



## Masterarbeit

im Studiengang Technologie-orientiertes Management

# Faktoren der Teilnahme und erfolgreichen Mitwirkung von Unternehmen an Testfeldern – eine qualitative Analyse im Kontext des autonomen und vernetzten Fahrens

Katharina Hartmann

Matrikelnummer:

22. März 2024

Technische Universität Braunschweig  
Institut für Automobilwirtschaft und Industrielle Produktion

1. Prüfer: Prof. Dr. David Woisetschläger  
2. Prüfer: Prof. Dr. Thomas Spengler  
Betreuer: Rick Pingel, M.Sc.

In Kooperation mit dem Institut für Verkehrssystemtechnik des  
Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt



Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt

### **Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt. Die wörtliche oder sinngemäße Übernahme von Abschnitten aus Texten Dritter sowie aus eigenen vorangegangenen Veröffentlichungen habe ich kenntlich gemacht.

Ferner versichere ich, dass es sich hier um eine Originalarbeit handelt, die noch nicht in einer anderen Prüfung vorgelegen hat.

Braunschweig, den 22. März 2024

---

## **Zusammenfassung**

Autonomes und vernetztes Fahren ist ein zentrales Innovationsfeld in der Automobilindustrie, dessen Kommerzialisierung insbesondere von Start-ups und Technologiekonzernen in den USA und Asien vorangetrieben wird. Angesichts wachsender Wettbewerbsintensität und kürzerer Entwicklungszyklen muss die deutsche Automobilbranche ihren Innovationserfolg steigern, um global wettbewerbsfähig zu bleiben. Zur Steigerung des Innovationserfolges aus Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten fördert die deutsche Politik digitale Testfelder und Reallabore als kooperative Entwicklungsplattformen für Unternehmen, Forschung und Behörden. Der konkrete Beitrag von digitalen Testfeldern und Reallaboren zum Innovationserfolg und das Interesse von Unternehmen an dieser Kooperationsform ist jedoch bislang nicht erforscht. Daher werden in dieser Arbeit die Einflussfaktoren auf die Teilnahme von Unternehmen an digitalen Testfeldern und Reallaboren, die Effekte der Kooperation auf den Innovationserfolg und erfolgssteigernde und -mindernde Einflüsse mittels qualitativer Interviews mit UnternehmensvertreterInnen untersucht. Als Basis für die Analyse dienen Arbeiten zu Forschungsk Kooperationen und Reallaboren, die Kontingenzfaktoren für die Teilnahmeentscheidung und den Kooperationserfolg beisteuern. Es zeigt sich, dass vor allem große Unternehmen mit Forschungsinteresse in digitalen Testfeldern und Reallaboren kooperieren, während kleinere Unternehmen und Start-Ups bürokratische Hürden als Barriere empfinden. Positive Effekte von digitalen Testfeldern und Reallaboren sind Wissensgewinn und Netzwerkbildung, während marktfähige Innovationen die Ausnahme sind. Diese Arbeit liefert neue Erkenntnisse zur Rolle von Unternehmen in digitalen Testfeldern und Reallaboren in Deutschland und bildet eine Grundlage für zukünftige Untersuchungen neuer Innovationskonzepte im Automobilsektor.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>iii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>iv</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Theoretischer Hintergrund</b>	<b>3</b>
2.1 Innovation und Innovationserfolg . . . . .	3
2.2 Kooperation als Schlüssel zum Unternehmenserfolg . . . . .	5
2.2.1 Theoretische Erklärungsansätze für Kooperationen . . . . .	6
2.2.2 Ausgewählte Formen der Unternehmenskooperation . . . . .	11
2.3 Digitale Testfelder und Reallabore zur Förderung kooperativer Innovationen . . . . .	13
2.3.1 Digitale Testfelder . . . . .	13
2.3.2 Reallabore . . . . .	14
2.3.3 Digitale Testfelder und Reallabore im Vergleich . . . . .	16
2.4 Autonomes und vernetztes Fahren . . . . .	17
2.4.1 Autonomes Fahren . . . . .	17
2.4.2 Vernetztes Fahren . . . . .	20
<b>3 Stand der Forschung und Untersuchungskontext</b>	<b>23</b>
3.1 Stand der Forschung und Forschungslücke zu Kooperationen in digitalen Testfeldern und Reallaboren . . . . .	23
3.1.1 Einflussfaktoren auf Organisations- und Netzwerkebene . . . . .	23
3.1.2 Einflussfaktoren auf Umweltebene . . . . .	29
3.1.3 Forschungslücke zu Kooperationen in digitalen Testfeldern und Reallaboren . . . . .	33
3.2 Untersuchungskontext der digitalen Testfelder und Reallabore im autonomen und vernetzten Fahren . . . . .	34
<b>4 Methodik der empirischen Untersuchung</b>	<b>36</b>
4.1 Auswahl und Beschreibung der Datenerhebungsmethode . . . . .	36
4.2 Durchführung der Datenerhebung . . . . .	39
4.3 Qualitative Auswertung der erhobenen Daten . . . . .	41
<b>5 Auswertung der Ergebnisse</b>	<b>46</b>
5.1 Einflussfaktoren auf die Teilnahme an digitalen Testfeldern und Reallaboren . . . . .	47
5.1.1 Netzwerkwumwelt . . . . .	47
5.1.2 Netzwerk . . . . .	52
5.1.3 Unternehmen . . . . .	57
5.2 Einflussfaktoren auf den Kooperationserfolg in digitalen Testfeldern und Reallaboren . . . . .	61
5.2.1 Netzwerkwumwelt . . . . .	61
5.2.2 Netzwerk . . . . .	62
5.2.3 Unternehmen . . . . .	64

5.3	Effekte der Kooperation in digitalen Testfeldern und Reallaboren . . . . .	65
<b>6</b>	<b>Interpretation und Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>68</b>
6.1	Interpretation und Einordnung der Ergebnisse . . . . .	68
6.1.1	Teilnahmefaktoren in digitalen Testfeldern und Reallaboren . . . . .	69
6.1.2	Erfolgsfaktoren und Effekte der Kooperation in digitalen Testfeldern und Reallaboren . . . . .	75
6.2	Implikationen der Forschung und Handlungsempfehlungen . . . . .	78
6.2.1	Handlungsempfehlungen für Politik und Fördergebende . . . . .	78
6.2.2	Handlungsempfehlungen für Testfeldbetreibende . . . . .	80
6.2.3	Handlungsempfehlungen für Unternehmen . . . . .	81
<b>7</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>83</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>85</b>

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Kontingenzebenen der Evolution und Organisation strategischer Netzwerke . . . .	9
5.1	Kontingenzebenen der Teilnahme und erfolgreichen Kooperation von Unternehmen in digitalen Testfeldern und Reallaboren . . . . .	46
5.2	Wahrgenommene Kompatibilität zwischen dem Netzwerk und der Netzwerkwelt	53
5.3	Wahrgenommene Kompatibilität zwischen dem Netzwerk und dem Unternehmen	55
6.1	Erweitertes Kontingenzmodell der Determinanten der Teilnahme und erfolgreichen Kooperation von Unternehmen in digitalen Testfeldern und Reallaboren . . .	69
6.2	Treiber und Barrieren des Innovationserfolges von Unternehmen im autonomen und vernetzten Fahren . . . . .	70
6.3	Treiber und Barrieren der generellen und konkreten Teilnahme in digitalen Testfeldern und Reallaboren . . . . .	74
6.4	Treiber und Barrieren des Kooperations- und Innovationserfolges in digitalen Testfeldern und Reallaboren . . . . .	76
6.5	Effekte auf den Innovationserfolg durch die Kooperation in digitalen Testfeldern und Reallaboren . . . . .	77

# Tabellenverzeichnis

2.1	Sozialwissenschaftliche Definitionen von Reallaboren . . . . .	15
3.1	Teilnahme-, Erfolgsfaktoren und Effekte von interorganisationalen Kooperationen auf Organisations- und Netzwerkebene . . . . .	24
3.2	Einflussfaktoren der Umwelt auf den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren . . . . .	30
4.1	InterviewpartnerInnen und vertretene Unternehmen . . . . .	40
4.2	Ablauf der Bildung einer Paraphrase . . . . .	43
4.3	Ausschnitt aus dem entwickelten Kodierleitfaden . . . . .	44
6.1	Implikationen und Empfehlungen für Politik und Fördergebende . . . . .	79
6.2	Implikationen und Empfehlungen für Testfeldbetreibende und Reallaborleitungen	81
6.3	Implikationen und Empfehlungen für Unternehmen . . . . .	82

# Abkürzungsverzeichnis

<b>AFGBV</b>	Autonome Fahrzeuge-Genehmigungs-und-Betriebs-Verordnung
<b>AVP</b>	Automated Valet Parking
<b>BASt</b>	Bundesanstalt für Straßenwesen
<b>Bio.</b>	Billionen
<b>BMDV</b>	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
<b>BMVI</b>	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
<b>BMWi</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
<b>BMWK</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
<b>bspw.</b>	Beispielsweise
<b>bzw.</b>	Beziehungsweise
<b>C-ITS</b>	Cooperative Intelligent Transport Systems
<b>C-V2X</b>	Cellular Vehicle-to-Everything
<b>C2C-CC</b>	Car-to-Car Communication Consortium
<b>CASE</b>	Connectivity, Autonomes Fahren, Carsharing, Elektrifizierung
<b>DSGVO</b>	Datenschutz-Grundverordnung
<b>DSRC</b>	Dedicated Short-Range Communication
<b>ENoLL</b>	European Network of Living Labs
<b>F&amp;E</b>	Forschung und Entwicklung
<b>IKT</b>	Informations- und Kommunikationstechnologie
<b>ITS</b>	Intelligent Transport System
<b>KBA</b>	Kraftfahrt-Bundesamt
<b>KI</b>	Künstliche Intelligenz
<b>KMU</b>	Kleine und mittlere Unternehmen
<b>Mio.</b>	Millionen
<b>Mrd.</b>	Milliarden
<b>o. V.</b>	Ohne Verfasser
<b>OBU</b>	On-board Unit
<b>OEM</b>	Original Equipment Manufacturer
<b>QIA</b>	Qualitative Inhaltsanalyse
<b>RSU</b>	Roadside Unit
<b>SAE</b>	Society of Automotive Engineers
<b>TRL</b>	Technology Readiness Level
<b>V2X</b>	Vehicle-to-Everything

# 1 Einleitung

Die Automobilindustrie gilt seit jeher als Innovationstreiber in Deutschland (Verband der Automobilindustrie, 2024). Während die Politik das „Autoland Deutschland“ auch weiterhin als Vorreiter und internationalen Impulsgeber ansieht (BMDV, 2016; BMDV, 2021a)<sup>1</sup>, stellen Technologiekonzerne und Start-Ups aus den USA und Asien mit innovativen Geschäftsmodellen zunehmend eine Konkurrenz für deutsche Automobilhersteller dar. Im Jahr 2023 ergab der jährlich durchgeführte AutomotiveINNOVATIONS Report erstmals, dass die Innovationsleistung chinesischer Automobilhersteller die der deutschen Original Equipment Manufacturers (OEMs) übertrifft (Center of Automotive Management, 2023).

Wesentliche Technologietrends der Automobilindustrie sind Connectivity, Autonomes Fahren, Carsharing und Elektrifizierung, die das Akronym CASE bilden (Mercedes-Benz Group, 2024). Während Carsharing und elektrifizierte Fahrzeuge schon im Markt angekommen sind, befinden sich autonome und vernetzte Technologien noch weitgehend im Entwicklungsstadium, wodurch Innovationen hier besonders relevant sind (BMWK, 2022; Bundesverband CarSharing, 2024)<sup>2</sup>. Aufgrund des hohen Innovationscharakters wurde der weltweite Markt für autonome Fahrzeuge bereits im Jahr 2022 mit ca. 120 bis 150 Mrd. USD bewertet (Precedence Research, 2023; Placek, 2023). Prognosen gehen weiterhin von einem starken Wachstum des Marktes aus und geben für das Jahr 2030 eine Marktgröße von 1,2 bis 2,2 Bio. USD an (Precedence Research, 2023; Placek, 2023). Das starke Wachstum wird insbesondere durch die schnell voranschreitenden Entwicklungen und die Kommerzialisierung der Technologie in den USA und Asien vorangetrieben. In den USA erhielten im August 2023 die Technologieunternehmen Cruise und Waymo die Erlaubnis ihre autonomen Fahrzeugflotten ganztägig kommerziell zu betreiben (o. V., 2023). In China bekam das Unternehmen Baidu bereits 2022 die Genehmigung zum kommerziellen Betrieb autonomer Fahrzeugflotten in mehreren Städten (Petring, 2022).

Weltweit werden Innovationen im Automobilssektor insbesondere von Unternehmen vorangetrieben. Auch in Deutschland investiert keine Branche mehr Geld in Forschung und Entwicklung (F&E) als die Automobilindustrie. Seit 2023 werden jährlich über 50 Mrd. Euro von deutschen Automobilherstellern in F&E investiert (Verband der Automobilindustrie, 2023). Deutschland steht jedoch vor der Herausforderung, nicht nur die Investitionen, sondern auch die Innovationskraft zu steigern, um nicht zu einer „verlängerten Werkbank“ ausländischer Technologiekonzerne und OEMs zu werden (Center of Automotive Management, 2023). Das Phänomen der fehlenden Übertragung von wissenschaftlichen und technischen Investitionen in marktfähige Innovationen in Deutschland und Europa beschreibt das *European Paradox* (Arnkil et al., 2010, S. 73). Zur Steigerung der Innovativität und im Wettkampf um die internationale Marktposition greifen in Deutschland zunehmend staatliche Akteure in den Innovationsprozess ein. Im Kontext des autonomen und vernetzten Fahrens hat sich die deutsche Bundesregierung (2021, S. 27) das Ziel gesetzt, Deutschland als „Innovationsstandort für autonomes Fahren“ zu positionieren und in der Entwicklung eine Führungsrolle einzunehmen (BMDV, 2021c).

---

<sup>1</sup>Die Bezeichnung Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) wird hier und an nachfolgenden Stellen auch für Bezeichnungen vergangener Legislaturperioden wie BMVI verwendet.

<sup>2</sup>Die Bezeichnung Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) wird hier und an nachfolgenden Stellen auch für Bezeichnungen vergangener Legislaturperioden wie BMWi verwendet.

Ein wesentlicher Bestandteil der Forschungs- und Innovationsförderung des Bundes im autonomen und vernetzten Fahren sind digitale Testfelder und Reallabore (BMDV, 2021a; BMWK, 2023b). Digitale Testfelder beschreiben Areale im öffentlichen Straßenraum, in denen mittels intelligenter Infrastruktur an neuen Technologien im Realverkehr geforscht werden kann (Scharnigg und Schappacher, 2021, S. 7). Ähnlich zu digitalen Testfeldern dienen Reallabore als Entwicklungsplattformen, in denen Innovationen in Kooperation mit Industrieunternehmen, Forschung und Behörden in ihrem realen Einsatzumfeld erprobt und weiterentwickelt werden können (Westerlund und Leminen, 2011, S. 22). Zur Förderung kooperativer Innovationen werden digitale Testfelder und Reallabore von staatlicher Seite im Rahmen von Förderprogrammen finanziert. Beiden Innovationskonzepten wird eine wesentliche Rolle zur Steigerung des Innovationserfolges im Mobilitätssektor beigemessen (EU- und EFTA-Verkehrsministerinnen und Verkehrsminister, 2020, S. 10; Cluster Verkehr, Mobilität und Logistik Berlin Brandenburg, 2021, S. 2).

Der tatsächliche Beitrag von digitalen Testfeldern und Reallaboren zur Erreichung der Innovationsziele ist jedoch nicht bekannt. Während das BMDV (2022, S. 1) als Ziel der Innovationen die Anwendung von „autonomen Fahrfunktionen des Level 4 [...] im Regelbetrieb“ angibt, sind aktuell laufende Pilotprojekte in digitalen Testfeldern und Reallaboren noch weit von einem kommerziellen Regelbetrieb entfernt (Creß et al., 2023, S. 3). Basierend auf dieser Diskrepanz zwischen formulierten und tatsächlich erreichten Zielen in Bezug auf marktreife Innovationen, stellt sich die Frage, ob digitale Testfelder und Reallabore ein wirkungsvolles Mittel zur Innovationsförderung darstellen. Zur Untersuchung der Ursache dieser Diskrepanz und möglichen Ansätzen zur Optimierung der Innovationsförderung in digitalen Testfeldern und Reallaboren fokussiert sich die vorliegende Arbeit auf Industrieunternehmen, deren Innovationserfolg durch diese Innovationskonzepte gefördert werden soll. Da digitale Testfelder und Reallabore eine vergleichsweise neue Art der kooperativen Innovation darstellen, ist zunächst die Teilfrage zu beantworten, welche Unternehmen sich beteiligen und welche Ziele sie mit der Kooperation verfolgen. Weiterhin stellt sich die Frage nach den Effekten der Teilnahme in digitalen Testfeldern und Reallaboren auf den Innovationserfolg von Unternehmen und erfolgssteigernden bzw. -mindernden Faktoren während der Kooperation. Das Ziel der vorliegenden Masterarbeit ist die Analyse und Beantwortung dieser Fragen und die Erörterung von Implikationen im Kontext der Innovationsförderung im autonomen und vernetzten Fahren in Deutschland. Die detaillierte Aufgabenstellung ist im Anhang dieser Arbeit zu finden.

Zur Analyse der genannten Themen beginnt diese Arbeit in Kapitel 2 mit einer Einführung in die theoretischen Grundlagen zu den Themen Innovation und Innovationserfolg, kooperative Innovation und digitale Testfelder bzw. Reallabore. Zudem wird ein Überblick über das autonome und vernetzte Fahren gegeben. Aufbauend auf den theoretischen Grundlagen wird in Kapitel 3 der Stand der Forschung in Bezug auf die Forschungsfrage dieser Arbeit erläutert und die theoretische Forschungslücke identifiziert. Anschließend folgt die Vorstellung des Untersuchungskontextes der digitalen Testfelder und Reallabore für autonomes und vernetztes Fahren in Deutschland. Die identifizierte Forschungslücke leitet über zur empirischen Untersuchung in Form von qualitativen Interviews mit VertreterInnen von Industrieunternehmen, die in Kapitel 4 beschrieben wird. Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung werden in Kapitel 5 erläutert. Die Diskussion der Ergebnisse der Untersuchung sowie eine Einordnung in die aktuelle Forschungslandschaft erfolgt in Kapitel 6. Zuletzt werden die Ergebnisse zusammengefasst, Limitationen der Arbeit benannt und ein Ausblick über weiterführende Forschungsthemen gegeben.

## 2 Theoretischer Hintergrund

In diesem Kapitel werden der theoretische Rahmen und relevante Konzepte für das Verständnis des Forschungsgebietes dieser Arbeit eingeführt. Da diese Arbeit Teilnahme- und Erfolgsfaktoren sowie Effekte auf den Innovationserfolg von Unternehmen bei Kooperationen in digitalen Testfeldern und Reallaboren untersucht, werden zu Beginn die Begriffe Innovation und Innovationserfolg als zentrale Größen für Unternehmen erläutert. Anschließend werden Kooperationen als Ansatz zur Förderung des Innovationserfolges eingeführt und theoretische Erklärungsansätze für die Teilnahme und Mitwirkung in Kooperationen erläutert. Aufbauend auf den Themen Innovation und Kooperation werden digitale Testfelder und Reallabore als Konzept zur kooperativen Innovation vorgestellt. Da in dieser Arbeit Innovationen und Kooperationen in der Automobilindustrie erforscht werden, werden anschließend die inhaltlichen Grundlagen im Themenbereich des autonomen und vernetzten Fahrens erläutert. Im Zuge dessen werden wesentliche Technologien vorgestellt sowie ein Überblick über den Markt und den aktuellen Stand der deutschen Gesetzgebung gegeben.

### 2.1 Innovation und Innovationserfolg

In diesem Unterkapitel werden die Begriffe Innovation und Technologieinnovation eingeführt und die verwendeten Definitionen dieser Arbeit hergeleitet. Daraufhin erfolgt eine Vorstellung des Begriffes Innovationserfolg und die Erläuterung verschiedener Dimensionen des Innovationserfolges. Zuletzt wird der Prozess zur Erzeugung von Innovationen und die zunehmende Veränderung hin zu offenen Innovationsprozessen dargelegt.

Innovation und Innovationserfolg gelten als zentrale Faktoren für den Erfolg und die Existenzsicherung von Unternehmen (Cooper, 1998, S. 493; Möslein, 2009, S. 3; Gaubinger, 2009, S. 1). In jeder Branche stehen Unternehmen fünf Wettbewerbskräften, den sogenannten Porter's Five Forces<sup>1</sup> gegenüber (Porter, 1980, S. 4). Insbesondere für die beiden Wettbewerbskräfte, der Rivalität bestehender Konkurrenten und der Bedrohung durch neue Anbieter, spielt die Differenzierung durch Innovationen eine zentrale Rolle. Für Unternehmen sind Innovationen relevant, um einerseits kurzfristige Erfolge vorzuweisen und andererseits einen langfristigen, nachhaltigen Wettbewerbsvorteil aufzubauen. Mit dem Ziel der Distanzierung von Wettbewerbern, erzeugen Unternehmen Innovationen, indem sie Produkte, Technologien und Prozesse entwickeln oder verbessern. (Cooper, 1998, S. 493)

#### Innovation und Technologieinnovation

Der Begriff Innovation wird in der Literatur vielfach definiert (Rogers, 1998, S. 6; Cooper, 1998, S. 494; Kogabayev und Maziliauskas, 2017, S. 61). Ein zentrales Definitionsmerkmal ist die Neuheit bzw. die neuartige Verknüpfung von Methoden, Objekten oder Zwecken (Stippel, 1999, S. 369). Laut Cooper (1998, S. 495), Stippel (1999, S. 369) und Möslein (2009, S. 4–6) ist der Begriff Innovation von

---

<sup>1</sup>Porters Five Forces: Rivalität unter bestehenden Wettbewerbern, Bedrohung durch neue Anbieter und Ersatzprodukte, Verhandlungsstärke von Lieferanten und Abnehmern sowie Einflüssen durch Regierungen

der Invention (Erfindung) abzugrenzen. Während eine Invention eine neuartige Idee beschreibt, umfassen Innovationen die tatsächliche Anwendung bzw. Nutzung der Idee. Die Invention gilt als Vorstufe der Innovation und ist das Ergebnis von F&E-Aktivitäten in einem Unternehmen. Stippel (1999, S. 369) definiert die folgende Formel zur Abgrenzung von Innovationen und Inventionen:

$$\text{Innovation} = \text{Invention} + \text{nachhaltige (wirtschaftliche) Nutzung}$$

Kogabayev und Maziliauskas (2017, S. 63) gehen in ihrer Definition weiter und beschreiben eine Innovation als eine Erfindung nach der Einführung in den Markt bzw. der Kommerzialisierung. Im Rahmen dieser Arbeit wird der Innovationsbegriff in Anlehnung an die Definitionen von Stippel (1999) und Kogabayev und Maziliauskas (2017) verwendet.

Zur Beschreibung von Technologieinnovationen, die in dieser Arbeit in den Fokus genommen werden, existiert das Technology Readiness Level (TRL), das ursprünglich von der US-Behörde NASA (National Aeronautics and Space Administration) für die Bewertung von Raumfahrttechnologien eingeführt wurde (NASA, 2020, S. 2). Das TRL gibt auf einer Skala von 1 bis 9 den Reifegrad einer Technologie an. Die Skala reicht von TRL 1 (Beobachtung des Funktionsprinzips) bis hin zu TRL 9 (Systemeinsatz im betrieblichen, wettbewerblichen Umfeld) (NASA, 2020, S. 2; Europäische Union, 2022, S. 5). Die vollständige Liste der TRL auf Basis der Definitionen der Europäischen Union ist in Anhang ?? dieser Arbeit dargestellt und dient als Grundlage für die Untersuchung von Innovationen in dieser Arbeit.

## Innovationserfolg

Der Innovationserfolg kann für eine einzelne Innovation sowie für ein gesamtes Unternehmen oder einen Unternehmensbereich messbar gemacht werden. Im Kontext einer einzelnen Innovation definiert Hauschildt (1990, S. 10) technische, ökonomische und sonstige Effekte, die zum Gesamtnutzen einer Innovation beitragen. Diese Effekte können sowohl direkt (bspw. eine Umsatzsteigerung) oder indirekt (bspw. Lerneffekte oder Umsatzverringering der Konkurrenz) sein. Diese Effekte des Innovationserfolges von Hauschildt (1990) bilden eine Basis für die Untersuchung der Förderung des Innovationserfolges in dieser Arbeit. Kogabayev und Maziliauskas (2017, S. 70) definieren darüber hinaus den Innovationsgrad eines Unternehmens als die Anzahl an erfolgreich kommerzialiserten Innovationen in einem bestimmten Zeitraum. Weitere quantitative Messgrößen für den Innovationserfolg eines Unternehmens sind unter anderem die Anzahl veröffentlichter Patente oder neuer Produkte (Rogers, 1998, S. 10). Zusätzlich können der Erfolg eines Produktprogramms in Bezug auf die gesetzten Ziele, der (meist subjektiv eingeschätzte) Erfolg des Unternehmens im Wettbewerb und der Umsatzanteil der Neuproduktverkäufe zur Messung des Innovationserfolges eingesetzt werden (Knudsen et al., 2023, S. 269). Insgesamt zeichnen sich als innovativ geltende Unternehmen durch ein schnelleres Wachstum und höhere Umsätze aus (van der Panne et al., 2003, S. 2).

## Innovation als Prozess

Cooper (1998, S. 494) beschreibt die in der Forschung populäre Frage ob Innovationen als Prozess oder als konkretes Ereignis betrachtet werden sollen. Während einige WissenschaftlerInnen Innovationen als Prozess mit mehreren Phasen definieren, betrachten andere Innovationen als

konkretes Ereignis, das zum Zeitpunkt der Nutzung im Unternehmen eintritt. Übergreifend hält Cooper (1998, S. 493) fest, dass der durch Innovation entstehende Wettbewerb ein kontinuierlicher Prozess ist und beschreibt hier das Phänomen des *Innovation Imperative*, das ein wesentlicher Treiber dieses Wettbewerbs um strategische Vorteile ist.

Im Rahmen der Betrachtung von Innovationen als kontinuierlichen Prozess bestand die langjährige Annahme, dass Innovationen durch einen linearen Prozess abgebildet werden, in dem ausgehend von wissenschaftlichen Erkenntnissen Technologieinnovationen erschaffen werden (Arnkil et al., 2010, S. 7). Dieser lineare Prozess beinhaltet die Phasen Forschung, Entwicklung, Produktion und Marketing (Kline und Rosenberg, 2009, S. 286). Kline und Rosenberg (2009, S. 285–287) bemerken in ihrer Übersicht über Innovationsmodelle jedoch, dass ein linearer Innovationsprozess unzureichend sei. Erkenntnisse, die während des Innovationsprozesses auftreten, sollten bereits in frühen Phasen der F&E berücksichtigt werden. Darüber hinaus sei es insbesondere bei Grundlagenforschung möglich, dass diese nicht zu Innovationen führe. Auf Basis der Erkenntnis, dass eine lineare Betrachtung von Innovationen nicht angemessen ist, entwickelte sich die Betrachtung von Innovationsprozessen weiter (Arnkil et al., 2010, S. 8–9). Wise und Hoegenhaven (2008, S. 20) beschreiben die Entwicklung hin zu neuen Arten der Wissensgenerierung, die Innovationsnetzwerke, Open Innovation, User Innovation und weitere kooperative Innovationsmethoden enthalten. Auch Möslin (2009, S. 18) identifiziert vor dem Hintergrund der zunehmenden Globalisierung einen Trend zur offenen, kollaborativen und global verteilten Innovation.

Die Konzepte Open Innovation und User Innovation sind ein Bestandteil der Öffnung des Innovationsprozesses (Schuurman, 2015, S. 42). Open Innovation beschreibt die Fähigkeit von Unternehmen zur bereichsübergreifenden Kooperation mit AnwenderInnen und Organisationen, um Innovationen zu fördern (Bogers et al., 2018, S. 4). Zuerst wurde der Begriff Open Innovation 2003 von Chesbrough eingeführt und nachfolgend als „verteilter Innovationsprozess basierend auf Wissensaustausch über organisationale Grenzen hinaus“ definiert (Chesbrough und Bogers, 2014, S. 24). Laut Bogers et al. (2018, S. 4) wird Open Innovation in der nächsten Dekade eine Schlüsselrolle für Unternehmen in Industrieländern spielen. Der Begriff User Innovation hingegen definiert einen verteilten Innovationsprozess, in dem EndanwenderInnen als Quelle für Innovationen angesehen werden. Zuerst eingeführt wurde der Begriff User Innovation von Eric von Hippel in den 1970er Jahren. (Schuurman, 2015, S. 90–91)

## 2.2 Kooperation als Schlüssel zum Unternehmenserfolg

Für Unternehmen sind Innovationen zur Abgrenzung von Wettbewerbern und zur Erzeugung eines strategischen Wettbewerbsvorteils notwendig. Der Weg hin zu einer marktreifen Innovation ist jedoch mit zunehmenden Herausforderungen verbunden. Wesentliche Herausforderungen im Kontext technischer Innovationen sind die gestiegene Komplexität von Technologien und kürzere Produktlebenszyklen (Wrona und Schell, 2003, S. 312). Eine weitere Herausforderung ist die Verfügbarkeit von Kompetenzen oder Ressourcen in einzelnen Unternehmen (Korte, 2023, S. 5). Insbesondere durch diese Herausforderungen müssen Unternehmen zunehmend auf externes Wissen zurückgreifen und Kooperationen eingehen (Gemünden et al., 1992, S. 362; Bocken und Geradts, 2020, S. 12). Im Zuge der steigenden Komplexität und der Globalisierung des Wettbewerbs, werden Kooperationen als zentraler Faktor für die Aufrechterhaltung oder Erweiterung der Innovationskraft angesehen (Wrona und Schell, 2003, S. 307; Zentes et al., 2003a, S. 20).

Kooperationen können als eine zwischen Markt und Hierarchie angesiedelte Koordinationsform wirtschaftlicher Aktivitäten angesehen werden (Friese, 1998, S. 66). Der Begriff Kooperation beschreibt die Zusammenarbeit von Personen oder Organisationen, die ein gemeinsames Ziel haben (Salvato et al., 2017, S. 963). Castañer und Oliveira (2020, S. 984–986) grenzen zudem die Begriffe Koordination, Kooperation und Kollaboration ab: Koordination beschreibt die gemeinsame Zielsetzung, während Kooperation die gemeinsame Implementierung bzw. Umsetzung von Zielen meint. Unter Kollaboration wird die freiwillige Hilfe anderer PartnerInnen zur Erreichung gemeinsamer oder anderer Ziele verstanden. In der Literatur werden die Begriffe Kooperation und Kollaboration jedoch häufig synonym verwendet (Castañer und Oliveira, 2020, S. 969). In den nachfolgenden Ausführungen wird der Begriff Kooperation verwendet um die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und anderen Akteuren zu beschreiben.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden theoretische Erklärungsperspektiven für Kooperationen von Unternehmen vorgestellt und anschließend ausgewählte Formen der Unternehmenskooperation näher erläutert.

### 2.2.1 Theoretische Erklärungsansätze für Kooperationen

In diesem Unterkapitel werden theoretische Ansätze zur Erklärung von Kooperationen in verschiedenen Kooperationsphasen erläutert. Der Fokus der Erläuterung liegt auf den Phasen der Teilnahmeentscheidung und der Mitwirkung von Unternehmen, da diese zur Untersuchung der Forschungsfrage dieser Arbeit besonders relevant sind. Auf Basis der theoretischen Erläuterungen wird das gewählte Modell dieser Arbeit zur Betrachtung von Einflussfaktoren auf Kooperationen hergeleitet und vorgestellt.

#### Theoretische Erklärungsansätze im Kontext von Kooperationen

In der Forschung gibt es eine Vielzahl von Ansätzen zur Erklärung der Entstehung und Gestaltung von Kooperationen. Ein zentrales Gestaltungsmerkmal von Kooperationen ist die Kooperationsrichtung, die sich in horizontal (innerhalb derselben Wertschöpfungsstufe), vertikal (über Wertschöpfungsstufen hinweg) und lateral (über Branchen hinweg) aufteilen lässt (Zentes et al., 2003a, S. 21). Sowohl Sydow (1992, S. 225–226) als auch Swoboda (2003, S. 57–58) listen in ihren Arbeiten zentrale Erklärungsansätze und Theorien für Kooperationsentscheidungen in Bezug auf verschiedene Ausgestaltungen auf. Die nachfolgende Übersicht fasst die Erkenntnisse von Sydow (1992) und Swoboda (2003) zusammen:

**Neoklassisch-produktionstheoretische Sicht** Kooperation als Bündelung von Marktbeziehungen und Ressourcen. Ausschlaggebend für Kooperationsentscheidungen sind produktions-, kosten- und nachfragetheoretische Funktionsbetrachtungen (Swoboda, 2003, S. 57).

**Wettbewerbstheorie und Industrieökonomik** Kooperation als Resultat der Industriestruktur (Swoboda, 2003, S. 44). Horizontale Kooperationen werden aufgrund von notwendigen Skaleneffekten und mit dem Ziel des Wissensgewinns eingegangen. Ausschlaggebend für die Kooperationsentscheidung ist die Industriestruktur (insbesondere Markteintrittsbarrieren und vertikale Abhängigkeiten in der Wertschöpfungskette) (Swoboda, 2003, S. 57). Neuere Ansätze der Industrieökonomik eignen sich zur Beschreibung horizontaler und vertikaler Kooperation (Swoboda, 2003, S. 44).

**Spieltheorie** Kooperation als gemeinsam ertragreichste Strategie, die auf dem Vertrauen zwischen partnerschaftlichen Akteuren basiert. Die Spieltheorie lässt sich auf horizontale Kooperationen anwenden, lässt jedoch Macht- und Einflusststrukturen in vertikalen Kooperation und Netzwerkstrukturen aus. (Sydow, 1992, S. 171)

**Transaktionskostentheorie** Kooperation als transaktionskostenärmster Weg zwischen rein marktlicher und rein hierarchischer Koordination (Sydow, 1992, S. 225). Die Transaktionskostentheorie lässt sich auf Kooperationen mit dem Ziel der Kostenführerschaft anwenden, lässt jedoch andere Faktoren neben den Kosten in der Kooperationsentscheidung aus (Swoboda, 2003, S. 49).

**Principal-Agent-Theorie** Kooperation als Beziehung zwischen zwei opportunistisch handelnden Parteien, die aus Auftraggeber (Principal) und Auftragnehmer (Agent) bestehen. Die Principal-Agent-Theorie lässt sich nur schwierig auf horizontale Kooperationen anwenden, da die Rollen Principal und Agent nicht klar zugeordnet werden können. (Swoboda, 2003, S. 50)

**Interaktions-, und soziale Austauschtheorie** Kooperation als Interaktionsform von Organisationen, die eingegangen bzw. erhalten oder erweitert wird, wenn sie „lohnend“ erscheinen. Der Nutzen der Kooperation bzw. des Austausches muss größer sein als die damit verbundenen Kosten. Die Kooperation bzw. Austauschbeziehung wird als Phase in einer bestehenden sozialen Beziehung angesehen. Determinanten der Kooperation sind externer Ressourcenzugang, Ziele und Funktionen der KooperationspartnerInnen, der *Domain Consensus* (Außmaß der Zielübereinstimmung), Machtrelationen, frühere Kooperationen und die soziale Relation. Die soziale Austauschtheorie eignet sich zur Analyse symmetrischer Kooperationen, wie sie in horizontalen Allianzen zu finden sind. (Sydow, 1992, S. 255)

**Resource-Dependence-Ansatz** Kooperationen als abhängigkeitsvermindernde und -erzeugende Organisationsform zum Austausch knapper Ressourcen. Die Vermeidung, Ausnutzung und Entwicklung von Abhängigkeiten bedingen die Evolution einer interorganisationalen Beziehung. Der Resource-Dependence Ansatz als Teil der Resource-based View erklärt sowohl horizontale als auch vertikale Kooperationen. (Sydow, 1992, S. 197)

**Systemtheorie, Insbesondere Kontingenz- und Konsistenzansätze** Kooperation als durch Kontingenzen ausgestaltete Organisationsform. Kontingenzfaktoren, welche das Entstehen und die Evolution von Kooperationen beschreiben, können abstrakt (Umweltkomplexität, -dynamik) oder konkret (Leistungsprogramm, Unternehmensgröße, Lieferantenbeziehungen) sein. Die Kontingenzfaktoren auf Ebene der Organisation, des Netzwerkes und der Umwelt müssen nach der Kongruenz-Effizienz Hypothese kompatibel zueinander sein. (Swoboda, 2003, S. 54)

**Netzwerkorientierte Ansätze** Kooperation als Netzwerkform, die aus Transaktionen entsteht und die wichtigste Ressource von Unternehmen darstellt. Die Netzwerkposition ist bedingt durch kumulierte strategische Entscheidungen und bildet den Ausgangspunkt für weitere Handlungen. Einzelne Beziehungen zwischen Unternehmen müssen im Kontext des Netzwerkes betrachtet werden. (Swoboda, 2003, S. 58)

Da einzelne Ansätze die Entscheidung zu und Ausgestaltung von Kooperationen nicht vollständig abbilden können, eignet sich eine Kombination mehrerer theoretischer Ansätze (Sydow, 1992, S. 316).

### Teilnahmeentscheidung und Mitwirkung als Phasen der Kooperation

Im Rahmen dieser Arbeit werden sowohl die Phase der Teilnahmeentscheidung als auch die Mitwirkungsphase in Kooperationen untersucht. Zur Einordnung der zu untersuchenden Phasen im Kooperationsprozess wird nachfolgend das Phasenmodell von Zentes et al. (2003b) vorgestellt.

Zentes et al. (2003b, S. 827) fassen in ihrer Arbeit bekannte Phasenmodelle von Kooperation zusammen und entwickeln anhand der Analyse ein eigenes Modell mit fünf Phasen. Neben dem temporalen Verständnis bündeln die Phasen auch unterschiedliche Strategien und Anforderungen. Nachfolgend werden die von Zentes et al. (2003b) identifizierten Kooperationsphasen übersichtlich zusammengefasst und anschließend näher erläutert:

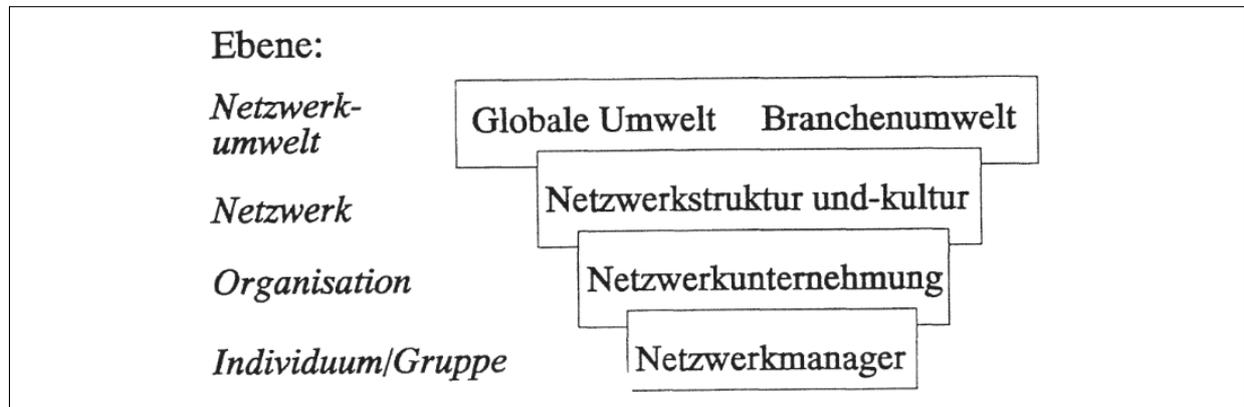
1. **Entscheidung** Ziele und Motive bei der Entscheidung in Bezug auf die Kooperationsform
2. **Partnerselektion** Auswahl von KooperationspartnerInnen
3. **Gestaltung** Planung und Gestaltung der Kooperation mit KooperationspartnerInnen
4. **Betrieb** Laufende Koordination und Steuerung der Kooperation
5. **Beendigung** Auflösung der Kooperation

Die Entscheidungsphase beinhaltet eine Analyse der Ausgangssituation und der strategischen Ziele des Unternehmens, die zu einer Entscheidung für oder gegen das Eingehen einer Kooperation führt (Zentes und Schramm-Klein, 2003, S. 271). Zentes und Schramm-Klein (2003, S. 271) teilen die Einflüsse auf die Kooperationsentscheidung in endogene und exogene Faktoren ein, die auf verschiedenen theoretischen Ansätzen basieren. Die endogenen Faktoren entsprechen hierbei einer Inside-Out Perspektive, während die exogenen Faktoren eine Outside-In Perspektive aus Sicht des Unternehmens darstellen (Zentes und Schramm-Klein, 2003, S. 265). Die endogene Betrachtung basiert insbesondere auf unternehmensinternen Faktoren und bezieht unter anderem theoretische Ansätze der Resource-based View ein (Zentes und Schramm-Klein, 2003, S. 262). Als weitere Aufteilung der unternehmensinternen Faktoren nennen Bayona et al. (2001, S. 1291) unternehmensspezifische Charakteristiken, wie bspw. die Größe und die Forschungsaktivität, und strategische Motive. Dagegen berücksichtigt die exogene Perspektive theoretische Ansätze mit einem Fokus auf Umfeldfaktoren, wie bspw. die Industrieökonomik (Zentes und Schramm-Klein, 2003, S. 262). Die exogenen Einflussfaktoren lassen sich laut Zentes und Schramm-Klein (2003, S. 259) in politisch-rechtliche, sozio-ökonomische und technologische Rahmenbedingungen in Anlehnung an das PESTEL-Framework<sup>2</sup> einteilen.

In der Phase der Partnerselektion wird die Kooperationsrichtung (horizontal, vertikal, lateral) festgelegt (Zentes et al., 2003a, S. 21). Zur Selektion geeigneter KooperationspartnerInnen spielt insbesondere die Kompatibilität zwischen den KooperationspartnerInnen eine Rolle. Zentes et al. (2003b, S. 829) unterscheiden in den fundamentalen Fit (KooperationspartnerIn leistet Beitrag zum Kooperationserfolg), den strategischen Fit (Kompatibilität der Zielsetzungen) und den unternehmenskulturellen Fit (Kompatibilität der Werte und Verhaltensweisen).

Zeitlich nach der Partnerselektion, jedoch vor dem Start des Betriebs, ist die Ausgestaltung der Kooperation festzulegen. Hier erwähnen Zentes et al. (2003b, S. 831) als wesentliche Gestaltungsparameter die Dauer und die Intensität sowie die Form der Kooperation. Holtbrügge (2004, S. 266) nennt zusammenfassend die Rahmenbedingungen der Kooperation als zentralen Aspekt der Aus-

<sup>2</sup>Das PESTEL-Framework teilt Umweltfaktoren in politische, ökonomische, sozio-kulturelle, technologische, ökologische und rechtliche Dimensionen ein (Perera, 2020).



**Abbildung 2.1:** Kontingenzebenen der Evolution und Organisation strategischer Netzwerke, Quelle: Sydow (1992, S. 283)

gestaltung. Während der Gestaltungsphase sollen Zielvorstellungen und Erwartungen der einzelnen KooperationspartnerInnen erfasst und gemeinsame Ziele für die Kooperation formuliert werden. In der Praxis findet die Gestaltung der Kooperation laut Zentes et al. (2003b, S. 831–834) häufig eher unbewusst statt.

