, aber auf jeden Fall gäbe es in dem Bereich mehr Fördermittel als von der Industrie abgerufen wurden.

I: Interessant. Wie sieht es mit business angels und venture capital für Startups im Bereich AV in München? Oder auch speziell für [...], hätten Sie sich aus dem Bereich mehr Kapital erhofft?

E: Generell muss man sagen ist das alles nicht wie im Silicon Valley hier in Deutschland, da kann man sich sicherlich noch mehr wünschen. Es ist auch nicht wie in China. China ist ja eigentlich der Haupttreiber der ganzen Thematik AV. Da ist es in der Hinsicht auf viel einfacher für Startups, aber ich kann auch nicht sagen, dass es ganz schlecht ist. Es könnte aber auch besser sein.

I: Zusammenfassend würde ich Sie gerne noch einmal fragen, was sind Ihrer Auffassung nach die größten Hindernisse, damit München ein Hotspot für AV wird? Sind es eher die fehlenden Akteure, Unternehmen oder ist die Technologie in Deutschland kritisch betrachtet wird und nicht akzeptiert wird oder andere Hürden?

E: Wenn es speziell um München geht, und München das Thema irgendwie treiben wollte das wir zu einem Hotspot werden, dann wäre es natürlich super, wenn die Stadt selbst irgendwelche Fördermaßnahmen machen würde. Zum Beispiel Startupförderung. Sogas gibt es jetzt noch nicht von der Stadt direkt, dass eben alle Fördermittel die wir kriegen, die würden wir in jeder anderen Stadt auch bekommen momentan. Von dem her könnte da die Stadt einiges an Förderung machen. Man könnte sich natürlich auch Sachen vorstellen wie spezielle Teststrecken oder sowas. Ich weiß auf der Autobahn gibt es ein Testfeld, aber innerstädtisch glaube ich z.B. nicht oder ich habe es nicht mitbekommen. Wäre aber auch ein bisschen schwieriger. Aber mal in ein paar Jahren oder so könnte man sich sowas vorstellen.

I: Und der Aspekt der Akzeptanz? Die Technologie ist ja nicht ganz unumstritten, wenn man auch an ethische Dilemmas denkt, die entstehen können, wenn ein Auto selbst entscheidet ob es überspitzt gesagt lieber den Hund auf der Straße oder den Menschen überfahren soll im Falle eines unausweichlichen Unfalls.

E: Natürlich ist das ein Problem und ein Hindernis, aber nicht speziell in München. Gut, in China wäre ich mir ziemlich sicher dass es weniger ein Thema ist als in Deutschland. In den USA kann ich es schwer einschätzen. Aber in Deutschland ist es tatsächlich immer so die erste Frage die man gestellt bekommt wenn man sagt, ich mache was mit autonomen Fahren oder so, das dann alle Leute im Kopf die moralischen Fragen haben. Auch das Thema Datenschutz ist in anderen Ländern gar kein Thema im Vergleich. Hier ist es ja sogar schon ein Problem wenn man einfach mit einer Kamera rumfährt, man muss ja immer zeigen dass die Daten anonymisiert werden bevor man sie nutzt und so weiter. Das ist sicher in den USA oder China kein Problem und definitiv eine Hürde in Deutschland. Ich finde auch, dass hier lokalen oder kommunalen Ebenen mehr Entscheidungsfreiheit gegeben werden sollte bis zu einem gewissen Grad, das würde einige Arbeiten erleichtern.

[Verabschiedung und Ausblick]

### **Anfrage eines Statements seitens der SWM/MVG via E-Mail**

I: [Einleitung und Hintergrund]

Können Sie mir folgende Fragen beantworten bzw. ein allgemeines Statement abgeben, inwieweit sich die SWM bzw. MVG mit dem Thema "autonome Fahrzeuge" beschäftigt?

- Zur geplanten U9-Neubaustrecke: Ist derzeit geplant auch andere Strecken zukünftig technisch so auszubauen, dass fahrerloser Betrieb möglich ist?
- Jenseits des Projekts Easyride, gibt es konkrete Pläne der MVG bspw. In Zukunft fahrerlose Busse in der Stadt zu testen?
- Allgemein, inwieweit besteht seitens der SWM/MVG Nachfrage an der Technologie selbstfahrender Fahrzeuge bzw. glauben Sie, dass in Zukunft Nachfrage bestehen wird?