Im operativen Betrieb von Kooperationen ist laut Zentes et al. (2003b, S. 834–842) das Management dreier Spannungsfelder (Kooperation vs. Wettbewerb, Starrheit vs. Flexibilität, Kurzfrist- vs. Langfristorientierung) erforderlich. In dieser Phase spielen insbesondere die Führung und Steuerung eine zentrale Rolle. Die operative Phase wird erschwert durch die Dynamik des Umfeldes und der Verhaltensweisen der KooperationspartnerInnen. Für die Verhaltensweisen der KooperationspartnerInnen kann die eingeführte Spieltheorie, die das Vertrauen zwischen KooperationspartnerInnen hervorhebt, einen Erklärungsansatz liefern. Zentes et al. (2003b, S. 837) erwähnen überdies, dass die Evaluation der Ergebnisse ebenfalls bereits während der operativen Phase erfolgt.

Die Beendigung einer Kooperation erfolgt entweder bei einem Kooperationsversagen oder wenn das Kooperationsziel bzw. die angestrebte Kooperationsdauer erreicht wurde (Zentes et al., 2003b, S. 842).

Die Teilnahmeentscheidung bildet die Kooperationsphasen Entscheidung, Partnerselektion und Gestaltung ab. Die Erfolgsfaktoren während der Kooperation sind in der Betriebsphase zu verorten. Zur Betrachtung von generellen Kooperationsentscheidungen scheint die Inside-Out bzw. Outside-In Perspektive, die Zentes und Schramm-Klein (2003) vorschlagen, geeignet zu sein. Die Inside-Out bzw. Outside-In Perspektive bezieht jedoch die konkrete Ausgestaltung der Kooperation und den Einfluss dieser auf den Erfolg der Kooperation nicht mit ein.

### Das Kontingenzmodell zur Untersuchung von Kooperationen

Das Kontingenzmodell von Sydow (1992, S. 283, 297) wendet die Inside-Out bzw. die Outside-In Perspektive auf strategische Netzwerke zwischen Unternehmen an und bezieht damit netzwerkinterne Faktoren sowie netzwerkexterne Faktoren ein. Das Kontingenzmodell integriert verschiedene Ansätze, wie bspw. Industrieökonomik, Interorganisationstheorie und Transaktionskostentheorie, als Kontingenzen der Netzwerkteilnahme und -kooperation (Sydow, 1992, S. 317–318). Sydow (1992, S. 220) bezieht sich zudem auf die erweiterte Kongruenz-Effizienz Hypothese von Mintzberg:

„Effective structuring requires a close fit between the contingency factors and the design parameters.“ - Eine effektive Struktur erfordert eine Kompatibilität zwischen den Kontingenzfaktoren und den Gestaltungsparametern (Mintzberg, 1989, S. 219)

Während Mintzberg (1989) sich, ähnlich zur vorgestellten Inside-Out bzw. Outside-In Perspektive von Zentes und Schramm-Klein (2003), auf die Kontingenzfaktoren der Umwelt und des Unternehmens fokussiert, erweitert Sydow (1992) die Betrachtung um die Einflussfaktoren des Netzwerkes. Die vier identifizierten Ebenen der Kontingenzfaktoren, Netzwerkumwelt, Netzwerk, Organisation und Individuum, sind in Abbildung 2.1 dargestellt. Die Kontingenzfaktoren beeinflussen sowohl die Wahl der Form des strategischen Netzwerkes als auch das Verhalten im Netzwerk und bilden daher eine theoretische Basis für die Forschung dieser Arbeit.

Nachfolgend werden die Kernelemente der definierten Ebenen, angelehnt an die Ausführungen von Sydow (1992, S. 283–301), vorgestellt. Da in dieser Arbeit Einflussfaktoren von Individuen auf Kooperationen nicht betrachtet werden, wird die Individualebene ausgelassen.

**Netzwerkumwelt** Die Netzwerkumwelt teilt sich auf in die globale Umwelt und die Branchenumwelt. Im Kontext der globalen Umwelt ist insbesondere die staatliche Wettbewerbs- und Technologiepolitik relevant. Dies schließt die staatliche Förderung von Forschung und Entwicklung sowie die wettbewerbspolitische Betrachtung von F&E-Kooperationen ein. Weiterhin sind die Funktionsfähigkeit des Kapitalmarktes und Kapitalverfügbarkeit sowie verkehrs- und kommunikationstechnische Infrastruktur von Bedeutung. Weitere Faktoren sind Arbeitsmarktstrukturen (bspw. Fachkräftemangel) und die nationale Kultur. Die branchenspezifische Betrachtung leitet sich aus der Industrieökonomik her, die den brancheninternen Strukturen bei der Entwicklung von Unternehmensstrategien eine hohe Bedeutung beimisst. Branchenmerkmale, welche die Kooperationsbereitschaft beeinflussen sind bspw. die Wettbewerbs- und Technologieintensität und der technologische Wandel. Auf Basis des Resource-Dependence-Ansatzes werden die Machtverteilung, die Ressourcenverfügbarkeit und die Interkonnektivität einer Branche als weitere Kontingenzen angesehen. Weiterhin können das Entwicklungsstadium der Branche sowie die Branchenkultur einen Einfluss auf das Kooperationsverhalten haben.

**Netzwerk** Innerhalb des Netzwerkes spielen sowohl die Netzwerkstruktur als auch die Netzwerkkultur eine Rolle. In Bezug auf die Netzwerkstruktur werden vorhandene personale Netzwerke, die Netzwerkgröße und -spezialisierung, die Interaktionsdichte und die räumliche Struktur als Kontingenzfaktoren genannt. Überdies können Faktoren wie der *Domain Consensus* und die positive Haltung die Interaktion im Netzwerk beeinflussen. Als wesentlichen Faktor für die Stabilität eines Netzwerkes nennt Sydow das Vertrauen in die KooperationspartnerInnen (Sydow, 1992, S. 304).

**Organisation** Organisationsbezogene Faktoren können einen wesentlichen Einfluss auf die Bereitschaft zur Kooperation haben. Mögliche Einflussfaktoren sind die organisationale Diversität, die Organisationsgröße, die aktuelle Organisationssituation und die Managementkapazitäten. Weiterhin können auch die Organisationskultur (bspw. Traditionen oder organisatorischer Konservatismus) und vorherige Kooperationserfahrungen eine Rolle spielen.

Wesentlich für die Wahl einer Kooperationsform und für das Verhalten in der Kooperation ist zusätzlich, begründet durch die Kongruenz-Effizienz Hypothese von Mintzberg (1989), die Kompatibilität bzw. der Fit zwischen diesen Ebenen. Sydow (1992, S. 283) erwähnt darüber hinaus, dass nicht alle potenziell relevanten Kontingenzfaktoren innerhalb des Modells enthalten sind. So er-

wähnt Mintzberg (1989, S. 215) bspw. das Alter der Organisation und die Technologieintegration als Kontingenzfaktor auf der Organisationsebene. Die von Sydow (1992) und Mintzberg (1989) identifizierten Kategorisierungen können durch die Einteilungen weiterer Arbeiten, bspw. von Bayona et al. (2001), Zentes und Schramm-Klein (2003) und Holtbrügge (2004), ergänzt werden.

Das Kontingenzmodell, bestehend aus den Ebenen Netzwerkumwelt, Netzwerk und Organisation, scheint für die Untersuchung von Kooperationsfaktoren geeignet zu sein, da Einflüsse auf mehreren Ebenen und verschiedene theoretische Ansätze betrachtet werden. Das Kontingenzmodell lässt sich darüber hinaus zur Untersuchung verschiedener Phasen und Veränderungen in Kooperationen anwenden (Sydow, 1992, S. 297). Daher wird das Kontingenzmodell zur Analyse von Einflussfaktoren auf die Teilnahmeentscheidung und den Kooperationserfolg in dieser Arbeit verwendet.

### 2.2.2 Ausgewählte Formen der Unternehmenskooperation

In diesem Unterkapitel werden ausgewählte Formen der Unternehmenskooperation mit Fokus auf Kooperationen in offenen Innovationsprozessen vorgestellt.

Unternehmen können mit verschiedenen Organisationen in unterschiedlichen Formen kooperieren. Diese Kooperationsformen lassen sich nach mehreren Kriterien differenzieren. Zu Differenzierungsmerkmalen gehören laut Zentes et al. (2003a, S. 21) die Transaktionsform, die Anzahl der PartnerInnen bzw. Koordinationsstruktur, die Kooperationsrichtung, der Zeitaspekt, der Raum Aspekt und der Intensitätsgrad. Die Transaktionsform reicht von losen, nicht-vertraglichen Bindungen bis hin zu formalen Beziehungen wie Joint Ventures und Fusionen. In Bezug auf die Koordinationsstruktur unterscheiden Zentes et al. (2003a, S. 21) in bi- und trilaterale Bindungen sowie einfache bzw. komplexe Netzwerke. Einfache Netzwerke unterscheiden sich von komplexen Netzwerken durch einen sternförmigen Aufbau, sodass lediglich die zentrale Organisation Beziehungen zu mehreren KooperationspartnerInnen hat. Die Kooperationsrichtung lässt sich in horizontal, vertikal und lateral aufteilen. In Bezug auf den Zeitaspekt sind die Häufigkeit der Kooperation, die Befristung und die Dauer als Unterscheidungsmerkmale anzusehen. Der räumliche Aspekt beinhaltet die geografische Herkunft. (Zentes et al., 2003a, S. 21)

Zentes et al. (2003a, S. 12–14) stellen im Kontext der Kooperationsforschung strategische Allianzen, Joint Ventures und Netzwerke heraus. Im Rahmen von Innovationen spielen insbesondere Netzwerke als Kooperationsform eine Rolle (Schilling und Phelps, 2007, S. 1113 auf Basis von Freeman, 1991). Netzwerke im Kontext von Unternehmenskooperationen lassen sich unterschiedlich definieren. Ritter definiert ein Unternehmensnetzwerk im Technologiesektor als „voneinander rechtlich selbständige Organisationen, die durch sich wechselseitig beeinflussende Geschäftsbeziehungen miteinander verbunden sind“ (Ritter, 1998, S. 25). Weitere Definitionsansätze unterscheiden sich bspw. durch die Annahme einer wechselseitigen wirtschaftlichen Abhängigkeit der beteiligten Organisationen (Sydow, 1992, S. 79). Sydow (1992, S. 73–74) unterscheidet weiterhin innerhalb von Unternehmensnetzwerken zwischen den Rechtspersönlichkeiten zu denen sich beteiligte Unternehmen zusammenschließen können: Konsortien können als rechtlicher Rahmen für Unternehmenskooperation, die auf Zeit und zur Durchführung einer bestimmten Aufgabe gebildet werden, dienen. Als Konzern wird ein Verbund von Unternehmen bezeichnet, die wirtschaftlich voneinander abhängen und sich gegenseitig beeinflussen. Kartelle, Unternehmensverbände mit dem Ziel der Erreichung einer marktbeherrschenden Stellung, sind im Gegensatz zu Konsortien und Konzernen grundsätzlich verboten. In dieser Arbeit werden rechtlich und wirtschaftlich voneinander unabhängige KooperationspartnerInnen im Sinne von Konsortien betrachtet.

Im Kontext des offenen Verständnisses von Innovationen sind insbesondere transdisziplinäre Netzwerke und weitere Formen der transdisziplinären Unternehmenskooperation zu betrachten (Jahn et al., 2012, S. 1; Fuglsang et al., 2021, S. 9). Der Begriff Transdisziplinarität ist seit den 1970er Jahren im Diskurs aufgekommen und stellt eine Erweiterung zur Interdisziplinarität dar (Jahn et al., 2012, S. 2). Transdisziplinarität kombiniert die Schnittstellen zwischen verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen (Interdisziplinarität) mit der Partizipation von außer-wissenschaftlichen Akteuren und bildet damit die Schnittstelle zwischen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen (Jahn et al., 2012, S. 2). Außer-wissenschaftliche Akteure können bspw. PraxispartnerInnen sein, die durch Alltagswissen und Erfahrungen einen Anwendungsbezug gewährleisten können (Korte, 2023, S. 72 auf Basis von von Blanckenburg et al., 2005). Eine mögliche transdisziplinäre Kooperationsform besteht zwischen Unternehmen und der öffentlichen Hand. Diese sogenannten private-public Partnerschaften (oder public-private Partnerschaften) beschreiben eine Vielzahl an möglichen Kooperationsformen, bei denen mindestens ein Akteur aus der öffentlichen Hand und ein Akteur aus dem privaten Sektor zusammenkommen (Firmino, 2019, S. 2). In der Forschung wurde das Konzept zuerst in den frühen 90er-Jahren eingeführt (Majamaa, 2008, S. 3; Firmino, 2019, S. 2). Eine Erweiterung der private-public Partnerschaft stellt das Triple Helix Modell dar, das 1995 von Etzkowitz und Leydesdorff eingeführt wurde (Arnkil et al., 2010, S. 12). Das Triple Helix Modell beschreibt als wesentliche Akteure transdisziplinärer Innovation Industrie, Universitäten und öffentliche Hand (Arnkil et al., 2010, S. 12). Arnkil et al. (2010, S. 15) stellen in ihrer Arbeit fest, dass auch das Triple Helix Modell noch nicht alle relevanten Akteure abbildet und nennen als vierten Akteur die Öffentlichkeit bzw. die Nutzenden. Als Begründung für die Aufnahme der Nutzenden als vierten Akteur stellen Arnkil et al. (2010, S. 15) einen Bezug zur User Innovation her, bei der Unternehmen Nutzende in den Innovationsprozess einbinden. Das entstandene Quadruple Helix Modell enthält die folgenden Akteure (Arnkil et al., 2010, S. 15):

- Industrie
- Forschung (bspw. Universitäten)
- Öffentliche Hand
- Öffentlichkeit bzw. Nutzende

Partnerschaften mit den gelisteten Akteuren werden häufig auch als public-private-people oder public-private-civic Partnerschaften (4Ps) bezeichnet (Hossain et al., 2019; Nguyen und Marques, 2022; Westerlund und Leminen, 2011). Die Bezeichnungen Quadruple Helix und public-private-people Partnerschaften können synonym verwendet werden (Schuurman et al., 2013, S. 31)

Im Zuge von Innovationen, die durch F&E-Aktivitäten entstehen, sind auch F&E-Kooperationen gesondert zu betrachten. Eine Grundlage zur Definition von F&E-Kooperationen können strategische Allianzen bilden (Lang, 2013, S. 9). Lang (2013, S. 10) liefert in seiner Arbeit eine Übersicht über verschiedene Definitionsansätze für strategische Allianzen sowie F&E-Kooperationen und bildet auf Basis dessen eine eigene Definition für Forschungsk Kooperationen zwischen Industrieunternehmen und Universitäten.

„Es handelt sich um formale, freiwillige, bi- oder multilaterale Vereinbarungen zur Zusammenarbeit zwischen Universität und Industrie im Bereich Forschung und Entwicklung [...], um Innovationen zu entwickeln. Die individuellen Motive sowie Form der Vereinbarung können unterschiedlich sein.“ (Lang, 2013, S. 11)

Der Anwendungsbezug der F&E kann dabei in Grundlagenforschung, Technologieentwicklung,

Vorentwicklung und Produkt- und Prozessentwicklung unterschieden werden (Lang, 2013, S. 15 auf Basis von Specht et al., 2002, S. 14–16).

Zusammenfassend spielen Kooperationen zwischen Unternehmen und anderen Akteuren eine wesentliche Rolle zur Erzeugung von Innovationen. Im Zuge der zunehmenden Verknüpfung zwischen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen gewinnen transdisziplinäre Kooperationen und insbesondere private-public-people Partnerschaften an Relevanz.

## 2.3 Digitale Testfelder und Reallabore zur Förderung kooperativer Innovationen

Zur Förderung kooperativer Innovationen werden in Deutschland von staatlicher Seite digitale Testfelder und Reallabore eingesetzt (BMDV, 2021a; BMWK, 2023b). Die Intervention staatlicher Akteure in Innovationsprozesse bspw. durch Förderprogramme wird durch das *European Paradox* begründet, das die Diskrepanz zwischen hochqualitativer F&E und der fehlenden Übersetzung in marktreife Innovationen beschreibt (Almirall und Wareham, 2010, S. 1; Anduschus et al., 2023, S. 16). Arnkill et al. (2010, S. 73) beschreiben diese Lücke als unzureichende Fähigkeit von europäischen Unternehmen, ihre technologischen Fertigkeiten in erfolgreiche Geschäftsmodelle umzusetzen. Als zentrale Gründe für den fehlenden Wissenstransfer werden kulturelle Unterschiede zwischen Forschung und Praxis, rechtliche Hürden, wie bspw. die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), und fragmentierte Märkte durch unterschiedliche Sprachen genannt (Anduschus et al., 2023, S. 16). Insbesondere im Mobilitätssektor, mit dem sich diese Arbeit befasst, wird ein „schnellere[r] Transfer digitaler Innovationen von der Forschung in die Praxis“ benötigt (EU- und EFTA-Verkehrsministerinnen und Verkehrsminister, 2020, S. 6). Digitalen Testfeldern und Reallaboren wird hier eine wesentliche Rolle beigemessen, um die Lücke zwischen F&E und marktreifen Innovationen zu schließen und damit den Innovationserfolg zu fördern (EU- und EFTA-Verkehrsministerinnen und Verkehrsminister, 2020, S. 6; Cluster Verkehr, Mobilität und Logistik Berlin Brandenburg, 2021, S. 2).

In diesem Unterkapitel wird zunächst die theoretische Basis des Begriffes digitales Testfeld erläutert. Anschließend folgt die Einführung von Reallaboren als Innovationskonzept und die Vorstellung unterschiedlicher Begriffsdefinitionen und Perspektiven. Zuletzt wird der Zusammenhang beider Innovationskonzepte aufgezeigt und die für diese Arbeit gewählten Definitionen dargelegt.

### 2.3.1 Digitale Testfelder

Der Begriff digitales Testfeld, vielfach auch nur Testfeld<sup>3</sup>, wurde in Deutschland insbesondere durch das BMDV geprägt, das diese als einen wesentlichen Bestandteil der Forschungs- und Innovationsförderung des Bundes nennt (BMDV, 2021a). In diesem Kontext gibt die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) die folgende Definition des Begriffes Testfeld an:

„Die Testfelder sind dadurch definiert, dass sie einen spezifischen Infrastrukturaufbau für das automatisierte und vernetzte Fahren umgesetzt haben, der für unterschiedliche Projekte genutzt werden kann.“ (Scharnigg und Schappacher, 2021, S. 7)

<sup>3</sup>Im Rahmen dieser Arbeit wird außerhalb von Überschriften und Bild- oder Tabellenunterschriften aufgrund der besseren Lesbarkeit ebenfalls der Begriff Testfeld verwendet.

Testfelder beschreiben demnach Areale im öffentlichen Straßenraum, in denen mittels spezieller Infrastruktur an neuen Technologien im Realverkehr geforscht werden kann (Scharnigg und Schappacher, 2021, S. 6). Auch Creß et al. (2023, S. 2) basieren ihre systematische Literaturlanalyse zu Testfeldern auf der Prämisse der Existenz straßenseitiger Infrastruktur.

Weitere Quellen, insbesondere begutachtete Literatur und Definitionsansätze zu Testfeldern, sind begrenzt (Creß et al., 2023, S. 2). Im Englischen wird der Begriff Testfeld häufig mit *Testbed* (BMDV, 2021a; Creß et al., 2023; Taiber, 2023) oder *Testfield* (Servou, 2020; Kutsch et al., 2022) übersetzt. Ballon et al. (2005, S. 3) definieren ein *Testbed* als eine standardisierte, geschützte Laborumgebung zur Erprobung neuer Technologien, Produkte und Services. Anduschus et al. (2023, S. 19) bauen auf dieser Definition auf und nennen als charakterisierend die Abschirmung vom tatsächlichen Einsatzfeld.

Die Definition von Ballon et al. (2005) und Anduschus et al. (2023) ist gegensätzlich zu der Definition der BAST und des BMDV. Da sich die Untersuchung in dieser Arbeit auf Innovationen im Mobilitätskontext bezieht, wird die Definition der BAST, die auf dem Verständnis des BMDV aufbaut, für die nachfolgenden Ausführungen verwendet.

### 2.3.2 Reallabore

Reallabore sind ein weiterer, viel diskutierter Ansatz für kooperative Innovation und werden häufig in Verbindung mit neuen Innovationskonzepten wie Open Innovation und User Innovation genannt (Kareborn und Stahlbrost, 2009, S. 1; Leminen und Westerlund, 2012, S. 6; Nyström et al., 2014, S. 483; Schuurman, 2015, S. 191; Gascó, 2017, S. 1; Hossain et al., 2019, S. 977). Reallabore dienen als Entwicklungsplattformen, in denen neue Technologien, Produkte oder Services unter realen Bedingungen getestet und weiterentwickelt werden können (Westerlund und Leminen, 2011, S. 22). Insbesondere im Bereich komplexer Innovationen werden Reallabore als wesentlich für die Innovationsförderung angesehen (Leminen et al., 2021, S. 8).

In der Forschung haben Reallabore zunehmend an Relevanz gewonnen. Die Forschungslandschaft zu Reallaboren ist vielseitig und seit ca. 2015 stark angewachsen (Hossain et al., 2019, S. 979; Greve et al., 2021, S. 3). Zu den Disziplinen, in denen zum Thema Reallabore veröffentlicht wird, gehören das Innovationsmanagement, Entrepreneurship, Cognitive Sciences, intelligente und digitale Städte uvm. (Greve et al., 2021, S. 5).

Sowohl in der Forschung als auch in der Praxis existieren verschiedene Definitionen des Begriffes Reallabor. Im Englischen wird der Begriff Reallabor zumeist mit *Living Lab* (Hossain et al., 2019; Steen und van Bueren, 2017; Leminen et al., 2017) oder *Regulatory Sandbox* (Johnson, 2023; Tsai et al., 2020; BMWK, 2023a) übersetzt. Laut Steen und van Bueren (2017, S. 26) nennen sich in der Praxis viele Projekte Reallabore, die nicht der Definition entsprechen und vice versa. Zu unterscheiden sind laut BMWK (2019, S. 9) die sozialwissenschaftliche Betrachtung und die Betrachtung im Sinne einer anwendungsorientierten Erprobung von Innovationen. Diese verschiedenen Betrachtungsweisen bemerkt auch Reichenbach (2021, S. 10) und unterscheidet zwischen der auf Transdisziplinarität fokussierten sozialwissenschaftlichen Perspektive und der technisch orientierten Perspektive des BMWK. Die vom BMWK und von Reichenbach (2021) aufgezeigte Unterscheidung der Perspektive auf Reallabore wird in dieser Arbeit übernommen. Nachfolgend werden daher die Reallabor-Definitionen der sozialwissenschaftlichen und der technisch orientierten Perspektive vorgestellt.

### Sozialwissenschaftliche Definition

In den Sozialwissenschaften verbreitete Definitionen von Reallaboren sind in Tabelle 2.1 dargestellt. Der Fokus von Reallaboren liegt laut den sozialwissenschaftlichen Definitionen auf offenen Innovationsprozessen, die verschiedene Akteure zur Erzeugung und Erprobung von Innovationen einbeziehen. Wesentliche Aspekte der Definitionen sind eine realitätsnahe, meist physische, Umgebung und die Bildung von public-private-people Partnerschaften (4Ps) aus Unternehmen, Forschung, öffentlicher Hand und Nutzenden (siehe Kapitel 2.2.2). Sämtliche AutorInnen nennen insbesondere die gemeinsame Erprobung und Erzeugung von Innovationen mit zukünftigen AnwenderInnen als zentrale Methode in Reallaboren.

**Tabelle 2.1:** Sozialwissenschaftliche Definitionen von Reallaboren

Quelle	Definition*
Eriksson et al., 2005, S. 7	Unternehmen, öffentliche Organisationen, Nutzende und Forschungseinrichtungen, die zwei oder mehr Technologien auf dem neuesten Stand der Technik nutzen.
Westerlund und Leminen, 2011, S. 20	Physische Regionen oder virtuelle Realitäten, in denen die Beteiligten public-private-people partnerships (4Ps) aus Unternehmen, Behörden, Universitäten und Forschungsinstituten bilden.
Dell’Era und Landoni, 2014, S. 139	Eine Design-Forschungsmethode, die darauf abzielt, Innovationen durch die Einbeziehung Nutzender in einer realen Umgebung zu schaffen.
Dell’Era et al., 2019, S. 8	Ein Umfeld für Tests und Experimente unter realen Bedingungen und die Einbeziehung von Nutzenden, die sich bewusst sind, dass sie am Innovationsprozess beteiligt sind.
Rizzo et al., 2021, S. 1741	Ein Ansatz für das Management offener Innovationsprozesse, bei denen Nutzende in Prozesse zur Miterstellung, Prüfung und Bewertung von Innovationen in offenen, kollaborativen, kontextübergreifenden und realen Umgebungen eingebunden sind.
European Network of Living Labs, 2024	Reallabore sind reale Test- und Experimentierumgebungen, die Co-Creation und Open Innovation zwischen den Akteuren des Quadruple Helix Modells fördern.

\* Die Definitionen wurden von der Autorin aus dem Englischen übersetzt. Die originalen Definitionen finden sich in Tabelle ??.

Das European Network of Living Labs (ENoLL), als europäische Koordinierungsstelle für Reallabore, baut auf den sozialwissenschaftlichen Definitionen auf und nennt public-private-people Partnerschaften, die Fokussierung auf Nutzende und die Realitätsnähe als charakterisierend für Reallabore (European Network of Living Labs, 2024). Die Definition des ENoLL wird in den nachfolgenden Ausführungen aufgrund ihrer weiten Verbreitung in Europa als Definition für Reallabore aus der sozialwissenschaftlichen Perspektive verwendet.

### Technische Definition

Im Gegensatz zur sozialwissenschaftlichen Perspektive verwendet das deutsche BMWK eine eher anwendungsorientierte, technische Definition (Reichenbach, 2021, S. 10). Das BMWK definiert Reallabore als „Testräume für Innovation und Regulierung“, in denen innovative Technologien zeitlich begrenzt unter möglichst realitätsnahen Bedingungen und unter behördlicher Begleitung erprobt werden (BMWK, 2019, S. 3). Die Kooperation basiert auf sogenannten Experimentierklauseln, mit denen temporäre Ausnahmen von bestehenden Gesetzen behördlich gestattet werden können. Durch die Experimentierklauseln ermöglichen Reallabore das regulatorische Lernen, bei dem auf

Basis der Ergebnisse der Erprobungen eine Anpassung des Rechtsrahmens vorgenommen werden kann (Anduschus et al., 2023, S. 15). Laut dem BMWK (2023a, S. 2) sollen Reallabore den Übergang von Innovationen in die Praxis fördern und die Skalierung von Technologien ermöglichen. Darüber hinaus können sie einen Beitrag zur sozial-ökologischen Transformation, insbesondere im Rahmen von klimaschonenden Technologien, leisten und die gesellschaftliche Akzeptanz von Innovationen erhöhen.

Da die vorliegende Arbeit technische Innovationen im Mobilitätskontext untersucht, bei denen Reallabore nach dem Verständnis des BMWK zum Einsatz kommen, wird den weiteren Ausführungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, die technisch orientierte Reallabor-Definition des BMWK zugrunde gelegt.

### 2.3.3 Digitale Testfelder und Reallabore im Vergleich

Bedingt durch die mehrdeutigen Definitionen und unterschiedlichen Perspektiven auf die Begriffe Testfeld und Reallabor werden diese teilweise inkonsistent zwischen verschiedenen Forschungsdisziplinen verwendet (Reichenbach, 2021, S. 10). Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf die Umsetzung der Konzepte Testfeld und Reallabor im Rahmen der Innovationsförderung in Deutschland und verwendet daher die Definitionen der BAST bzw. des BMDV für Testfelder und die Definition des BMWK für Reallabore. Demzufolge werden Testfelder als Areale mit spezieller Infrastruktur im öffentlichen Straßenraum verstanden und die technisch orientierte Perspektive auf Reallabore eingenommen.

Da in dieser Arbeit sowohl Kooperationen in Testfeldern als auch in Reallaboren untersucht werden, sind der Zusammenhang der beiden Konzepte und die Vergleichbarkeit zu analysieren. Im Folgenden werden daher in der Literatur benannte Unterscheidungsmerkmale und Gemeinsamkeiten von Testfeldern und Reallaboren erläutert. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich daher nicht ausschließlich auf die Definitionen der BAST bzw. des BMDV und des BMWK.

Nach der Definition von Ballon et al. (2005, S. 3) und Anduschus et al. (2023, S. 18–19), die nicht klar als sozialwissenschaftliche oder technisch orientierte Perspektive eingeordnet werden kann, sind Reallabore sowohl auf das Erproben als auch auf das Design fokussiert und sind bei mittlerer Technologiereife einzuordnen. Testfelder dagegen decken laut der Definition von Ballon et al. (2005) und Anduschus et al. (2023) geringe bis mittlere Technologiereifen ab und fokussieren sich ausschließlich auf die Erprobung. Ballon et al. (2005) und Anduschus et al. (2023) stellen demnach eine inhaltliche Überschneidung von Testfeldern und Reallaboren in Bezug auf die Erprobung von Technologien mittlerer Reife fest. Zudem erwähnen Anduschus et al. (2023), dass in der Praxis häufig beide Begriffe synonym verwendet werden.

Reichenbach beschreibt als Gemeinsamkeit zwischen Testfeldern und Reallaboren die Bereitstellung eines geschützten Raumes, in dem Technologien erprobt werden können (Reichenbach, 2021, S. 10). Die Begriffe „technologieorientiertes Testfeld“ und Reallabor aus der technisch orientierten Perspektive des BMWK werden von Reichenbach synonym verwendet, da beide auf die Erprobung von Technologien in realitätsnaher Umgebung und die Weiterentwicklung für die Praxis abzielen (Reichenbach, 2021, S. 12). Der Begriff Reallabor werde in der Praxis insbesondere für die Akteurskonstellationen, die technologische Fragestellungen in Testfeldern untersuchen, verwendet (Reichenbach, 2021, S. 22).

Auch Arnkill et al. (2010) schreiben, dass eine Unterscheidung zwischen Reallaboren und Testfel-

dern oder anderen Experimentierräumen in der Praxis sehr schwierig ist (Arnkill et al., 2010, S. 31). Zusammenfassend zeigt sich, dass für die Begriffe Testfeld und Reallabor in der Literatur eine inhaltliche Überschneidung angegeben wird. Insbesondere die technisch orientierte Perspektive des BMWK auf Reallabore wird teilweise synonym zum Begriff Testfeld verwendet. Für die weitere Untersuchung von Innovationskooperationen im Automobilsektor in dieser Arbeit kann demnach festgehalten werden, dass Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren als vergleichbar anzusehen sind.

## 2.4 Autonomes und vernetztes Fahren

Das autonome und vernetzte Fahren ist ein Bestandteil der Mobilität der Zukunft. Zusammen mit der Elektrifizierung und dem Carsharing bildet das autonome und vernetzte Fahren die CASE-Trends der Automobilindustrie. Angesichts der wachsenden Nachfrage nach Mobilität (BMDV, 2015, S. 8) und aktueller Herausforderungen, wie die beständig hohe Anzahl an Verkehrstoten (Tagesschau, 2023), kann das autonome und vernetzte Fahren vielfältige Potenziale bieten.

Ein häufig genanntes Ziel für die Einführung des autonomen und vernetzten Fahrens ist die Erhöhung der Verkehrssicherheit (BMDV, 2015, S. 9; Faisal et al., 2019, S. 54; Agora Verkehrswende, 2020, S. 15; Khan et al., 2023, S. 8). Weiterhin werden auch die Steigerung der Verkehrseffizienz und damit einhergehend verringerter Treibstoffverbrauch als Argumente für autonomes und vernetztes Fahren angeführt (BMDV, 2015, S. 8; Agora Verkehrswende, 2020, S. 15; Bezai et al., 2021, S. 2; Khan et al., 2023, S. 8).

Da die Technologien zur Automatisierung und Vernetzung von Fahrzeugen nicht zwingend in Verbindung stehen und häufig getrennt betrachtet werden (CAR 2 CAR Communication Consortium, 2023, S. 9), wird nachfolgend zunächst das autonome Fahren und anschließend das vernetzte Fahren eingeführt.

### 2.4.1 Autonomes Fahren

Autonomes Fahren bezeichnet die Durchführung von „sicherheitskritischen Funktionen [im Fahrzeug] ohne direkte Eingriffe des Fahrers“ (National Highway Traffic Safety Administration, 2013, S. 7). Die Ziele und Erwartungen der Ersetzung menschlicher FahrerInnen im öffentlichen und individuellen Verkehr sind vielfältig. Ein Hauptziel und oft genanntes Argument für beide Verkehrsarten besteht darin, die Sicherheit zu verbessern, indem Unfälle aufgrund menschlichen Fehlverhaltens vermieden werden (BMDV, 2015, S. 9; Brenner und Herrmann, 2018, S. 431; Faisal et al., 2019, S. 54; Agora Verkehrswende, 2020, S. 15; Khan et al., 2023, S. 8). Weiterhin werden positive Veränderungen insbesondere im innerstädtischen Verkehr mit Auswirkungen auf die Stadtplanung erwartet. Durch eine geringere Standzeit der Fahrzeuge sowie eine verbesserte Nutzung von Parkraum durch automatisiertes Parken, können bspw. bislang belegte Flächen anderweitig genutzt werden (Brenner und Herrmann, 2018, S. 431). Ein weiteres Ziel ist die Erhöhung der Effizienz im Verkehr bspw. durch geringere Abstände zwischen Fahrzeugen, ein verbessertes Brems- und Beschleunigungsverhalten und koordinierte Fahrmanöver (BMDV, 2015, S. 9; Maurer et al., 2015, S. 346–349; Agora Verkehrswende, 2020, S. 15; Khan et al., 2023, S. 8).

## Klassifikation von autonomen Fahrfunktionen

Im Kontext des autonomen Fahrens existiert eine Vielzahl an Begrifflichkeiten zur Beschreibung des Automationsgrades von Fahrzeugen oder Fahrfunktionen. Neben dem Begriff autonom gibt es weitere Bezeichnungen wie hochautomatisiert, selbstfahrend oder fahrerlos. Zur Klassifikation des Autonomiegrades eines Fahrzeuges hat die Society of Automotive Engineers (SAE) sechs Automationslevel, auf einer Skala von 0 bis 5 definiert (SAE International, 2021), die als Quasi-Standard in Wissenschaft und Industrie verwendet werden (BASt, 2021a). Die Skala ist in Abbildung ?? im Anhang dieser Arbeit dargestellt und zeigt die stufenweise zunehmende Kontrolle durch das Fahrzeug. Während in SAE Level 0 bis 2 FahrerInnen für die Überwachung des Systems und der Umgebung verantwortlich sind, übernehmen ab SAE Level 3 die automatisierten Fahrfunktionen (temporär) die Verantwortung. Dies ist insbesondere für rechtlichen Fragestellungen relevant, da ab dem SAE Level 3 die Haftung von den FahrerInnen temporär auf die Hersteller übergehen kann (Birkemeyer et al., 2022, S. 53). Ab Level 4 werden im Fahrzeug keine FahrerInnen mehr benötigt. Ein Level-4-Fahrzeug ist innerhalb eines Betriebsbereiches dazu in der Lage, die Fahrfunktion vollständig zu übernehmen, sodass keine manuelle Steuerung (Lenkrad etc.) verbaut werden muss. Aufgrund der Unterschiede im Design und in der Umsetzung von Fahrzeugen ab SAE Level 4 im Vergleich zu SAE Level 1 bis 3 werden in dieser Arbeit daher ausschließlich Entwicklungen in den Autonomiestufen 4 bis 5 betrachtet.

## Technologien

Zur Bewältigung der Fahraufgabe sind mehrere Schritte erforderlich. Während Parekh et al. (2022, S. 3) und Khan et al. (2023, S. 3) die drei Schritte *Perception*, *(Path) Planning* und *Control* definieren, nehmen Ahangar et al. (2021, S. 6) eine Aufteilung in die vier Phasen *Perception*, *Decision & Planning*, *Control* und *Chassis* vor.

In der Phase der Umweltwahrnehmung (*Perception*) ist insbesondere die im Fahrzeug integrierte Sensorik relevant. Mögliche Sensoren zur Detektierung anderer Fahrzeuge sowie Straßenmarkierungen oder Verkehrsschilder sind Light Detection and Ranging (LiDAR), Radio detection and ranging (RaDAR), Ultraschall oder Kameras. Die große Mehrheit der Automobilhersteller setzt auf eine Kombination aus verschiedenen Sensorsystemen, um die Schwächen einzelner Technologien auszugleichen (Ahangar et al., 2021, S. 10; Metropolregion Hamburg, 2022, S. 13; Khan et al., 2023, S. 5). Die Phase der Umweltwahrnehmung beinhaltet überdies die Eigenlokalisierung und die Aufnahme und Verarbeitung externer Informationen (Khan et al., 2023, S. 4). Zu externen Informationsquellen gehören hochgenaue Straßenkarten sowie andere Verkehrsteilnehmende und die Straßeninfrastruktur. Die Informationsübertragung von anderen Verkehrsteilnehmenden oder der Straßeninfrastruktur zum Fahrzeug kann mittels V2X Kommunikation (siehe Abschnitt 2.4.2) erfolgen.

In der zweiten Phase (*Planning*) werden die nächsten Aktionen und die zu fahrende Trajektorie geplant. Relevante Informationsquellen sind das Ziel der Fahrt, die eigene Position und Geschwindigkeit sowie die verarbeiteten Informationen der Umgebungswahrnehmung. Das Ziel ist die Ermittlung des optimalen Pfades unter Berücksichtigung der Umgebungssituation. Resultat ist eine Trajektorie, die bspw. einen Spurwechsel zur Durchführung eines Überholmanövers beschreibt. (Parekh et al., 2022, S. 13)

Zuletzt erfolgt die Steuerungsphase (*Control*), die Ahangar et al. (2021, S. 6) in *Control* und *Chassis* unterteilen. In dieser Phase werden die getroffenen Entscheidungen bzw. die zu fahrende Trajek-

torie in Befehle zur physischen Bewegungssteuerung umgewandelt. Die Befehle werden final an die mechanischen Komponenten des Fahrzeuges, wie das Gas- oder Bremspedal und das Lenkrad, weitergegeben (Ahangar et al., 2021, S. 10; Khan et al., 2023, S. 4).

Die beschriebenen Phasen Umgebungswahrnehmung, Pfadplanung und Steuerung werden kontinuierlich während der Fahrt ausgeführt. In nahezu sämtlichen Bereichen der autonomen Fahrfunktionen werden Algorithmen basierend auf Künstlicher Intelligenz (KI) eingesetzt (Mallozzi et al., 2019; Parekh et al., 2022).

### Marktüberblick und Gesetzgebung

Der globale Markt für autonome Fahrfunktionen ist einer der am schnellsten wachsenden Märkte und wurde bereits 2022 mit ca. 120 bis 150 Mrd. USD bewertet (Precedence Research, 2023; Placek, 2023). Insbesondere in den letzten 10 Jahren stieg eine zunehmende Anzahl an Automobilherstellern und Unternehmen der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) in den Markt des autonomen Fahrens ein und treiben seither die Entwicklungen in hohem Tempo voran.

Der Technologiereifegrad (siehe Abschnitt 2.1) der autonomen Fahrfunktionen wird aktuell im Individualverkehr für SAE Level 2 mit TRL 9, für SAE Level 3 mit TRL 8 und für SAE Level 4 mit TRL 6 bis 7 angegeben (Metropolregion Hamburg, 2022, S. 16). Die Technologiereife wird im öffentlichen Verkehr für SAE Level 2 mit TRL 7 und für SAE Level 4 mit TRL 3 als etwas geringer eingeschätzt (Metropolregion Hamburg, 2022, S. 19).

In den USA werden Entwicklungen vor allem durch Corporate Start Ups, wie Waymo (Google), Cruise (General Motors) oder Zoox (Amazon) vorangetrieben (Agora Verkehrswende, 2020, S. 31). Der Genehmigungsprozess in Bundesstaaten wie Kalifornien und Arizona basiert auf der Verantwortungsübernahme durch den Hersteller. In Kalifornien müssen Hersteller für eine Erlaubnis zur Erprobung autonomer Fahrzeugflotten einen Antrag beim Bundesstaat stellen und die Existenz einer Versicherung oder alternativen Kostendeckung in Höhe von 5 Mio. USD belegen (State of California. Department of Motor Vehicles, 2022, S. 4). Für den kommerziellen Betrieb einer autonomen Fahrzeugflotte benötigen Hersteller zusätzlich die Genehmigung der California Public Utilities Commission (CPUC). Die Unternehmen Cruise und Waymo erhielten im August 2023 die Genehmigung zur ganztägigen Beförderung zahlender Fahrgäste (CPUC, 2023). Da sich die Genehmigung auf das Stadtgebiet San Franciscos beschränkt, handelt es sich um eine Zulassung nach SAE Level 4.

In Deutschland übernimmt das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) die Rolle als nationale Genehmigungsbehörde für Fahrzeuge mit autonomen Fahrfunktionen. Der Genehmigungsprozess autonomer Fahrzeuge unterscheidet sich zwischen SAE Level 3 und 4. Die Genehmigung von Fahrfunktionen mit SAE Level 3 Automatisierung erfolgt auf Basis der Straßenverkehrsgesetz (StVG) Novelle 2017 und der UN-Regelung Nr. 157 (Deutscher Bundestag, 2017; United Nations Economic Commission for Europe, 2021). Als erster Hersteller hat Mercedes-Benz 2021 eine Typgenehmigung<sup>4</sup> für ein SAE Level 3 Automationssystem erhalten (KBA, 2021). Der genehmigte DRIVE PILOT, der für die S-Klasse und den EQS von Mercedes seit Mitte 2022 verfügbar ist, kann die vollständige Fahraufgabe auf Autobahnen bei bis zu 60 km/h übernehmen, während FahrerInnen sich Nebentätigkeiten widmen dürfen (Mercedes-Benz, 2024). Die Genehmigung von autonomen Fahrfunktionen mit

<sup>4</sup>Als Typgenehmigung wird die Genehmigung eines serienmäßig in größerer Stückzahl hergestellten Typs gleichartiger Fahrzeuge bezeichnet.

SAE Level 4 erfolgt auf Basis der Autonome Fahrzeuge-Genehmigungs-und-Betriebs-Verordnung (AFGBV) (Bundesregierung, 2022). Die erste Seriengenehmigung für eine SAE Level 4 Fahrfunktion erhielt im November 2022 Mercedes-Benz für ein autonomes Parksystem (sogenanntes Automated Valet Parking (AVP)) (KBA, 2022). Das AVP basiert auf externen Sensoren der Firma Bosch, mit der Parkhäuser ausgerüstet werden und die zuerst im Parkhaus im Stuttgarter Flughafen zum Einsatz kamen (Tagesschau, 2022).

### 2.4.2 Vernetztes Fahren

Der Begriff „Vernetztes Fahren“ beschreibt in dieser Arbeit die Kommunikation zwischen mehreren Verkehrsteilnehmenden sowie zwischen Verkehrsteilnehmenden und der Straßeninfrastruktur. Die Vernetzung zwischen einem Fahrzeug und externen Geräten wie Laptops oder Smartphones, die zum Teil auch als *Connected Car* verstanden wird (Hartwig, 2019), ist nicht Teil dieser Betrachtung.

Kooperative, intelligente Verkehrssysteme (Cooperative Intelligent Transport Systems, C-ITS) sind ein wesentlicher Bestandteil der Entwicklungen im vernetzten Fahren. Im Rahmen von C-ITS kommunizieren Fahrzeuge sowohl mit anderen Fahrzeugen (Vehicle-to-Vehicle, V2V) als auch mit der Infrastruktur (Vehicle-to-Infrastructure, V2I). Zusammengefasst werden die Kommunikationsmöglichkeiten der Fahrzeuge unter dem Begriff Vehicle-to-Everything (V2X). Der Begriff *Everything* weist darauf hin, dass es keine Einschränkung bezüglich möglicher KommunikationspartnerInnen gibt und auch Kommunikationswege wie Fahrzeug zu Fußgänger (Vehicle-to-Pedestrian, V2P) oder Fahrzeug zu Netzwerk (Vehicle-to-Network, V2N) denkbar sind (Ahangar et al., 2021, S. 19; CAR 2 CAR Communication Consortium, 2023, S. 46). Zur Kommunikation werden Fahrzeuge mittels einer On-board Unit (OBU) befähigt, die im Fahrzeug integriert ist. Analog zu den OBUs in den Fahrzeugen, werden infrastruktureitig Roadside Units (RSUs) zur Kommunikation eingesetzt. Sowohl OBUs als auch RSUs dienen dazu relevante Informationen, wie bspw. Gefahrenmeldungen, in Nachrichten umzuwandeln und diese anschließend zu versenden.

Anwendungsbereiche von C-ITS betreffen die Verkehrseffizienz, die Verkehrssicherheit und das Infotainment (Ahangar et al., 2021, S. 2). Zwei konkrete Anwendungsfälle für V2X Kommunikation sind die Warnung anderer Verkehrsteilnehmender vor Gefahren und die Übermittlung der aktuellen Ampelschaltung an Fahrzeuge.

### Technologien und Standardisierung

Forschung und Entwicklung zur Vernetzung zwischen Fahrzeugen gibt es bereits seit den frühen 2000er Jahren (CAR 2 CAR Communication Consortium, 2007; Schmidt et al., 2008). Die V2X Kommunikation basiert, analog zur Kommunikation zwischen anderen technischen Systemen, auf verschiedenen Netzwerkprotokollen, die in einem Protokollstack<sup>5</sup> angeordnet sind. Die Zugangsschicht der V2X Kommunikation basiert ursprünglich auf der Dedicated Short-Range Communication (DSRC), welche die Fahrzeuge zur Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmenden und der Infrastruktur befähigt. DSRC basiert auf dem im Jahr 2010 veröffentlichten IEEE-Standard 802.11p, der eine Erweiterung der WLAN-Standards innerhalb der IEEE 802.11 Norm dar-

<sup>5</sup>Ein Protokollstack oder Protokollstapel bezeichnet in der Datenübertragung eine Architektur für Kommunikationsprotokolle, in der die Protokolle als Schichten übereinander angeordnet sind. Ein bekanntes Beispiel für einen Protokollstack ist das TCP/IP-Modell, das die Grundlage für das Internet bildet.

stellt (IEEE, 2010). DSRC operiert im 5,9GHz Frequenzbereich und eignet sich speziell für Latenzkritische Applikationen (Qualcomm, 2019, S. 6).

Für die weiteren Protokollschichten existieren regional unterschiedliche Standardisierungen. In Europa sind für Aktivitäten rund um Koordinierung und Standardisierung das Car-to-Car Communication Consortium (C2C-CC) sowie das European Committee for Standardization (CEN) und das European Telecommunications Standards Institute (ETSI) zuständig. Die europäische Umsetzung der V2X Kommunikation ist der ETSI Intelligent Transport System (ITS) G5 Standard, der auf DSRC basiert. In Europa ist hierfür eine Bandbreite von 70 MHz mit einer Mittelfrequenz von 5,9 GHz reserviert (CAR 2 CAR Communication Consortium, 2007, S. 22).

Eine weitere, neuere Zugangstechnologie ist Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X). C-V2X wurde mit dem 3rd Generation Partnership Project (3GPP) Release 14 eingeführt und in Release 15 für 5G Kommunikation weiterentwickelt (Ahangar et al., 2021, S. 18). DSRC und C-V2X sind nicht interoperabel. Seit der Einführung von C-V2X sind sich Forschung, Industrie und Behörden uneins darüber, ob sich beide Technologien bewähren oder sich eine Technologie durchsetzen wird (MacHardy et al., 2018, S. 1873). Weiterführende Literatur zu den Vor- und Nachteilen beider Technologien und möglichen Anwendungsfällen sind in Qualcomm (2019) und Ahangar et al. (2021) zu finden. Während sich bspw. VW bereits 2019 für die Integration von DSRC in dem Golf 8 und auch in der späteren ID-Reihe entschieden hat (Volkswagen Newsroom, 2020), positionieren sich andere OEMs wie BMW oder Ford klar für C-V2X (Grundhoff, 2018). Auch Kommunen und Städte, die ihre Straßen mit intelligenter Infrastruktur ausstatten, stehen vor der Entscheidung zwischen DSRC und C-V2X. Während die meisten Städte in Deutschland, unter anderem Hamburg, Braunschweig und Kassel, sich für RSUs mit DSRC entschieden haben, wird in anderen Städten auch an der Kommunikation mittels C-V2X geforscht (Kaykiewa, 2023).

Zur Harmonisierung der Technologien über Ländergrenzen hinweg, hat die europäische Initiative C-Roads eine Liste mit Anwendungsfällen und deren Implementierung erstellt. Beispielhafte Anwendungsfälle sind die Baustellenwarnung, die Kreuzungssignalisierung und die Anzeige von Verkehrszeichen oder anderen Informationen im Fahrzeug (C-Roads Platform, 2021). Diese und weitere Anwendungsfälle werden sowohl infrastruktur- als auch fahrzeugseitig laufend umgesetzt.

## Marktüberblick und Gesetzgebung

Trotz der bereits lange andauernden Entwicklungen im Bereich der C-ITS und der V2X Kommunikation, ist die Technologie noch nicht in der breiten Masse angekommen. In Bezug auf den Einsatz von V2X in Fahrzeugen in Deutschland befragt der ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club) regelmäßig OEMs. Die aktuellste Befragung von Juni 2023 zeigt, dass noch große Unterschiede bei den Herstellern bezüglich des Einsatzes von V2X vorliegen. Laut Angaben der Hersteller ist die V2X Technologie in mindestens 3 Mio. Fahrzeugen, die in Deutschland verkauft wurden, verfügbar<sup>6</sup>. Dies entspricht rund 6 % aller im Jahr 2023 zugelassenen Fahrzeuge in Deutschland<sup>7</sup>. Ein weiterer Unterschied besteht in der eingesetzten Technologie für die V2X Kommunikation: Während VW und Cupra auf DSRC über 802.11p WLAN setzen, nutzen Audi, Ford, Mercedes und Volvo

<sup>6</sup>Angaben der Hersteller in Umfrage vom ADAC. Ford: 2 Mio. Fahrzeuge nach Softwareupdate im Oktober (es wird von Oktober 2023 ausgegangen), VW: 900 000 Fahrzeuge, Volvo: 165 000 Fahrzeuge, Cupra: 4800 Fahrzeuge. Weitere Hersteller haben keine Zahlen angeführt (ADAC e.V., 2023, S. 3)

<sup>7</sup>Statistik des Statista Research Departments nach der in Deutschland zum 1.01.2023 ca. 48,76 Mio. Fahrzeuge zugelassen waren (Statista Research Department, 2024)

das 4G- bzw. 5G-Mobilfunknetz. Die Nutzung verschiedener Übertragungstechnologien führt - neben weiteren Unterschieden in der Implementierung - dazu, dass Informationen vielfach nur an Fahrzeuge der eigenen Marke übertragen werden. (ADAC e.V., 2023)

In Bezug auf die infrastrukturseitige Ausrüstung mit RSUs gibt das C2C-CC an, dass über 20 000 km Straßen in Europa mit C-ITS ausgestattet sind (CAR 2 CAR Communication Consortium, 2022, S. 7). Weitere Quellen, welche die Ausrüstung mit C-ITS zeigen sind interaktive Karten des Horizon 2020 Action ARCADE Projektes (o. V., 2024) und der Generaldirektion Mobilität und Verkehr der Europäischen Kommission (Europäische Kommission, 2024). In Deutschland werden straßenseitige C-ITS bislang nahezu ausschließlich in Testfeldern bzw. Reallaboren eingesetzt. Der „Testfeldmonitor“ der BASt, der 2021 erstellt wurde, verzeichnet eine Vielzahl an Projekten und Testfeldern, die Infrastruktur mit C-ITS ausgerüstet haben (BASt, 2021b). Zusätzlich hat die Autobahn GmbH angegeben, bis Ende 2023 alle Baustellenwarner mit C-ITS über 802.11p WLAN (DSRC) auszurüsten<sup>8</sup> (Autobahn GmbH, 2022).

In Bezug auf die Gesetzgebung kann die V2X Kommunikation insbesondere bei der Versendung von Warnungen und Signalisierungen verschiedene Bereiche verkehrsrechtlicher Anordnungen betreffen. Die *In-Vehicle Information Message* (IVI) dient bspw. zur Übertragung von Verkehrszeichen, die zumindest in analoger Form rechtlich bindend sind. Zum aktuellen Zeitpunkt existiert jedoch kein rechtlicher Rahmen für die Umsetzung der V2X Kommunikation in Europa, sodass die übertragenen Informationen lediglich der Redundanz dienen können (BMDV et al., 2022, 117f).

### Vernetzung als Grundlage für autonomes Fahren

Während für das AVP von Mercedes-Benz eine Kommunikation mit externer Infrastruktur unabdingbar ist (Tagesschau, 2022), spielt die Vernetzung in der Gesetzgebung für autonome Fahrzeuge nur eine untergeordnete Rolle. Autonome Fahrzeuge müssen laut dem KBA unter Berufung auf die AFGBV „grundsätzlich in der Lage sein die dynamische Fahraufgabe im angestrebten Betriebsbereich selbstständig und ohne Zurückgreifen auf eine intelligente Verkehrsinfrastruktur zu bewältigen“ (KBA, 2024). Vernetzungsfunktionen dienen lediglich zur Erhöhung des Komforts von FahrerInnen. In der Praxis existieren zur Notwendigkeit der Vernetzung von autonomen Fahrzeugen geteilte Meinungen. Auf der einen Seite zeigen aktuelle Projekte von Unternehmen wie Mobileye, dass autonomes Fahren auch ohne Vernetzung funktionieren kann (Metropolregion Hamburg, 2022, S. 50). Auf der anderen Seite kann die Kommunikation zwischen autonomen Fahrzeugen und der Infrastruktur bspw. dazu beitragen Geschwindigkeiten und Spurauswahl anzupassen (Metropolregion Hamburg, 2022, S. 15) sowie die Effizienz zu erhöhen (Martínez-Díaz und Soriguera, 2018, S. 277).

---

<sup>8</sup>Zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit liegen keine Informationen über den Fortschritt der Ausrüstung der Baustellenwarner mit C-ITS durch die Autobahn GmbH vor.

## **3 Stand der Forschung und Untersuchungskontext**

In diesem Kapitel wird der aktuelle Stand der Forschung zu Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren im autonomen und vernetzten Fahren erläutert. Anschließend wird die Landschaft der Testfelder und Reallabore für autonomes und vernetztes Fahren in Deutschland im Detail vorgestellt. Diese Erläuterung dient als Grundlage für das Verständnis der empirischen Untersuchung dieser Arbeit.

### **3.1 Stand der Forschung und Forschungslücke zu Kooperationen in digitalen Testfeldern und Reallaboren**

Im Rahmen dieser Arbeit werden Teilnahme- und Erfolgsfaktoren sowie innovationsfördernde Effekte von Kooperation in Testfeldern und Reallaboren untersucht. Auf Basis des Kontingenzmodells von Sydow (1992), das in Kapitel 2.2.1 eingeführt wurde, wird die nachfolgende Literaturanalyse in die Organisations-, Netzwerk- und Umweltebene aufgeteilt. Zunächst werden existierende empirische Arbeiten und Literaturübersichten zu Teilnahme- und Erfolgsfaktoren sowie Kooperationseffekten auf Ebene der Organisation und des Netzwerkes vorgestellt. Anschließend wird der Stand der Forschung zu Einflussfaktoren der Umwelt im autonomen und vernetzten Fahren, die auf den Innovationserfolg von Unternehmen wirken, vorgestellt.

#### **3.1.1 Einflussfaktoren auf Organisations- und Netzwerkebene**

Die nachfolgende Literaturanalyse fokussiert sich auf Einflussfaktoren in mehreren Kooperationsphasen (siehe Kapitel 2.2.1). Zunächst wird die relevante Literatur zu Einflussfaktoren auf die Teilnahmeentscheidung erläutert. Die anschließende Literaturanalyse zu Erfolgsfaktoren fokussiert sich auf empirisch identifizierte Charakteristiken von Kooperationen, die den Erfolg fördern oder hemmen können. Zur Identifikation innovationsfördernder Effekte der Kooperationen für Unternehmen, werden zuletzt empirische Arbeiten zu den Auswirkungen und Effekten von Kooperationen auf Unternehmen analysiert. Bedingt durch die geringe Anzahl an Literatur zu Testfeldern und zu Reallaboren aus der technisch orientierten Perspektive des BMWK, wird die gesamte Literatur zu Reallaboren inklusive der sozialwissenschaftlichen Perspektive mit einbezogen. Der Begriff Reallabor bezieht sich im Rahmen der Erläuterungen dieses Unterkapitels daher auf die sozialwissenschaftliche Definition (siehe Kapitel 2.3.2). Weiterhin werden Arbeiten zu interorganisationalen Kooperationen berücksichtigt, da in Testfeldern und Reallaboren diverse Akteure kooperieren (siehe Kapitel 2.3). In Tabelle 3.1 ist die analysierte Literatur zu Teilnahme-, Erfolgsfaktoren und Effekten von interorganisationalen Kooperationen chronologisch absteigend aufgeführt.

**Tabelle 3.1:** Teilnahme-, Erfolgsfaktoren und Effekte von interorganisationalen Kooperationen auf Organisations- und Netzwerkebene

Quelle	Kontext	Methodik	Teilnahme-, Erfolgsfaktoren und Effekte*
Savarit et al., 2023	Reallabor	Systematische Literaturübersicht	Effekte: Verifikation von Annahmen, Ideengenerierung, Wissensgewinn, Lernen, Produktpräsentation, Erreichen von KooperationspartnerInnen, Eintritt in ein Ökosystem
Tagliacruzchi et al., 2023	Reallabor	Fallstudie eines Reallabors	Teilnahmefaktoren: Persönliche Kontakte zu KooperationspartnerInnen (+) Erfolgsfaktoren: geteilte Führung (+), Konfliktmoderation (+), Aufgabenteilung (+)
Alexandrakis et al., 2022	Reallabor	Qualitative und quantitative Untersuchung mit Reallabormanagern	Effekte: Neuprodukte, Produktoptimierung, verringerte F&E-Kosten, Wissensgewinn, Prozessoptimierung, Ideengenerierung, Netzwerkbildung
Nguyen und Marques, 2022	Reallabor	Qualitative Untersuchung eines Reallabors	Teilnahmefaktoren: Konzeptwahrnehmung (+/-), Situation (+/-), Vorerfahrungen (+/-), technologische und kommerzielle Vorteile (+), Schaffen von gesellschaftlichem Mehrwert (+), direkter Kontakt zu EndanwenderInnen (+), zusätzliche Wertgenerierung (+) Erfolgsfaktoren: Schutz des Gedankenguts (-), fehlende Strategie (-), Rollenunsicherheit (-), ineffektive Kommunikation (-), ungleich verteiltes Engagement (-) Effekte: keine Skalierbarkeit über Kooperation hinaus (-)
D. Zhang et al., 2022	Interorganisationaler Kooperation	Interviews mit kooperierenden Organisationen	Teilnahmefaktoren: gesteigerte Projektperformanz (+), organisationale Vorteile (+), relationale Motive (+) Erfolgsfaktoren: ineffektive Kommunikation (-), Schutz des Gedankenguts (-)
Alves et al., 2021	Interorganisationaler Kooperation	Fallstudie eines Unternehmens	Erfolgsfaktoren: organisationaler Kontext (+), Teamführung (+), Durchführung und Steuerung (+), Teamstruktur (.), Teamprozesse (.)
van Waes et al., 2021	Reallabor	Qualitative Untersuchung von vier Reallaboren	Erfolgsfaktoren: Rollenunsicherheit (-), Konzeptunklarheit (-), fehlende finanzielle Ressourcen (-) Herausforderungen (-): gemeinsame Vision erschaffen, breite und tiefe Bindungen zwischen Akteuren, Lernprozesse verankern Effekte: unterschiedliche Erfolgsdefinition der Akteure
Molinari et al., 2021	Reallabor	Fallstudie eines Reallabors	Teilnahmefaktoren: Geschützte Umgebung für Wissensaustausch (+), informeller Austausch (+), Kontakt zu KooperationspartnerInnen (+) Kooperationsfaktor: Vertrauen in Organisation (+)
Rizzo et al., 2021	Reallabor	Literaturanalyse und Workshop zu einem Reallabor	Erfolgsfaktoren: Verwaltung des Reallabors (-), Finanzierung (-) Effekte: Generierung von Geschäftsmodellen (-)
Ballon et al., 2018	Reallabor	Interviews mit einem Forschungunternehmen	Teilnahmefaktoren: Wissens- und Kompetenzausbau (+), besseres Marktverständnis (+), Testen des Produkt-Markt Fits (+), direkter Kontakt zu EndanwenderInnen (+), Entwicklung eines Minimum Viable Product (+), Gewinnung neuer Finanzierung (+), Risikoreduktion während Produktentwicklung (+), Verbesserung des Produktes (+), neuer Markteintritt (+), Erhöhung des Umsatzes (+), Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit (+)
Puerari et al., 2018	Reallabor	Interviews mit staatlichen und wissenschaftlichen Akteuren in mehreren Reallaboren	Teilnahmefaktoren: Lernen (+), Innovation gesellschaftlicher Systeme (+), Reduzierung bürokratischer Hürden (+) Erfolgsfaktoren: intrinsische Motivation der Akteure (+), gemeinsame Ziele (+), Ortsbezug (+)

Quelle	Kontext	Methodik	Teilnahme-, Erfolgsfaktoren und Effekte*
Westerlund et al., 2018	Reallabor	Qualitative Dokumentenanalyse	Teilnahmefaktoren: Kostenreduzierung (+), Unterstützung in der Unternehmensentwicklung (+)
Leminen et al., 2017	Reallabor	Interviews mit Akteuren in mehreren Reallaboren	Effekte: Produktpräsentation (+), Entstehung neuer Arbeitsplätze (+)
Guimont und Lapointe, 2014	Reallabor	Online-Befragung von Unternehmen in Reallaboren	Teilnahmefaktoren: Reduktion der Entwicklungskosten (+), Unternehmenswachstum (+), Marktänderungen (+), Unterstützung des Managements (+), offene Unternehmenskultur (+), schnellere Entwicklung (+), Imageverbesserung (+), Zugang zu finanziellen Mitteln (+), „Not-Invented-Here“ Einstellung (-), Angst vor Auslagerung der F&E (-), ungenügende Ressourcen (-) Erfolgsfaktoren: Schutz des Gedankenguts (-) Effekte: schwierige Produktkommerzialisierung (-)
Sie et al., 2014	Interorganisationale Kooperation	eDelphi-Methode mit ExpertInnen	Erfolgsfaktoren: positive Einstellung (+), Diversität (-), offene Kommunikation (+), Einhalten von Terminen (+), Vertrauen (+)
Lang, 2013	Universitäts-Industrie Kooperationen	Literaturanalyse und quantitative Fallstudie	Teilnahmefaktoren: Absorptive Kapazität (+), Offenheit (+), Appropriabilität (+), zentralisierte F&E (+), Vertrauen (+), finanzielle Förderung (+), geografische Nähe (+) Erfolgsfaktoren: Erfahrung (+), Vertrauen (+), Managementunterstützung (+), Offenheit (+), Commitment (+), hohes Technologierisiko (-), lange Genehmigungsprozesse (-), Teilnehmeranzahl (-) Effekte: Produktentwicklung, Wissensgewinn, Patente, Kosteneinsparungen, Netzwerkerweiterung, Wachstum, Reputationssteigerung
Schwartz et al., 2012	F&E-Kooperationen	Quantitative Dokumentenanalyse	Erfolgsfaktoren: Akteurskonstellation (+/-), Finanzierung (+), geografische Nähe (-), Teilnahmeerfahrungen (-), Dauer (-), Kommerzialisierungsstrategie (-), Teilnehmeranzahl (-)

\* Die Wirkung der identifizierten Faktoren wird in positiv (+), negativ (-), sowohl positiv als auch negativ (+/-) und neutral bzw. keine Wirkungsrichtung (.) unterteilt. Die Angaben basieren auf beschriebenen Einflüssen in der zugehörigen Literatur.

### Einflussfaktoren auf die Teilnahme von Unternehmen an digitalen Testfeldern und Reallaboren

Die aufgeführte Literatur in Tabelle 3.1 zeigt erste Ansätze zur Erforschung der Einflussfaktoren auf die Entscheidung von Industrieunternehmen für oder gegen eine Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren. Dass die Teilnahmemotivation von Industrieunternehmen ein wichtiges Forschungsfeld ist, begründet sich laut Molinari et al. (2021, S. 6) darin, dass der Erfolg von Reallaboren abhängig von der Attraktivität für die Industrie ist, die Einbindung von Unternehmen in Reallabore jedoch schwierig ist (Guimont und Lapointe, 2014, S. 61; Gascó, 2017, S. 94; Nguyen und Marques, 2022, S. 1137).

Sowohl Nguyen und Marques (2022, S. 1162) als auch Ballon et al. (2018, S. 1208) nennen die Erwartungshaltung der Akteure als wesentlichen Einflussfaktor. Innerhalb der Erwartungshaltung existieren vielfältige Faktoren, die in der analysierten Literatur genannt werden. Das Wertangebot von Reallaboren für die KooperationspartnerInnen ist laut Molinari et al. (2021, S. 6) die Bereitstellung einer geschützten Umgebung für einen informellen Austausch und der Kontakt zu anderen KooperationspartnerInnen. Laut D. Zhang et al. (2022, S. 174) erwarten beteiligte Akteure von der Teilnahme in Reallaboren eine gesteigerte Projektperformanz, organisationale Vorteile und verfolgen relationale Motive, bspw. die Verfestigung oder Erweiterung des Netzwerkes. Als Erwartungen in Bezug auf das Produkt werden das Testen des Produkt-Markt-Fits, Finden von Anwendungs-

möglichkeiten des Produkts und die schnellere Entwicklung von Produkten oder die Entwicklung eines Minimum Viable Produkts genannt (Guimont und Lapointe, 2014, S. 56, Ballon et al., 2018, S. 1208). Weitere Faktoren, die sich positiv auf die Einstellung zur Teilnahme auswirken, sind der erwartete Kontakt zu KooperationspartnerInnen (Guimont und Lapointe, 2014, S. 56), der Abbau von Bürokratie durch den Eintritt in ein Netzwerk (Puerari et al., 2018, S. 9), die Imageverbesserung (Guimont und Lapointe, 2014, S. 56), die erwartete Kostenreduktion (Westerlund et al., 2018, S. 54), der Zugang zu finanziellen Mitteln (Guimont und Lapointe, 2014, S. 56) sowie die Weiterentwicklung des Unternehmens (Westerlund et al., 2018, S. 54). Ballon et al. (2018, S. 1208) nennen darüber hinaus als kurzfristige Erwartungen den Wissensgewinn und die Risikoreduktion sowie den Kontakt zu EndkundInnen. Mittelfristige bzw. langfristige Erwartungen sind Markteintritte, die Erhöhung des Umsatzes und der Aufbau eines strategischen Wettbewerbsvorteils (Ballon et al., 2018, S. 1208).

In Bezug auf die situativen Unternehmensfaktoren, denen auch Nguyen und Marques (2022) eine hohe Relevanz zuschreiben, werden eine offene Unternehmenskultur (Lang, 2013, S. 58; Guimont und Lapointe, 2014, S. 31), demokratische Entscheidungsprozesse, die absorptive Kapazität und Appropriabilität<sup>1</sup> sowie die Existenz einer zentralen F&E-Abteilung als treibende Faktoren genannt (Lang, 2013, S. 31). Weiterhin nennt Lang (2013, S. 31), der Universitäts-Industrie Kooperationen untersucht, netzwerkbezogene Faktoren, wie die geografische Nähe, das Vertrauen und die finanziellen Anreize, die sich positiv auf die Teilnahmeentscheidung auswirken. Ein zusätzlicher positiver Einflussfaktor auf die Teilnahmeentscheidung können bestehende Kontakte zu KooperationspartnerInnen sein (Tagliazucchi et al., 2023, S. 18). Unternehmensbezogene Faktoren, die sich negativ auf die Teilnahmeentscheidung auswirken können, sind fehlende Ressourcen und das sogenannte „Not-invented-here“ Syndrom (Guimont und Lapointe, 2014, S. 61). Etwaige Vorerfahrungen, die Unternehmen in Kooperationen gemacht haben, können sich je nach Ausprägung positiv oder negativ auf die Teilnahmeentscheidung auswirken (Nguyen und Marques, 2022, S. 1132).

Während Nguyen und Marques (2022) und Guimont und Lapointe (2014) sich in ihrer Analyse auf ein Reallabor und die beteiligten Akteure beziehen, fokussieren sich Ballon et al. (2018) auf ein Forschungsunternehmen, das in mehreren Reallaboren beteiligt war und diese untersucht hat. Ein konkreter Fokus auf die Teilnahmemotive von Industrieunternehmen bleibt in der analysierten Literatur aus. So erwähnen auch Nguyen und Marques (2022, S. 1139) die Notwendigkeit weitere Forschung insbesondere zur Perspektive von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Die Literaturanalyse zeigt eine Forschungslücke in Bezug auf die Teilnahmemotive von Unternehmen in Reallaboren. Neben generischen Teilnahmemotiven fehlt ebenfalls die Betrachtung der Entscheidungskriterien verschiedener Reallabore und möglicher Gründe für die Teilnahme in einem speziellen Reallabor. Zu den Einflussfaktoren für die Entscheidung zur Teilnahme an Testfeldern oder technisch orientierten Reallaboren im Sinne der Definition des BMWK existiert keine Literatur. Die aufgezeigte Forschungslücke zeigt die Relevanz der weiteren Untersuchung der Forschungsfrage *Was sind Einflussfaktoren auf die Teilnahme von Unternehmen an Testfeldern und Reallaboren?* auf.

---

<sup>1</sup>Appropriabilität beschreibt die Fähigkeit einer Unternehmung, Ergebnisse einer Kooperation zu schützen und nur für den eigenen Vorteil nutzbar zu machen (Lang, 2013, S. 34)

### **Einflussfaktoren auf den Erfolg der Kooperation von Unternehmen in digitalen Testfeldern und Reallaboren**

Die analysierte Literatur nennt eine Vielzahl an Faktoren, die Kooperationen charakterisieren und sich auf diese auswirken können. Zu Kooperationen zwischen Industrieunternehmen und Universitäten beschreiben Alves et al. (2021, S. 648) die Faktoren organisationaler Kontext, Teamführung, Durchführung und Steuerung der Kooperation sowie Teamstruktur und Teamprozesse. Sie et al. (2014, S. 382) fokussieren sich auf Einflussfaktoren auf Kooperationen in Innovations- oder Wissens-Netzwerken und teilen die von ExpertInnen generierten Faktoren in die vier Kategorien Persönlichkeit und Motivation, Diversität, effektive Kooperation bzw. Management und zwischenmenschliche Beziehungen ein. Den Einfluss von Projektcharakteristika auf den Innovationserfolg in staatlich geförderten Forschungs- und Entwicklungskooperationen erforschen Schwartz et al. (2012, S. 366) in ihrer Arbeit. Als Einflussfaktoren nennen sie die Zusammensetzung der InnovationspartnerInnen und die Teilnahmeerfahrungen, die Höhe der Finanzierung sowie die geografische Nähe. Lang (2013, S. 58) nennt als positiv einfließende Faktoren die bestehende Erfahrung mit Kooperationen im Unternehmen, das Vertrauen zwischen den Akteuren (Industrie und Universität) und die Unterstützung durch das Top-Management. Überdies können sich laut Lang (2013) auch die Offenheit des Unternehmens und das Commitment aller Beteiligten positiv auf den Kooperationserfolg auswirken. Negativ wirken sich laut Lang (2013) lange Genehmigungszeiten und eine hohe Anzahl an Teilnehmenden aus. Weiterhin kann ein hohes Technologierisiko, bspw. bei Produkten in einem sehr frühen oder sehr späten Entwicklungsstadium, nachteilig sein (Lang, 2013, S. 58).

Testfelder und Reallabore stellen eine Sonderform aus Industrie-Universitätskooperation, Innovationsnetzwerken und geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojekten dar. Die Arbeiten von Schwartz et al. (2012), Lang (2013), Sie et al. (2014) und Alves et al. (2021) zu den genannten Kooperationsformen bilden daher eine Basis für die Betrachtung der Einflussfaktoren auf die Kooperation in Testfeldern und Reallaboren.

Im Kontext von Reallaboren existiert ebenfalls Literatur zu den Erfolgsfaktoren der Kooperation. Als positive Faktoren werden Vertrauen, eine klare Strategie und die intrinsische Motivation der Teilnehmenden festgehalten (Puerari et al., 2018, S. 11; Molinari et al., 2021, S. 6; Nguyen und Marques, 2022, S. 1134). Weiterhin können der Ortsbezug des Reallabors, sodass für die beteiligten Akteure ein fester Ort mit der Innovation verbunden werden kann, und gemeinsame Ziele der beteiligten KooperationspartnerInnen einen positiven Einfluss auf den Kooperationserfolg haben (Puerari et al., 2018, S. 12). In Bezug auf die Zusammenarbeit nennen Tagliazucchi et al. (2023, S. 17) den positiven Einfluss einer geteilten Führung, einer Konfliktmoderation und der gleichen Verteilung von Aufgaben. Als negative Einflussfaktoren werden unter anderem Herausforderungen wie die Rollenunsicherheit, eine fehlende Strategie und ungleich verteiltes Engagement beschrieben (Nguyen und Marques, 2022, S. 1134). Weitere Barrieren des Kooperationserfolges können ineffektive Kommunikation und die Herausforderung des Schutzes des geistigen Eigentums sein (D. Zhang et al., 2022, S. 173; Nguyen und Marques, 2022, S. 1134). Rizzo et al. (2021, S. 1750) nennen zudem die Herausforderung der Finanzierung und der Verwaltung als negativen Einflussfaktor in Reallaboren. Weiterhin zeigen van Waes et al. (2021, S. 8) in ihrer Untersuchung von vier Reallaboren Herausforderungen in Bezug auf die Vision, das Netzwerk der Akteure und das Lernen auf. Als zentrale Herausforderungen während der Kooperation nennen sie die Generierung einer gemeinsamen Vision, das Herstellen von festen Bindungen mit hohem Engagement und die Verankerung von Lernprozessen. Überdies zeigen die Ergebnisse von van Waes et al. (2021, S. 8) den

negativen Einfluss der Konzeptunklarheit in Reallaboren, der Rollenunsicherheit beteiligter Akteure und fehlender finanzieller Ressourcen auf den Kooperationserfolg.

Der Großteil der Literatur ist als Fallstudie eines einzelnen oder einer geringen Zahl an Reallaboren (bspw. fünf bei Puerari et al. (2018) oder vier bei van Waes et al. (2021)) umgesetzt, wodurch die Übertragbarkeit der identifizierten Faktoren auf andere Reallabore und Industriezweige eingeschränkt sein kann. Darüber hinaus existiert für die Einflussfaktoren während der Kooperation in Reallaboren kein übergreifendes Modell, sondern lediglich eine Vielzahl an einzelnen Faktoren. Zu Kooperationen in Testfeldern und technisch orientierten Reallaboren existiert keine Literatur. Diese Forschungslücke bestätigt die Relevanz der weiteren Untersuchung der Einflussfaktoren auf die Kooperation in Testfeldern und Reallaboren und leitet die Forschungsfrage *Was sind Einflussfaktoren auf den Kooperationserfolg in Testfeldern und Reallaboren?* her. Die vorgestellten Erfolgsfaktoren ähnlicher Kooperationsformen dienen als Ansatz für die weitere Analyse.

### **Effekte der Kooperation von Unternehmen in digitalen Testfeldern und Reallaboren**

Zur Untersuchung der Effekte auf kooperierende Unternehmen in Testfeldern und Reallaboren ist weiterhin der aktuelle Forschungsstand zu Kooperationseffekten zu analysieren. Ein möglicher Effekt, der von Schwartz et al. (2012, S. 360) im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten genannt wird, ist die Steigerung des Innovationserfolges von Unternehmen, welcher jedoch nicht weiter ausgeführt wird. Im Kontext von Universitäts-Industrie Kooperationen werden die Weiterentwicklung des Produktes, der Wissensgewinn, die Generierung von Patenten und Kosteneinsparungen genannt (Lang, 2013, S. 53). Weiterhin nennt Lang (2013, S. 53) die Erweiterung des Netzwerkes, das Unternehmenswachstum und die Reputationssteigerung als positive Effekte der Kooperation.

Die Literatur liefert zudem erste Erkenntnisse zu den Effekten von Reallaboren auf die KooperationspartnerInnen. Alexandrakis et al. (2022, S. 14–15) untersuchen in ihrer Arbeit die Auswirkungen auf die Innovationsergebnisse, -aktivitäten, -fähigkeiten und den Wissensaustausch von KMU. Aufgrund der kleinen Stichprobe in der von ihnen durchgeführten qualitativen Untersuchung und der geringen Beteiligung an der nachfolgenden quantitativen Untersuchung konnten keine signifikanten Effekte der Teilnahme auf die Innovationsperformanz gemessen werden. Savarit et al. (2023, S. 23) geben an, dass die Teilnahme an einem Reallabor zu einem Wissensgewinn führt, der die Geschäftsmodellinnovation beeinflussen kann. Weitere Effekte der Teilnahme sind die Produktpräsentation (Leminen et al., 2017, S. 30; Savarit et al., 2023, S. 24), das Erreichen von neuen KooperationspartnerInnen (Savarit et al., 2023, S. 23–24) und der Eintritt in ein Ökosystem, das mit zukünftigen Vorteilen im Entwicklungsprozess in Verbindung gebracht wird (Savarit et al., 2023, S. 24). Als unerwarteten Effekt nennen Leminen et al. (2017, S. 30) zudem die Entstehung neuer Arbeitsplätze im Unternehmen. Nguyen und Marques (2022, S. 1132) halten als wahrgenommene Auswirkungen überdies die Reputationssteigerung des Unternehmens sowie die Steigerung des Bekanntheitsgrades der gesamten Branche in der öffentlichen Wahrnehmung fest. Der Effekt bzw. Erfolg einer Kooperation in einem Reallabor kann jedoch auch gemindert werden. Insbesondere die mangelnde Skalierbarkeit von entwickelten Geschäftsmodellen und die schwierige Produktkommerzialisierung sind Faktoren, die mehrfach genannt werden (Guimont und Lapointe, 2014, S. 56; Rizzo et al., 2021, S. 1748). Zudem erwähnen van Waes et al. (2021, S. 7), dass insbesondere Unternehmen und Forschungsinstitutionen eine unterschiedliche Erfolgsdefinition haben. Im Gegensatz zu Unternehmen können Forschungsinstitutionen selbst gescheiterte Projekte in Reallaboren

als Lernerfolg ansehen.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Literatur bereits einige Ansätze zur Beschreibung der Effekte durch die Teilnahme an Reallaboren liefert. Jedoch wurde in der analysierten Literatur keine umfassende Untersuchung mehrerer Akteure in verschiedenen Reallaboren durchgeführt. Die Forschung konzentriert sich entweder auf ein Unternehmen bzw. ein Reallabor oder weist, wie in der Arbeit von Alexandrakis et al. (2022), eine geringe Stichprobengröße auf. Alexandrakis et al. (2022) halten weiterhin fest, dass die von ihnen verwendete quantitative Methodik aufgrund der Unterschiedlichkeit der Unternehmen und Reallabore nicht angemessen ist und schlagen eine weitere qualitative Untersuchung der Effekte von Reallaboren mit einer größeren Stichprobe vor. In Bezug auf Testfelder und technisch orientierte Reallabore existiert im Kontext der Effekte auf kooperierende Unternehmen ebenfalls keine Literatur. Diese Erkenntnis leitet zur dritten Forschungsfrage dieser Arbeit *Welche innovationsfördernden Effekte hat die Kooperation in Testfeldern und Reallaboren für Unternehmen?* über.

### 3.1.2 Einflussfaktoren auf Umweltebene

Der Untersuchungskontext dieser Arbeit sind Testfelder und Reallabore für autonomes und vernetztes Fahren. Autonomes und vernetztes Fahren sind technologische Innovationen, die zu Veränderungen in der Gesellschaft führen werden (Schepis et al., 2023, S. 4; McKinsey & Company, 2023, S. 2) und sich im Gegensatz zu Carsharing und Elektrifizierung noch weitgehend im Entwicklungsstadium befinden (BMWK, 2022; Bundesverband CarSharing, 2024). In Deutschland spielen Testfelder und Reallabore zur Förderung des Innovationserfolges von Unternehmen im autonomen und vernetzten Fahren eine zentrale Rolle (EU- und EFTA-Verkehrsministerinnen und Verkehrsminister, 2020, S. 10; Cluster Verkehr, Mobilität und Logistik Berlin Brandenburg, 2021, S. 2). Zur Untersuchung der Innovationsförderung durch Testfelder und Reallabore, wird eine Literaturanalyse zu aktuellen Einflussfaktoren der Umwelt auf den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren vorgenommen. Die Einflussfaktoren der Umwelt stellen überdies exogene Einflussfaktoren auf die Kooperationsentscheidung von Unternehmen dar und sind daher in dieser Arbeit zu betrachten (vgl. Zentes und Schramm-Klein (2003) in Kapitel 2.2.1).

In Tabelle 3.2 ist die analysierte Literatur zu Faktoren, die Innovationen im Bereich des autonomen und vernetzten Fahrens beeinflussen, chronologisch absteigend dargestellt. In der analysierten Literatur werden verschiedene Kategorisierungen für Treiber und Barrieren vorgenommen. Bspw. teilen Bezai et al. (2021) in technische, gesellschaftliche, rechtliche und städtische Barrieren auf, während Cavazza et al. (2019) Einflussfaktoren in die Dimensionen Technologie und Innovation, gesellschaftliches und politisches Umfeld, KundInnen und Markt sowie Infrastruktur aufteilen. In der Literaturanalyse dieser Arbeit werden die identifizierten Umweltfaktoren anhand des PESTEL-Frameworks eingeordnet, da auch Zentes und Schramm-Klein (2003) exogene Faktoren im Kooperationskontext in Anlehnung an das PESTEL-Framework einteilen (siehe Kapitel 2.2.1). Die Faktoren Recht und Politik werden aufgrund der engen Verknüpfung (bspw. in Bezug auf Gesetzgebung) verbunden. Die ökologische Dimension wird aufgrund der geringen Erwähnung in der analysierten Literatur zusammen mit anderen, nicht zuordenbaren Einflüssen am Schluss genannt.

**Tabelle 3.2:** Einflussfaktoren der Umwelt auf den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren

Quelle	Kontext	Methodik	Einflussfaktoren*
Fagerholt et al., 2023	Autonomes und vernetztes Fahren	ExpertInnen-interviews und Workshops	Fehlende Ressourcen (-), geringe Technologiereife (-), politische Steuerung (-), Gesetzgebung (-), Datenschutz (-), Kompetenz (+), Kooperationen (+)
Schweitzer et al., 2022	Autonomes Fahren	Interviews mit Unternehmen	Fehlende rechtliche Rahmenbedingungen für Erprobung (-), offene Haftungsfragen (-), veraltete Regulationen (-), hohe Technologiereife (+), politischer Wille (+), Mediensichtbarkeit (+), informeller Austausch (+)
Schepis et al., 2023	Autonomes Fahren	Interviews mit verschiedenen Stakeholdergruppen	Abhängigkeit von Effizienz der Behörden und Gesetzgebung (-)
Bratzel, 2022	Autonomes Fahren	Quantitative KonsumentInnenbefragung	Altersdurchschnitt (-), generelle Unsicherheit (-), Angst vor Hacker-Angriffen und Unfällen (-), hohe Anschaffungskosten (-)
Y. Zhang und Karmargianni, 2022	Autonomes Fahren	Systematische Literaturübersicht	Geschlecht (-), Fahrzeugbesitz (-), Wohnform (-), Alter (-), Einkommen (-), Nationalität (-) und Religion (-), Mobilitätsverhalten (+/-), Technologieaffinität (+) und wahrgenommener Nutzen (+)
Bezai et al., 2021	Autonomes Fahren	Systematische Literaturübersicht	Hohe Kosten (-), Datenschutz (-), Informations- und Kommunikationstechnologie (+/-), Technologienutzen / Usability (+)
Grote und Röntgen, 2021	Autonomes Fahren	Projektergebnisse	Hohe Investitionskosten (-), Einsparung Fahrpersonal (+)
Alawadhi et al., 2020	Autonomes Fahren	Systematische Literaturübersicht	Technische Reife (-), Verfügbarkeit der Infrastruktur (-) rechtliche Voraussetzungen (-), Kosten (+/-), Marketing (+), Vertrauen (+), Akzeptanz (+)
Mallozzi et al., 2019	Autonomes Fahren	Systematische Literaturübersicht	Unvollständige Trainingsdaten (-), veraltete Standards (-), unvollständige Regulierungen (-), Haftungsunsicherheit (-), Versicherungsunklarheit (-), Ethik (-), Akzeptanz (+), Vertrauen (+), Kosteneinsparungen (+)
Bruckes et al., 2019	Autonomes Fahren	Quantitative KonsumentInnenbefragung	Institutionelles Vertrauen (+)
Fagnant und Kockelman, 2015	Autonomes Fahren	Qualitative Dokumentenanalyse	Unklarheiten Versicherung / Haftung (-), hohe Kosten der Fahrzeuge (-), Akzeptanz (+/-), Sicherheit (Security) (+/-), Privacy (+/-)

\* Die Wirkung der identifizierten Faktoren wird in positiv (+), negativ (-), sowohl positiv als auch negativ (+/-) und neutral bzw. keine Wirkungsrichtung (-) unterteilt. Die Angaben basieren auf beschriebenen Einflüssen in der zugehörigen Literatur.

Als politische und rechtliche Einflussfaktoren werden zum einen Herausforderungen in der aktuellen Gesetzgebung, wie die Erfüllung von Datenschutzregelungen (Fagerholt et al., 2023, S. 7), und zum anderen bestehende Unklarheiten bspw. über Haftungsfragen, Versicherungen und Cybersicherheit genannt (Fagnant und Kockelman, 2015, S. 10; Mallozzi et al., 2019, S. 363; Alawadhi et al., 2020, S. 1076; Bezai et al., 2021, S. 14; Schweitzer et al., 2022, S. 469). Datenschutzregulierungen werden von den befragten ExpertInnen in der Arbeit von Fagerholt et al. (2023, S. 7) im Allgemeinen als neutraler Einflussfaktor angegeben, während die restriktive Anwendung dieser Regulierungen eine Barriere für die Entwicklungen darstellen kann. Gesetzliche Regulierungen können

bei Unklarheiten, Lücken und fehlender Aktualität als Barriere, bei Klarheit und Transparenz jedoch auch als Treiber für Entwicklungen im autonomen und vernetzten Fahren wirken (Fagerholt et al., 2023, S. 7). Das Gesetz zum autonomen Fahren in Deutschland (siehe Abschnitt 2.4.1) wird als wesentlicher Meilenstein für Innovationen im Bereich des autonomen und vernetzten Fahrens angesehen (Servou et al., 2022, S. 5; Kriebitz et al., 2022, S. 2). Ein weiterer Aspekt, der die Gesetzgebung beeinflussen kann, sind moralische bzw. ethische Aspekte des autonomen Fahrens (Mallozzi et al., 2019, S. 364; Bezaï et al., 2021, S. 29–30). Als weiteren, negativen Einflussfaktor nennen Schepis et al. (2023, S. 4) die Abhängigkeit der Industrie und Wissenschaft von Prozessen in Behörden und Gesetzgebung. Lange Bearbeitungszeiten und komplexe behördliche Prozesse können so den Entwicklungsfortschritt verlangsamen. Ein treibender Faktor ist laut Schweitzer et al. (2022, S. 470–471) der politische Wille und die Akzeptanz der Technologie.