[Abschluss]

MVG: Dem Thema Automatisierung stehen wir prinzipiell offen gegenüber, der automatisierte Betrieb gehört tatsächlich zu unseren langfristigen Zielen.

Das bedeutet aber nicht zwangsweise, dass wir den Betrieb fahrerlos abwickeln möchten.

Vielmehr ist es unser Ziel, Abläufe – dabei vor allem den Fahrgastwechsel – möglichst effizient abzuwickeln. Das gibt uns perspektivisch die Möglichkeit, engere Taktungen zu ermöglichen.

Dazu sind aber vorab noch zahlreiche Schritte notwendig, etwa der Einsatz von Bahnsteigtüren, neue Züge oder neue Zugsicherungssysteme.

Der geplante Pilotversuch mit Bahnsteigtüren wurden wegen der finanziellen Herausforderungen für den ÖPNV in Zeiten von Corona leider abgesagt.

Kurzum: Wir sind offen für alle, schaffen – etwa mit dem Zugsicherungssystem CBTC – schon an ersten Stellen die Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb, haben aber noch einen langen Weg vor uns.

Insofern kann ich Ihnen nicht einmal einen konkreten Zeithorizont nennen.

Zum Themenkomplex der fahrerlosen Busse:

Wir verfolgen mit Interesse die Entwicklungen auf dem Markt und beteiligen uns an einigen Förderprojekten in diesem Themenfeld, etwa Easyride oder Tempus.

<https://www.sueddeutsche.de/muenchen/muenchen-autonomes-fahren-test-tempus-1.5148412>

Auch hier sind wir offen für alles, können aber momentan keine Prognosen für die Beschaffung oder gar einen netzweiten Einsatz dieser Fahrzeuge abgeben.

Bei den aktuellen Gefäßgrößen der Fahrzeuge und den aktuellen erlaubten Geschwindigkeiten kommen autonome Fahrzeuge eher für die Feinerschließung in Frage.

Wir verfolgen die Themen aufmerksam, im Moment liegt unsere Priorität aber beim Ausbau des klassischen ÖPNV (neue Linien, engeres Netz) und der Verzahnung mit weiteren Mobilitätsangeboten (Carsharing, Bikesharing usw.).

### **Übersicht der Projekte der Netzwerkanalyse (Kapitel 6.1.3)**

Projektname	Zeitraum/Status	Kurzbeschreibung
Easyride	laufend	Automatisiertes und vernetztes Fahren im städtischen Kontext - Modellstadt München
TEMPUS	laufend	Pilotversuch Urbaner automatisierter Straßenverkehr
Providentia++	laufend	Erforschung von Informationsflüssen zwischen Fahrzeugen und „Infrastruktur“ am Rande der

		Autobahn A9 bis hinein in den urbanen Bereich, Schaffung eines digitalen Zwilling der aktuellen Verkehrssituation
Homologation hochautomatisierter Fahrzeuge	abgeschlossen	Simulation und Validierung von ADAS auf Münchner Testfeld bzw. auf TÜV Süd Gelände
HEATVISION	abgeschlossen	Entwicklung von ADAS an der TUM
UR:BAN	Abgeschlossen 2016	Vernetzung von Verkehrsinfrastruktur, Projektkoordination durch TUM
VIFA	abgeschlossen	TUM Projekt für Fahrerassistenzsysteme
SAVe	Abgeschlossen, 2019	FHM & Audi arbeiten u.a. an Simulation für sicheres autonomes Fahren
SAVeNOW	Laufend	Siehe SAVe
Kora9	abgeschlossen	Neue Sensoren für Testfeld A9
OPA3L	Laufend	Optimal assistierte, hoch automatisierte, autonome und kooperative Fahrzeugnavigation und Lokalisation, Tests in München
Automatisierung eines elektrofahrzeugs	Laufend	UNIBW steuert Entwicklung von München aus
Heterogene Sensordatenfusion	laufend	UNIBW Projekt in München, Forschung wie man Sensordaten fusioniert
MAN Platooning	laufend	Platooning-Testfahrten zwischen München und Nürnberg