Innerhalb der sozio-kulturellen Dimension spielt insbesondere die gesellschaftliche Akzeptanz der Technologie eine wesentliche Rolle für den Innovationsfortschritt (Mallozzi et al., 2019, S. 363; Bezaï et al., 2021, S. 24). Bratzel (2022, S. 1) gibt das Alter als relevanten Einflussfaktor für die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge an. Auch Y. Zhang und Kamargianni (2022, S. 14) nennen das Alter, neben weiteren soziodemografischen Kriterien wie dem Geschlecht, dem Fahrzeugbesitz und dem Einkommen, als Einflussfaktor für die Akzeptanz des autonomen Fahrens. Die fehlende Akzeptanz ist laut Bratzel (2022, S. 1) vor allem durch eine Unsicherheit gegenüber der Technologie, Angst vor Hacker-Angriffen und hohe Anschaffungskosten begründet. Hohe Anschaffungskosten sowie mangelndes Technologievertrauen nennen auch Alawadhi et al. (2020, S. 1076). Fagnant und Kockelman (2015, S. 11) listen ebenfalls Unsicherheiten in Bezug auf Hacker-Angriffe und den Datenschutz auf, die eine geringe Akzeptanz begründen können. Bezaï et al. (2021, S. 24) erwähnen die Faktoren Wahrnehmung der Sicherheit und Verlässlichkeit, die Nutzbarkeit von Fahrzeugen und verbundenen Diensten sowie die Kosten als zentrale Aspekte der Nutzerakzeptanz. Weitere Faktoren, welche die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge beeinflussen, sind das bisherige Mobilitätsverhalten, bspw. Erfahrungen mit Carsharing, sowie Nationalität und Religion (Y. Zhang und Kamargianni, 2022, S. 14). Zur Herstellung eines initialen Vertrauens in neue Technologien wie autonomes Fahren ist laut Bezaï et al. (2021, S. 24) institutionelles Vertrauen, also die positive Bewertung der Technologie durch öffentliche Institutionen, von entscheidender Bedeutung. Das institutionelle Vertrauen kann als Einflussfaktor an der Schnittstelle zwischen politischer und gesellschaftlicher Dimension angesehen werden. Zur Steigerung der Akzeptanz in der Gesellschaft wird Marketing als ein wesentlicher positiver Einflussfaktor angesehen (Alawadhi et al., 2020, S. 1076; Schweitzer et al., 2022, S. 470).

Als technologischer Einflussfaktor wird vor allem die technische Reife der Funktionen genannt (Fagerholt et al., 2023, S. 7). Während Fagerholt et al. (2023, S. 7) die Technologiereife als Barriere ansehen, wird sie von Schweitzer et al. (2022, S. 470) als positiver Einflussfaktor angeführt. Bezaï et al. (2021, S. 31) gehen in der technologischen Dimension auf die Herausforderungen der IKT, insbesondere die hochgenaue Positionierung und Navigation, Kommunikationssysteme (V2X) und Hardware- bzw. Softwarelimitationen, ein. Weiterhin nennen Alawadhi et al. (2020, S. 1077) die technische Reife des Fahrzeuges und die Verfügbarkeit von Infrastruktur als Einflussfaktor. Alawadhi et al. (2020, S. 1077) geben überdies an, dass eine höhere Reife der Fahrzeugtechnologie und optimierte Infrastruktur in Bezug auf Vernetzung und digitale Verkehrszeichen erforderlich seien. Mallozzi et al. (2019, S. 362) und Fagerholt et al. (2023, S. 8) nennen darüber hinaus die Komplexität der benötigten Software sowie die zunehmende Relevanz von Daten für das Trainieren neuronaler Netze bei gleichzeitigem Mangel an qualitativ hochwertigen Trainingsdaten als Herausforderung. Überdies werden veraltete und fehlende technische Standards als Barriere für die Einführung au-

tonomer und vernetzter Fahrfunktionen erwähnt (Mallozzi et al., 2019, S. 362).

Auch in der ökonomischen Dimension existiert eine Vielzahl von Einflussfaktoren, die Entwicklungen im autonomen und vernetzten Fahren vorantreiben oder verlangsamen. Als wesentliche Barriere für die Einführung autonomer und vernetzter Fahrzeuge werden die hohen Kosten genannt, die sich durch die Verwendung teurer Sensoren ergeben (Fagnant und Kockelman, 2015, S. 10; Fagerholt et al., 2023, S. 8). Während insbesondere in den USA Technologiekonzerne nahezu unbegrenzte finanzielle Mittel für die Erprobung und Einführung des autonomen Fahrens aufwenden können, stellen die hohen Investitionen für deutsche OEMs eine Hürde dar (Anduschus et al., 2023, S. 15). Die hohen Kosten für autonome Fahrzeuge hemmen darüber hinaus laut Bezaï et al. (2021, S. 24) und Fagerholt et al. (2023, S. 9) die Nachfrage von EndanwenderInnen. Weiterhin sind laut Fagerholt et al. (2023, S. 9) die beschränkten personellen Ressourcen in Unternehmen eine Barriere für den Entwicklungsfortschritt. Ein treibender Faktor, der angeführt wird, sind steigende Kosten für Fahrpersonal im Bus- oder Taxibetrieb (Grote und Röntgen, 2021, S. 21–23). Auch im Güterverkehr können hohe Kosten für Fahrpersonal ein Anreiz zur zunehmenden Automatisierung der Fahrzeuge sein (Mallozzi et al., 2019, S. 350). Ebenfalls zur ökonomischen Dimension gehört die Transformation der Wertschöpfungskette, die sich im Rahmen der Einführung des autonomen Fahrens vollziehen wird und ein Treiber der Entwicklungen sein kann (Grote und Röntgen, 2021, S. 71).

Neben den politisch-rechtlichen, sozio-kulturellen, technologischen und ökonomischen Faktoren werden in der analysierten Literatur weitere übergreifende Einflussfaktoren genannt. Angesichts knapper personeller Ressourcen in Unternehmen, werden Kooperationen zwischen verschiedenen Akteuren in der Branche als zentraler positiver Einflussfaktor angesehen (Fagerholt et al., 2023, S. 7). Schweitzer et al. (2022, S. 471) und Fagerholt et al. (2023, S. 7) weisen in diesem Kontext vor allem auf die Relevanz von informellen Austausch hin, da formelle Kooperationen mit einem hohen Koordinationsaufwand einhergehen können.

Zusammenfassend zeigt sich, dass in der Literatur bereits viele Einflussfaktoren auf den Innovationserfolg von Unternehmen im autonomen und vernetzten Fahren in Deutschland dargelegt werden. Ein Großteil der Forschung fokussiert sich auf die Technologie und die Markteinführung, lässt jedoch die Unternehmensperspektive in Bezug auf den Innovationserfolg und den Einfluss der Umweltfaktoren auf die Kooperationsentscheidung aus. Schweitzer et al. (2022) fokussieren sich bei der qualitativen Untersuchung zwar auf deutsche Unternehmen, analysieren jedoch lediglich politische und rechtliche Einflussfaktoren. Eine Übersicht aller Faktoren des PESTEL-Frameworks, die aus Unternehmensperspektive den Innovationserfolg beeinflussen, liegt nicht vor. Die Literaturanalyse zeigt weiterhin, dass in Europa und in Deutschland vielfältige Barrieren für die Einführung autonomer und vernetzter Technologien vorliegen, wodurch ein geringerer Innovationserfolg von Unternehmen begründet sein kann. Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren können eine Möglichkeit zur Verringerung einzelner Barrieren sein. Zur Analyse von Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren, sind daher ebenfalls die Unternehmensperspektive auf aktuelle Einflussfaktoren in der Branche des autonomen und vernetzten Fahrens und daraus abgeleitete Kooperationsmotive zu untersuchen. Für die empirische Untersuchung ergibt sich daher die Forschungsfrage *Was sind Einflussfaktoren der Umwelt auf den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren und wie wirken sich diese auf Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren aus?*

### 3.1.3 Forschungslücke zu Kooperationen in digitalen Testfeldern und Reallaboren

Die Literaturanalyse in Kapitel 3.1.1 und 3.1.2 zeigt, dass die bestehende Literatur kein umfassendes Bild der Einflussfaktoren auf die Teilnahmeentscheidung und den Kooperationserfolg sowie der Kooperationseffekte für Unternehmen in Testfeldern und Reallaboren im autonomen und vernetzten Fahren liefert.

Auf der Organisationsebene (siehe Kapitel 3.1.1) betrachten lediglich wenige Arbeiten Unternehmen als Akteure in Reallaboren oder ähnlichen Kooperationsformen, wodurch eine Forschungslücke in Bezug auf die Perspektive von Unternehmen erkennbar ist. Auch Gascó (2017) und Nguyen und Marques (2022) kommen zu dem Schluss, dass weitere qualitative Forschung in Bezug auf Unternehmen in Reallaboren notwendig ist. Weiterhin ist in Bezug auf die Teilnahmeentscheidung zu erwähnen, dass die analysierte Literatur lediglich Organisationen berücksichtigt, die in den untersuchten Kooperationsformen teilnehmen, wodurch der Großteil der identifizierten Einflussfaktoren sich positiv auf die Teilnahmeentscheidung auswirkt. Zur weiteren Untersuchung von Teilnahme-faktoren ist daher insbesondere die Analyse unterschiedlicher Perspektiven von Unternehmen sowohl mit als auch ohne Teilnahmeabsicht notwendig. Darüber hinaus wird bei der Betrachtung des Kooperationserfolges bzw. der Effekte der Kooperation kein Bezug zu den verschiedenen Dimensionen des Innovationserfolges (siehe Kapitel 2.1) hergestellt.

Auf Netzwerkebene (siehe Kapitel 3.1.1) werden in der analysierten Literatur die Teilnahme, der Erfolg sowie die Effekte von Kooperationen häufig lediglich in einem Netzwerk untersucht. Unterschiede zwischen einzelnen Netzwerken als Kriterium bspw. für die Teilnahmeentscheidung in einem konkreten Netzwerk werden nicht betrachtet.

Auf Ebene der Netzwerkwelt (siehe Kapitel 3.1.2) werden in der analysierten Literatur Einflussfaktoren der Branche des autonomen und vernetzten Fahrens auf den Entwicklungsfortschritt betrachtet. Die Literatur zeigt verschiedene Treiber und Barrieren der PESTEL-Dimensionen auf, stellt jedoch keinen Bezug zu Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren her. Zur Analyse der exogenen Einflussfaktoren der Umwelt auf die Kooperationsentscheidung und den Innovationserfolg durch Kooperationen, ist eine Verknüpfung der Faktoren der Umwelt mit dem Netzwerk erforderlich (vgl. Zentes und Schramm-Klein (2003) in Kapitel 2.2.1). Weiterhin ist festzuhalten, dass in Bezug auf den Untersuchungskontext der Testfelder und technisch orientierten Reallabore (siehe Kapitel 2.3.2) keine Forschung existiert. Zusammenfassend ist eine Forschungslücke zu Teilnahme- und Erfolgsfaktoren sowie zu innovationsfördernden Kooperationseffekten von Testfeldern und Reallaboren im autonomen und vernetzten Fahren erkennbar. Diese Arbeit soll einen Beitrag zur Beantwortung der folgenden, in der Literaturanalyse hergeleiteten Forschungsfragen liefern:

- Was sind Einflussfaktoren der Umwelt auf den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren und wie wirken sich diese auf Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren aus?
- Was sind Einflussfaktoren auf die Teilnahme von Unternehmen an Testfeldern und Reallaboren?
- Was sind Einflussfaktoren auf den Kooperationserfolg in Testfeldern und Reallaboren?
- Welche innovationsfördernden Effekte hat die Kooperation in Testfeldern und Reallaboren für Unternehmen?

### 3.2 Untersuchungskontext der digitalen Testfelder und Reallabore im autonomen und vernetzten Fahren

Als Grundlage für das Verständnis der empirischen Untersuchung dieser Arbeit, wird nachfolgend der Untersuchungskontext der Testfelder und Reallabore im autonomen und vernetzten Fahren erläutert. Der Untersuchungskontext dieser Arbeit befasst sich mit Testfeldern und Reallaboren nach der Definition des BMDV und des BMWK (siehe Kapitel 2.3.1 bzw. 2.3.2). In Deutschland sind diese Testfelder und Reallabore ein Bestandteil der politischen Förderprogramme. Politische Förderprogramme werden von Ministerien auf Landes- und Bundesebene sowie von europäischen Institutionen initiiert und dienen zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen auf Basis von wissenschaftlicher Evidenz (Korte, 2023, S. 24).

Testfelder sind lediglich im Kontext von Mobilitätsanwendungen, bspw. im wasser- oder straßengebundenen Verkehr zu finden (BMDV, 2020; BMDV, 2021b). In Deutschland gibt es aktuell über 25 Testfelder für autonomes und vernetztes Fahren (Creß et al., 2023, S. 6). Laut den Ergebnissen des Forschungsprojektes KoTAM ist ein Großteil der Testfelder initial durch Fördermittel finanziert (DLR Institut für Verkehrssystemtechnik, nicht veröffentlicht). Fördergebende Institutionen sind Bundesministerien wie das BMDV und das BMWK, Landesministerien sowie Europäische Institutionen. Bedingt durch den umfangreichen Aufbau spezieller straßenseitiger Infrastruktur, sind Testfelder zumeist auf eine längerfristige Nutzung durch Forschungs- oder Industrieprojekte ausgelegt. Ein Großteil der Testfelder wird durch Universitäten, Forschungsinstitutionen oder kommunale Akteure betrieben. Diese Testfeldbetreiber dienen als zentrale Ansprechstelle des Testfeldes und sind für die Akquise neuer Projekte und die Wartung und Erweiterung der Infrastruktur verantwortlich. (DLR Institut für Verkehrssystemtechnik, nicht veröffentlicht)

Reallabore hingegen werden bei „neuen Technologien und innovativen Lösungen, die allgemein noch nicht zugelassen sind“ (BMWK, 2023a, S. 1) eingesetzt und bauen vielfach auf Experimentierklauseln auf (siehe Kapitel 2.3.2). Insbesondere Technologien des autonomen und vernetzten Fahrens und der künstlichen Intelligenz werden im Kontext von Reallaboren vielfach genannt (Wittig und Schimanek, 2020, S. 3; Anduschus et al., 2023, S. 15, 24; BMWK, 2023a, S. 1). Die Anzahl der Reallabore im autonomen und vernetzten Fahren lässt sich nicht klar bestimmen, da keine Übersicht über alle geförderten Reallabore vorliegt. In Reallaboren agieren meist mehrere KooperationspartnerInnen, die von einer leitenden Organisation koordiniert werden. Als physischer Erprobungsort von Reallaboren können Städte, Stadtteile, Straßenzüge und Testfelder dienen.

Wie bereits in Kapitel 2.3 eingeführt, können sich die Begriffe Testfeld und Reallabor überschneiden. Auch in der Praxis sind vielerorts geografische und personelle Überschneidungen festzustellen. Beispiele hierfür sind das 5G-Reallabor in der Mobilitätsregion Braunschweig-Wolfsburg (Schieben und Heinrich, 2023) und das Projekt SINFONICA (SINFONICA Project Coordinator UNIMORE – University of Modena, 2024), die jeweils die straßenseitige Infrastruktur eines Testfeldes nutzen und zum Teil die selben Akteure wie das jeweilige Testfeld umfassen (Geschäftsstelle der Teststrecke für automatisiertes und vernetztes Fahren Hamburg, 2024). Weiterhin existieren definitorische Überschneidungen wie bspw. das *Testfeld* Autonomes Fahren Baden-Württemberg, das vom BMWK als Beispiel für Reallabore in der Praxis herangezogen wird (BMWK, 2019, S. 11). Da sich die Innovationskonzepte Testfeld und Reallabor vielfach überschneiden und beide Konzepte zur Innovationsförderung im autonomen und vernetzten Fahren eingesetzt werden, werden in dieser Arbeit Kooperationen in diesen beiden Konzepten zusammen betrachtet.

Zur Untersuchung der Rolle von Industrieunternehmen in Testfeldern und Reallaboren werden nachfolgend zunächst die verschiedenen Beteiligungsmöglichkeiten für Unternehmen aufgezeigt, die auf Recherchen des Projektes KoTAM basieren (DLR Institut für Verkehrssystemtechnik, nicht veröffentlicht). Unternehmen können sich entweder innerhalb eines Forschungsprojektes oder durch die kommerzielle Nutzung der Infrastruktur an einem Testfeld bzw. Reallabor beteiligen. Die Beteiligung innerhalb eines Forschungsprojektes kann direkt oder indirekt erfolgen. Bei einer direkten Teilnahme können sich Unternehmen Kosten für Personal oder Materialien im Rahmen der F&E-Aktivitäten anteilig bezuschussen lassen (Korte, 2023, S. 24). Eine indirekte Teilnahme eines Unternehmens kann mittels einer Unterbeauftragung durch bereits beteiligte Unternehmen erfolgen. Die kommerzielle Nutzung als weitere Beteiligungsmöglichkeit erfolgt durch die entgeltliche Nutzung der Infrastruktur von Testfeldern. Einige Testfelder, wie bspw. das Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg bieten Leistungen wie 3D-Gebäudemodelle oder die Bereitstellung von Verkehrsdaten für eine kommerzielle Nutzung an (Karlsruher Verkehrsverbund GmbH, 2021). Während eine Teilnahme von Unternehmen an geförderten Forschungsprojekten in nahezu allen Testfeldern möglich ist, bieten lediglich wenige Testfelder eine kommerzielle Nutzung von Daten und Diensten an. Aufgrund der größeren Relevanz von Forschungsprojekten in Testfeldern und Reallaboren im Vergleich zur kommerziellen Nutzung, fokussiert sich diese Arbeit auf Teilnahme- und Erfolgsfaktoren sowie Effekte innerhalb von Forschungsprojekten in Testfeldern und Reallaboren. Die kommerzielle Nutzung der Testfeldinfrastruktur wird als untergeordneter Aspekt jedoch weiterhin betrachtet.

Wie bereits in Kapitel 3.1 gezeigt, stellt die Literatur zu Kooperationsformen, die ähnlich zu Testfeldern und Reallaboren sind, die Herausforderung der Beteiligung von Industrieunternehmen fest. Auch in der Praxis nennen Testfeldbetreibende insbesondere das fehlende Interesse und Feedback von Automobilherstellern und weiteren Unternehmen als Hemmnis (DLR Institut für Verkehrssystemtechnik, nicht veröffentlicht). Da lediglich teilnehmende Unternehmen von der intendierten Innovationsförderung in Testfeldern und Reallaboren profitieren können, stellt das geringe Interesse ein zentrales Problem dar.

Eine weitere Herausforderung im Untersuchungskontext ist der unklare Beitrag der Kooperation in Testfeldern und Reallaboren zur Steigerung des Innovationserfolges von Unternehmen. Die fehlende Skalierung von Technologien und Geschäftsmodellen, die in Reallaboren und vergleichbaren Kooperationsformen entwickelt werden, wird auf theoretischer Seite durch die analysierte Literatur (siehe 3.1.1) belegt. Darüber hinaus zeigt sich auch in der Praxis des Untersuchungskontextes des autonomen und vernetzten Fahrens, dass aktuelle Pilotprojekte in Testfeldern und Reallaboren noch weit von einem kommerziellen Regelbetrieb entfernt sind (Creß et al., 2023, S. 3) und die deutsche Automobilindustrie trotz dieser politischen Förderinstrumente im internationalen Innovationsvergleich zurückfällt (Center of Automotive Management, 2023).

Zur Erfassung und potenziellen Verbesserung von Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren werden daher in dieser Arbeit die Teilnahme- und Erfolgsfaktoren sowie aktuelle Effekte der Kooperation auf den Innovationserfolg von Unternehmen empirisch untersucht.

## 4 Methodik der empirischen Untersuchung

Dieses Kapitel beschreibt die empirische Untersuchung der in Kapitel 3 identifizierten Forschungslücke in Bezug auf die Unternehmensperspektive zu Teilnahme- und Erfolgsfaktoren sowie Kooperationseffekten in Testfeldern und Reallaboren. Die identifizierten Forschungsfragen, auf die sich die vorliegende Untersuchung fokussiert, lauten:

- Was sind Einflussfaktoren der Umwelt auf den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren und wie wirken sich diese auf Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren aus?
- Was sind Einflussfaktoren auf die Teilnahme von Unternehmen an Testfeldern und Reallaboren?
- Was sind Einflussfaktoren auf den Kooperationserfolg in Testfeldern und Reallaboren?
- Welche innovationsfördernden Effekte hat die Kooperation in Testfeldern und Reallaboren für Unternehmen?

Zunächst werden die Methodik der Primärdatenerhebung und die Durchführung in Form von Interviews mit ExpertInnen erläutert. Anschließend folgt die Beschreibung der qualitativen Auswertung der erhobenen Daten mittels der qualitativen Inhaltsanalyse von Mayring (Mayring und Fenzl, 2019).

### 4.1 Auswahl und Beschreibung der Datenerhebungsmethode

Die empirische Untersuchung der Forschungsfragen dieser Arbeit erfolgt mittels einer qualitativen Studie in Form von Interviews mit ExpertInnen. Qualitative Forschung zielt auf das „Erkennen, Beschreiben und Verstehen psychologischer und soziologischer Zusammenhänge, nicht aber [...] deren Messung“ ab (Kepper, 1996, S. 18). Ziel ist die vollständige Erfassung von Problemstellungen und deren Dimensionen aus Sicht der untersuchten Personen (Kepper, 1996, S. 18).

Die Wahl einer qualitativen Methodik ist durch mehrere Aspekte begründet, die nachfolgend erläutert werden. Da lediglich wenige Arbeiten zu Kooperationsmotiven von Unternehmen in Testfeldern und Reallaboren sowie zu den Effekten der Kooperation existieren, konnten im Rahmen der Literaturanalyse keine etablierten Skalen oder Modelle identifiziert werden. Qualitative Methoden eignen sich insbesondere in solch neuen, speziellen oder innovativen Forschungsbereichen, um diese explorativ zu untersuchen. Ein qualitatives Studiendesign ist zudem für die Erforschung komplexer, erklärungsbedürftiger Themenstellungen sinnvoll, da es Rückfragen und differenzierte Antworten erlaubt. Eine quantitative Untersuchung im Kontext von Reallaboren hat sich überdies laut Alexandrakis et al. (2022, S. 14) als nicht passend erwiesen, da die Unterschiede zwischen Unternehmen und zwischen verschiedenen Reallaboren zu groß seien. Sowohl Ballon et al. (2018, S. 1204) als auch Bronson et al. (2021, S. 7) geben daher an, dass zur Erforschung von Reallaboren häufig qualitative Methoden verwendet werden. Zuletzt eignet sich der Untersuchungsgegenstand der Testfelder und Reallabore für autonomes und vernetztes Fahren nicht für eine groß angelegte, quantitative Studie, da die Grundgesamtheit aus ExpertInnen besteht und demnach zu klein ist (Buber und Klein, 2009, S. 54).

Methodiken für die Datensammlung lassen sich in die Erhebung von Primärdaten und die Verwendung von Sekundärdaten aufteilen. Da im Kontext der Testfelder für autonomes und vernetztes Fahren keine ausreichenden Sekundärdaten zur Beantwortung der Fragestellung dieser Arbeit vorliegen, müssen Primärdaten erhoben werden. Zur Primärdatenerhebung unterscheidet Homburg (2017, S. 66–75) Methoden der Beobachtung, der Befragung sowie Mischformen. Mit einer Beobachtung kann das Verhalten der untersuchten Person direkt beobachtet werden, jedoch werden zugrundeliegende Motive oder Einstellungen nicht erfasst. Befragungen zielen auf die Generierung qualitativer Informationen ab und können auch tiefer liegende Gründe und Motivationen aufdecken. Im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit wird zur Primärdatenerhebung die Befragung gewählt, da Motive und Einflussfaktoren untersucht werden. Qualitative Befragungen werden in Einzel- bzw. Tiefeninterviews oder Gruppeninterviews unterschieden. Ein Gruppeninterview bspw. im Rahmen einer Fokusgruppendifkussion wird aus mehreren Gründen ausgeschlossen. Zunächst variieren bei Fokusgruppendifkussionen die individuellen Redezeiten einzelner TeilnehmerInnen, wodurch Beiträge unterschiedlich gewichtet werden können. Zusätzlich kann die Diskussion eines öffentlichkeitswirksamen Themas, wie der Innovationserfolg eines Unternehmens, dazu führen, dass Fakten geschönt oder verzerrt wiedergegeben werden. Zuletzt ist die Durchführung einer Gruppendiskussion insbesondere im Unternehmenskontext schwierig, aufgrund der geringen terminlichen Verfügbarkeit der Teilnehmenden. Als Methodik für die vorliegende Arbeit wird demnach das Einzel- bzw. Tiefeninterview gewählt, da die Erhebung von unternehmensindividuellen Motiven, Barrieren und Treibern angestrebt wird. (Homburg, 2017, S. 66–75)

Helfferrich (2011, S. 36) unterscheidet zwischen verschiedenen Formen der Einzelinterviews. Eine zum Kontext der Arbeit passende Auswahl wird nachfolgend vorgestellt: Das Leitfaden-Interview fasst Interviews zusammen, die einen Leitfaden mit Stichworten oder konkreten Fragen beinhalten, deren Reihenfolge je nach Variante eingehalten werden kann bzw. muss. In narrativen Interviews wird die zu interviewende Person aufgefordert, Erfahrungen oder Erlebnisse spontan in Form einer Erzählung zu teilen. Das problemzentrierte Interview orientiert sich an einer Problemstellung, die durchgängig durch geplante sowie spontane Fragen erörtert wird. In der Praxis zeigen sich laut Helfferrich (2011, S. 42) zunehmend Mischformen. Insbesondere halbstandardisierte Leitfadendifkussionen, bei der eine erzählungsgenerierende Struktur vorgegeben ist, die durch kontextbezogene Nachfragen ergänzt wird, kommen häufig zum Einsatz.

Die Umsetzung des Einzelinterviews für den vorliegenden Kontext der Testfelder für autonomes und vernetztes Fahren erfolgt durch ein halbstandardisiertes Leitfadendifkussionen mit problemzentrierten sowie narrativen Elementen. Bedingt durch die Verschiedenheit der Unternehmen sowie der Erfahrungen mit Kooperationen in Testfeldern oder Reallaboren, scheinen narrative Elemente, welche komplexe Themen auf nachvollziehbare Situationen reduzieren können, geeignet zu sein.

Die Grundgesamtheit der empirischen Untersuchung dieser Arbeit sind Unternehmen, die im Bereich des autonomen und vernetzten Fahrens im deutschen Markt aktiv sind. Die Wahl der Grundgesamtheit begründet sich darin, dass Unternehmen als Akteure im Rahmen der Kooperation untersucht werden und der Untersuchungskontext auf das autonome und vernetzte Fahren beschränkt ist. Die Wichtigkeit des autonomen und vernetzten Fahrens innerhalb des Unternehmens (Kerngeschäft oder Teilgebiet) spielt dabei keine Rolle. Als InterviewpartnerInnen der Unternehmen kommen Personen mit den folgenden Kriterien in Frage:

- Position im (technischen) Management mit der Möglichkeit strategische Entscheidungen (bspw. in Bezug auf Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren) zu beeinflussen

- Fokus auf autonomes oder vernetztes Fahren oder für diese Technologien relevante Themen in der täglichen Arbeit

Da aufgrund der Größe der Grundgesamtheit keine Vollerhebung möglich ist, wird eine Stichprobe untersucht. Die Stichprobenauswahl kann bewusst (Untersuchungsobjekte werden gezielt nach bestimmten Merkmalen ausgewählt) oder zufällig erfolgen (Homburg, 2017, S. 80). Im Rahmen dieser Arbeit wird auf das vorhandene Netzwerk an Unternehmen im Bereich des autonomen und vernetzten Fahrens der Autorin zurückgegriffen. Zusätzlich erfolgt die Anfrage von weiteren Unternehmen über die Plattform LinkedIn und per Email-Einladung. Die Auswahl der InterviewpartnerInnen erfolgt dementsprechend bewusst, da eine gezielte Ansprache erfolgt.

Die Durchführung des Interviews basiert auf einem Leitfaden, der zuvor auf Basis der Literatur und der zu beantwortenden Fragestellungen entwickelt wurde. Der Leitfaden wurde anhand der Anforderungen von Helfferich (2011, S. 180–187), bspw. offen, übersichtlich, dem natürlichen Argumentationsfluss folgend, und dem SPSS-Prinzip (Sammeln, Prüfen, Sortieren, Subsumieren) erstellt. Nach den Erkenntnissen von Bronson et al. (2021, S. 9), dass Interviews im Kontext von Reallaboren ca. 30-60 Minuten in Anspruch nehmen, wurde der Leitfaden für Interviews mit einer geplanten Dauer von 45 Minuten erstellt. Der erstellte Leitfaden ist in Anhang ?? zu finden. Zunächst wurden relevante Aspekte und Fragen in Bezug auf die Forschungsfragen anhand der analysierten Literatur gesammelt. Beispielhafte Fragen, die aus qualitativen Studien der Literatur übernommen bzw. für den Kontext dieser Arbeit abgewandelt wurden, sind im Folgenden gelistet:

- Was sind Unternehmensziele im Bereich des autonomen und vernetzten Fahrens? (Schepis et al., 2023, S. 8; Schweitzer et al., 2022, S. 480)
- Wie kam es zur Partizipation im Testfeld bzw. Reallabor? (Schweitzer et al., 2022, S. 480)
- Was waren bzw. sind Motive der Kooperation im Testfeld bzw. Reallabor? (Nguyen und Marques, 2022, S. 1130)
- Welche Unternehmensziele sollten durch die Beteiligung am Testfeld bzw. Reallabor erreicht werden? (Alexandrakis et al., 2022, S. 9)
- Welche positiven Auswirkungen hatte die Teilnahme am Testfeld bzw. Reallabor über die geplanten Ziele hinaus? (Nguyen und Marques, 2022, S. 1132)

Der Leitfaden ist in Einstieg, Hauptteil und Schluss gegliedert und teilt sich in die folgenden Themen auf:

- Unternehmen und Rolle der InterviewpartnerIn
- Treiber und Barrieren im autonomen und vernetzten Fahren
- Teilnahme in Testfeldern
  - Motive und Ziele
  - Zielerreichung und Herausforderungen
- Testfelder zur Innovationsförderung
- Kommerzielle Nutzung von Testfeldern

Im Einstieg sind Fragen zum Unternehmen, zur Person und Rolle im Unternehmen sowie zu den Vorerfahrungen mit Testfeldern und Reallaboren enthalten. Die Antworten im Einstiegsteil sollen insbesondere zur Einordnung der späteren Ergebnisse dienen. Im Hauptteil folgen anschlie-

ßend Fragen zu Treibern und Barrieren für Innovationen im autonomen und vernetzten Fahren und zur Teilnahme in Testfeldern und Reallaboren inklusive der Motive, Herausforderungen und der wahrgenommenen Zielerreichung. Der Schlussteil befasst sich mit der allgemeinen Wahrnehmung von Testfeldern und Reallaboren zur Innovationsförderung. Da die Grundgesamtheit sowohl Unternehmen, die noch nicht in Testfeldern bzw.- Reallaboren kooperiert haben, als auch Unternehmen, die bereits kooperiert haben, umfasst, ist der Leitfaden in zwei mögliche Abläufe aufgeteilt. So wird bspw. die Frage nach den Auswirkungen der Kooperation lediglich Unternehmen gestellt, die bereits über Kooperationserfahrung in Testfeldern und Reallaboren verfügen, während Unternehmen ohne Kooperationserfahrung bspw. nach den Gründen der Entscheidung gegen eine Teilnahme befragt werden. Insgesamt sind innerhalb des Leitfadens pro Unternehmen maximal 25 Fragen zu stellen, sodass ausreichend Zeit für Erzählungen und Beispiele vorhanden ist. Aufgrund der Neuheit der Thematik wurde das Leitfadeninterview halbstandardisiert geplant und umgesetzt, sodass abhängig vom Gesprächsverlauf auch im Leitfaden nicht erwähnte Fragen gestellt oder Fragen des Leitfadens ausgelassen werden konnten. Beispielhafte Fragen, die zusätzlich gestellt wurden, betrafen die Rolle des Unternehmens in der Entwicklungskette oder den näheren Grund für die Kooperation in einem spezifischen Testfeld oder Reallabor.

## 4.2 Durchführung der Datenerhebung

Die Primärdatenerhebung in Form von Interviews mit ExpertInnen von Unternehmen im Bereich des autonomen und vernetzten Fahrens erfolgte im Zeitraum vom 05. Dezember 2023 bis zum 19. Januar 2024. Während der Planung der Interviews wurden insgesamt 81 Unternehmen per Email oder über die Plattform LinkedIn kontaktiert. Von den angefragten Unternehmen erklärten sich 17 VertreterInnen zu einem Interview bereit. Sämtliche InterviewpartnerInnen erhielten vor ihrem Interview ein Informationsblatt zur Einführung in das Themengebiet der Testfelder und Reallabore. Das Informationsblatt ist in Anhang ?? dargestellt. Die durchgeführten Interviews hatten eine durchschnittliche Länge von 37 Minuten, wobei das kürzeste Interview 22 Minuten und das längste 56 Minuten dauerte. Die Interviewdurchführung erfolgte online über die Videokonferenzplattformen Skype for Business, Pexip Meeting Service oder Microsoft Teams. Die Wahl der Plattform war abhängig von der Verfügbarkeit für die interviewte Person. Die Interviews wurden einvernehmlich aufgezeichnet. Zusätzlich wurden Notizen angefertigt, die als Grundlage für Nachfragen oder Klarstellungen dienten.

In Tabelle 4.1 sind Informationen zu den InterviewpartnerInnen und den vertretenen Unternehmen aufgeführt. Zum Interviewpartner *Schröder* gehörten zwei Personen, die in einem Interview die Perspektive eines Unternehmens vertraten. Diese beiden UnternehmensvertreterInnen werden nachfolgend als eine Person unter dem gemeinsamen Pseudonym *Schröder* betrachtet. Die InterviewpartnerInnen beinhalten drei weibliche und 14 männliche Personen. Alle InterviewpartnerInnen haben eine leitende Position im Unternehmen inne, wodurch sie strategische Entscheidungen, wie bspw. die Kooperation in Testfeldern und Reallaboren, treffen oder beeinflussen können. Von den befragten Personen haben zehn bereits in ihrem aktuellen Unternehmen in Testfeldern kooperiert, zwei haben in verschiedenen Unternehmen schon teilgenommen oder nicht teilgenommen und fünf haben noch nicht an einem der beiden Innovationskonzepte teilgenommen. Das angegebene Pseudonym der InterviewpartnerInnen wird in den nachfolgenden Ausführungen bspw. zur Zuordnung von Zitaten verwendet.

**Tabelle 4.1:** InterviewpartnerInnen und vertretene Unternehmen mit Pseudonym, Teilnahmeerfahrung in Testfeldern oder Reallaboren, Bundesland, Industriezweig, Position und Titel

Pseudonym (Geschlecht)	Teilnahmeerfahrung	Bundesland	Industriezweig	Position	Titel
Schäfer (m)	ja	BE	Entwicklung AVF,* Fahrzeugbau	Leitung Strategie	Dr. Ing.
Wagner (m)	ja	BW	Entwicklung AVF, Fahrzeugbau	Geschäftsfeldleitung	Prof. Dr.
Krause (m)	nein	BW	Daten für Entwicklung	Global Technical Scout	M. Sc.
Lehmann (m)	ja	BY	Automobilzulieferer	Leitung Forschung & Entwicklung	Dr. Ing.
Richter (m)	nein	BY	Entwicklung AVF	CEO	Dr. Ing.
Meier (m)	ja	BY	Intelligente Infrastruktur	Geschäftsfeldentwicklung	M. Sc.
Müller (m)	nein	BY	Verifikation und Validierung	Laborleitung	M. Sc.
Schwarz (m)	ja	HE	Zulieferer	Geschäftsfeldleitung	Dr. Ing.
Weber (m)	beides	NI	Software	Gründer	Dipl. Ing
Fischer (m)	beides	NI	Automobilzulieferer	Leitung Forschung & Entwicklung	Dipl. Ing.
Becker (m)	ja	NI	Softwareentwicklung	Geschäftsfeldleitung	Dipl. Ing
Koch (w)	nein	NI	Fahrzeugprüfung	Projektleitung	M. Sc.
Klein (w)	ja	NI	Entwicklung AVF	Technische Leitung	M. Sc.
Hoffmann (m)	nein	NW	ITS Dienstleistungen	Geschäftsentwicklung DACH	MBA
Schröder (m)	nein	NW	Simulation	Teamleitung	M. Sc.
Schröder (m)	nein	NW	Simulation	Projektleitung	M. Sc.
Schulz (w)	ja	NW	Verkehrsunternehmen	Geschäftsentwicklung Mobilität	Dipl. W.-Ing.
Schmidt (m)	ja	SN	Entwicklung AVF, Fahrzeugbau	CEO	M. A.

\* Autonomes und vernetztes Fahren (AVF).

Innerhalb der Stichprobe waren drei Start-Ups, gegründet 2014 bis 2022, sechs KMU<sup>1</sup> und acht Konzerne in Deutschland vertreten. In der Stichprobe hatten jeweils zwei Unternehmen 50-200, 200-1000 oder 5000-10 000 Mitarbeitende, drei Unternehmen 1000-5000 Mitarbeitende, vier Unternehmen 0-50 Mitarbeitende und vier Unternehmen über 10 000 Mitarbeitende weltweit. Die Unternehmensinformationen beziehen sich immer auf das aktuelle Unternehmen der InterviewpartnerInnen, auch wenn teilweise von vergangenen beruflichen Stationen berichtet wurde. Die InterviewpartnerInnen arbeiteten in den Bundesländern Niedersachsen, Bayern, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, Sachsen, Berlin und Hessen<sup>2</sup>. Die meisten InterviewpartnerInnen (fünf) ar-

<sup>1</sup>Als KMU werden Unternehmen mit maximal 249 Mitarbeitenden klassifiziert (Statistisches Bundesamt, 2024b).

<sup>2</sup>Kürzel der Bundesländer in Tabelle 4.1 anhand von Statistisches Bundesamt (2024a).

beiteten in Niedersachsen, was durch die lokale Nähe der Autorin begründet sein kann. Anschließend folgten die Bundesländer Bayern (vier), Nordrhein-Westfalen (drei), Baden-Württemberg (zwei) und Berlin, Sachsen und Hessen (jeweils eine InterviewpartnerIn).

### 4.3 Qualitative Auswertung der erhobenen Daten

Im Anschluss an die Interviewdurchführung wurden die Aufzeichnungen mit Hilfe von Softwaretools transkribiert. Hierfür ist zunächst ein Transkriptionssystem zu definieren. Unter Transkriptionssystem werden die Regeln, die festlegen wie Sprache in eine fixierte Form übertragen wird, verstanden (Kuckartz, 2005, S. 41). Zur Wahl eines geeigneten Transkriptionssystems schlägt Kuckartz vor, die folgenden Fragen zu betrachten:

- Was muss unbedingt transkribiert werden?
- Sollen die so festgehaltenen Phänomene später überhaupt interpretiert werden?

Höld (2009, S. 659) teilt mögliche Transkriptionssysteme nach dem Umfang und Interpretationsgehalt des Transkripts ein. Die Transkriptionssysteme reichen von wörtlicher Transkription über kommentierte und zusammenfassende Transkription bis hin zu selektiver Transkription. Zur Reduzierung der Gefahr von Auslassungen oder Fehlinterpretationen wird die Trennung von Transkription und inhaltsanalytischer Auswertung gewählt (Höld, 2009, S. 663). Es erfolgt eine wörtliche Transkription bei der das gesprochene Wort in normales Schriftdeutsch übertragen wird. Die Verwendung der literarischen Umschrift oder des Internationalen Phonetischen Alphabets (IPA) erscheint nicht notwendig, da lediglich der Inhalt und nicht die Aussprache und Intonation des Gesagten relevant ist. Zur Markierung von Besonderheiten im Gespräch, bspw. Unterbrechungen, werden Kommentare verwendet. Die Transkription der qualitativen Interviews erfolgt durch die Software aTrain (Haberl et al., 2023). ATrain ist ein open-source Werkzeug zur Transkription von Audio- und Videodateien, das zur Installation über den Microsoft Store zur Verfügung steht. ATrain basiert auf dem Sprachmodell Whisper der Firma OpenAI und ermöglicht die Erstellung von Transkripten mit Zeitmarken, die in gängige Analysesoftware wie MaxQDA integrierbar sind. Wesentliche Vorteile von aTrain gegenüber anderer Transkriptionssoftware ist die Konformität zur DSGVO durch offline Nutzung sowie eine schnelle und genaue Transkription. Zur Sicherstellung der Korrektheit der Transkription wurden die generierten Transkripte anschließend mit der Tonaufnahme verglichen. Zur Gewährleistung der Anonymität der InterviewpartnerInnen und der vertretenen Unternehmen wurden Namen, Unternehmensnamen und Verweise auf Partnerfirmen gelöscht und durch das zugeordnete Pseudonym oder den generalisierten Term „Unternehmen X“ ersetzt.

Die qualitative Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mittels der Software MaxQDA. Die Auswertung begann nach der Durchführung des elften Interviews, da es an dieser Stelle eine zweiwöchige Pause bis zum nächsten Interview gab, und wurde anschließend iterativ fortgesetzt.

Ein Verfahren, das häufig in der Forschung Anwendung findet, ist die Qualitative Inhaltsanalyse (QIA) (Mayring und Fenzl, 2019). Die QIA ist ein systematisches Verfahren mit dem gesammeltes Material (bspw. aus Interviews) kategorisiert und zusammengefasst werden. Im Rahmen dieser Arbeit wird die QIA auf Basis des Ablaufmodells von Mayring und Brunner (2006)<sup>3</sup> durchgeführt, das

<sup>3</sup>Da auf die Originalquelle von Mayring und Brunner (2007) kein Zugriff besteht, werden die Beschreibung und die Abbildung dieses Ablaufmodells von Mayring und Fenzl (2019) verwendet.

in Anhang ?? dargestellt ist. Die Durchführung der relevanten Schritte wird nachfolgend anhand von Beispielen ausgeführt.

Der erste Schritt ist die Präzisierung und theoretische Begründung der Fragestellung. Die identifizierte Forschungslücke und die Herleitung der Forschungsfragen werden in Kapitel 3 dargelegt. Im zweiten Schritt erfolgt die Auswahl und Charakterisierung des Materials. Das auszuwertende Material entstammt der empirischen Untersuchung in Form von qualitativen Interviews mit UnternehmensvertreterInnen im Bereich des autonomen und vernetzten Fahrens, die in Kapitel 4.2 beschrieben wurde. Insgesamt lagen für die Auswertung 17 transkribierte Interviews vor. Der dritte Schritt ist die Einordnung in ein Kommunikationsmodell, wodurch der sozio-kulturelle Hintergrund der Interviews und die Art der Transkription berücksichtigt werden. Sämtliche InterviewpartnerInnen sind studierte NaturwissenschaftlerInnen oder IngenieurInnen, die über ein hohes Fachwissen verfügen. Die Berufserfahrung der InterviewpartnerInnen variiert aufgrund des Alters der InterviewpartnerInnen. Bedingt durch die Art der Kontaktaufnahme und die Berücksichtigung von Unternehmen mit und ohne Teilnahmeerfahrung in Testfeldern und Reallaboren ist in Bezug auf die Teilnahmefaktoren kein Bias zu erwarten. Die Transkription erfolgte mit dem KI-Werkzeug aTrain, wodurch gesprochene Worte und Sätze mit einem möglichst geringem Anteil an Halbsätzen und Füllwörtern transkribiert wurden. Der vierte Schritt ist die Festlegung der Analyseeinheiten. Als Kodiereinheit (kleinste Einheit, die kategorisiert werden kann) wird ein Halbsatz, der eine zusammengehörige Wortgruppe enthält, definiert. Als Kontexteinheit (größte Einheit, die in die Kategorisierung einbezogen werden kann) wird ein Absatz im Transkript, der gleichzeitig einer Antwort entspricht, festgelegt. Zur Einordnung des Gesagten kann darüber hinaus die vorausgehende Frage der Interviewerin einbezogen werden. Die Auswertungseinheit besteht aus dem gesamten Material, da eine deduktiv-induktive Kodierung vorgenommen wird. Im fünften Schritt erfolgt die Anwendung der systematischen Techniken der qualitativen Inhaltsanalyse. Mögliche Techniken qualitativer Inhaltsanalyse sind die Zusammenfassung, die Explikation und die Strukturierung (Mayring und Brunner, 2007, S. 674; Mayring und Fenzl, 2019, S. 637–638). In der zusammenfassenden Inhaltsanalyse werden aus dem Material zunächst Paraphrasen gebildet, die anschließend sukzessive reduziert werden. Die zusammenfassende Inhaltsanalyse kann eine Vorarbeit für eine induktive Kategorienbildung sein. Bei der Explikation werden unklare Textstellen durch das Hinzuziehen weiterer Materialien erklärt. Die Strukturierung beinhaltet die Analyse des Materials auf Basis eines theoriegeleiteten Kategoriensystems. Eine strukturierte Inhaltsanalyse entspricht einer deduktiven Kategorienanwendung. Eine Kombination von induktiven und deduktiven Techniken ist laut Mayring und Fenzl (2019, S. 642–643) möglich. Die Kombination eignet sich insbesondere wenn Themengebiete bspw. durch einen Interviewleitfaden deduktiv vorgegeben werden, die Analyse innerhalb der Themengebiete jedoch induktiv erfolgen soll. Die vollständig induktive Entwicklung eines Kategoriensystems ist laut Schreier (2014, S. 7) nicht üblich. Angelehnt an einen beispielhaft beschriebenen Ablauf einer QIA von Mayring und Fenzl (2019, S. 642), werden zur Auswertung der geführten Interviews sowohl deduktiv Kategorien angewendet als auch induktiv Kategorien gebildet. Die nachfolgende Beschreibung der induktiven und deduktiven Kategorisierung bildet die Schritte fünf, sechs und sieben aus dem Ablaufmodell von Mayring und Brunner (siehe Anhang ??) ab.

Zunächst wurde eine zusammenfassende Inhaltsanalyse durchgeführt, bei der Paraphrasen aus den Antworten der InterviewpartnerInnen gebildet wurden. Ein wesentlicher Aspekt der Paraphrasierung ist die Generalisierung der getätigten Aussagen auf ein Abstraktionsniveau. Alle gebildeten Paraphrasen müssen mindestens dem definierten Abstraktionsniveau entsprechen. Zur Erreichung des Abstraktionsniveaus wurden im Rahmen der Auswertung die folgenden Anforderungen

an eine Paraphrase definiert:

- Keine Nennung von Unternehmen, Namen oder Projekten
- Keine Nennung von konkreten Technologien
- Keine Beschreibung einer Einzelerfahrung, sondern Generalisierung

In Tabelle 4.2 sind zwei Beispiele für die Bildung von Paraphrasen dargestellt. In der ersten Paraphrase wurde der genannte Anwendungsfall On-Demand Betrieb durch die Abstraktion entfernt. In der zweiten Paraphrase wurden die genannten Beispiele für Bundesländer und Fördermöglichkeiten entfernt und die Aussage generalisiert.

**Tabelle 4.2:** Ablauf der Bildung einer Paraphrase

<b>Zitat 1</b>	„Also mein Ziel für Stadt X ist es, dass wir zeigen, dass ein On-Demand-Betrieb mit autonomen Fahrzeugen umgesetzt werden kann und im Rahmen der technologischen Einschränkungen heute Sinn ergibt.“ [Schäfer, 32]
<b>Paraphrase 1</b>	Ziel des Reallabors ist es zu zeigen, dass ein Anwendungsfall auch mit heutigen technologischen Einschränkungen Sinn ergibt.
<b>Zitat 2</b>	„Wir haben einfach leider per Capita in Deutschland nicht die gleichen Fördermechanismen. Wir haben ein relativ wohlhabendes Bayern und ich nehme jetzt mal Brandenburg oder andere Bundesländer im östlichen Teil Deutschlands. Die haben nicht die gleichen finanziellen Fähigkeiten.“ [Schäfer, 28]
<b>Paraphrase 2</b>	Landkreise in wohlhabenden Bundesländern sind bei der Förderung im Vorteil.

Insgesamt wurden aus dem Material nach der ersten Reduktion, bei der bedeutungsgleiche Paraphrasen in einem Interview gestrichen werden, und zweiten Reduktion, bei der fallübergreifend Paraphrasen gebündelt und anschließend gestrichen werden, 483 Paraphrasen gebildet. Die paraphrasierten Segmente decken 27 % des Materials ab. Auf Basis der gebildeten Paraphrasen erfolgt die Kategorienbildung. Ähnlich, wie es Mayring und Fenzl (2019, S. 642) in einem Beispielablauf beschreiben, werden die gebildeten Paraphrasen zunächst in ein deduktives Kategoriensystem, das auf den Forschungsfragen dieser Arbeit basiert, eingeteilt. Das übergeordnete, deduktive Kategoriensystem umfasst die folgenden Themengebiete:

- Einflussfaktoren auf den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren
- Einflussfaktoren auf die Teilnahmeentscheidung in Testfeldern und Reallaboren
- Einflussfaktoren auf den Kooperationserfolg in Testfeldern und Reallaboren
- Auswirkungen und Effekte von Testfeldern und Reallaboren

Innerhalb der Themengebiete des Leitfadens wurden weiterführend deduktive Kategorien angewendet. Wie in Kapitel 2.2.1 erläutert, lassen sich die Einflussfaktoren auf die Teilnahmeentscheidung und den Kooperationserfolg anhand des Kontingenzmodells von Sydow (1992) in die Ebenen Netzwerkumwelt, Netzwerk und Organisation aufteilen. Auf der Ebene der Netzwerkumwelt wurden die Einflussfaktoren der Branche auf die Entwicklungen und den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren eingeordnet. Diese Einflussfaktoren der Netzwerkumwelt wurden auf Basis der Einteilung von Umfeldfaktoren im Kooperationskontext von Zentes und Schramm-Klein (2003) anhand des PESTEL-Framework kategorisiert. Die Aufteilung in Faktoren der politischen, ökonomischen, sozio-kulturellen, technologischen, ökologischen und rechtlichen Dimension wurde ebenfalls bei der zugrunde liegenden Literaturanalyse in Kapitel 3.1.2 vorgenommen.

Auf der Ebene des Netzwerkes bildeten die eingeführten Kategorien Netzwerkstruktur und -kultur von Sydow (1992) und die Rahmenbedingungen von Holtbrügge (2004) die Basis für die deduktive Zuordnung. Auf Organisationsebene wurden genannte Einflussfaktoren deduktiv in die Kategorien Unternehmenscharakteristiken und strategische Motive auf Basis von Bayona et al. (2001) eingeteilt. Für die Auswirkungen und Effekte der Teilnahme in Testfeldern und Reallaboren wurde ebenfalls eine deduktive Kategorienbildung anhand der vorgestellten Dimensionen des Innovationserfolges von Hauschildt (1990) vorgenommen. Im Rahmen der deduktiven Kategorien folgte anschließend die Entwicklung von Unterkategorien und Kategoriedefinitionen anhand der fallübergreifenden Betrachtung von Paraphrasen, die auch Schreier (2014, S. 5) als nächsten Schritt beschreibt.

Ein Beispiel für eine Einordnung in eine deduktive Kategorie und anschließende induktive Bildung von Unterkategorien ist die Zuordnung zu politischen Einflussfaktoren auf die Entwicklungen im autonomen und vernetzten Fahren. Zunächst wurden sämtliche Paraphrasen, die der politischen Dimension zuzuordnen sind, in die politische Kategorie eingeordnet. Anschließend wurden, in Anlehnung an Schreier (2014, S. 5), die verschiedenen, in den Paraphrasen genannten Aspekte erneut betrachtet und induktiv in Kategorien unterteilt. Beispielhafte induktiv gebildete Kategorien in der politischen Dimension sind die Förderung, der Föderalismus und der politische Wille. Zur konsistenten Kodierung des weiteren Materials wurde mit dem deduktiven Kategoriensystem und den induktiv gebildeten Kategorien ein Kodierleitfaden entwickelt. Der Kodierleitfaden orientiert sich an den von Kepper (1996, S. 62) und Mayring und Fenzl (2019, S. 638) vorgegebenen Modellen und enthält für jede Kategorie eine Definition, eine Textpassage als Ankerbeispiel und eine Kodierregel zur Abgrenzung zwischen den Kategorien. In Tabelle 4.3 ist ein Ausschnitt des entwickelten Kodierleitfadens dargestellt, der die induktive Kategorie Förderung und einen Ausschnitt weiterer Subkategorien abbildet.

Da die QIA nach Mayring ein iteratives Vorgehen charakterisiert, wurde das Kategoriensystem iterativ angepasst und weiterentwickelt (Schreier, 2014, S. 20). Die Anpassung des Kategoriensystems entspricht Schritt acht innerhalb des Ablaufmodells von Mayring und Brunner (2006). In diesem Rahmen erfolgte auch der Intrakodercheck, der im nachfolgenden Abschnitt im Rahmen der Gütekriterien qualitativer Forschung erläutert wird. Zuletzt wurde das vollständige Kategoriensystem anhand des entwickelten Kodierleitfadens, der in Anhang ?? zu finden ist, auf das gesamte Material angewendet.

**Tabelle 4.3:** Ausschnitt aus dem entwickelten Kodierleitfaden

Codesystem	Definition	Paraphrase	Ankerbeispiel	Kodierregel
<b>Summe Fördergelder</b>	Summe der Fördergelder und -projekte	In Europa gibt es zu viel Forschungsprojekte und Förderung.	„Und wenn Sie mich fragen, haben wir eher ein zu viel der Forschungsförderung in Europa als ein zu wenig.“ [Schmidt, 49]	Beschreibung muss die Summe der Fördergelder als politischen Einflussfaktor auf die Entwicklungen im autonomen und vernetzten Fahren enthalten.
<b>Allokation Fördergelder</b>	Allokation der Fördergelder und -ausschreibungen	Fördergeld sollte anders verteilt werden.	„vielleicht sollte man auch mal gucken, [...] wo man die Gelder allokiert.“ [Schulz, 36]	Beschreibung muss die Allokation der Fördergelder als politischen Einflussfaktor auf die Entwicklungen im autonomen und vernetzten Fahren enthalten.

Im Rahmen der inhaltsanalytischen Auswertung stellen die Gütekriterien qualitativer Forschung - Objektivität, Validität und Reliabilität - einen wesentlichen Bestandteil dar (Kepper, 1996, S. 193; Mayring und Brunner, 2007, S. 677–678).

Die Objektivität kann bspw. durch die Interkoderübereinstimmung, das Maß an Übereinstimmung bei der Kodierung eines Materials durch zwei Personen, erreicht werden (Mayring und Fenzl, 2019, S. 637). Da in dieser Arbeit lediglich eine Person die qualitative Auswertung der Daten vorgenommen hat, wurde die Objektivität, anlehnend an die Empfehlungen von Kepper, durch die nachvollziehbare Beschreibung des entwickelten Kategoriensystems sowie anhand von Beispielzuordnungen des Materials erläutert. Die Überlegungen und Schritte zur Entscheidungsfindung sind dokumentiert, sodass eine objektive Beurteilung der Plausibilität ermöglicht wird. Zusätzlich erfolgt eine transparente Beschreibung der Interviewsituation sowie besonderer Auffälligkeiten im Rahmen der Interviews. (Kepper, 1996, S. 209)

Ein zentrales Merkmal für Reliabilität ist die Intrakoderübereinstimmung, bei der eine erneute Kodierung von derselben Person vorgenommen und die Übereinstimmung beider Zuordnungen gemessen wird (Mayring und Fenzl, 2019, S. 636). In dieser Arbeit erfolgte die Sicherstellung der Intrakoderübereinstimmung im Rahmen des achten Schrittes des Ablaufmodells von Mayring und Brunner (2006) zum einen durch eine iterative Kodierung des Materials, wodurch die Korrektheit der Zuordnung kontinuierlich überprüft wurde. Zum anderen wurde ein Teil des Materials, das bereits kodiert war, nach der Fertigstellung des Kodierleitfadens erneut kodiert.

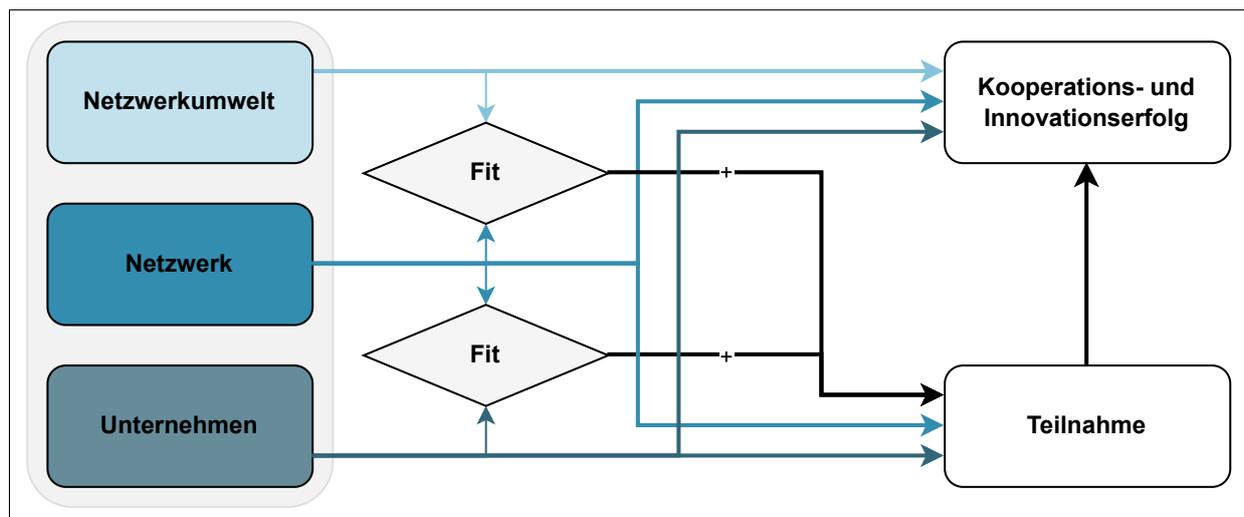
Die Validität einer Untersuchung gibt an, inwieweit der Sachverhalt mit den verwendeten Methoden tatsächlich erfasst wird und die Ergebnisse auf die Grundgesamtheit übertragen werden können (Kepper, 1996, S. 198). Während die Bestimmung der Validität quantitativer Forschung vergleichsweise einfach ist, können gängige Konzepte der Validitätsüberprüfung nur teilweise auf qualitative Untersuchungen übertragen werden (Kepper, 1996, S. 220). Bei einer QIA ist die Validität insbesondere von der Erstellung des Kategoriensystems abhängig (Kepper, 1996, S. 221). Kepper (1996, S. 217–219) nennt als Ansätze zur Validitätsüberprüfung unter anderem eine nachträgliche Beurteilung der Auswertungsschritte durch ExpertInnen, sowie die kommunikative Validierung, bei der die Ergebnisse den interviewten Personen erneut präsentiert werden. Die Umsetzung beider Techniken ist aufgrund der zeitlichen Beschränkung dieser Arbeit nicht möglich. Insgesamt ist jedoch festzuhalten, dass die Validität qualitativer Forschung allgemein als vergleichsweise hoch eingestuft wird (Kepper, 1996, S. 216).

## 5 Auswertung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die qualitativen Ergebnisse der empirischen Untersuchung zu Teilnahme- und Erfolgsfaktoren in Testfeldern und Reallaboren im autonomen und vernetzten Fahren sowie zu Effekten der Teilnahme auf den Innovationserfolg vorgestellt.

Da die Stichprobe der empirischen Untersuchung Unternehmen mit und ohne Teilnahmeerfahrungen in Testfeldern und Reallaboren umfasst, liegt der Fokus auf Treibern und Barrieren für eine Teilnahme in Testfeldern und Reallaboren, zu denen sämtliche InterviewpartnerInnen Aussagen treffen konnten. Die Erfolgsfaktoren und die Effekte der Kooperation in Testfeldern und Reallaboren konnten lediglich die Unternehmen mit Teilnahmeerfahrung beurteilen.

In Anlehnung an das Kontingenzmodell von Sydow (siehe Kapitel 2.2.1) werden die Einflussfaktoren auf die Teilnahme und den Kooperationserfolg in die Ebenen Netzwerkwelt, Netzwerk und Organisation eingeteilt. Da im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit Unternehmen in den Fokus genommen werden, wird die Organisationsebene nachfolgend als Unternehmensebene bezeichnet. Abbildung 5.1 zeigt das entwickelte Kontingenzmodell mit den empirisch identifizierten Determinanten für die Teilnahme und erfolgreiche Kooperation von Unternehmen in Testfeldern und Reallaboren. In den nachfolgenden Abschnitten werden die identifizierten Teilnahme- und Erfolgsfaktoren der Kooperation in Testfeldern und Reallaboren im autonomen und vernetzten Fahren sowie deren Effekte auf den Innovationserfolg vorgestellt. Der Fokus der vorgestellten Ergebnisse liegt auf der Kooperation in Forschungsprojekten in Testfeldern und Reallaboren, da lediglich wenige Testfelder eine kommerzielle Nutzung der Infrastruktur anbieten (siehe Kapitel 3.2). Die identifizierten Einflussfaktoren, die sich ausschließlich auf die kommerzielle Nutzung von Testfeldinfrastruktur beziehen, finden sich in Anhang ?? dieser Arbeit.



**Abbildung 5.1:** Kontingenzebenen der Teilnahme und erfolgreichen Kooperation von Unternehmen in digitalen Testfeldern und Reallaboren in Anlehnung an Sydow, 1992, S. 283, Quelle: Eigene Darstellung

## 5.1 Einflussfaktoren auf die Teilnahme an digitalen Testfeldern und Reallaboren

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse der empirischen Untersuchung in Bezug auf die Einflussfaktoren der Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren erläutert. Wie in Kapitel 4.2 beschrieben, sind sowohl InterviewpartnerInnen vertreten, die sich gegen eine Kooperation in Testfeldern oder Reallaboren entschieden haben, als auch solche, die sich für eine Teilnahme entschieden haben.

### 5.1.1 Netzwerkwelt

In diesem Abschnitt werden die Faktoren der Netzwerkwelt auf den Entwicklungsfortschritt bzw. Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren anhand des PESTEL-Frameworks vorgestellt. Diese Faktoren können exogene Einflüsse auf Kooperationsentscheidungen von Unternehmen in Bezug auf Testfelder und Reallabore darstellen. Die ökologische Dimension des PESTEL-Frameworks hatte innerhalb der Interviews keine Relevanz und wird daher nicht als Einflussfaktor gelistet.

#### Politische Einflussfaktoren

Als politischen Einflussfaktor nennen die InterviewpartnerInnen insbesondere die fehlende Gesamtstrategie, die eine Barriere für den Entwicklungsfortschritt und Innovationserfolg darstellt.

*„Das ist aus meiner Sicht auch ein riesen Showstopper, [...] es gibt keine Strategie, die sagt, so, das wollen wir erreichen.“* [Fischer, 57]<sup>1</sup>

Die InterviewpartnerInnen erwähnen in diesem Kontext eine fehlende Strategie in Bezug auf die Ziele des autonomen Fahrens [Schäfer, 48] und in Bezug auf die Förderung in Deutschland und Europa, sodass Fördermechanismen nicht systematisch ineinander greifen können [Becker, 88; Fischer, 57].

Ein Großteil der InterviewpartnerInnen sieht Förderprogramme als positiv an [Schulz, 36; Fischer, 57]. In Bezug auf die Höhe des Fördergeldes werden in zwei Fällen gegensätzliche Meinungen vertreten. Während *Schmidt* die Meinung vertritt, dass die Höhe der Fördergelder zu hoch sei, nennt *Fischer* die zu geringe Höhe der Fördergelder als Barriere [Schmidt, 49; Fischer, 57]. Zur Allokation der Fördergelder gab es ebenfalls unterschiedliche Ansichten: Zum einen wurde positiv hervorgehoben, dass die Förderung nicht nur auf Grundlagenforschung ausgelegt ist [Lehmann, 77]. Zum anderen wurden entweder allgemein die fehlende „*Geldbereitstellung über intelligente Maßnahmen*“ [Fischer, 57] oder direkte Vorschläge für eine andere Allokation genannt [Schulz, 36]. Eine zusätzlich genannte Barriere ist die Verschiedenheit der Förderrichtlinien der unterschiedlichen Ministerien und der EU [Wagner, 64; Becker, 92].

Ein weiterer genannter Aspekt ist das fehlende technische Verständnis in der Politik, das ein Interviewpartner als Barriere für die Verbesserung der Förderung angibt.

*„Das Problem ist halt leider, dass auch dort [...] das technische Verständnis fehlt, wie man etwas besser machen könnte.“* [Hoffmann, 57]

<sup>1</sup>Die Zitatangaben erfolgen hier und nachfolgend im Format [InterviewpartnerIn, Transkriptposition].

Das fehlende technische Verständnis erwähnt auch *Meier* in Bezug auf die Einführung neuer Technologien auf EU-Ebene [Meier, 55].

In Bezug auf den politische Willen gibt es eine positive Wahrnehmung der befragten Unternehmen. Sowohl *Schulz* als auch *Wagner* sagen, dass der Wille der Politik die Technologie voranzutreiben vorhanden sei [Schulz, 32; Wagner, 88]. Der politische Wille ist laut den InterviewpartnerInnen ein positiver Einflussfaktor für den Entwicklungsfortschritt.

Der Föderalismus in Deutschland wird von mehreren InterviewpartnerInnen als Barriere für die Entwicklungen im autonomen und vernetzten Fahren genannt.

*„In Deutschland [möchte] jeder Landesfürst natürlich sein eigenes System [...].“* [Hoffmann, 69]

In diesem Kontext spielt auch die unterschiedliche finanzielle Kapazität der Bundesländer und der zugehörigen Kommunen eine Rolle. Im Wettbewerb von Kommunen und Landkreisen um innovative Projekte und staatliche Förderungen entstehen durch föderale Gegebenheiten Asymmetrien, welche die Entwicklungsfortschritte hemmen können [Schäfer, 28; Hoffmann, 69].

Zusammenfassend lassen sich die fehlende politische Gesamtstrategie, das technische Verständnis und der Föderalismus als hemmende Einflussfaktoren und der vorhandene politische Wille sowie die Förderprogramme als positive Einflussfaktoren auf den Entwicklungsfortschritt festhalten.

### Ökonomische Einflussfaktoren

In der ökonomischen Dimension nennen die InterviewpartnerInnen insbesondere die hohen Kosten bei gleichzeitig geringer Marktnachfrage und die resultierende Investitionsunsicherheit als Herausforderung.

Der hohe Erstinvest für die Technologien im autonomen Fahren und die Umsetzung des Betriebs stellt eine Hürde auf dem Weg zur Markteinführung dar [Schulz, 28].

*„Wir müssen noch viele Jahre Geld in diese Technologieentwicklung reinstecken.“* [Schäfer, 20]

Auch im Kontext des vernetzten Fahrens wird festgestellt, dass die einzelnen Kommunen sich eine Umstellung der Straßeninfrastruktur oft nicht leisten können [Wagner, 88]. Die hohen Kosten für autonome und vernetzte Technologien stellen demnach eine Barriere für den Entwicklungsfortschritt dar.

Ein weiterer Aspekt ist die mangelnde Marktnachfrage in Bezug auf autonome und vernetzte Fahrfunktionen, die zu einer Unsicherheit bei Herstellern führt [Weber, 25]. Die Unsicherheit bezüglich des finanziellen Mehrwerts der Entwicklungen bei OEMs, sorgt weiterführend für eine geringe Auftragslage bei Unternehmen anderer Wertschöpfungsstufen.

*„Die OEMs [...] beauftragen [die Funktionen] noch nicht, [...] entweder trauen sie sich noch nicht oder sie sehen da noch keinen Mehrwert beim Kunden.“* [Lehmann, 65]

Die Unsicherheit bezüglich der Marktnachfrage bei OEMs stellt demnach eine Barriere des Entwicklungsfortschrittes dar.

Die hohen Kosten und die mangelnde Nachfrage führen laut den InterviewpartnerInnen insbesondere bei Unternehmen zu Unsicherheiten, wodurch weniger Wagniskapital investiert wird [Fischer, 42; Schröder, 82]. *Fischer* sagt, dass Start-Ups besonders betroffen seien, da Investoren sich aufgrund der Unsicherheiten in Bezug auf die Rentabilität der Geschäftsmodelle zurückhalten [Fischer, 45].

Insgesamt werden die fehlenden Investitionen insbesondere von Unternehmen und Investoren als Barriere gesehen. Weiterhin geben einige InterviewpartnerInnen an, dass im Vergleich zu anderen Ländern, wie China, in Deutschland weniger Geld vom Staat investiert werde, wodurch Entwicklungen verlangsamt werden [Müller, 80; Meier, 24].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ökonomische Einflussfaktoren von den InterviewpartnerInnen vor allem als Barriere für die Entwicklungen wahrgenommen werden.

### Sozio-kulturelle Einflussfaktoren

Ein wesentlicher Einflussfaktor, der von mehreren InterviewpartnerInnen als Barriere genannt wird, ist das europäische bzw. deutsche „Mindset“.

*„Dieses Mindset ist [...] in Europa [...] der größere Hinderungsgrund.“* [Richter, 28]

Insbesondere im Vergleich zu anderen Ländern, wie den USA, wird das europäische bzw. deutsche Mindset als langsam und bürokratisch wahrgenommen, wodurch schnelle Innovationen gebremst werden [Schmidt, 49]. Im Kontext des Mindsets spielen auch Diskussionen über den Datenschutz eine Rolle, die als hinderlich wahrgenommen werden [Hoffmann, 49; Richter, 76]. Im Kontext der DSGVO wird vor allem die Anwendung dieser als restriktives Argument und nicht die allgemeine rechtliche Grundlage als Hemmnis wahrgenommen.

*„Nur wenn man das [Thema Datenschutz] falsch oder zu restriktiv anwendet, dann ist es ein Hinderungsgrund.“* [Becker, 36]

Ein weiterer Aspekt im Kontext des Mindsets ist die Akzeptanz der Technologie in der Gesellschaft. Schulz erwähnt, dass in Deutschland ein deutlich höherer Sicherheitsanspruch im Vergleich zu anderen Ländern besteht [Schulz, 32]. Die Motivation von BürgerInnen zur Teilnahme an Pilotprojekten mit noch nicht marktreifen Produkten und die Bereitschaft zum gemeinsamen Ausprobieren sei zudem sehr gering [Richter, 28]. Die geringe Akzeptanz und wenig technologisches Interesse sind als Barriere für die Entwicklungen anzusehen.

In Bezug auf das Mindset von Unternehmen resultieren die zunehmende Globalisierung und der Innovationsdruck aus anderen Ländern laut Wagner in einer Flexibilisierung und Auseinandersetzung mit neuen Themenstellungen, wodurch Unternehmen zunehmend zu Veränderungsprozessen bereit seien [Wagner, 52]. Die Bereitschaft zur Veränderung und die zunehmende Flexibilisierung sind Treiber der Entwicklungen im autonomen und vernetzten Fahren.

Ein weiterer sozio-kultureller Treiber ist der demografische Wandel, der im Kontext der Mobilität zu einem Mangel an Fahrpersonal führt.

*„Das ganze Thema Driver-Shortage ist meines Erachtens der Kerntreiber.“* [Richter, 36]

Unabhängig von anderen Einflüssen sorgt der demografische Wandel für ein zunehmendes finanzielles Interesse an Entwicklungsfortschritten und stellt demnach einen Treiber für diese dar.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass insbesondere das viel genannte „Mindset“ in Deutschland und Europa eine Barriere darstellt, während der demografische Wandel ein zentraler Treiber der Entwicklungen ist.

## Technologische Einflussfaktoren

Mehrere InterviewpartnerInnen sehen technologische Hürden als zentrale Barriere zur Einführung autonomer und vernetzter Fahrfunktionen an.

*„Die zentralen Hürden liegen in der technologischen Entwicklung.“* [Schäfer, 16]

Als wesentlichen Treiber der Entwicklungen nennen einige InterviewpartnerInnen die schnelle Entwicklung neuer Technologien, vor allem im Bereich des maschinellen Lernens und der KI. Schwarz und Müller sagen bspw., dass die Entwicklungen im autonomen Fahren ohne KI vermutlich nicht voranschreiten könnten [Schwarz, 36; Müller, 68].

In Bezug auf die Technologiereife vertritt ein Großteil der InterviewpartnerInnen die Meinung, dass insbesondere autonome Fahrfunktionen noch nicht über die technologische Reife verfügen, die für ein breites Marktangebot erforderlich wäre [Schäfer, 20; Richter, 28; Fischer, 17]. Schäfer weist darauf hin, dass viele Hersteller fälschlicherweise behaupten, bereits einen bestimmten Technologiereifegrad erreicht zu haben [Schäfer, 20]. Eine gegensätzliche Wahrnehmung hinsichtlich der Technologiereife hat Schulz, die sagt, dass bereits bekannt sei, dass autonome Fahrzeuge zuverlässig funktionieren [Schulz, 8]. Es zeigt sich demnach, dass die Wahrnehmung der Technologiereife in der Praxis unterschiedlich ist, wodurch sie entweder als Treiber oder als Barriere angesehen werden kann.

In Bezug auf das viel genannte Thema Daten betont Wagner, dass trotz laufender Bemühungen noch viel Potenzial zur Verbesserung besteht [Wagner, 44]. Ein weiterer Interviewpartner nennt das Fehlen einer europaweiten Datenbank zu Entwicklungen im autonomen Fahren, ähnlich zu der Informationsbereitstellung in den USA<sup>2</sup>, als Hemmnis [Weber, 33]. In Bezug auf Daten werden zudem fehlende oder unklare Standards als Barriere genannt [Becker, 28; Wagner, 40]. Als Hemmnis geben Wagner und Meier überdies einen zu hohen Interpretationsspielraum in geltenden Standards an [Wagner, 44; Meier, 24]. Der Aspekt Daten kann demnach insgesamt eher als Barriere für die Entwicklungen im autonomen und vernetzten Fahren angesehen werden.

Weiterhin erwähnen die InterviewpartnerInnen Technologiestreits und Diskussionen als hemmende Faktoren [Klein, 24]. Meier spricht im Kontext von Kommunikationstechnologien von einem „Industriekrieg“ [Meier, 43]. Im Kontext des autonomen Fahrens zeigt sich ebenfalls Uneinigkeit in Bezug auf die Notwendigkeit straßenseitiger Kommunikationsinfrastruktur für den sicheren Betrieb von autonomen Fahrzeugen, die anhand gegensätzlicher Aussagen zweier InterviewpartnerInnen deutlich wird:

*„Die Infrastruktur fährt das Fahrzeug. Das ist eine von meinen Visionen.“* [Krause, 20]

*„Das Thema externe Infrastruktur zur Unterstützung von autonomen Systemen ist aus meiner Sicht komplett tot.“* [Schäfer, 56]

Die Technologiestreits sowohl im autonomen als auch im vernetzten Fahren stellen eine Barriere für den Fortschritt der Entwicklungen dar.

Mehrere InterviewpartnerInnen nennen zudem Unklarheiten bezüglich technischer Prozesse wie der Erprobung von Fahrfunktionen und der Sicherstellung des Betriebs. Als zentrale Unsicherheiten werden „die Sicherheitszertifizierung im Bereich der Functional Safety“ [Schmidt, 13], die Einführung eines „Testkatalog[es]“ [Schwarz, 76] und die Validierung durch „mehrere Milliarden Kilometer“ Fahrt

<sup>2</sup>Department of Motor Vehicles Kalifornien: Ausfallberichte und autonom gefahrene Kilometer (State of California. Department of Motor Vehicles, 2024)

[Wagner, 100], die bei aktuellen Fahrsystemen erforderlich ist, genannt. Bedingt durch die Neuheit der Technologie gibt es insbesondere im Hinblick auf die notwendigen Prozesse „[viele] Dinge, die noch geklärt werden müssen“ [Schulz, 28]. Diese Prozessunsicherheiten stellen demnach eine zentrale Barriere für den Entwicklungsfortschritt dar.

Zusammenfassend lassen sich das Aufkommen von KI und der Versuch einer zentralisierten Datensammlung als positive Einflussfaktoren festhalten, während die zu geringe Technologiereife, fehlende oder schlechte Daten und Standards, Prozessunsicherheiten und Technologiestreits Barrieren des Entwicklungsfortschrittes sind.

### Rechtliche Einflussfaktoren

Innerhalb der rechtlichen Dimension werden fehlende oder unvollständige Regulierungen von den InterviewpartnerInnen als wesentliche Barriere beschrieben.

*„Wir sind weit weg davon, das Thema automatisiertes Fahren auf die Straße zu bringen, weil uns der rechtliche Rahmen fehlt.“* [Meier, 24]

Einige InterviewpartnerInnen heben hervor, dass es schon Gesetze und Regulationen gibt, diese jedoch zum Teil unvollständig oder veraltet sind. Es gebe schon „Rahmenbedingungen“, jedoch fehlen für die praktische Anwendung die Details [Müller, 64]. Dagegen sehen zwei InterviewpartnerInnen keine fehlenden Regulationen und nehmen diese entsprechend nicht als Hemmnis wahr [Schäfer, 20; Richter, 28]. In Bezug auf die Regulatorik liegen innerhalb der Stichprobe demnach unterschiedliche Perspektiven vor.

Als weitere Barriere wird die Langsamkeit der Gesetzgebung insbesondere im Vergleich zur Schnelligkeit der technischen Entwicklungen genannt. Sowohl Müller als auch Becker sprechen von einer Divergenz von fünf Jahren zwischen dem Stand der Forschung und den Inhalten der Gesetzgebung [Becker, 68, 104; Müller, 64]. Durch die Langsamkeit können positive technologische Entwicklungen nicht rechtzeitig in die Gesetzgebung transferiert werden, wodurch der Nutzen minimiert wird.

Die Verschiebung oder Erweiterung der Verantwortungsbereiche im Zuge der zunehmenden Komplexität technologischer Systeme wird von mehreren InterviewpartnerInnen angesprochen.

*„Wir haben damit eine Verschiebung der Verantwortungsbereiche, oder eine Erweiterung, wo heute noch nicht klar ist, wer dafür die Verantwortung trägt.“* [Schwarz, 24]

Auch Meier merkt an, dass die unsichere Verantwortungslage und insbesondere die fehlende Präsenz des Themas Verantwortung in rechtlichen Diskussionen eine Barriere für den Fortschritt der Entwicklungen darstellt [Meier, 35].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die aktuelle Rechtslage als neutral bis hemmend auf den Innovationserfolg wahrgenommen wird. Während die bislang unternommenen Schritte sich positiv auswirken, stellen noch offene Regulierungen und die Langsamkeit der verbundenen Prozesse eine Hürde dar.

### Sonstige Einflussfaktoren

Zusätzlich zu den Einflussfaktoren, die sich in das PESTEL-Framework einordnen lassen, gibt es weitere Aspekte, welche die InterviewpartnerInnen als relevant einstufen.

Alle InterviewpartnerInnen sehen Kooperationen zwischen verschiedenen Akteuren als relevant für den Fortschritt der Entwicklungen an. Auf der einen Seite erwähnen einige InterviewpartnerInnen, dass insbesondere in der Automobilindustrie die Kooperationsbereitschaft eher gering ist [Richter, 24; Schäfer, 4; Weber, 33]. Auf der anderen Seite wird die zunehmende Entwicklung hin zu mehr Kooperationen als positiver Faktor erwähnt [Wagner, 52; Fischer, 37].

*„Aus der gelebten Praxis erlebe ich [...], dass da natürlich auch eine gewisse Transformation [...] hin zu einer [...] kollaborativen Art und Weise der Zusammenarbeit [stattfindet].“* [Fischer, 37]

Während Kooperationen als wesentlicher Treiber der Entwicklungen angesehen werden, zeigt sich, dass die Kooperationsbereitschaft zum Teil noch nicht ausreichend vorhanden ist.

Als negativen Einflussfaktor nennen die InterviewpartnerInnen die Umsetzung von Einzellösungen und den fehlenden Wissenstransfer. Insbesondere Förder- und Forschungsprojekte seien nicht ausreichend miteinander verbunden, sodass nicht an bekanntes Wissen und gewonnene Erkenntnisse angeknüpft werden kann [Becker, 10].

*„Da wird natürlich alles oder fast alles immer wieder von vorne entwickelt.“* [Hoffmann, 65]

Der fehlende Wissenstransfer zwischen einzelnen Projekten wird insgesamt als Barriere des Entwicklungsfortschritts wahrgenommen.

Darüber hinaus beschreiben mehrere InterviewpartnerInnen ein „Henne-Ei-Problem“ zwischen der technischen und regulatorischen Dimension [Klein, 24]. Bei der Entwicklung von Regulationen werde auf die Ergebnisse der technischen Entwicklung gewartet, während die technische Seite auf ebendiese Regulationen für die Umsetzung warte [Klein, 24; Richter, 28]. Meier beschreibt weiterhin die seiner Ansicht nach falsche Wahrnehmung, dass technische Ergebnisse die Grundlage für Regulationen bilden [Meier, 27].

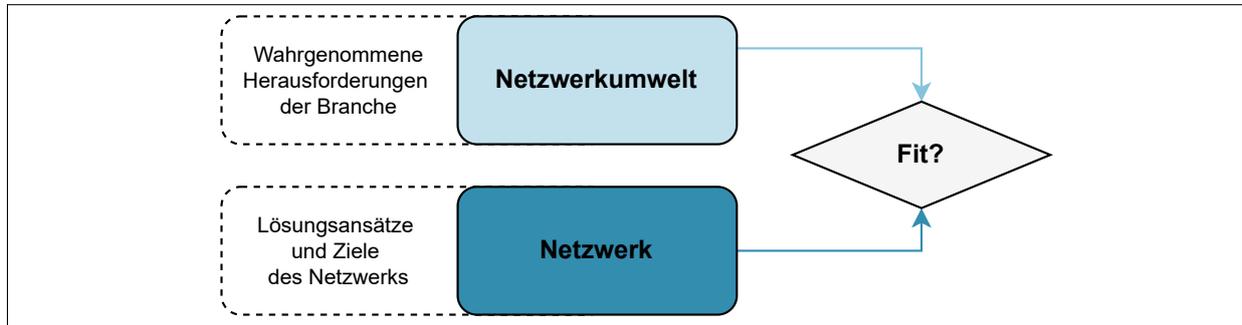
Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Kooperationen einen positiven Einfluss haben, während die Umsetzung von Einzellösungen ohne Wissenstransfer eine Barriere für den Entwicklungsfortschritt ist. Das gegenseitige Warten der Regulatorik und der technischen Entwicklung aufeinander, verlangsamt ebenfalls die Entwicklungen.

### 5.1.2 Netzwerk

In Bezug auf das Netzwerk (Testfelder bzw. Reallabore) nennen die InterviewpartnerInnen eine Vielzahl an Einflussfaktoren, die sich auf die Kooperationsentscheidung auswirken. Zunächst werden Aspekte bezüglich der Kompatibilität zwischen Netzwerkwelt bzw. Unternehmen und Netzwerk erläutert, die einen Einfluss auf die Teilnahme in Testfeldern und Reallaboren haben. Anschließend werden die identifizierten Faktoren auf der Ebene des Netzwerkes vorgestellt und in Rahmendingungen nach Holtbrügge (2004) sowie Netzwerkstruktur und -kultur nach Sydow (1992) aufgeteilt.

#### Wahrgenommene Kompatibilität zwischen Netzwerk und Netzwerkwelt

Die in Kapitel 5.1.1 vorgestellten Ergebnisse zeigen, welche Einflussfaktoren in der Umwelt auf den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren existieren. Zur Entscheidung für oder gegen eine Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren ist insbesondere die Kompatibilität bzw. der „Fit“ zwischen Netzwerk und Umwelt relevant (siehe Abbildung 5.2). Die wahrgenommene Kompa-



**Abbildung 5.2:** Wahrgenommene Kompatibilität zwischen dem Netzwerk und der Netzwerkwelt, Quelle: Eigene Darstellung

tibilität zwischen den Herausforderungen der Netzwerkwelt und der Lösungsansätze der Testfelder und Reallabore kann für die Teilnahmeentscheidung eine zentrale Rolle spielen und wird im Folgenden erläutert.

Zunächst ist anzumerken, dass eine Unklarheit bezüglich der Begriffe Testfeld und Reallabor besteht. In Bezug auf beide Innovationskonzepte haben die InterviewpartnerInnen keine einheitliche, klare Definition der Begriffe und können die Konzepte Testfeld und Reallabor zum Teil nicht unterscheiden [Becker, 44; Schröder, 45].

*„Erstmal die Frage, was ist die Definition? Ist es ein Testfeld oder ein Reallabor?“* [Becker, 44]

Die definitorische Unklarheit kann ein negativer Einflussfaktor bezüglich der Teilnahmeentscheidung sein, da die Einordnung der Innovationskonzepte in die Umwelt erschwert wird.

Die steigende Anzahl an Testfeldern und Reallaboren wird von mehreren InterviewpartnerInnen erwähnt. Während Testfelder und Reallabore in den letzten Jahren *„aus dem Boden gesprossen [sind] wie die Pilze“* [Schwarz, 60], wurde laut mehreren InterviewpartnerInnen der Bedarf der Branche nicht vollständig evaluiert [Becker, 80; Klein, 80]. Einige InterviewpartnerInnen sehen in der hohen Anzahl der Testfelder eine negative Entwicklung [Becker, 112].

*„Der Ansatz in 20 verschiedenen Testfeldern das Gleiche zu machen, der ist extrem teuer und bringt nicht so viel.“* [Schäfer, 24]

Schäfer und Klein nennen insbesondere die Ähnlichkeit vieler Testfelder als negativen Faktor, da diese lediglich Geld kosten und wenige Erkenntnisse bringen.

*„Ich habe manchmal das Gefühl, dass so ein und dieselbe Forschungsfrage oder Problematik an zehn verschiedenen Stellen parallel bearbeitet wird“* [Klein, 80]

Auf der anderen Seite nennen Klein und Weber als Argument, dass es mehrere Testfelder bzw. Reallabore geben muss, da Erkenntnisse nicht vollständig von einer Region in eine andere übertragen werden können [Klein, 60; Weber, 101]. Die hohe Anzahl an Testfeldern und Reallaboren ist zusammenfassend ein negativer Einflussfaktor auf die Teilnahmebereitschaft, da Unterschiede zwischen einzelnen Netzwerken nicht deutlich werden und das Innovationskonzept allgemein als wenig sinnvoll angesehen werden kann.

Die Einzigartigkeit ist im Kontext der hohen Anzahl an Testfeldern und Reallaboren ein weiterer Aspekt, der von mehreren InterviewpartnerInnen genannt wird. So erwähnt bspw. Meier, dass das Testfeld an dem sein Unternehmen sich beteiligt hat das *„das erste Testfeld weltweit [war], das fast*

alle Aspekte des kooperativen Fahrens auf Infrastrukturseite betrachtet hat“ [Meier, 39]. Meier gibt an, dass dieses Testfeld in dieser Form „*einzigartig*“ ist, wodurch sein Unternehmen sich beteiligen wollte. Auch Schäfer gibt als zentralen Unterschied zwischen dem Reallabor, an dem sein Unternehmen sich beteiligt, und anderen Testgebieten an, dass lokale Gegebenheiten dieses Reallabor „*europaweit einzigartig*“ machen [Schäfer, 52]. Die wahrgenommene Einzigartigkeit des Testfeldes oder Reallabors kann demnach einen positiven Einfluss auf die Teilnahmebereitschaft haben.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die wahrgenommene Rolle der Testfelder und Reallabore im Entwicklungsprozess. Wie in Abschnitt 5.1.1 dargelegt, existieren im Entwicklungsprozess für autonomes und vernetztes Fahren noch Unklarheiten. Zur Frage, welche Funktion bzw. Rolle Testfelder und Reallabore innerhalb dieses Entwicklungsprozesses einnehmen, haben die InterviewpartnerInnen unterschiedliche Ansichten, wodurch sie die Teilnahme als sinnvoll bzw. nicht sinnvoll ansehen. Beispiele für die unterschiedliche Rollenwahrnehmung sind in Tabelle ?? in Anhang ?? dargestellt. Die genannten Funktionen bzw. Rollen der Testfelder und Reallabore lassen sich induktiv in die Funktionsdemonstration, den Funktionstest, die Generierung wissenschaftlicher Ergebnisse und Daten, betriebliches Lernen, die Akzeptanz- und Vertrauenssteigerung, die Nutzung im Zulassungsprozess und sonstige Rollen einteilen. Zur zukünftigen Entwicklung von Testfeldern und Reallaboren geben die InterviewpartnerInnen ebenfalls mehrere Szenarien an. Mögliche Zukunftsszenarien umfassen unter anderem die weiterhin hohe Relevanz von Testfeldern durch neue Anwendungsfälle [Klein, 56; Schäfer, 48], eine abnehmende Relevanz durch mehr Simulationen [Becker, 96], ein Angleichen der Testfelder [Schwarz, 76] oder eine verpflichtende Nutzung von Testfeldern [Müller, 95]. Die subjektiv wahrgenommene Rolle von Testfeldern und Reallaboren im Entwicklungsprozess kann für einzelne Unternehmen jeweils einen treibenden bzw. hemmenden Einfluss auf die Teilnahme haben.

Weiterhin nennen mehrere InterviewpartnerInnen Probleme bzw. Herausforderungen, die sie in Testfeldern und Reallaboren wahrnehmen und die eine Teilnahme hemmen können. Mehrere InterviewpartnerInnen erwähnen die fehlende Messung der Ergebnisse als negativen Faktor von Reallaboren und Testfeldern.

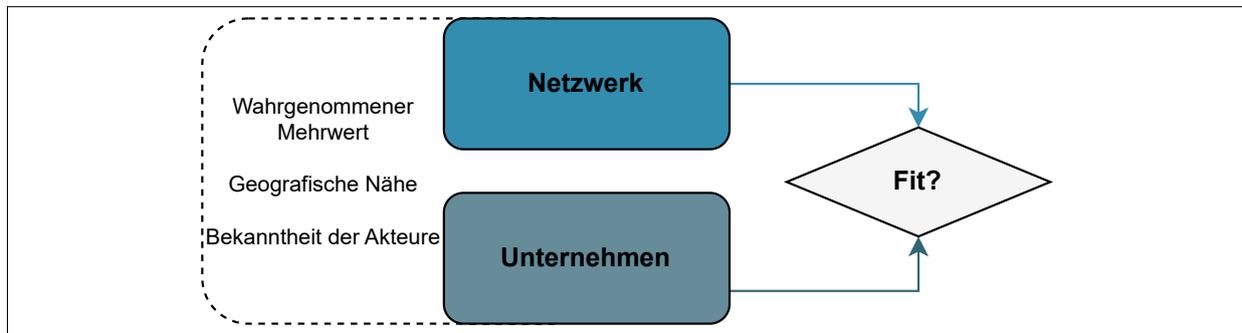
„Wenn man so ein [...] Forschungslabor aufsetzt, was ist [...] der Nutzen dahinter?“ [Weber, 73]

Auch Richter und Schäfer nennen ein mangelndes „*KPI-Verständnis*“ und die fehlende Messung der Ergebnisse als Problem [Richter, 56; Schäfer, 40]. Weiterhin wird der fehlende Wissenstransfer im Kontext von Testfeldern und Reallaboren genannt [Becker, 88; Weber, 73]. Sowohl die fehlende Ergebnismessung als auch der unzureichende Wissenstransfer werden als negativ wahrgenommen, angesichts der Herausforderungen der Netzwerkumwelt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die steigende Anzahl an Testfeldern und Reallaboren und benannte Probleme, wie fehlender Wissenstransfer, einen negativen Einfluss und die wahrgenommene Einzigartigkeit einen positiven Einfluss auf die Teilnahmeentscheidung haben kann. Die wahrgenommene Rolle von Testfeldern und Reallaboren ist darüber hinaus ein zentraler Grund für oder gegen eine Teilnahme.

### **Wahrgenommene Kompatibilität zwischen Unternehmen und Netzwerk**

In Bezug auf die wahrgenommene Kompatibilität zwischen dem Netzwerk und dem Unternehmen nennen die InterviewpartnerInnen mehrere Aspekte, die eine Teilnahme motivieren oder verhindern können. Abbildung 5.3 veranschaulicht die Einflussfaktoren auf den Fit zwischen Netzwerk



**Abbildung 5.3:** Wahrgenommene Kompatibilität zwischen dem Netzwerk und dem Unternehmen, Quelle: Eigene Darstellung

und Unternehmen.

Ein zentraler Aspekt ist der inhaltliche Fokus des Testfeldes oder Reallabors. Je nach inhaltlicher Ausgestaltung des Testfeldes oder Reallabors, profitieren die unterschiedlichen Akteure der Quadruple Helix mehr oder weniger von einer Teilnahme. Mehrere InterviewpartnerInnen nennen Forschungsinstitutionen als zentralen Profiteur von Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren, bspw. sagt Wagner „den Hochschulen nützt es am meisten“ [Wagner, 84] und Schröder, dass „wahrscheinlich die Wissenschaft davon am meisten profitier[t]“ [Schröder, 143]. Den Mehrwert für Industrieunternehmen sehen einige InterviewpartnerInnen auf Basis ihrer Erfahrungen als vergleichsweise gering an [Weber, 85]. Dass jedoch die konkrete inhaltliche Ausgestaltung der Kooperation eine zentrale Rolle für den Mehrwert für einzelne Akteursgruppen spielt, zeigt die Aussage von Schulz:

„Das heißt, diejenigen, die tatsächlich mit so einer Frage kommen, [...] können am meisten [...] von so einem Testfeld profitieren [...]“ [Schulz, 80]

Insgesamt kann daher die inhaltliche Ausgestaltung des Testfeldes oder Reallabors und der daraus erwartete Mehrwert für das Unternehmen eine Rolle für die Teilnahmeentscheidung spielen.

Ein weiterer Aspekt, der die Kompatibilität zwischen Netzwerk und Unternehmen beeinflussen kann, ist die geografische Nähe zwischen dem Unternehmen und dem Erprobungsort des Testfeldes bzw. Reallabors. Ist der Erprobungsort in der Nähe des Unternehmens, wird ein geringerer Aufwand erwartet als bei einem weiter entfernten Ort.

„[Das ist] eine Sache von einer halben Stunde dahin zu fahren und alles andere wäre sehr aufwendig.“ [Krause, 40]

Schmidt erwähnt darüber hinaus, dass sein Unternehmen aufgrund der geografischen Nähe an lokalen Testfeldern teilnimmt und nicht direkt am geplanten Anwendungsort die Produkte testet [Schmidt, 70].

Weiterhin nennen mehrere InterviewpartnerInnen bestehende Kontakte zwischen Unternehmen und Testfeldbetreiber als relevanten positiven Einflussfaktor für die Teilnahme. Auf der einen Seite beschreiben Müller, Klein, Krause und Weber, dass bestehende Kontakte zum Testfeldbetreiber ein treibender Faktor für die Teilnahme sind [Müller, 52; Klein, 36; Krause, 28; Weber, 65]. Auf der anderen Seite besteht sowohl bei Fischer als auch bei Weber nach eigener Aussage kein Kontakt zu einem Testfeldbetreiber, wodurch eine Teilnahme erschwert wird [Fischer, 29; Weber, 81].

„Bei dem Testfeld [...] wüsste [ich] jetzt gar nicht, wen ich anrufen kann.“ [Weber, 81]

Besteht kein Kontakt zwischen dem Unternehmen und dem Testfeldbetreiber, kann dies ein negativer Einflussfaktor auf die Teilnahme sein.

Die Bekanntheit anderer Akteure im Testfeld oder Reallabor ist darüber hinaus ein wesentlicher Treiber in Bezug auf die Entscheidung zur Teilnahme. Mehrere InterviewpartnerInnen, die bereits in Testfeldern kooperiert haben, erwähnen, dass die KooperationspartnerInnen meist aus dem lokalen Umfeld stammen.

*„Man kennt sich halt irgendwie schon.“ [Lehmann, 97]*

Auch *Weber* und *Klein* erwähnen bestehende Kontakte aus früheren Kooperationen als wesentlichen Einflussfaktor auf die Teilnahmeentscheidung [Weber, 65; Klein, 36]. Durch bestehende Kontakte wird das Unternehmen auf Kooperationsmöglichkeiten aufmerksam [Schröder, 127] oder es erfolgt direkt eine gemeinsame Bewerbung auf eine ausgeschriebene Förderung [Wagner, 20]. *Schröder*, *Becker* und *Schmidt* erwähnen, dass sie über bekannte KundInnen in ein Reallabor oder ein Testfeld hineingekommen sind [Schröder, 94; Becker, 64; Schmidt, 25].

Die wahrgenommene Kompatibilität zwischen dem eigenen Unternehmen und dem Netzwerkes in Bezug auf den inhaltlichen Fokus, den Erprobungsort, die leitende Organisation und die KooperationspartnerInnen ist demnach ein zentraler Faktor für die Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren. *Becker* fasst dieses Ergebnis zusammen:

*„Das Testfeld muss halt zu mir passen.“ [Becker, 112]*

### Rahmenbedingungen des Netzwerkes

In Bezug auf die Rahmenbedingungen konkreter Testfelder und Reallabore können auf Basis der empirischen Untersuchung mehrere Faktoren identifiziert werden, die sich insbesondere auf die vorliegenden Ressourcen im Netzwerk fokussieren.

Ein Faktor, der sich auf die Teilnahmeentscheidung auswirken kann, sind die lokalen Gegebenheiten am Erprobungsort. Hierunter fallen die Größe des Testgebietes [Schäfer, 52], die Größe der Fahrzeugflotte [Schäfer, 52; Müller, 76] und die technische Infrastruktur [Wagner, 80].

*„[Für uns] ist es natürlich [...] deutlich interessanter, weil wir dann nicht jedes Mal selber wieder von Null auf aufbauen müssen, sondern dort jeweils auf eine gewisse Infrastruktur [...] setzen können.“ [Wagner, 92]*

Für einige InterviewpartnerInnen hat demnach die Ausstattung und Ausgestaltung des Erprobungsortes einen wesentlichen Einfluss auf die Teilnahmeentscheidung.

In Bezug auf den Erprobungsort und die vorhandene technische Infrastruktur erwähnen einige InterviewpartnerInnen die Qualität der Hard- und Software sowie die Güte der verfügbaren Daten als relevanten Einflussfaktor auf die Teilnahme [Klein, 64]. Auch *Müller* nennt die zu geringe Güte der Daten und Methoden in einem Testfeld als Barriere für die Teilnahme seines Unternehmens [Müller, 24].

Die InterviewpartnerInnen nennen weiterhin die finanzielle Förderung der Testfelder und Reallabore als wesentlichen Einflussfaktor auf die Teilnahmeentscheidung, da sich die Förderbedingungen für das eigene Unternehmen, je nach Testfeld bzw. Reallabor unterscheiden können.

*„Wenn es gut gefördert ist, dann gehe ich rein.“ [Lehmann, 85]*

Auch Fischer erwähnt die Relevanz einer „vernünftigen Finanzierung“ für die Teilnahme [Fischer, 70]. Zusammenfassend zeigt sich, dass die Ausstattung des Erprobungsortes, die Qualität der Infrastruktur sowie die finanzielle Förderung beeinflussende Rahmenbedingungen des Netzwerkes in Bezug auf die Teilnahmeentscheidung von Unternehmen darstellen.

### Netzwerkstruktur und -kultur

Die InterviewpartnerInnen nennen verschiedene Faktoren, die der Netzwerkstruktur oder -kultur zuzuordnen sind.

In Bezug auf den Testfeldbetreiber werden mehrere Teilnahmebarrieren genannt. Zunächst erwähnt ein Interviewpartner das fehlende Interesse des Testfeldbetreibers an der Kooperation als relevanten Faktor. Wie Hoffmann erzählt, ist dies insbesondere relevant, wenn bereits ein Testfeld mit Infrastruktur existiert und sich das Unternehmen als neuer Kooperationspartner einbringen möchte.

„[Da] habe ich so dieses Gefühl gehabt, man wollte uns ausgrenzen, leider.“ [Hoffmann, 82]

Hoffmann beschreibt weiter, dass der Testfeldbetreiber durch mangelnde Erreichbarkeit die Teilnahme unterbunden hat [Hoffmann, 82]. Die Bereitschaft des Testfeldbetreibers zur Einbindung neuer KooperationspartnerInnen ist daher ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Teilnahme von Unternehmen.

Schäfer nennt überdies die wahrgenommene Kompetenz des Testfeldbetreibers als weiteren Faktor der Teilnahmeentscheidung aus Unternehmenssicht.

„Es gibt viele [...], die sich noch nicht bewiesen haben und die bekommen dann den Ritterschlag, Reallaborleiter [...] sein zu dürfen und da wäre ich vorsichtig.“ [Schäfer, 40]

Eine vom Unternehmen wahrgenommene mangelnde Arbeitsqualität oder Kompetenz der leitenden Organisation (Testfeldbetreiber oder Reallaborleitung) kann sich demnach negativ auf die Teilnahmeentscheidung auswirken.

Die Akteurskonstellation kann ebenfalls ein Treiber oder eine Barriere für die Teilnahme sein. Im Allgemeinen nehmen alle InterviewpartnerInnen die Integration von Akteuren aus Industrie, Wissenschaft, öffentlicher Hand und Gesellschaft als großen Vorteil wahr [Lehmann, 109; Schulz, 72]. In Bezug auf andere IndustriepartnerInnen erwähnen Hoffmann und Krause, dass bekannte, große Firmen, die bereits an einem Testfeld oder Reallabor beteiligt sind, die Teilnahme weiterer, kleiner Unternehmen verhindern können [Hoffmann, 90; Krause, 32]. Oftmals seien es die großen Firmen, die versuchen ihre Technologie „in die Testfelder reinzudrücken“ [Krause, 32].

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass strukturelle und kulturelle Faktoren im Netzwerk einen positiven oder negativen Einfluss auf die Teilnahme von Unternehmen haben, wobei insbesondere das Verhalten der leitenden Organisation eine Barriere für die Teilnahme sein kann.

### 5.1.3 Unternehmen

In diesem Abschnitt werden die identifizierten Einflussfaktoren auf die Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren auf Unternehmensebene erläutert. Die Einteilung der Faktoren erfolgt, angelehnt an die unternehmensinternen Faktoren für kooperative Forschung und Entwicklung von Bayona

et al. (2001), in unternehmensspezifische Charakteristiken und strategische Motive von Unternehmen.

### Unternehmenscharakteristiken

Im Kontext der Unternehmenscharakteristiken nennen einige InterviewpartnerInnen die Unternehmensgröße und -reife als positiven bzw. negativen Einflussfaktor. Insbesondere Firmen, die bereits über ein profitables Geschäftsmodell verfügen und lediglich neue Geschäftsbereiche erschließen möchten, entscheiden sich laut *Richter* für eine Teilnahme in einem Testfeld bzw. Reallabor.

*„Die meisten Förderprogramme in Deutschland sind halt einfach so strukturiert, dass sie sich an Large Corporates [...] und profitable KMU [richten].“* [Richter, 40]

*Richter* und *Schmidt* sagen darüber hinaus, dass die Bürokratie und Langsamkeit in Reallaboren hemmend für die Teilnahme von jungen Unternehmen sind [Richter, 64; Schmidt, 49]. Weiterhin gibt *Krause* an, dass eine Barriere der Teilnahme seines Unternehmens fehlende personelle Kapazitäten aufgrund der geringen Unternehmensgröße sind [Krause, 32]. Eine geringe Reife und Größe des Unternehmens können sich demnach negativ auf die Teilnahmeentscheidung auswirken.

Die Forschungsaktivität ist ein weiterer Aspekt des Unternehmens, der eine Rolle bei der Teilnahmeentscheidung spielt. Einige InterviewpartnerInnen nennen das Fehlen einer eigenen Forschungsabteilung, welche sich an Forschungsprojekten beteiligen kann, als hemmenden Faktor für die Teilnahmeentscheidung.

*„Es gab keine eigene Forschungsabteilung, die sich dann mit diesem Thema beschäftigt.“* [Weber, 45]

In diesem Zuge erwähnen *Schmidt* und *Schröder*, dass ihre Unternehmen lediglich kommerzielle Kooperationen eingehen, wodurch eine direkte Teilnahme an Forschungsprojekten in Testfeldern oder Reallaboren ausgeschlossen ist [Schmidt, 41; Schröder, 127]. Auf der anderen Seite beschreiben *Lehmann* und *Wagner*, dass es in ihren Unternehmen Abteilungen gibt, die sich mit Forschungsprojekten und Testfeldern befassen, wodurch die Teilnahmeentscheidung positiv beeinflusst wird [Lehmann, 4; Wagner, 12]. Die Forschungsaktivität spielt demnach eine wesentliche Rolle bei der Teilnahmeentscheidung. Die empirischen Ergebnisse zeigen, dass ein Interesse an Forschungsbetrieb und die Existenz einer eigenen Forschungsabteilung einen positiven Einfluss auf die Teilnahmeentscheidung haben.

Weiterhin erwähnte ein Interviewpartner den Förderanteil des Unternehmens als Einflussfaktor auf die Teilnahmeentscheidung. *Schmidt* nennt den bisherigen Förderanteil, den das Unternehmen bereits erhalten hat, als Treiber bzw. Barriere für die Teilnahme [Schmidt, 49]. Da Unternehmen nur bis zu einem gewissen Anteil gefördert werden dürfen, spielt der bisherige Anteil, den sie an Fördergeldern haben, eine Rolle.

*„Wir hätten wenig Probleme damit, uns bei noch mehr Forschungsprojekten einzuklinken. Da gibt es dann eher so Fragen der De-minimis-Regelung“*<sup>3</sup> [Schmidt, 49]

Zudem nennen mehrere InterviewpartnerInnen die bisherigen Teilnahmeerfahrungen sowohl als positiven als auch als negativen Einflussfaktor für die Teilnahmeentscheidung. In Tabelle ?? im

<sup>3</sup>Die De-minimis-Regel erlaubt die Unterstützung von Unternehmen mit öffentlichen Mitteln, sofern eine bestimmte Obergrenze nicht überschritten wird (o. V., 2017).

Anhang dieser Arbeit sind die jeweiligen Teilnahmeerfahrungen und zukünftigen Teilnahmeabsichten aller InterviewpartnerInnen dargestellt. *Becker, Klein* und *Lehmann* erwähnen bspw., dass ihr Unternehmen bereits früher in einem Testfeldprojekt beteiligt war, wodurch Erfahrungen gesammelt wurden, die eine erneute Kooperation begünstigen [Becker, 56; Klein, 32; Lehmann, 30].

„Wir versuchen jetzt praktisch immer so an das nächste Testfeld zu kommen.“ [Lehmann, 30]

Auf der anderen Seite beschreiben sowohl *Schulz* als auch *Schäfer*, dass ihr Unternehmen in einer vorherigen Kooperation gewisse Ziele erreicht habe, wodurch eine erneute Kooperation als nicht notwendig angesehen wird [Schulz, 92; Schäfer, 48].

„Wir [sind] zu weit [...] als dass wir in Reallaboren rumexperimentieren müssen.“ [Schäfer, 48]

Die bisherige Teilnahmeerfahrung kann demnach sowohl ein Treiber als auch eine Barriere für die Teilnahme darstellen.

In Bezug auf die Produkte bzw. Dienstleistungen des Unternehmens können die Neuheit und der Innovationsgrad einen Einfluss auf die Teilnahmeentscheidung haben. Sowohl *Lehmann* als auch *Schwarz* erwähnen, dass ihre Unternehmen in einem Testfeld das erste Mal eine Innovation ausprobiert haben [Lehmann, 65; Schwarz, 60]. *Lehmann* beschreibt weiterhin, dass insbesondere neue, innovative Produkte sich für Testfelder und Reallabore eignen.

„Also ich würde sagen, ein Testfeld ist etwas, was in den nächsten fünf Jahren oder so vielleicht kommen kann.“ [Lehmann, 65]

Auch *Klein* beschreibt die Neuheit von Anwendungsfällen von Produkten als positiven Einflussfaktor auf die Teilnahme [Klein, 56]. Zusammenfassend wirkt sich die Neuheit und Innovativität von Produkten und Dienstleistungen positiv auf die Teilnahmeentscheidung aus. Einschränkend ergänzt *Lehmann*, dass die Forschung an Grundlagen in einem Entwicklungsfeld nicht für ein Testfeld oder Reallabore geeignet sei [Lehmann, 65].

Die Technologiereife von Produkten erwähnen mehrere InterviewpartnerInnen als Einflussfaktor auf die Entscheidung zur Teilnahme in Testfeldern und Reallaboren. Verfügt das Unternehmen über Produkte in einer frühen Entwicklungsphase mit einer mittleren Technologiereife, beeinflusst dies die Teilnahmeentscheidung positiv [Wagner, 36; Lehmann, 53].

„Die Themen, die wir dort haben, die sind in der Regel [TRL] sechs bis sieben.“ [Wagner, 36]

Befinden sich die Produkte bereits kurz vor der Serieneinführung „reicht ein Testfeld nicht mehr aus“ [Wagner, 96], sodass eine Teilnahme in einem Testfeld als nicht mehr sinnvoll angesehen wird. Dies bestätigt auch *Klein*, die berichtet, dass ihr Unternehmen sich weniger in Testfeldern und Reallaboren beteiligt, da der Fokus auf Serienprodukten liegt [Klein, 56]. Die Technologiereife des Produkts in einem Unternehmen ist demnach ein zentraler Einflussfaktor für die Teilnahmeentscheidung. Treibende Faktoren sind Technologien mit einer mittleren Technologiereife, die bereits prototypisch zum Einsatz kommen, während eine hohe Technologiereife kurz vor der Serieneinführung eine Barriere darstellt.

Die Nachfrage des Produktes oder der Dienstleistung auf dem Markt kann ebenfalls eine zentrale Rolle für die Teilnahmeentscheidung spielen. *Lehmann* beschreibt, dass die fehlende Nachfrage nach ihrem Produkt (aufgrund der Neuheit) ein zentraler Grund für die Teilnahme war [Lehmann, 61].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass innerhalb des Unternehmenskontextes die Teilnahme in Testfeldern oder Reallaboren insbesondere von der Forschungsaktivität, der Größe und der Reife

des Unternehmens abhängig ist. Bei Produkten und Dienstleistungen beeinflussen eine mittlere Technologiereife und eine geringe Marktnachfrage die Teilnahmebereitschaft positiv.

### Kooperationsstrategie und -motive

Die Kooperationsmotive von Unternehmen spielen eine zentrale Rolle für die Teilnahmeentscheidung. Sämtliche InterviewpartnerInnen, die bereits in Testfeldern oder Reallaboren kooperiert haben, nennen als zentrales Motiv das Lernen und die Generierung von Wissen.

*„Es ging damals tatsächlich darum, in Deutschland das Know-how aufzubauen.“* [Schulz, 48]

*Becker* ergänzt den Wissensgewinn um die frühzeitige Einschätzung von Innovationen [Becker, 68]. Haben Unternehmen als wesentliches Ziel den Wissensgewinn und das Lernen, kann dies demnach einen positiven Einfluss auf die Teilnahmeentscheidung haben.

Die Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen kann ebenfalls ein Motiv sein, das die Teilnahmeentscheidung positiv beeinflusst. Sowohl *Klein* als auch *Lehmann* geben die Weiterentwicklung der unternehmensinternen Produkte als treibenden Faktor für die Teilnahme an [Klein, 44; Lehmann, 57]. Zudem kann die gemeinsame Erprobung des Produktes mit Kooperationspartnern ein Ziel der Kooperation sein [Wagner, 24; Krause, 32]. Als weiteres Motiv, das die Teilnahmeentscheidung begünstigt, erwähnt *Lehmann* die Erschließung neuer Anwendungsfelder für das Produkt [Lehmann, 57]. *Becker* nennt weiterhin die erwartete Generierung von Beratungsdienstleistungen auf Basis des gewonnenen Wissens als wesentliches Ziel der Teilnahme [Becker, 64]. Die Weiterentwicklung von Produkten und Dienstleistungen insbesondere in Kooperation mit Partnerorganisationen ist demnach ein wesentlicher Treiber der Teilnahmebereitschaft.

Die lokale Mitbestimmung am Erprobungsort des Testfeldes oder Reallabors geben sowohl *Krause* als auch *Weber* als Grund für die Teilnahme an [Krause, 32; Weber, 65].

*„Man hat natürlich auch die Möglichkeit [...] gegebenenfalls dann auch ein paar gute Einwände mit reinzubringen.“* [Weber, 65]

Insbesondere in Bezug auf die Ausgestaltung der technischen Infrastruktur nennt *Weber* die Mitbestimmungsmöglichkeit im Zuge einer Teilnahme als Motiv, das die Teilnahmeentscheidung positiv beeinflusst.

Weiterhin ist Steigerung der Sichtbarkeit und die Werbung für das eigene Unternehmens ein Motiv für die Teilnahme an Testfeldern oder Reallaboren, das mehrere InterviewpartnerInnen angeben. *Fischer* und *Schmidt* erwähnen das „Marketing“ als treibenden Faktor für die Teilnahme [Fischer, 66; Schmidt, 74]. Testfelder und Reallabore werden darüber hinaus von *Fischer* als „Werbemedium“ für die unternehmenseigenen Produkte angesehen.

*„Darüber kann man natürlich für seine eigenen Produkte auch in Werbung gehen.“* [Fischer, 70]

Das Ziel der Werbung bzw. Erhöhung der Sichtbarkeit des Unternehmens und der Produkte ist demnach ein wesentlicher Treiber für die Teilnahmeentscheidung.

Als weiteres Motiv nennen einige InterviewpartnerInnen die Erweiterung des eigenen Netzwerkes und den Kontakt zu potenziellen Kooperationspartnern [Krause, 32; Klein, 52]. Insbesondere die „lokale Vernetzung“ wird von der Teilnahme in Testfeldern und Reallaboren erwartet [Krause, 32]. *Krause* gibt weiterhin den Kontakt zu potenziellen KundInnen als Teilnahmemotiv an [Krause, 32]. Zuletzt geben mehrere InterviewpartnerInnen Kosten- und Zeitvorteile als Motiv für die Teilnah-

me an. In Bezug auf die Kosten motiviert vor allem die finanzielle Förderung, die den beteiligten Unternehmen in Förderprojekten zusteht [Lehmann, 42; Wagner, 24].

*„Wenn [es] parallel gefördert wird, ist es [...] eine zusätzliche Motivation.“* [Wagner, 24]

Die finanzielle Förderung ist insbesondere ein Treiber, bei „*Themen, die wir eh machen wollen*“ [Wagner, 24], sodass Kostenvorteile im Vergleich zur reinen Eigenentwicklung entstehen. Vor dem Hintergrund des Open Innovation Ansatzes sieht *Wagner* auch Zeitvorteile, die durch die Zusammenarbeit mit Projektpartnern entstehen [Wagner, 24]. Weiterhin nennt *Becker* die erwarteten Zeiteinsparungen durch die Nutzung vorhandener Infrastruktur in einem Testfeld als wesentlichen Einflussfaktor auf die Teilnahmeentscheidung.

*„Man gewinnt einfach Zeit, indem man schneller ist, wenn man das Test[feld] vor sich hat und es nicht selbst aufbauen muss.“* [Becker, 72]

Im Kontext der Zeitvorteile gibt *Wagner* auch die Reduzierung von bürokratischen Prozessen in Bezug auf den Austausch mit Städten und Kommunen als Motiv für die Kooperation an [Wagner, 80].

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass strategische Ziele wie Wissensgewinn, die kooperative Weiterentwicklung von Produkten und die Netzwerkerweiterung, die Teilnahmeentscheidung positiv beeinflussen können.

## 5.2 Einflussfaktoren auf den Kooperationserfolg in digitalen Testfeldern und Reallaboren

In diesem Unterkapitel werden identifizierte Einflussfaktoren auf den Kooperationserfolg und Herausforderungen während der Kooperation in Testfeldern und Reallaboren vorgestellt.

### 5.2.1 Netzwerkwelt

Im Kontext der Netzwerkwelt können auf Basis der empirischen Untersuchung mehrere Faktoren identifiziert werden. Neben den in Kapitel 5.1.1 genannten Einflussfaktoren, die sich insbesondere auf die Teilnahme, aber auch auf den Erfolg der Kooperation auswirken können (bspw. restriktiver Umgang mit Datenschutzregulierungen), geben die InterviewpartnerInnen weitere Faktoren an, die während der Kooperation in der Netzwerkwelt auftreten.

In Bezug auf die Technologie nennt *Klein* die anfängliche Unterschätzung der technologischen Komplexität als negativen Einflussfaktor auf das Erreichen der Kooperationsziele [Klein, 48]. *Klein* erzählt, dass die Komplexität insofern unterschätzt wurden, als dass die technischen Endergebnisse nicht den gesetzten Zielen entsprachen.

*„Da haben wir dann auch [...] am Endergebnis reduziert, wo wir uns mehr Komplexität auch in der Funktion vorher überlegt hatten.“* [Klein, 48]

Die hohe technische Komplexität der eingesetzten Technologien und die anfängliche Unterschätzung dieser kann demnach einen negativen Einfluss auf den Kooperationserfolg haben.

Ein weiterer Faktor, den *Schäfer* einführt, ist die technische Herausforderung der geringen Produktanzahl in Reallaboren. Aufgrund des temporären Forschungscharakters sei keine automati-

sierte Produktion von großen Stückzahlen, sondern lediglich eine Kleinserie möglich [Schäfer, 36]. Der Betrieb und die Wartung einer kleinen Serie bspw. von Fahrzeugen stellt demnach für das Erreichen der Kooperationsziele eine Herausforderung dar.

In der politischen Dimension nennt *Schulz* die hohe Relevanz der städtischen bzw. kommunalen Unterstützung für den Erfolg der Kooperation.

*„So eine Stadt, ein Kreis, [...] das Ministerium im Hintergrund, die haben uns wirklich den Rücken gestärkt. Und das war [...] ganz wichtig.“* [Schulz, 72]

Insbesondere im Hinblick auf den Abbau bürokratischer Hürden kann eine politische Unterstützung während der Kooperation ein Treiber des Erfolges sein.

Während technologische Umweltfaktoren zusammenfassend eher negativ auf den Kooperationserfolg wirken, können politische Einflüsse, wie die lokale Unterstützung, einen positiven Einfluss haben.

### 5.2.2 Netzwerk

Die identifizierten Faktoren auf der Ebene des Netzwerkes werden, wie in Kapitel 5.1.2, nach dem Modell von Sydow (1992) in Netzwerkstruktur und -kultur und zusätzlich in die Rahmenbedingungen auf Basis von Holtbrügge (2004) einteilt.

#### Rahmenbedingungen des Netzwerkes

Mehrere InterviewpartnerInnen nennen den Einfluss von rechtlichen Rahmenbedingungen auf den Kooperationserfolg, insbesondere im Rahmen des Schutzes von Unternehmenswissen. Ein Mangel an klaren rechtlichen Rahmenbedingungen führt laut *Wagner* bei Gesprächen mit Kooperationspartnern dazu, dass *„man auch ziemlich aufpassen [muss], über was man redet“* [Wagner, 64]. Die rechtlichen Rahmenbedingungen spielen insbesondere bei gemeinsamer Forschung und Entwicklung eine Rolle.

*„Wenn es nicht [...] geregelt ist, ist man da immer in einer gewissen Zwickmühle.“* [Wagner, 64]

Auch *Fischer* erwähnt die Relevanz der juristischen Begleitung für den Erfolg der Kooperation [Fischer, 37].

Den umfangreichen bürokratischen Aufwand nennen mehrere InterviewpartnerInnen als Hürde für eine erfolgreiche Kooperation in Testfeldern und Reallaboren. Sowohl *Fischer* als auch *Schulz* geben aus ihrer Erfahrung einen hohen administrativen Aufwand an [Fischer, 37; Schulz, 72].

*„Also da hängt ein sehr großer Administrationsumfang dran.“* [Fischer, 37]

Im Rahmen der bürokratischen Hürden erwähnt *Lehmann* insbesondere die fehlende Flexibilität bei der Beantragung von Projekten im Kontext von Testfeldern und Reallaboren, die sich auf die Umsetzung während des Projekts auswirkt [Lehmann, 93].

*„Und was ganz sicher schwer ist, wenn man schon vorher alles ausgiebig beschreiben muss, was man vorhat [...]“* [Lehmann, 93]

Insbesondere diese detaillierte Beschreibung der geplanten Umsetzung inklusive der einzusetzenden Infrastruktur resultiert demnach in einer geringeren Flexibilität im Projekt, wodurch der Ko-

operationserfolg gehemmt werden kann.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass klare juristische Rahmenbedingungen einen positiven Einfluss haben, während Bürokratie und fehlende Flexibilität sich hemmend auf den Kooperationserfolg auswirken.

### Netzwerkstruktur und -kultur

Im Kontext der Netzwerkstruktur kann die Anzahl der KooperationspartnerInnen eine Rolle für den Kooperationserfolg spielen. *Schulz* nennt als negativen Einflussfaktor, dass im Projektkonsortium zu viele KooperationspartnerInnen waren.

*„Das Konsortium war zu groß. Es war manchmal zu behäbig.“* [*Schulz*, 72]

Insbesondere die Koordination einer großen Anzahl von Kooperationspartnern führt zu Mehraufwand und ist demnach *„echt eine Herausforderung“* [*Schulz*, 72].

Die Kontaktart zwischen den Kooperationspartnern geben einige InterviewpartnerInnen als relevant für den Kooperationserfolg an. *Schwarz* nennt den Mangel an persönlichen Treffen, bei denen die KooperationspartnerInnen sich *„Auge in Auge gegenüber gesessen“* haben, als negativen Einflussfaktor auf den Kooperationserfolg [*Schwarz*, 100].

*„Es wäre schön gewesen, wenn wir, und da mag ein Teil auch an Corona liegen, wenn man sich ein bisschen früher gefunden hätte.“* [*Schwarz*, 100]

Insbesondere im Kontext der COVID-19-Beschränkungen<sup>4</sup> gibt *Schwarz* an, dass alleinige Online-Kontakte zu einem langsameren Start der Kooperation führen können [*Schwarz*, 100]. Dies bestätigen *Wagner* und *Schäfer*, die persönliche Treffen zum Austausch und Termine vor Ort als Teil einer guten Kooperation angeben [*Wagner*, 20; *Schäfer*, 24]. Persönliche Treffen als Kontaktform können sich auf Basis der Aussagen der InterviewpartnerInnen demnach positiv auf den Kooperationserfolg auswirken.

In Bezug auf die beteiligten Akteure nennen mehrere InterviewpartnerInnen die Diversität und Vielfalt als Einflussfaktoren auf den Kooperationserfolg. *Lehmann* hebt die Diversität als positiven Faktor hervor, da durch die breite Aufstellung des Projektkonsortiums verschiedene Kompetenzen beteiligt sind.

*„Desto breiter es aufgestellt ist, desto interessanter wird [es].“* [*Lehmann*, 109]

*Lehmann* gibt weiterhin an, dass jeder Akteur (Industrie, Forschung, Behörden, Nutzende) innerhalb der Kooperation nützlich ist. Die Teilnahme einer Behörde sorgt bspw. für eine gesteigerte Unterstützung in der Bevölkerung [*Lehmann*, 109]. Auch *Schulz* und *Schmidt* geben an, dass die Zusammenarbeit insbesondere mit Universitäten für das Unternehmen einen Mehrwert gebracht hat [*Schulz*, 72; *Schmidt*, 29]. Die Diversität als negativer Einflussfaktor wird ebenfalls von einigen InterviewpartnerInnen benannt. *Schwarz* merkt als herausfordernd an, dass die Zielstellungen der Akteure sehr unterschiedlich sind [*Schwarz*, 92]. Insbesondere die Unterschiede in den wissenschaftlichen und unternehmerischen Zielen führen dazu, dass *„der Aufwand [...] sehr groß [ist], bis man sich erst mal findet“* [*Schwarz*, 92]. Sowohl *Schwarz* als auch *Klein* geben in diesem Zuge die Schwierigkeit des Findens einer *„gemeinsamen Sprache“* bei diversen Akteuren an [*Schwarz*, 92; *Klein*, 48].

<sup>4</sup>Ab März 2020 gab es in Deutschland aufgrund der COVID-19 Pandemie teilweise Beschränkungen zur Kontaktminimierung, wodurch viele berufliche Termine online abgehalten wurden (Statistisches Bundesamt, 2021)

Dies betreffe sowohl Begrifflichkeiten - Schwarz nennt als Beispiel das Wort „Szenario“ [Schwarz, 92] - als auch Daten [Klein, 48].

„Also ist sofort das Missverständnis vorprogrammiert.“ [Schwarz, 96]

Die unterschiedlichen Sprachen und Verständnisse zwischen den Akteuren führen demnach zu Missverständnissen und hohem Aufwand in der Kommunikation, wodurch der Kooperationserfolg gehemmt werden kann.

In Bezug auf die Netzwerkkultur nennen die InterviewpartnerInnen zwischenmenschliche Faktoren als besonders relevant für den Kooperationserfolg.

„Wir sind keine Robotermenschen, die einfach nur miteinander Roboterziele erreichen, sondern wir sind auf einer menschlichen Ebene unterwegs.“ [Schäfer, 52]

Ein Aspekt der Netzwerkkultur, den ein Interviewpartner nennt, ist das Vertrauen zwischen den Kooperationspartnern [Fischer, 70].

„Ein gewisses Vertrauensverhältnis [...], dann funktioniert das einfacher“ [Fischer, 37]

Ähnlich zum Vertrauen spielt auch die positive, konfliktfreie Zusammenarbeit zwischen den Kooperationspartnern eine Rolle für den Kooperationserfolg. Schäfer erwähnt, dass der Faktor der positiven Zusammenarbeit einen wesentlichen Einfluss auf das Gelingen der Kooperation hat.

„Und wenn du Menschen hast, mit denen du einfach gern zusammenarbeitest, dann ist das extrem hilfreich.“ [Schäfer, 52]

Hierzu ist insbesondere das „Vertragen“ [Schäfer, 52], also die Konfliktfreiheit auf persönlicher Ebene, in der Kooperation relevant.

Zusammenfassend zeigt sich anhand der empirischen Ergebnisse, dass eine zu hohe Anzahl an Kooperationspartnern einen eher negativen Einfluss hat und persönliche Kontakte zwischen den Kooperationspartnern einen positiven Einfluss auf den Kooperationserfolg haben. Die Diversität zwischen den Akteuren kann sowohl ein Treiber als auch eine Barriere sein. In der Netzwerkkultur beeinflussen Vertrauen und Konfliktfreiheit den Kooperationserfolg positiv.

### 5.2.3 Unternehmen

Auf Ebene des Unternehmens werden im Rahmen der empirischen Untersuchung sowohl unternehmensbezogene Faktoren als auch Einflüsse einzelner Mitarbeitender genannt.

Die eigene Motivation und die der KooperationspartnerInnen wird als positiver Einflussfaktor von mehreren InterviewpartnerInnen hervorgehoben.

„Wir hatten ein hochgradig motiviertes Konsortium.“ [Schulz, 72]

Auch Klein nennt die Motivation der einzelnen Akteure und „den Willen gemeinsam das Ganze voranzubringen“ als zentrale Treiber des Erfolges [Klein, 28]. Meier geht weiterhin neben der Motivation der KooperationspartnerInnen insbesondere auf die intrinsische Motivation in seinem Unternehmen ein. Er nennt die Relevanz des Themas, insbesondere der vernetzten Fahrfunktionen zur Übertragung von sicherheitsrelevanten Informationen, als seine „persönliche Motivation, den Job seit 40 Jahren zu machen“ und merkt darüber hinaus an, dass er diese Motivation auch bei KooperationspartnerInnen bemerkt [Meier, 35].

Ein weiterer Einflussfaktor ist die Arbeitsqualität der beteiligten Akteure. Schäfer erzählt, dass ins-

besondere die Arbeitsqualität der KooperationspartnerInnen für den Erfolg des Reallabors wichtig war: „dann kannst du extrem stark mit einem Reallabor sein“ [Schäfer, 40]. Er beschreibt den Umstand, dass KooperationspartnerInnen teilweise zu Anfang der Kooperation Versprechungen machen, die nicht eingehalten werden können.

„[...] Es gibt immer schwarze Schafe, es gibt immer Leute, die nicht mitspielen, die dir am Anfang A erzählen und am Ende B machen.“ [Schäfer, 40]

Die Arbeitsqualität bzw. Kompetenz aller beteiligten KooperationspartnerInnen kann demnach einen Einfluss auf den Kooperationserfolg haben.

Zusätzlich zur Arbeitsqualität nennt Schäfer individuelle, private Faktoren der beteiligten Mitarbeitenden, welche den Erfolg der Kooperation hemmen können [Schäfer, 40]. Dies können bspw. Depressionen oder andere private Probleme sein, die „zulasten des Reallabors laufen“ [Schäfer, 40]. Die Übertragung von persönlichen Problemen in die Kooperation und die fehlende „Mindeststruktur“ [Schäfer, 40] zum Auffangen derartiger Schwierigkeiten in den beteiligten Organisationen können eine Barriere für den Kooperationserfolg darstellen.

Zusammengefasst sind die Motivation und Arbeitsqualität der beteiligten Kooperationspartner als Erfolgsfaktor festzuhalten. Private Probleme der Mitarbeitenden stellen dagegen eine Barriere für den Erfolg der Kooperation dar.

### 5.3 Effekte der Kooperation in digitalen Testfeldern und Reallaboren

Im Rahmen der empirischen Untersuchung geben die InterviewpartnerInnen weiterhin Effekte an, die Sie als Kooperationserfolg wahrnehmen. Die genannten Effekte werden anhand der Dimensionen des Innovationserfolges von Hauschildt (1990) in technische, ökonomische und sonstige Effekte aufgeteilt. Die Erläuterung der Dimensionen ist in Kapitel 2.1 nachzulesen.

#### Technische Effekte

Ein technischer Effekt ist die Steigerung der Technologiereife durch die Teilnahme an einem Testfeld oder Reallabor. Schmidt und Wagner geben an, dass die Produkte ihrer Unternehmen durch den Einsatz in einem Testfeld einen höheren Technologiereifegrad, den „Sprung auf TRL 5 und 6“ [Schmidt, 33] erreicht haben [Wagner, 32].

Als weiterer, technischer Effekt wird der Wissensgewinn genannt. In Bezug auf das eigene Unternehmen geben mehrere InterviewpartnerInnen mit Teilnahmeerfahrung den Wissensgewinn und die Nutzung des gewonnenen Wissens in Folgeprojekten an. Bspw. zählt Schulz auf, über welche Themen ihr Unternehmen in der Kooperation dazugelernt hat und gibt an, die „Ziele erreicht [zu haben], die wir erreichen wollten“ [Schulz, 52]. Auch Schäfer und Schwarz nennen den Wissensgewinn als zentralen Effekt der Kooperation [Schäfer, 28; Schwarz, 92]. Darüber hinaus erwähnen einige InterviewpartnerInnen, dass sie das gewonnene Wissen in weiteren Projekten und in Gremien (bspw. zur Standardisierung) einbringen konnten [Klein, 52].

„Die Dinge, die wir da gelernt haben, da zehren wir [...] noch heute von“ [Klein, 52]

Becker berichtet darüber hinaus über einen „Vorsprung“ durch das gewonnene Wissen [Becker, 68]. Neben dem technischen Wissen berichtet Wagner von einem Zugewinn an Wissen über lokale Un-

ternehmen und Netzwerke [Wagner, 68].

Als positive technische Effekte auf den Innovationserfolg können zusammenfassend die Steigerung der Technologiereife und der Wissensgewinn festgehalten werden.

### Ökonomische Effekte

In der ökonomischen Dimension nennen die InterviewpartnerInnen mehrere Effekte.

Innerhalb bestehender Geschäftsbeziehungen insbesondere zwischen einem Unternehmen und einer Stadt bzw. Behörde gibt ein Interviewpartner an, dass die Teilnahme einen positiven Effekt auf die eigene Wettbewerbsposition gegenüber der Konkurrenz hatte [Meier, 39]. Durch die Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren konnte das bereits bestehende „*partnerschaftliche Verhältnis*“ zur Stadt weiter gestärkt und ausgebaut werden [Meier, 39].

Ein weiterer Interviewpartner nennt den Kontakt zu NeukundInnen und resultierende Aufträge als Effekt der Kooperation.

*„Unter anderem sind wir mit einer Menge Kunden in Kontakt gekommen [...] und seitdem arbeiten wir mit denen gern zusammen“* [Schmidt, 37]

Schmidt gibt weiterhin an, dass in Folge der Kooperation das Unternehmen schneller gewachsen ist [Schmidt, 37].

In Bezug auf die Skalierbarkeit von getesteten Geschäftsmodellen und Produkten geben mehrere InterviewpartnerInnen einen positiven Effekt an. Ein Interviewpartner berichtet, dass innerhalb des Testfeldes eine erste Anlage im öffentlichen Straßenraum mit der Technologie des Unternehmens ausgerüstet werden konnte und im Anschluss direkt weitere folgten [Schmidt, 70]. Weiterhin geben mehrere InterviewpartnerInnen an, dass die Erprobung von Technologien in einem Testfeld oder Reallabor dafür sorgt, dass diese Technologie auch an anderen Orten übernommen werden kann [Schäfer, 28; Lehmann, 101; Weber, 97]. Zur konkreten Umsetzung der Skalierung werden jedoch von den InterviewpartnerInnen Hemmnisse, wie Wissenstransfer und fehlende Vergleichbarkeit genannt [Weber, 101].

Innerhalb der ökonomischen Dimension sind zusammenfassend einzelne positive Effekte in Bezug auf den Gewinn von KundInnen und die Verbesserung der Wettbewerbsposition zu erkennen. Die Skalierung entwickelter Technologien wird ebenfalls als möglicher Effekt genannt, wurde jedoch lediglich in einem Fall durchgeführt [Schmidt, 70].

### Sonstige Effekte

Innerhalb der sonstigen Effekte berichten mehrere InterviewpartnerInnen von einer gesteigerten Sichtbarkeit und positiven medialen Resonanz des eigenen Unternehmens. Schulz beschreibt, die positive Resonanz und das große Interesse von Medien sowie BürgerInnen [Schulz, 68]. Auch Schäfer erwähnt, dass sich die Teilnahme in einem Reallabor sich „*sehr gut liest*“, was auf eine positive mediale Aufbereitung der Kooperation schließen lässt.

Klein gibt weiterhin den Kontakt zu KooperationspartnerInnen und das gewonnene Netzwerk als zentralen Effekt an [Klein, 52]. Sie erwähnt, dass sie mit vielen PartnerInnen, die sie im Rahmen von Testfeldern und Reallaboren kennengelernt hat, heute noch in Gremien und Forschungsprojekten zusammenarbeitet [Klein, 52].

Als weiteren Effekt geben mehrere InterviewpartnerInnen die Generierung von neuen Ideen und Themenfeldern an.

*„[Da] entstehen ja dann ganz oft die neuen Ideen für weitere Entwicklungen“* [Klein, 52]

Auch *Lehmann* erwähnt, dass insbesondere zum Abschluss einer Kooperation in einem Testfeld viele neue Ideen entstehen. Dadurch, dass man *„[eine] Idee mal probiert hat, kommen neue [Ideen]“* [Lehmann, 105]. Zwei InterviewpartnerInnen bemerken darüber hinaus, dass vor allem unerwartete Ergebnisse zu neuen Ideen und Themen führen können, die in nachfolgenden Projekten bearbeitet werden [Schulz, 60; Krause, 56].

Zusammenfassend sind als positive sonstige Effekte der Kooperation in Testfeldern und Reallaboren insbesondere die Steigerung der Sichtbarkeit des Unternehmens, die Netzwerkbildung und die Generierung neuer Ideen festzuhalten.

## 6 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

Die in Kapitel 5 erläuterten Ergebnisse der empirischen Untersuchung dieser Arbeit zeigen Einflussfaktoren auf die Teilnahme und den Erfolg sowie die Effekte der Kooperation in Testfeldern und Reallaboren auf. Diese Ergebnisse werden nachfolgend interpretiert, diskutiert und in die bestehende Literatur eingeordnet. Zuletzt werden Implikationen und Empfehlungen für die Praxis formuliert.

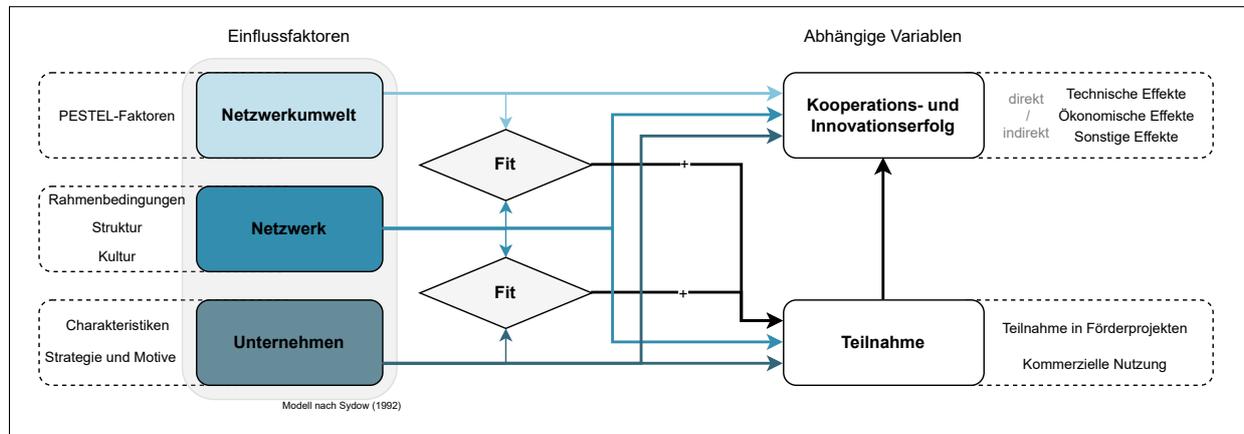
### 6.1 Interpretation und Einordnung der Ergebnisse

In diesem Unterkapitel erfolgt die Interpretation und Einordnung der Ergebnisse auf Basis der analysierten Literatur.

Die Einflussfaktoren auf die Teilnahme und den Kooperations- bzw. Innovationserfolg in Testfeldern und Reallaboren lassen sich anhand der Kontingenzebenen von Sydow (1992) und des Fits zwischen den Kontingenzebenen, den Mintzberg (1989) beschreibt, einordnen. Das erweiterte Kontingenzenmodell, das die zentralen Zusammenhänge der Ergebnisse dieser Arbeit zeigt, ist in Abbildung 6.1 dargestellt. Die Ebene Netzwerkumwelt beschreibt hier die Einflussfaktoren der Branche des autonomen und vernetzten Fahrens, die mittels des PESTEL-Frameworks kategorisiert werden. Die Netzwerkebene beinhaltet Einflussfaktoren der untersuchten Netzwerke in Form der Testfelder und Reallabore. Diese Einflussfaktoren der Netzwerkebene sind deduktiv in Netzwerkstruktur und -kultur nach Sydow (1992) sowie Rahmenbedingungen auf Basis von Holtbrügge (2004) eingeteilt. Zuletzt bildet die Unternehmensebene die unternehmensinternen Einflussfaktoren ab. Auf Unternehmensebene identifizierte Einflussfaktoren sind in allgemeine Charakteristiken sowie strategische Motive auf Basis von Bayona et al. (2001) eingeteilt. Die individuelle Ebene, die Sydow (1992) im ursprünglichen Kontingenzenmodell beschreibt (siehe Kapitel 2.2.1) ist aufgrund der fehlenden Unterscheidbarkeit zwischen Unternehmens- und Mitarbeitendenperspektive in die Unternehmensebene integriert.

Als abhängige Variablen liegen im entwickelten Modell (Abbildung 6.1) die Teilnahme und der Kooperations- bzw. Innovationserfolg vor. Die abhängige Variable der Teilnahme in Testfeldern und Reallaboren umfasst, wie in Kapitel 3.2 eingeführt, sowohl eine Kooperation in Forschungsprojekten als auch die kommerzielle Nutzung der Infrastruktur. Bedingt durch die geringe Verbreitung kommerzieller Nutzungsmöglichkeiten wird die Beteiligung in Forschungsprojekten vordergründig betrachtet. Die identifizierten Teilnahmefaktoren der kommerziellen Nutzung von Testfeldinfrastruktur sind in Anhang ?? einzusehen. Die Ausprägungen des Erfolges der Kooperation bzw. Innovation als zweite abhängige Variable lässt sich deduktiv anhand der Dimensionen des Innovationserfolges von Hauschildt (1990) kategorisieren.

Nachfolgend werden die zentralen Ergebnisse der empirischen Untersuchung in Bezug auf Einflussfaktoren der Kontingenzebenen und die Wirkung auf die abhängigen Variablen Teilnahme und Kooperations- bzw. Innovationserfolg in Testfeldern und Reallaboren interpretiert und diskutiert. Die Interpretation und Diskussion wird anhand der abhängigen Variablen in Teilnahmefaktoren und Erfolgsfaktoren der Kooperation aufgeteilt. Eine Übersicht aller identifizierten Einflussfaktoren und Effekte ist dem entwickelten Kodierleitfaden in Anhang ?? zu entnehmen.



**Abbildung 6.1:** Erweitertes Kontingenzmodell der Determinanten der Teilnahme und erfolgreichen Kooperation von Unternehmen in digitalen Testfeldern und Reallaboren, Quelle: Eigene Darstellung

### 6.1.1 Teilnahmefaktoren in digitalen Testfeldern und Reallaboren

Dieses Unterkapitel beantwortet die in Kapitel 3.1.1 eingeführte Forschungsfrage: *Was sind Einflussfaktoren auf die Teilnahme von Unternehmen an Testfeldern und Reallaboren?* Die Entscheidung zur Teilnahme in Testfeldern und Reallaboren bildet, wie in Kapitel 2.2.1 eingeführt, die Phasen Entscheidung, Partnerselektion und Gestaltung nach Zentes et al. (2003b) in einer Kooperation ab. Die empirischen Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Entscheidung von Unternehmen für oder gegen eine Teilnahme in Testfeldern und Reallaboren ein zweistufiger Prozess ist, der in der ersten Stufe die generelle Kooperationsentscheidung und in der zweiten Stufe die konkrete Partnerselektion und Gestaltung der Kooperation umfasst. Der identifizierte zweistufige Prozess besteht aus den folgenden Schritten:

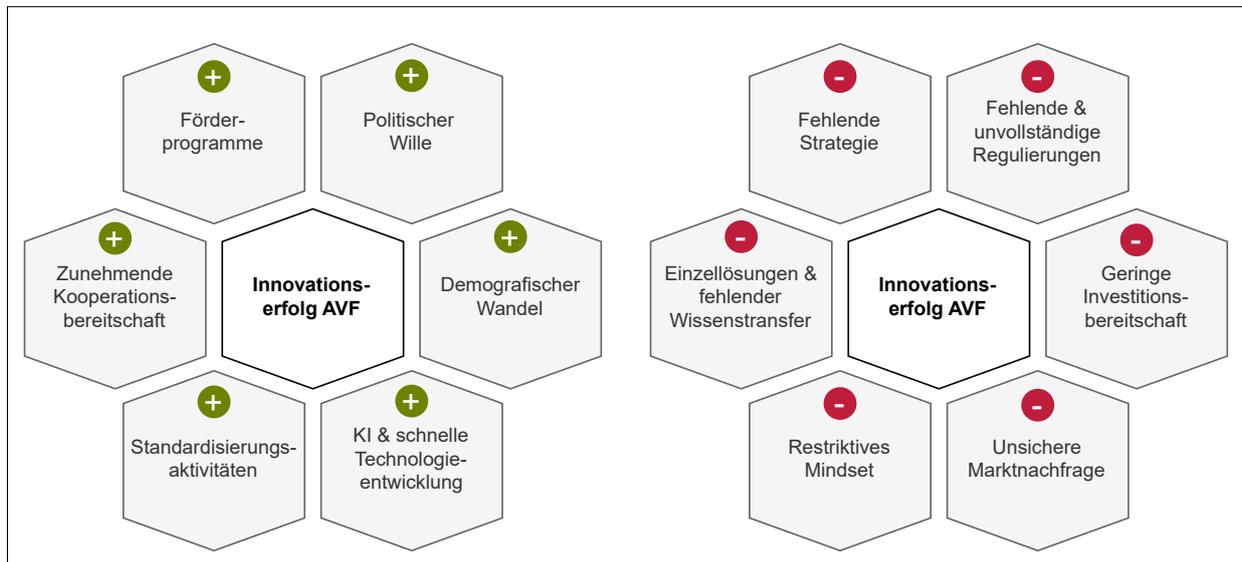
#### 1. Generelle Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren

- Bieten Testfelder und Reallabore passende Lösungsansätze für Herausforderungen der Umwelt?
- Passt das Konzept der Testfelder und Reallabore zum eigenen Unternehmen?

#### 2. Teilnahme in konkreten Testfeldern und Reallaboren

- Bestehen geografische oder relationale Verbindungen zum Testfeld oder Reallabor?
- Passt die Ausgestaltung des Testfeldes oder Reallabors zum eigenen Unternehmen?

Der zweistufige Prozess der Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren und die zugehörigen Fragestellungen werden nachfolgend näher erläutert. Die identifizierte Zweiteilung in generelle Teilnahmefähigkeit und Teilnahme an einer konkreten Kooperation passt zu den eingeführten Kooperationsphasen von Zentes et al. (2003b), wird jedoch in der analysierten Literatur zu Kooperationen in Testfeldern Reallaboren (siehe Kapitel 3.1) nicht erwähnt. Eine Zusammenfassung der identifizierten Treiber und Barrieren der generellen und konkreten Teilnahme ist an späterer Stelle in Abbildung 6.3 dargestellt.



**Abbildung 6.2:** Treiber (+) und Barrieren (-) des Innovationserfolges von Unternehmen im autonomen und vernetzten Fahren (AVF), Quelle: Eigene Darstellung

### Generelle Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren

Für die generelle Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren zeigt sich, dass insbesondere die wahrgenommene Kompatibilität zwischen der Umwelt und dem Netzwerk sowie die wahrgenommene Eignung der Netzwerkform für das eigene Unternehmen die Teilnahmeentscheidung beeinflusst.

### Bieten Testfelder und Reallabore passende Lösungsansätze für Herausforderungen der Umwelt?

Die generelle Kooperationsbereitschaft von Unternehmen wird durch exogene Umweltfaktoren, die auf das Unternehmen und den Innovationserfolg wirken, beeinflusst (Zentes und Schramm-Klein, 2003, S. 265). Nachfolgend werden daher die erfassten Einflussfaktoren der Umwelt erläutert und in die analysierte Literatur eingeordnet. Dieser Abschnitt dient zur Beantwortung der in Kapitel 3.1.2 eingeführten Forschungsfrage: *Was sind Einflussfaktoren der Umwelt auf den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren und wie wirken sich diese auf Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren aus?*

Bei der Betrachtung der Umweltfaktoren ist zu bemerken, dass die InterviewpartnerInnen im Rahmen der empirischen Untersuchung insbesondere die Faktoren hervorheben, die für ihr Unternehmen relevant sind. Bspw. erwähnt Schulz, die einem Verkehrsbetrieb angehört, die fehlende Förderung im Bereich ÖPNV-Infrastruktur als negativen Einflussfaktor.

Die identifizierten Umweltfaktoren sind auf Basis von Zentes und Schramm-Klein (2003) in die Dimensionen des PESTEL-Frameworks eingeteilt. Eine Übersicht über die zentralen treibenden und hemmenden Faktoren des Innovationserfolges im autonomen und vernetzten Fahren aus der Umwelt ist in Abbildung 6.2 gezeigt.

Politische Einflussfaktoren der Umwelt können sowohl positiv als auch negativ auf den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren wirken. Einen positiven Einfluss haben der politische Wille und die damit einhergehende finanzielle Förderung der Entwicklungen. Dieser positive Einfluss auf Innovationen ist mit den Ergebnissen von Schweitzer et al. (2022) im Einklang. Als ne-

gative Einflussfaktoren können eine fehlende Gesamtstrategie, fehlendes technisches Verständnis und der Föderalismus identifiziert werden. Das Fehlen einer Gesamtstrategie und einer politische Steuerung als Barriere des Entwicklungsfortschritts stimmt mit den Ergebnissen von Fagerholt et al. (2023) überein, während das fehlende technische Verständnis und der Föderalismus nicht in der analysierten Literatur genannt werden.

Ökonomisch kann anhand der Ergebnisse der negative Einfluss geringer Investitionsbereitschaft bei gleichzeitig hohen Preisen für Technologien und unsicherer Marktnachfrage, den Fagnant und Kockelman (2015) und Grote und Röntgen (2021) angeben, bestätigt werden.

Innerhalb der sozio-kulturellen Dimension können insbesondere das restriktive Mindset in Deutschland und dessen Auswirkungen in Form von Diskussionen und geringer Technologieakzeptanz als Hemmnis identifiziert werden. Während in der analysierten Literatur der hemmende Einfluss geringer Akzeptanz und übermäßiger Diskussionen ebenfalls als Faktor genannt wird (Mallozzi et al., 2019; Alawadhi et al., 2020; Y. Zhang und Kamargianni, 2022; Fagerholt et al., 2023), ist das zugrundeliegende Mindset, das zu dieser restriktiven Auslegung von Regulationen und kleinschrittigen Diskussionen führt, nicht explizit aufgeführt. Ein treibender Einflussfaktor für Innovationen insbesondere im autonomen Fahren ist dagegen der demografische Wandel und der daraus resultierende Mangel an Fahrpersonal, der auch von Grote und Röntgen (2021) erwähnt wird.

Das Ergebnis, dass technologische Entwicklungen einen zentralen Einfluss haben, bestätigt den von Alawadhi et al. (2020), Bezai et al. (2021) und Fagerholt et al. (2023) identifizierten Zusammenhang. Als positiver technologischer Einflussfaktor können neue Entwicklungen im Rahmen von KI festgehalten werden, die in der Form nicht in der analysierten Literatur genannt werden. Die in dieser Arbeit erkannte unterschiedliche Wahrnehmung der Technologiereife einerseits als Treiber und andererseits als Barriere bestätigt die Diskrepanz zwischen den Ergebnissen von Fagerholt et al. (2023) und Schweitzer et al. (2022), die jeweils einen klar positiven bzw. klar negativen Einfluss angeben. Weitere technologisch hemmende Faktoren, die Unternehmen wahrnehmen, sind Technologiestreits, fehlende Daten(-zugänge) und Interpretationsspielräume in technischen Standards. Während der negative Einfluss fehlender Daten und technischer Standards die Ergebnisse von Mallozzi et al. (2019) bestätigt, werden Technologiestreits und der Interpretationsspielraum in Standards in der analysierten Literatur nicht genannt. Die Unternehmen bemerken jedoch auch, dass es in den letzten Jahren insbesondere im Bereich Daten und Standardisierung positive Entwicklungen gab.

Innerhalb der rechtlichen Dimension bestätigt die empirische Untersuchung den von Alawadhi et al. (2020), Schweitzer et al. (2022) und Fagerholt et al. (2023) genannten negativen Einfluss der fehlenden oder unvollständigen Regulierungen, der unklaren Anwendung von Gesetzen und der langsamen Prozesse. Ähnlich zu den Ergebnissen von Bezai et al. (2021) und Fagerholt et al. (2023) ist der Datenschutz in Form der DSGVO kein negativer Einflussfaktor, wohingegen die restriktive Anwendung der Verordnung als Hemmnis wahrgenommen wird.

Im Rahmen sonstiger Faktoren kann der positive Einfluss von Kooperationen, den auch Fagerholt et al. (2023) nennen, bestätigt werden. Neue, in der analysierten Literatur nicht erwähnte Herausforderungen sind der fehlende Wissenstransfer zwischen einzelnen kooperativ umgesetzten Forschungsprojekten und ein „Henne-Ei-Problem“ zwischen rechtlichen und technologischen Akteuren, die jeweils auf Erkenntnisse bzw. Vorgaben warten.

Die aufgeführten Einflussfaktoren haben einen Einfluss auf den Innovationserfolg von Unternehmen. Im Einklang mit den Bemerkungen zur fehlenden Verknüpfung der Netzwerkwelt mit der

Netzwerkebene (siehe Kapitel 3.1.3) kann kein direkter Einfluss auf die Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren ausgemacht werden. Die identifizierten Faktoren der Umwelt können jedoch, im Einklang mit der Theorie zu exogenen Einflussfaktoren von Zentes und Schramm-Klein (2003), Unternehmen zur Kooperation motivieren. Die Entscheidung für oder gegen die Netzwerkform der Testfelder und Reallabore ist abhängig von der Kompatibilität zwischen der Netzwerkwelt und dem Netzwerk (Sydow, 1992, S. 297). Im folgenden Abschnitt wird daher die wahrgenommene Eignung der Testfelder und Reallabore angesichts der Herausforderungen der Netzwerkwelt als Einflussfaktor aus Unternehmensperspektive dargelegt. Diese wahrgenommene Kompatibilität ist in dem erweiterten Kontingenzmodell in Abbildung 6.1 als „Fit“ zwischen Netzwerkwelt und Netzwerk dargestellt.

In Bezug auf die Eignung der Testfelder und Reallabore angesichts der Umweltherausforderungen zeigt sich innerhalb der Stichprobe, dass die Konzeptwahrnehmung von Testfeldern und Reallaboren zwischen den InterviewpartnerInnen stark variiert. Trotz des erhaltenen Informationsblattes (siehe Anhang ??) haben die InterviewpartnerInnen unterschiedliche Vorstellungen von den Beteiligungsmöglichkeiten, Angeboten und Funktionen von Testfeldern und Reallaboren. Definitorische Unsicherheiten werden auch von van Waes et al. (2021) in Bezug auf Reallabore genannt, jedoch gehen die unterschiedlichen Wahrnehmungen insbesondere in Bezug auf die Funktion von Testfeldern und Reallaboren über diese definitorischen Unsicherheiten hinaus. Die Unternehmen sehen als Funktionen der Testfelder unter anderem die Erprobung oder Demonstration von Technologie sowie die Steigerung der gesellschaftlichen und politischen Akzeptanz des autonomen Fahrens. Auch in Bezug auf die zukünftige Rolle von Testfeldern und Reallaboren im Entwicklungsprozess autonomer Fahrfunktionen gibt es diverse Ansichten. Aufgrund dieser unterschiedlichen Vorstellungen in Bezug auf die Funktion und Beteiligungsmöglichkeiten sowie den Einfluss bestimmter Umweltfaktoren ist der „Fit“ zwischen Netzwerk und der Umwelt eine rein subjektive Einschätzung der Unternehmen. Bspw. kann ein Unternehmen, das rechtliche Unsicherheiten als zentrale Herausforderung sieht und Testfelder bzw. Reallabore als Lernort zur Anwendung des Rechtsrahmens im Betrieb nutzt, eine hohe Eignung angeben. Dagegen kann ein weiteres Unternehmen die fehlende Technologiereife als größte Herausforderung und Testfelder bzw. Reallabore als Mittel zur Akzeptanzsteigerung ansehen, wodurch es die Eignung von Testfeldern und Reallaboren als geringer wahrnimmt. Die Teilnahmeentscheidung wird demnach durch das Zusammenspiel aus der Wahrnehmung der Umwelteinflüsse und Vorstellungen über die Kooperationsform beeinflusst. Es zeigt sich überdies, dass die InterviewpartnerInnen vergangene Erfahrungen in einem Testfeld oder Reallabor auf andere Testfelder und Reallabore projizieren, wodurch gegebenenfalls eine Teilnahme von Anfang an - ohne Betrachtung konkreter Beteiligungsmöglichkeiten - ausgeschlossen wird. Der Fit zwischen Netzwerkwelt und Netzwerk und der Einfluss der wahrgenommenen Funktion des Netzwerkes wird in der analysierten Literatur zu Testfeldern und Reallaboren in Kapitel 3.1 nicht erwähnt, sodass diese Betrachtung als neuartig einzustufen ist.

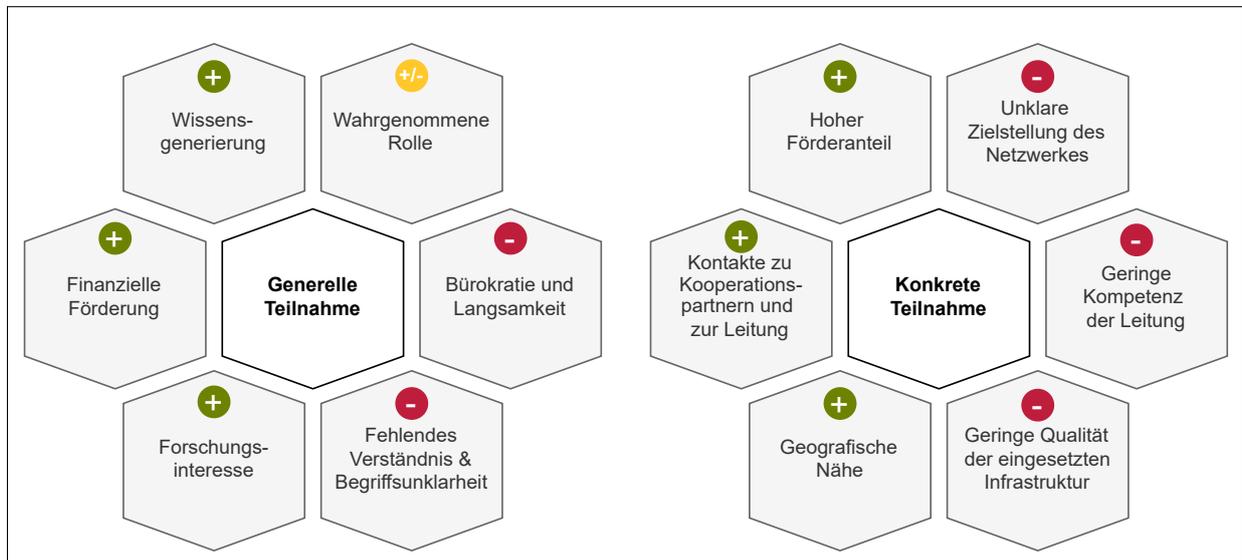
Weitere Faktoren, die in die wahrgenommene Kompatibilität der Testfelder bzw. Reallabore und der Umwelt hineinspielen, sind die hohe Anzahl ähnlicher Testfelder und Reallabore in Deutschland sowie bekannte Probleme in der Umsetzung. Die hohe Anzahl und Ähnlichkeit ist als Barriere der Teilnahme einzustufen, da Unternehmen gegebenenfalls das generelle Konzept als kostenintensiv und unwirksam wahrnehmen. Die erwähnten Probleme, wie die fehlende Ergebnismessung und der fehlende Wissenstransfer zwischen einzelnen Projekten, können eine Barriere für die Teilnahme darstellen, da Testfelder und Reallabore nicht als Lösung für Herausforderungen der Umwelt, bspw. dem fehlenden Wissenstransfer, wahrgenommen werden.

### **Passt das Konzept der Testfelder und Reallabore zum eigenen Unternehmen?**

Auf Unternehmensebene wird die generelle Teilnahme an Testfeldern oder Reallaboren insbesondere durch Charakteristiken, wie die Größe und die Forschungsaktivität, sowie strategische Motive beeinflusst, was mit den vorgestellten Kategorien von Bayona et al. (2001) übereinstimmt. Innerhalb der Stichprobe zeigt sich, dass Unternehmen mit wenigen Mitarbeitenden nicht die benötigten Ressourcen für die Teilnahme an Forschungsprojekten haben. Die geringe Unternehmensgröße als negativer Einflussfaktor wird von Lang (2013) bestätigt. In Bezug auf die Reife des Unternehmens kann festgehalten werden, dass junge Unternehmen und insbesondere Start-Ups Forschungsprojekte im Rahmen von Testfeldern und Reallaboren als zu langsam und bürokratisch wahrnehmen, wodurch eine Teilnahme verhindert wird. Richter und Schäfer, die beide ein Start-Up gegründet haben, beteiligen sich aus diesen Gründen entweder gar nicht oder nur im Rahmen eines Unterauftrages an Testfeldern und Reallaboren. Darüber hinaus ist ein weiterer positiver Einflussfaktor auf die Teilnahme die Existenz einer eigenen Forschungsabteilung im Unternehmen, den Lang (2013) ebenfalls bestätigt. In Bezug auf die Produkte bzw. Dienstleistungen des Unternehmens ist die Neuheit und Innovativität dieser ein treibender Faktor für die Teilnahme. Insbesondere Technologien mit einem TRL von 4 bis 7, sind für die Nutzung in Testfeldern bzw. Reallaboren geeignet. Den Faktor der Technologiereife erwähnt lediglich Lang (2013), der ein hohes Risiko bei Produkten in einem sehr frühen oder sehr späten Entwicklungsstadium ausmacht, das sich negativ auf den Kooperationserfolg auswirken kann. Die ebenfalls erkannte geringe Marktnachfrage aufgrund der Innovativität eines Produkts als treibender Faktor für eine Teilnahme wird in der analysierten Literatur nicht erwähnt. Weiterhin können bereits vorhandene Teilnahmeerfahrungen in Testfeldern oder Reallaboren sowohl einen positiven als auch einen negativen Einfluss haben. Nguyen und Marques (2022) kommen zu ähnlichen Ergebnissen, begründen den hemmenden Einfluss auf die Teilnahme jedoch lediglich mit negativen Vorerfahrungen, während die empirischen Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass auch eine positive Teilnahmeerfahrung eine Barriere für eine zukünftige Teilnahme sein kann.

Als strategische Motive von Unternehmen können mehrere die Teilnahme positiv beeinflussende Erwartungen an die Kooperation festgehalten werden. Das Motiv des Wissensgewinns wird ebenfalls von Puerari et al. (2018), Ballon et al. (2018), Savarit et al. (2023) benannt. Die Produktentwicklung als Motiv ist ähnlich zu den Ergebnissen von D. Zhang et al. (2022) und Nguyen und Marques (2022), die eine gesteigerte Projektperformanz und technologische Vorteile erwähnen. Als weitere Motive können die Netzworkebildung und der Kontakt zu KundInnen festgehalten werden, die auch in den Arbeiten von Ballon et al. (2018), Molinari et al. (2021), Nguyen und Marques (2022) und Savarit et al. (2023) zu finden sind. Die Steigerung der Sichtbarkeit des Unternehmens als positiver Einflussfaktor wird ähnlich bei Leminen et al. (2017) und Savarit et al. (2023) erwähnt. Weiterhin sind die finanzielle Förderung und einhergehende Kostenvorteile zentrale Motive der Unternehmen zur Teilnahme, die auch Guimont und Lapointe (2014), Westerlund et al. (2018), Ballon et al. (2018) und Nguyen und Marques (2022) nennen. Das identifizierte Kooperationsmotiv der Zeitvorteile, bspw. durch die Reduktion bürokratischer Hürden in der Zusammenarbeit mit Städten oder durch gemeinsame Produktentwicklung, stimmt mit den Ergebnissen von Guimont und Lapointe (2014) überein. Als neu im Rahmen dieser Arbeit erfasstes Motiv der Teilnahme ist die lokale Mitbestimmung zu nennen.

Zusammengefasst haben Faktoren der Umwelt, des Netzwerkes und des Unternehmens einen Einfluss auf die generelle Teilnahmebereitschaft von Unternehmen in Testfeldern und Reallaboren. Die zentralen Einflussfaktoren der generellen Teilnahme finden sich in Abbildung 6.3.



**Abbildung 6.3:** Treiber (+) und Barrieren (-) der generellen und konkreten Teilnahme in digitalen Testfeldern und Reallaboren, Quelle: Eigene Darstellung

### Teilnahme in konkreten Testfeldern und Reallaboren

Bei der Teilnahme in einem konkreten Testfeld bzw. Reallabor spielen unternehmens- und netzwerkspezifische Faktoren sowie die wahrgenommene Kompatibilität zwischen Unternehmen und Netzwerk eine Rolle. Die Kompatibilität bzw. der Fit zwischen Netzwerk und Unternehmen wird durch mehrere Faktoren beeinflusst.

#### Bestehen geografische oder relationale Verbindungen zum Testfeld oder Reallabor?

Die geografische Nähe zwischen Unternehmen und Erprobungsort ist ein im Rahmen der Untersuchung identifizierter relevanter Faktor für die Teilnahme. Die geografische Nähe in Bezug auf den Erprobungsort wird in der Literatur zu Reallaboren nicht genannt, sondern lediglich von Schwartz et al. (2012) als relevanter Faktor zwischen KooperationspartnerInnen in Forschungsprojekten erwähnt. Darüber hinaus sind bestehende Kontakte zu KooperationspartnerInnen und insbesondere zum Testfeldbetreiber oder zu Reallaborleitung ein wesentlicher Treiber der Teilnahmebereitschaft. Tagliazucchi et al. (2023) nennen die Bekanntheit von KooperationspartnerInnen ebenfalls als positiven Einflussfaktor. Der Einfluss der Bekanntheit der leitenden Organisation wird jedoch in der analysierten Literatur nicht genannt. Weitere, die leitende Organisation betreffende Faktoren sind das Kooperationsinteresse dieser und die wahrgenommene Kompetenz. Hat die leitende Organisation kein oder wenig Interesse an einer Kooperation mit einem Unternehmen, kann dies die Teilnahme dieses Unternehmens verhindern. Von Seiten des Unternehmens kann eine als gering wahrgenommene Kompetenz der leitenden Organisation ebenfalls eine Barriere für die Teilnahme darstellen. Diese Faktoren in Bezug auf die leitende Organisation werden in der analysierten Literatur nicht erwähnt.

#### Passt die Ausgestaltung des Testfeldes oder Reallabors zum eigenen Unternehmen?

Bei der Betrachtung eines konkreten Netzwerkes ist insbesondere der wahrgenommene Mehrwert der Beteiligung für das eigene Unternehmen relevant. Scheint ein Testfeld oder Reallabor

inhaltlich so ausgerichtet zu sein, dass hauptsächlich Forschungsinstitutionen oder Kommunen profitieren, kann dies die Teilnahme von Unternehmen negativ beeinflussen. Der positive Einfluss des wahrgenommenen organisationalen Mehrwerts entspricht den Ergebnissen von D. Zhang et al. (2022), die organisationale Vorteile nennen. Auf der Ebene des Netzwerkes, also konkreter Testfelder und Reallabore, spielen bei der Teilnahmeentscheidung die Rahmenbedingungen wie der Erprobungsort, der inhaltliche Fokus und die finanzielle Förderung eine Rolle. Innerhalb der Rahmenbedingungen sind der inhaltliche Fokus der Kooperation als Einflussfaktor und der positive Einfluss der wahrgenommenen „Einzigartigkeit“ der Kooperation in der analysierten Literatur nicht genannt worden. Darüber hinaus kann die Ausgestaltung des Erprobungsortes und die Qualität der eingesetzten Infrastruktur einen Einfluss auf die Teilnahmeentscheidung haben. Dieser Einfluss des Erprobungsortes ist in der analysierten Literatur bislang nicht repräsentiert. Die finanzielle Förderung wird als generelles Teilnahmemotiv von Guimont und Lapointe (2014), Westerlund et al. (2018), Ballon et al. (2018) und Nguyen und Marques (2022) erwähnt. Der Einfluss unterschiedlicher Förderanteile konkreter Kooperationen wird jedoch in der analysierten Literatur nicht genannt.

Zusammenfassend haben insbesondere Einflussfaktoren des Netzwerkes der Kompatibilität zwischen Netzwerk und Unternehmen einen Einfluss auf die konkrete Teilnahme von Unternehmen in einzelnen Testfeldern oder Reallaboren. Die zentralen Treiber und Barrieren der konkreten Teilnahme sind in Abbildung 6.3 dargestellt.

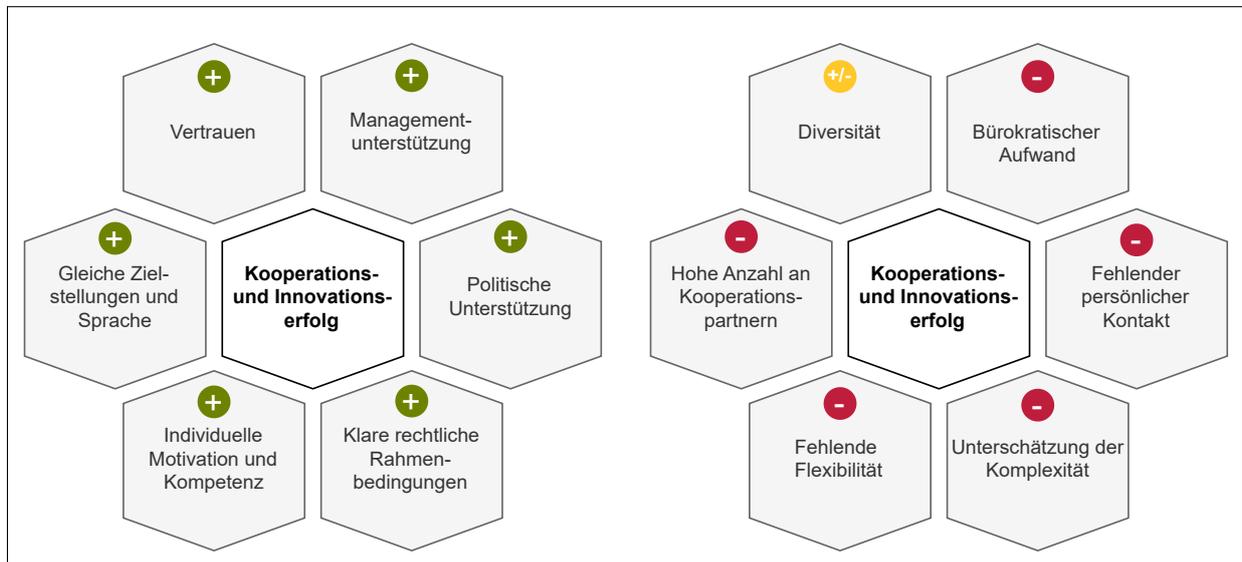
### 6.1.2 Erfolgsfaktoren und Effekte der Kooperation in digitalen Testfeldern und Reallaboren

Dieses Unterkapitel beantwortet die folgenden Forschungsfragen, die in Kapitel 3.1.1 eingeführt wurden: *Was sind Einflussfaktoren auf den Kooperationserfolg in Testfeldern und Reallaboren?* und *Welche innovationsfördernden Effekte hat die Kooperation in Testfeldern und Reallaboren für Unternehmen?*, die in Kapitel 3.1.1 eingeführt wurden. In Bezug auf Erfolgsfaktoren und Effekte der Kooperation ist zunächst zu erwähnen, dass lediglich elf InterviewpartnerInnen in der Stichprobe der empirischen Untersuchung bereits an Testfeldern oder Reallaboren teilgenommen haben und demzufolge eine Beurteilung vornehmen konnten.

Die empirischen Ergebnisse weisen auf Einflussfaktoren auf den Kooperations- und Innovationserfolg aus der Netzwerkwelt, dem Netzwerk sowie den beteiligten Unternehmen im Netzwerk hin. Eine Übersicht über die zentralen Treiber und Barrieren des Innovations- bzw. Kooperationserfolges in Testfeldern und Reallaboren ist in Abbildung 6.4 dargestellt.

Aus der Netzwerkwelt sind insbesondere die politische Unterstützung und technologische Einflüsse für den Kooperationserfolg relevant. Die politischen Einflussfaktoren während der Kooperation, bspw. die Unterstützung der Stadt oder Kommune, werden in der analysierten Literatur nicht als erfolgssteigernd oder -mindernd in Bezug auf Kooperationen erwähnt. Als technologische Einflussfaktoren, die sich negativ auf den Erfolg auswirken, können die Unterschätzung der technologischen Komplexität sowie die Herausforderung der Produktion in kleinen Serien festgehalten werden. In Bezug auf die Technologie nennt lediglich Lang (2013) das Technologierisiko bei seriennahen Produkten als negativen Einflussfaktor.

Innerhalb des Netzwerkes spielen die Rahmenbedingungen sowie die Netzwerkstruktur und -kultur eine Rolle, wodurch die Einteilung von Holtbrügge (2004) in Kombination mit der Einteilung von Sydow (1992) bestätigt wird. Als Rahmenbedingungen bilden die rechtliche Begleitung und feste



**Abbildung 6.4:** Treiber (+) und Barrieren (-) des Kooperations- und Innovationserfolges in digitalen Testfeldern und Reallaboren, Quelle: Eigene Darstellung

Regelungen zum Schutz von unternehmensinternem Wissen eine Grundlage für eine erfolgreiche Kooperation. Die Herausforderung des Schutzes von Unternehmenswissen bestätigen Guimont und Lapointe (2014) und Nguyen und Marques (2022), wohingegen Molinari et al. (2021) die Bereitstellung einer geschützten Umgebung für den Wissensaustausch in Reallaboren als positiven Einflussfaktor anführt. Die rechtliche Begleitung zum Schutz des Unternehmenswissens als Treiber für eine erfolgreiche Kooperation wird in der analysierten Literatur nicht genannt. Hinderliche Rahmenbedingungen im Kontext von Forschungsprojekten sind die fehlende Flexibilität und der hohe bürokratische Aufwand, der Personalressourcen bindet. Dies steht mit den Ergebnissen von Rizzo et al. (2021) im Einklang, die den Verwaltungsaufwand für das Reallabor als negativen Einflussfaktor identifizieren. In Bezug auf die Netzwerkstruktur kann die Diversität der KooperationspartnerInnen sowohl ein Treiber als auch eine Barriere des Erfolges sein. Die Diversität als positiven Einflussfaktor bestätigt die Studie von Sie et al. (2014), während der ebenfalls identifizierte negative Einfluss auf den Kooperationserfolg im Einklang mit den Ergebnissen von Puerari et al. (2018) steht. Weiterhin kann eine zu hohe Anzahl an KooperationspartnerInnen den Erfolg schmälern, da der verbundene Koordinationsaufwand hierdurch ebenfalls steigt. Die hohe Anzahl an KooperationspartnerInnen als negativer Einflussfaktor auf den Kooperationserfolg steht im Einklang mit den Ergebnissen von Lang (2013). Überdies kann der fehlende persönliche Kontakt zwischen KooperationspartnerInnen insbesondere zu Anfang der Kooperation eine Barriere sein. Schwartz et al. (2012) integrieren die Art des Kontakts in den Faktor der geografischen Nähe, stellen jedoch im Gegensatz zu den empirischen Ergebnissen dieser Arbeit, keinen Effekt auf den Kooperationserfolg fest. D. Zhang et al. (2022) bestätigen die Relevanz von effektiver Kommunikation als Einflussfaktor auf den Kooperationserfolg, setzen diese jedoch nicht in einen Zusammenhang mit der Kontaktart. Erfolgsfaktoren der Netzwerkkultur sind Vertrauen und Konfliktfreiheit bzw. -minimierung zwischen den KooperationspartnerInnen. Die Relevanz des Vertrauens bestätigen auch die Ergebnisse von Sie et al. (2014). Das von Molinari et al. (2021) genannte Vertrauen in die Organisation des Reallabors wurde von keiner der InterviewpartnerInnen explizit erwähnt. Im Einklang mit dem in dieser Arbeit identifizierten Faktor der Konfliktfreiheit bzw. -minimierung



**Abbildung 6.5:** Effekte auf den Innovationserfolg durch die Kooperation in digitalen Testfeldern und Real-laboren, Quelle: Eigene Darstellung

erwähnen Tagliazucchi et al. (2023) die Relevanz der Konfliktmoderation zur Lösung von Konflikten als positiven Einflussfaktor auf den Kooperationserfolg. Die positive Einstellung zur Zusammenarbeit nennen auch Sie et al. (2014) als erfolgssteigernden Faktor.

Auf Unternehmensebene spielen sowohl individuelle als auch organisationale Faktoren eine Rolle für den Kooperationserfolg. Die individuellen Mitarbeitenden der Unternehmen sollten für eine erfolgreiche Kooperation über eine hohe Motivation und ein starkes Interesse an den Themenstellungen verfügen. Die Studie von Puerari et al. (2018) bestätigt die Motivation der Akteure als positiven Einflussfaktor. Weiterhin ist die Arbeitsqualität der KooperationspartnerInnen und der Leitung ein zentraler Erfolgsfaktor. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Sie et al. (2014), die Qualitätssicherung als wesentlichen Faktor für den Erfolg ansehen. Die individuelle Kompetenz und Arbeitsqualität der beteiligten Mitarbeitenden wird jedoch in der analysierten Literatur nicht genannt. Die organisationalen Faktoren werden insbesondere relevant, wenn individuelle Mitarbeitende bspw. aufgrund von Krankheit ausfallen. In einem solchen Fall ist zur Abmilderung negativer Konsequenzen eine anpassungsfähige Organisationsstruktur vonnöten. Die Unterstützung durch die Organisation und das Management als Erfolgsfaktor steht mit den Ergebnissen von Guimont und Lapointe (2014) und Alves et al. (2021) im Einklang.

Im Rahmen der empirischen Untersuchung ist der Kooperationserfolg eine aus Unternehmensperspektive subjektiv wahrgenommene Variable. Zur Einordnung der von den InterviewpartnerInnen genannten Ausprägungen des Kooperationserfolges und der Effekte der Kooperation werden die Dimensionen des Innovationserfolges von Hauschildt (1990) herangezogen, die sich in technische, ökonomische und sonstige Effekte aufteilen. Eine Übersicht der zentralen Effekte auf den Innovationserfolg ist in Abbildung 6.5 dargestellt. Als technische Effekte der Kooperation in Testfeldern und Reallaboren können insbesondere der Wissensgewinn und die Steigerung der Technologiereife erprobter Produkte festgehalten werden. Der Effekt des Wissensgewinns steht mit den Ergebnissen von Lang (2013), Alexandrakis et al. (2022) und Savarit et al. (2023) im Einklang. Die Produktoptimierung und -weiterentwicklung als Effekt bestätigen auch die Ergebnisse von Lang (2013)

und Alexandrakis et al. (2022). Als ökonomischer Effekt kann in der empirischen Untersuchung in einem Fall der Kontakt zu NeukundInnen und das daraus resultierende Unternehmenswachstum identifiziert werden. Das Unternehmenswachstum als Effekt der Kooperation bestätigt auch die Untersuchung von Lang (2013). In Bezug auf die Skalierung von Geschäftsmodellen und Technologien werden mögliche Effekte genannt, jedoch beschreibt lediglich ein Interviewpartner, dass die Skalierung erfolgreich umgesetzt wurde. Die Herausforderung der tatsächlichen Skalierung von erprobten Geschäftsmodellen und Technologien wird durch die Ergebnisse von Guimont und Lapointe (2014), Rizzo et al. (2021) und Nguyen und Marques (2022) bestätigt. Sonstige Effekte der Kooperation, die sich nicht direkt auf den Innovationserfolg auswirken, sind eine gesteigerte Sichtbarkeit des Unternehmen, die Netzwerkbildung und die Generierung neuer Ideen. Die Steigerung der Sichtbarkeit und der positiven Berichterstattung über das Unternehmen ist im Einklang mit den Ergebnissen von Nguyen und Marques (2022) und Lang (2013), die eine Reputationssteigerung der beteiligten Unternehmen als Effekt identifizieren. Die gesteigerte Sichtbarkeit lässt sich zudem mit dem Effekt der Produktpräsentation, den Leminen et al. (2017) und Savarit et al. (2023) nennen, in Verbindung bringen. Der Effekt der Netzwerkbildung durch Kontakte zu KooperationspartnerInnen steht im Einklang mit den Ergebnissen von Lang (2013). Savarit et al. (2023) merken darüber hinaus den Eintritt in ein Ökosystem durch die Kooperation an. Die Generierung von neuen Ideen und Themen nennen auch Alexandrakis et al. (2022) und Savarit et al. (2023) als Effekt der Kooperation in Reallaboren.

## 6.2 Implikationen der Forschung und Handlungsempfehlungen

Ausgehend von den vorgestellten Ergebnissen der qualitativen Studie können Implikationen für Stakeholder auf den drei Ebenen des Kontingenzmodells (siehe Abbildung 6.1) abgeleitet werden. Die Stakeholdergruppen sind Politik und Fördergebende (Netzwerkumwelt), Testfeldbetreibende und Reallaborleitungen (Netzwerk) und Unternehmen.

### 6.2.1 Handlungsempfehlungen für Politik und Fördergebende

Die Ergebnisse der qualitativen Studie zeigen, dass von Unternehmen in Bezug auf die Politik und insbesondere die Förderlandschaft (inklusive Testfelder und Reallabore) eine Vielzahl an Barrieren für den Innovationserfolg im autonomen und vernetzten Fahren und für die Kooperation in Testfeldern und Reallaboren wahrgenommen werden. In Tabelle 6.1 sind die Implikationen und Umsetzungsempfehlungen auf Basis der Erkenntnisse zusammengefasst.

Aus unternehmerischer Sicht fehlt es an einer Gesamtstrategie für die Entwicklungen im autonomen und vernetzten Fahren und einer Einordnung von Innovationskonzepten wie Testfeldern und Reallaboren. Aufgrund dieses Mangels haben Unternehmen in Bezug auf die Rolle der Testfelder, Reallabore und weiterer Vorhaben aktuell unterschiedliche Ansichten. Zur Minderung der Unklarheit sollte ein Zeitplan für die Einführung autonomer und vernetzter Technologien und eine Übersicht über die aktuellen und zukünftigen Rollen von Innovationskonzepten wie Testfeldern und Reallaboren erstellt werden. Die in Tabelle ?? eingeführten Rollen können als Basis für eine solche Übersicht dienen. Mittels einer detaillierten politischen Agenda kann Unternehmen eine fundierte Entscheidungsbasis in Bezug auf die Teilnahme an Testfeldern und Reallaboren zur Verfügung gestellt werden.

**Tabelle 6.1:** Implikationen und Empfehlungen für Politik und Fördergebende

Erkenntnis	Implikation	Umsetzungsempfehlung
<b>Fehlende Gesamtstrategie</b> für Förderprogramme und Forschungsprojekte	Notwendige politische Einordnung diverser Innovationskonzepte wie Testfelder und Reallabore in eine Gesamtstrategie inklusive der Angabe der aktuellen und zukünftigen Rolle im Entwicklungsprozess	Erstellung einer Übersicht, die mögliche Rollen von Testfeldern und Reallaboren zusammenfasst und diese in einen Zeitplan der Entwicklungen im autonomen und vernetzten Fahren einbindet
Forschungsprojekte sind <b>Einzellösungen mit fehlendem Wissenstransfer</b>	Notwendige Einbindung bestehender Erkenntnisse in neuen Forschungsprojekten und Förderung des Austausches zwischen Akteuren	Errichtung einer Koordinierungsstelle für Sammlung und Transfer von Wissen und Erkenntnissen aus Forschungsvorhaben und Berücksichtigung dieser bei der Ausgestaltung neuer Forschungsprojekte
<b>Langsamkeit, Bürokratie und fehlende Geschäftsmodelle</b> in Förderprojekten verhindern die Teilnahme von Innovatoren wie <b>Start-Ups</b> und <b>KMU</b>	Notwendige schnellere Genehmigung von akteursoffenen Reallaboren und Ermöglichung inhaltlicher Flexibilität während der Laufzeit	Gezielte Einbindung von geplanten Anbietern und Nutzern zur Erprobung von Geschäftsmodellen in Reallaboren und bürokratiearme Gestaltung durch Fokus auf Demonstrationen und Betrieb anstellen von Berichten
<b>Unklare Gesetzesanwendung und länderspezifische Prozesse</b> verlangsamen die Einführung autonomer und vernetzter Fahrfunktionen	Notwendige Veranschaulichung der Gesetzesanwendung insbesondere in Bezug auf die Zulassung von autonomen Fahrzeugen zur Erprobung und Einführung bundesweit einheitlicher Prozesse	Veröffentlichung von Leitfäden für die unbürokratische Gesetzesanwendung und gemeinsame nationale Entscheidungen bspw. für eine Verkehrsinformationsplattform

Weiterhin werden Forschungsprojekte wie Testfelder und Reallabore aus unternehmerischer Perspektive größtenteils als nicht skalierbare Einzellösungen wahrgenommen, zwischen denen Erkenntnisse nur unzureichend transferiert werden. Zur Sammlung von wissenschaftlichen, technischen und betrieblichen Erkenntnissen sowie zur Förderung des Austausches kann eine nationale Koordinierungsstelle dienen, die als zentrale Anlaufstelle für Vorhaben im autonomen und vernetzten Fahren dient. Insbesondere bei der Ausgestaltung neuer Forschungsprojekte sollte eine solche Koordinierungsstelle bisherige Erkenntnisse berücksichtigen und auf diesen aufbauen. Diese Forderung nach einer nationalen Koordinierungsstelle bestätigt auch die Studie von Block und Bratzel (2024) des Expertenkreises 'Transformation der Automobilindustrie'. Als Ansatzpunkt für eine Koordinierung kann der 2021 erstellte Testfeldmonitor dienen, der relevante Informationen über Testfelder und -projekte zusammenfasst (Scharnigg und Schappacher, 2021).

In Testfeldern und Reallaboren ist aufgrund der wahrgenommenen Langsamkeit und Bürokratie die Einbindung schnelllebiger Innovatoren wie Start-Ups und KMU eine Herausforderung. Zur Steigerung der Attraktivität einer Teilnahme für kleine und junge Unternehmen sollten bürokratieärmere Beteiligungsmöglichkeiten, bspw. eine kurzfristige Beteiligung durch die Integration eines Sensors oder das Anbieten einer App zum Ende eines Forschungsprojektes, geschaffen werden. Darüber hinaus kann im Kontext der Verstetigung und Skalierung erprobter Geschäftsmodelle die Einbindung von anbietenden sowie nutzenden Unternehmen eines Produktes oder Dienstes sinnvoll sein. Eine zentrale Koordinierungsstelle, wie im vorherigen Abschnitt eingeführt, kann zudem über weitere Beteiligungsmöglichkeiten in Testfeldern und Reallaboren, bspw. in Form einer Infrastrukturnutzung oder einer kurzfristigen Beauftragung für die Umsetzung einer technischen Lösung, informieren.

Eine weitere Erkenntnis ist die wahrgenommene Hürde der unvollständigen oder unklaren Rechtslage und länderspezifischer Prozesse und Interessen. Trotz der Existenz eines Rechtsrahmens in Form der AFGBV existieren insbesondere in Bezug auf die Anwendung in der Praxis noch Unsicherheiten, was bspw. dadurch belegt ist, dass der Prozess für eine nationale Betriebsgenehmigung eines autonomen Fahrzeuges bislang noch von keinem Hersteller durchlaufen wurde (Block und Bratzel, 2024, S. 50). Der Föderalismus spielt nach Ansicht der Unternehmen hier hinein, da länderspezifische Ausgestaltungen der Prozesse und Einzelinteressen die nationale Skalierung verlangsamen. Zur Minimierung der Hürden sind anwendungsnahe Leitfäden zur Umsetzung der Regulation in der Praxis und eine bundesweite Angleichung von Prozessen und technischen Systemen vonnöten. Einen möglichen Ansatz hierfür stellt bspw. der Workshop „How-to Erprobungsgenehmigung - Ein praktischer Leitfaden für Antragssteller“ des Netzwerkes Intelligent Move dar (Brusius, 2024).

### 6.2.2 Handlungsempfehlungen für Testfeldbetreibende

Auf der Ebene des Netzwerkes ergeben sich Implikationen für Testfeldbetreibende und Reallaborleitungen, die in Tabelle 6.2 zusammengefasst dargestellt sind. Die Umsetzung der Empfehlungen ist netzwerkspezifisch, basierend auf den verfügbaren finanziellen und personellen Ressourcen, zu priorisieren.

Die empirische Studie hat ergeben, dass die Teilnahme von Industrieunternehmen an Testfeldern und Reallaboren zu einem großen Teil von bestehenden Kontakten und der Sichtbarkeit der Innovationskonzepte abhängig ist. Testfeldbetreibende und Reallaborleitungen sollten demnach ihr bestehendes Netzwerk über Beteiligungsmöglichkeiten informieren und die Sichtbarkeit wissenschaftlicher und technischer Anwendungsfälle durch ExpertInnenveranstaltungen erhöhen. Ein Beispiel hierfür sind die regelmäßigen Treffen von Nutzenden und Interessierten der Teststrecke für automatisiertes und vernetztes Fahren Hamburg (Geschäftsstelle der Teststrecke für automatisiertes und vernetztes Fahren Hamburg, 2024).

Testfeldbetreibende und Reallaborleitungen sollten weiterhin für eine Teilnahme und erfolgreiche Kooperation von Industrieunternehmen die individuellen Kooperationsmotive betrachten und gezielt zugeschnittene Beteiligungsmöglichkeiten entwickeln. Während in Bezug auf das Motiv der Sichtbarkeitssteigerung des eigenen Unternehmens für potenzielle KundInnen öffentliche Veranstaltungen und Demonstrationen geeignet sind, reichen für Unternehmen, die ihr Produkt mit einer Referenzinfrastruktur erproben wollen, bspw. interne Testfahrten aus. Diese diversen Beteiligungsmöglichkeiten und die individuelle Mehrwerte für Unternehmen sollten auf einer Webseite veröffentlicht und mit Referenzen anderer Organisationen belegt werden.

Weiterhin haben die Ergebnisse gezeigt, dass aus Unternehmenssicht unterschiedliche Zielstellungen, die häufig durch die Diversität der beteiligten Organisationen bedingt ist, den Start der effektiven Zusammenarbeit verzögern können. Testfeldbetreibende und Reallaborleitungen müssen hier frühzeitig intervenieren, um eine gemeinsame Sprache und gemeinsame Visionen zu entwickeln. Insbesondere persönliche Vor-Ort Treffen bieten hier einen großen Mehrwert. Initiale Strategietreffen und gegebenenfalls ein gemeinsamer Kick-Off Workshop sollten daher in Präsenz stattfinden. Bei diesen Treffen sollten Erwartungshaltungen abgefragt und gemeinsame Zielbilder konsensual entwickelt werden.

**Tabelle 6.2:** Implikationen und Empfehlungen für Testfeldbetreibende und Reallaborleitungen

Erkenntnis	Implikation	Umsetzungsempfehlung
<b>Kontakt</b> zu Testfeldbetreibenden und die <b>Sichtbarkeit</b> von Beteiligungsmöglichkeiten haben einen hohen Einfluss auf das Teilnahmeinteresse von Industrieunternehmen	Zur Einbindung von Industrieunternehmen sollten Testfeldbetreiber ihr bestehendes Netzwerk betrachten und gegebenenfalls erweitern	Testfeldbetreibende Organisationen sollten die Beteiligungsmöglichkeiten für ProjektpartnerInnen erläutern und regelmäßige Veranstaltungen zur Steigerung der Sichtbarkeit des Testfeldes für potenzielle KooperationspartnerInnen anbieten
<b>Unternehmensspezifische Kooperationsmotive</b> spielen eine Rolle bei der Wahl des Testfeldes oder Reallabors	Testfeldbetreibende sollten Beteiligungsmöglichkeiten und Angebote speziell anhand potenzieller Kooperationsmotive der Unternehmen ausrichten	Bereitstellung von Informationen auf der Webseite zu Mehrwert der Kooperation bspw. Wissensgewinn, Erschließung neuer Produktanwendungsfelder oder Steigerung der Sichtbarkeit mit Referenzen teilnehmender Organisationen
<b>Unterschiedliche Zielstellungen</b> und lange <b>Eingewöhnungsphase</b> können den Kooperationserfolg mindern	Notwendigkeit der konsensualen Festlegung einer Strategie und gemeinsamer Arbeitsweisen	Betreibende / Leitungen sollten Ziele und Erwartungshaltungen sammeln und gemeinsame Strategien und Zielbilder in persönlichen Treffen zu Anfang des Projektes entwickeln
<b>Fehlender Wissenstransfer und Erkenntnisaustausch</b> zwischen verschiedenen Testfeldern und Reallaboren	Notwendige Bereitstellung von Daten aus Testfeldinfrastruktur und Erkenntnissen bezüglich technologischer und betrieblicher Lösungen aus Reallaboren	Veröffentlichung der Rohdaten aus Forschungsinfrastruktur bspw. auf eigener Webseite und Publikation von Erkenntnissen in Fachzeitschriften und auf Konferenzen
Kooperationserfolg durch <b>Einbindung diverser Akteure</b> inklusive Politik und Gesellschaft	Notwendige Integration von BürgerInnen sowie (lokal-)politischen Entscheidungsträgern zur Erzeugung von Akzeptanz	Veranstalten von Bürgerforen und Open Days zur Beantwortung von Fragen und Demonstration der Entwicklungen

Dem fehlenden Wissenstransfer können neben der politischen Ebene auch die Testfeldbetreibenden und Reallaborleitungen entgegenwirken. Zur Herstellung von Transparenz in Bezug auf die Qualität der Daten und die Güte der wissenschaftlichen Ergebnisse sollten Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und auf Konferenzen angestrebt werden. Darüber hinaus sollten Daten abschnittsweise für Interessierte öffentlich zur Verfügung gestellt werden, sodass diese die Relevanz und Güte eigenständig beurteilen können. Ein Beispiel hierfür ist das Projekt Providentia++ auf dem gleichnamigen Testfeld, das einen gelabelten<sup>1</sup> Datensatz für Objekterkennung zur Verfügung stellt (Cres et al., 2022).

### 6.2.3 Handlungsempfehlungen für Unternehmen

Im Rahmen der empirischen Untersuchung konnten ebenfalls Implikationen und Handlungsempfehlungen für Unternehmen entwickelt werden. Da ausschließlich UnternehmensvertreterInnen in die Interviews einbezogen wurden und diese entsprechend wenige Empfehlungen für Unternehmen ausgesprochen haben, wurden die Implikationen zum Teil aus der Summe an Antworten abgeleitet. Eine Übersicht der Erkenntnisse und Implikationen ist in Tabelle 6.3 zu finden. Es wird keine Priorisierung festgelegt, da die Implikationen verschiedene Aspekte abdecken.

<sup>1</sup>Als „Labels“ werden im maschinellen Lernen die Kategorien von Daten bezeichnet.

**Tabelle 6.3:** Implikationen und Empfehlungen für Unternehmen

Erkenntnis	Implikation	Umsetzungsempfehlung
Unternehmen haben <b>unterschiedliche Konzeptwahrnehmungen</b> in Bezug auf Reallabore und Testfelder	Notwendigkeit des Austausches von Perspektiven und des Hinterfragens der unternehmensinternen Annahmen	Innovationsinteressierte Unternehmen sollten sich insbesondere zu lokalen Innovationsprojekten informieren und unvoreingenommen Kooperationsmöglichkeiten prüfen
<b>Individuelle Motivation</b> der MitarbeiterInnen und <b>Management-Unterstützung</b> sind Schlüssel zum Kooperationserfolg	Gezielter Einsatz von interessierten MitarbeiterInnen und Management-Unterstützung bspw. bei Krankheit	Unternehmensinterne Abfrage der Teilnahmemotivation und gegebenenfalls bestehenden Kontakten zu KooperationspartnerInnen, zudem Absicherung der Kooperation bei Ausfall von MitarbeiterInnen durch interne Wissensweitergabe

Zunächst zeigt sich aus der Summe der Interviews, dass in Bezug auf Testfelder und Reallabore unterschiedliche Verständnisse und Konzeptwahrnehmungen vorliegen. Abhängig von subjektiven Erfahrungen oder medialer Wahrnehmung werden spezielle Ausgestaltungen von Testfeldern und Reallaboren teilweise als allgemeingültig angenommen. Zur Präzisierung des unternehmensinternen Verständnisses ist ein Austausch mit anderen Organisationen notwendig. Durch einen Austausch mit anderen Unternehmen und weiteren Akteuren der Quadruple Helix können das eigene Konzeptverständnis hinterfragt und Entscheidungen (bspw. für oder gegen eine Teilnahme) fundierter getroffen werden. Insbesondere im lokalen Umfeld ist daher eine Teilnahme an Veranstaltungen und Projektdemonstrationen zu empfehlen, um das unternehmensinterne Netzwerk und die Perspektive zu erweitern.

Weiterhin sind innerhalb der Kooperation zur Steigerung des Erfolges und des Mehrwertes für das eigene Unternehmen die Motivation der teilnehmenden Mitarbeitenden und die strukturelle Unterstützung essenziell. Unternehmen sollten daher bei der Auswahl von partizipierenden Mitarbeitenden auf individuelle Motivationen und Interessen achten und Personen mit höherem Kooperations- und Netzwerkinteresse den Vortritt lassen. Weiterhin ist eine strukturelle Unterstützung insbesondere bei einem Ausfall beteiligter Mitarbeitender vonnöten, sodass sowohl der Erfolg der Kooperation als auch die Zielerreichung des Unternehmens nicht geschmälert wird. Für diese Absicherung ist ein regelmäßiger Wissens- und Erkenntnistransfer aus der Kooperation hinein in das Unternehmen essenziell.

## 7 Fazit und Ausblick

Autonomes und vernetztes Fahren ist ein zentrales Innovationsfeld in der Automobilindustrie, dessen Kommerzialisierung aktuell insbesondere von Start-Ups und Technologiekonzernen in den USA und Asien vorangetrieben wird. In Deutschland steht die Automobilbranche vor der Herausforderung ihren Innovationserfolg trotz zunehmender Wettbewerbsintensität und kürzerer Entwicklungszyklen zu erhöhen, um die Wettbewerbsfähigkeit im globalen Markt zu erhalten. Ein Schlüssel zur Steigerung des Innovationserfolges sind Kooperationen, die Risiken, Kosten und Ressourcenengpässe reduzieren und damit ein Treiber für marktreife Innovationen sein können. Testfelder und Reallabore sind in Deutschland zentrale Bausteine der staatlichen Förderung kooperativer Innovation und dienen als Entwicklungsplattform für Akteure aus Industrie, Forschung und öffentlicher Hand.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Testfelder und Reallabore in Deutschland empirisch erforscht und es wurde untersucht, welche Faktoren die Kooperation von Unternehmen an Testfeldern und Reallaboren beeinflussen und ob die Kooperation den Innovationserfolg der Unternehmen steigern kann. Zur empirischen Untersuchung dieser Fragestellungen wurden Einflussfaktoren auf die Beteiligung von Unternehmen an Testfeldern und Reallaboren, die Effekte der Teilnahme und erfolgssteigernde Faktoren während der Kooperation analysiert. Grundlage für die empirische Untersuchung war das Kontingenzmodell von Sydow (1992), das Einflussfaktoren in die Ebenen Umwelt, Netzwerk und Organisation aufteilt und insbesondere der Kompatibilität zwischen diesen Ebenen eine hohe Relevanz zuschreibt. Die empirische Untersuchung erfolgte mittels qualitativer Interviews mit 17 ExpertInnen aus Industrieunternehmen in der Branche des autonomen und vernetzten Fahrens, die über diverse Teilnahmeerfahrungen in Testfeldern und Reallaboren verfügten.

Als zentrale Erkenntnis zur Beteiligung von Unternehmen an Testfeldern und Reallaboren kann festgehalten werden, dass insbesondere große, forschungsinteressierte Unternehmen teilnehmen und dabei durch die finanzielle Förderung der Produktentwicklung und den erwarteten Wissensgewinn motiviert werden. Kleine Unternehmen oder Start-Ups dagegen, sehen das Übermaß an Bürokratie als Barriere für die Teilnahme an. Weiterhin haben die Unternehmen heterogene Wahrnehmungen in Bezug auf die Rolle von Testfeldern und Reallaboren bei der Einführung autonomer und vernetzter Fahrzeuge, wodurch sie teilweise fehlerhafte Annahmen über Beteiligungsmöglichkeiten haben. Die Frage nach der Förderung des Innovationserfolges von Unternehmen durch Testfelder und Reallabore ließ sich nicht abschließend beantworten. Die Unternehmen mit Teilnahmeerfahrungen gaben als zentrale innovationsfördernde Effekte Wissensgewinn, Netzerkennung sowie die Weiterentwicklung ihrer Technologien an, die Erzeugung marktreifer Innovationen in Testfeldern oder Reallaboren war jedoch die Ausnahme. Zur Steigerung des aus Unternehmensperspektive wahrgenommenen Erfolges der Kooperation sind insbesondere klare rechtliche Rahmenbedingungen, bürokratiearme Prozesse und eine vertrauensvolle Zusammenarbeit relevant. Anhand der identifizierten Einflussfaktoren wurden Implikationen für Politik, Testfeldbetreiber und Unternehmen festgehalten. Zentral für die Förderung von Innovationen ist der kontinuierliche Transfer von wissenschaftlichen Erkenntnissen in die Industrie und die Verringerung von bürokratischen Hürden in Testfeldern und Reallaboren.

Die in dieser Arbeit durchgeführte empirische Untersuchung und die daraus abgeleiteten Er-

gebnisse sind nicht limitationsfrei. Nachfolgend werden identifizierte Limitationen erläutert und Empfehlungen für zukünftige Arbeiten gegeben.

In der Literaturrecherche zu Kooperationen in Testfeldern und Reallaboren wurde die zu analysierende Literatur auf sozialwissenschaftliche Reallabore, F&E-Kooperationen und Kooperationen zwischen Unternehmen und Universitäten erweitert. Die Erweiterung ist durch den Mangel an Literatur und Forschung zu Testfeldern und Reallaboren im Kontext technologischer Innovationen begründet. Die Erweiterung der Literaturanalyse auf die genannten Kooperationsformen erfolgte auf Basis der Einordnung der Autorin und kann entsprechend unvollständig sein. Diese Limitation könnte zukünftig umgangen werden, wenn weitere Literatur zu Testfeldern und Reallaboren vorliegt. Die vorgenommene Einordnung dieser Arbeit unter Annahme einer Ähnlichkeit von Testfeldern bzw. Reallaboren zu F&E-Kooperationen und Industrie-Universitätskooperationen kann als Ausgangspunkt für zukünftige Betrachtungen dienen. Zukünftige Forschungsarbeiten können darüber hinaus empirische Untersuchungen zu Kooperationsdeterminanten anderer Netzwerkformen, wie strategischen Allianzen oder public-private Partnerschaften, einbeziehen.

Die anschließende empirische Untersuchung wurde mittels qualitativer Interviews mit ExpertInnen aus Industrieunternehmen im Bereich des autonomen und vernetzten Fahrens durchgeführt. Durch die Wahl einer qualitativen Methodik konnte die Perspektive von Unternehmen im Kontext der Innovationskonzepte Testfelder und Reallabore exploriert werden, eine Übertragung der Ergebnisse auf die Grundgesamtheit an Industrieunternehmen im autonomen und vernetzten Fahren in Deutschland ist jedoch nicht möglich. Zukünftige Arbeiten sollten daher die Ergebnisse dieser Arbeit, insbesondere das erweiterte Kontingenzmodell auf Basis von Sydow (1992), durch quantitative Betrachtungen validieren. Bei einer quantitativen Untersuchung im Rahmen von Testfeldern und Reallaboren, sollten jedoch die Unterschiede in der konkreten Umsetzung von Testfeldern und Reallaboren sowie die Diversität der teilnehmenden Unternehmen berücksichtigt werden. Diesen Unterschieden und der Diversität könnte durch eine detaillierte Beschreibung möglicher Aufgaben bzw. Funktionen von Testfeldern und Reallaboren begegnet werden, sodass die Befragung nicht durch die unterschiedlich wahrgenommenen Umsetzungen von Testfeldern und Reallaboren verfälscht wird.

Weiterhin wurde im Rahmen der empirischen Untersuchung die abhängige Variable Kooperationserfolg subjektiv durch die InterviewpartnerInnen bewertet, wodurch gegebenenfalls verschiedene Erfolgsdefinitionen bei der Angabe von Erfolgsfaktoren zugrunde lagen. Zwischen den identifizierten Erfolgsfaktoren der Kooperation und den einzelnen Effekten einer erfolgreichen Kooperation (bspw. Wissensgewinn, Netzwerkbildung) konnte keine direkte Beziehung gezeigt werden. Zukünftige qualitative und quantitative Forschung könnte daher die Auswirkung der Erfolgsfaktoren der Kooperation auf einzelne Effekte erforschen. Im Kontext von messbaren Effekten wie dem Unternehmenswachstum oder der Skalierung von Produkten des Unternehmens, die ebenfalls in Einzelfällen identifiziert wurden, ist auch eine quantitative Auswertung bspw. in Abhängigkeit von der Anzahl der KooperationspartnerInnen oder der Unternehmensgröße denkbar.

Zusammenfassend hat diese Arbeit die Innovationsförderung durch Testfelder und Reallabore im Mobilitätskontext in Deutschland exploriert. Die Arbeit bildet damit eine Grundlage für nachfolgende Untersuchungen im Bereich von Innovationskooperationen im Automobilsektor sowie Testfeldern und Reallaboren zur Steigerung des Innovationserfolges im autonomen und vernetzten Fahren.

# Literaturverzeichnis

- ADAC e.V. (2023). *Car2X: Wer bietet die Technik zur Unfallvermeidung bereits an? Hersteller-Umfrage*. [Stand: 10.03.2024]. URL: [https://assets.adac.de/image/upload/v1688625834/ADAC-eV/KOR/Text/PDF/Car2X\\_Hersteller\\_Abfrage\\_2023\\_zz6f1c.pdf](https://assets.adac.de/image/upload/v1688625834/ADAC-eV/KOR/Text/PDF/Car2X_Hersteller_Abfrage_2023_zz6f1c.pdf).
- Agora Verkehrswende (2020). *Die Automatisierung des Automobils und ihre Folgen: Chancen und Risiken selbstfahrender Fahrzeuge für nachhaltige Mobilität*.
- Ahangar, M., Ahmed, Q., Khan, F. und Hafeez, M. (2021). „A Survey of Autonomous Vehicles: Enabling Communication Technologies and Challenges“. In: *Italian National Conference on Sensors* 21(3), 706.
- Alawadhi, M., Almazrouie, J., Kamil, M. und Khalil, K. A. (2020). „A systematic literature review of the factors influencing the adoption of autonomous driving“. In: *International Journal of System Assurance Engineering and Management* 11, 1065–1082.
- Alexandrakis, J., Hein, J. und Kratzer, J. (2022). „Living Labs and Small and Medium-Sized Enterprises: A Symbioses Propelling Sustainable Innovation“. In: *Sustainability* 14(9).
- Almirall, E. und Wareham, J. (2010). „Living Labs: Arbiters of Mid- and Ground-Level Innovation“. In: *Global Sourcing of Information Technology and Business Processes*. Hrsg. von I. Oshri und J. Kotlarsky. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 233–249.
- Alves, M., Tiburtino, E. und Torkomian, A. (2021). „Critical Success Factors in Management of University - Industry Cooperation Projects: A Case Study in Aerospace and Defense Industry“. In: *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Hrsg. von IEOM Society International. Michigan, USA, 645–654.
- Anduschus, P.-O., Bienzeisler, B. und Prochazka, V. (2023). *Innovationsmethode Reallabor*. Fraunhofer IAO.
- Arnkil, R., Järvensivu, A., Koski, P. und Piirainen, T. (2010). *Exploring Quadruple Helix: Outlining user-oriented innovation models*. Universität Tampere. Institut für Sozialwissenschaften. Arbeitspapiere 85/2010. Universität Tampere.
- Autobahn GmbH (28. Okt. 2022). *Künftig noch mehr Sicherheit an Tagesbaustellen: Autobahn GmbH rüstet bis Ende 2023 alle Baustellenwarner mit digitalem Kommunikationssystem aus*. [Stand: 23.02.2024]. Berlin. URL: [https://www.autobahn.de/fileadmin/user\\_upload/PM\\_C-ITS\\_Rollout.pdf](https://www.autobahn.de/fileadmin/user_upload/PM_C-ITS_Rollout.pdf).
- Ballon, P., Pierson, J. und Delaere, S. (2005). „Test and experimentation platforms for broadband innovation: examining european practice“. In: *Open Innovation Platforms For Broadband Services: Benchmarking European Practices*. Open Innovation Platforms For Broadband Services: Benchmarking European Practices. Paper for the 16th European Regional Conference by the International Telecommunications Society (ITS), Porto (Portugal), 4-6 September 2005.
- Ballon, P., van Hoed, M. und Schuurman, D. (2018). „The effectiveness of involving users in digital innovation: Measuring the impact of living labs“. In: *Telematics and Informatics* 35(5), 1201–1214.
- BASt (11. März 2021a). *Selbstfahrende Autos – assistiert, automatisiert oder autonom?* [Stand: 22.02.2024]. URL: <https://www.bast.de/DE/Presse/Mitteilungen/2021/06-2021.html>.
- BASt (3. Aug. 2021b). *Testfelder zum automatisierten und vernetzten Fahren*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.bast.de/DE/Presse/Mitteilungen/2021/16-2021.html>.
- Bayona, C., Garcia-Marco, T. und Huerta, E. (2001). „Firms’ motivations for cooperative R&D: an empirical analysis of Spanish firms“. In: *Research Policy* 30(8), 1289–1307.

- Bezai, N. E., Medjdoub, B., Al-Habaibeh, A., Chalal, M. L. und Fadli, F. (2021). „Future cities and autonomous vehicles: analysis of the barriers to full adoption“. In: *Energy and Built Environment* 2(1), 65–81.
- Birkemeyer, L., Delventhal, M., Schaefer, I. und Schmieder, F. (2022). „Wann fahren wir autonom? Eine Untersuchung aus technischer und rechtlicher Sicht.“ In: *Software Engineering 2022 Workshops*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., 44–55.
- Block, L. und Bratzel, S. (2024). *Deutschland zum Innovationsstandort für das automatisierte und vernetzte Fahren machen: Herausforderungen und Maßnahmen zur Skalierbarkeit von automatisierten und vernetzten Fahrsystemen (AVF)*. Hrsg. von Expertenkreis Transformation der Automobilwirtschaft.
- BMDV (2015). *Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren: Leitanbieter bleiben, Leitmarkt werden, Regelbetrieb einleiten*.
- BMDV (2016). *Die mobile Zukunft beginnt jetzt!* [Stand: 11.03.2024]. URL: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/automatisiertes-fahren.pdf>.
- BMDV (2020). *Digitale Testfelder für das automatisierte und vernetzte Fahren im Realverkehr in Deutschland*. [Stand: 23.02.2024]. URL: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/uebersicht-digitale-testfelder-avf-bmvi.pdf>.
- BMDV (2021a). *Digitale Testfelder*. [Stand: 28.09.2023]. URL: <https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Digitales/Digitale-Testfelder/Digitale-Testfelder.html>.
- BMDV (2021b). *Förderrichtlinie zur Forschung und Entwicklung von Digitalen Testfeldern an Bundeswasserstraßen (DTW II)*. Bonn.
- BMDV (2021c). *Gesetz zum autonomen Fahren tritt in Kraft*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/gesetz-zum-autonomen-fahren.html>.
- BMDV (2. Sep. 2022). *Bekanntmachung der Förderrichtlinie „Autonomes und vernetztes Fahren in öffentlichen Verkehren“*. [Stand: 23.02.2024]. Bundesanzeiger. URL: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/forschungsfoerderung-foerderrichtlinie-020922.pdf>.
- BMDV, Österreichisches Bundesministerium für Klimaschutz und Bundeamt für Strassen (2022). *lex2vehicle: Verkehrsrecht zum Endnutzer bringen: Zusammenfassende Darstellung der Projektergebnisse und Zukunftsplan*.
- BMWK (2019). *Freiräume für Innovationen: Das Handbuch für Reallabore*.
- BMWK (2022). *Elektromobilität in Deutschland*. [Stand: 11.03.2024]. URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/elektromobilitaet.html>.
- BMWK (2023a). *Grünbuch Reallabore: Konsultation für ein Reallabore-Gesetz und ergänzende Maßnahmen*.
- BMWK (2023b). *Reallabore – Testräume für Innovation und Regulierung*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html>.
- Bocken, N. und Geradts, T. (2020). „Barriers and drivers to sustainable business model innovation: Organization design and dynamic capabilities“. In: *Long Range Planning* 53(4), 101950.
- Bogers, M., Chesbrough, H. und Moedas, C. (2018). „Open Innovation: Research, Practices, and Policies“. In: *California Management Review* 60(2), 5–16.
- Bratzel, S. (2022). *Akzeptanz autonomer Fahrzeuge in Deutschland*. Bergisch Gladbach.
- Brenner, W. und Herrmann, A. (2018). „An Overview of Technology, Benefits and Impact of Automated and Autonomous Driving on the Automotive Industry“. In: *Digital Marketplaces Unleashed*. Hrsg. von C. Linnhoff-Popien, R. Schneider und M. Zaddach. Berlin, Heidelberg: Springer, 427–442.
- Bronson, K., Devkota, R. und Nguyen, V. (2021). „Moving toward Generalizability? A Scoping Review on Measuring the Impact of Living Labs“. In: *Sustainability* 13(2), 502.

- Bruckes, M., Grotenhermen, J.-G., Cramer, F. und Schewe, G. (2019). „Paving the Way for the Adoption of Autonomous Driving: Institution-based Trust as a Critical Success Factor“. In: *European Conference on Information Systems*.
- Brusius, A. (2024). *Netzwerk Intelligent Move*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.e-mobilbw.de/netzwerke/netzwerk-intelligent-move>.
- Buber, R. und Klein, V. (2009). „Zur Bedeutung qualitativer Methodik in der Marktforschungspraxis“. In: *Qualitative Marktforschung*. Hrsg. von R. Buber und H. H. Holzmüller. Gabler-Lehrbuch. Wiesbaden: Gabler, 47–61.
- Bundesregierung (2021). *MEHR FORTSCHRITT WAGEN: Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP)*.
- Bundesregierung (2022). *Verordnung zur Genehmigung und zum Betrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen (Autonome-Fahrzeuge-Genehmigungs-und-Betriebs-Verordnung): AFGBV*.
- Bundesverband CarSharing (2024). *Das Carsharing-Wachstum beschleunigt sich*. [Stand: 11.03.2024]. URL: <https://carsharing.de/carsharing-wachstum-beschleunigt-sich>.
- C-Roads Platform (2021). *Common C-ITS Service and Use Case Definitions*.
- CAR 2 CAR Communication Consortium (2007). *CAR 2 CAR Communication Consortium Manifesto: Overview of the C2C-CC System*.
- CAR 2 CAR Communication Consortium (2022). *C-ITS: Europe’s Path to Connected, Cooperative & Automated Mobility*.
- CAR 2 CAR Communication Consortium (2023). *White Paper Connected and Cooperative Automated Driving (CCAD)*.
- Castañer, X. und Oliveira, N. (2020). „Collaboration, Coordination, and Cooperation Among Organizations: Establishing the Distinctive Meanings of These Terms Through a Systematic Literature Review“. In: *Journal of management* 46(6), 965–1001.
- Cavazza, B. H., Zambalde, A. und de Souza, T. A. (2019). „Innovation Radar for Disruptive Technology Insertion: The Case of Autonomous Vehicles in Brazil and France“. In: *International Journal of Automotive Technology and Management*.
- Center of Automotive Management (2023). *Automotive INNOVATIONS Report 2023*. [Stand: 11.03.2024]. URL: <https://auto-institut.de/presse/automotiveinnovations-report-2023/>.
- Chesbrough, H. und Bogers, M. (2014). *Explicating Open Innovation: Clarifying an Emerging Paradigm for Understanding Innovation*.
- Cluster Verkehr, Mobilität und Logistik Berlin Brandenburg (2021). *Reallabore für die neue Mobilität: 12. Tagung Mobilitätsmanagement von Morgen*.
- Cooper, J. R. (1998). „A multidimensional approach to the adoption of innovation“. In: *Management Decision* 36(8), 493–502.
- CPUC, Hrsg. (10. Aug. 2023). *CPUC Approves Permits for Cruise and Waymo to Charge Fares for Passenger Service In San Francisco*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://docs.cpuc.ca.gov/PublishedDocs/Published/G000/M516/K992/516992488.PDF>.
- Cres, C., Zimmer, W., Strand, L., Fortkord, M., Dai, S., Lakshminarasimhan, V. und Knoll, A. (2022). „A9-Dataset: Multi-Sensor Infrastructure-Based Dataset for Mobility Research“. In: *2022 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*. Piscataway, NJ: IEEE, 965–970.
- Crefß, C., Bing, Z. und Knoll, A. C. (2023). „Intelligent Transportation Systems Using Roadside Infrastructure: A Literature Survey“. In: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.

- Dell’Era, C. und Landoni, P. (2014). „Living Lab: A Methodology between User-Centred Design and Participatory Design“. In: *Creativity and Innovation Management* 23(2), 137–154.
- Dell’Era, C., Landoni, P. und Gonzales, S. J. (2019). „Investigating the Innovation Impacts of User-Centered and Participatory Strategies adopted by European Living Labs“. In: *International Journal of Innovation Management* 23(5), 1950048.
- Deutscher Bundestag (2017). *Straßenverkehrsgesetz für automatisiertes Fahren geändert*. [Stand: 11.03.2024]. URL: <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2017/kw13-de-automatisiertes-fahren-499928>.
- DLR Institut für Verkehrssystemtechnik (nicht veröffentlicht). *Leitfaden für die Koordinierung der Testfelder Autonome Mobilität in Deutschland*.
- Eriksson, M., Niitamo, V.-P. und Kulkki, S. (2005). *State-of-the-art in utilizing Living Labs approach to user-centric ICT innovation-a European approach*.
- EU- und EFTA-Verkehrsministerinnen und Verkehrsminister (2020). *Passauer Erklärung. Smart Deal for Mobility - mit Digitalisierung die Mobilität der Zukunft gestalten – nachhaltig, sicher und effizient*. [Stand: 15.03.2024]. Passau. URL: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/passauer-erklaerung-de.pdf>.
- Europäische Kommission (2024). *TENtec Interactive Map Viewer*. [Stand: 10.03.2024]. URL: [ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html](https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html).
- Europäische Union (2022). *Guiding notes to use the TRL selfassessmenttool: General Annexes G Technology readiness levels (TRL)*. [Stand: 03.01.2024]. URL: <https://horizoneuropencpportal.eu/sites/default/files/2022-12/trl-assessment-tool-guide-final.pdf>.
- European Network of Living Labs (2024). *Webseite des ENoLL*. [Stand: 10.11.2023]. URL: <https://enoll.org/>.
- Fagerholt, R., Seter, H. und Arnesen, P. (2023). „How can authorities be enablers in the deployment of CCAM? An experienced-based expert study from Norway“. In: *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 21, 100874.
- Fagnant, D. und Kockelman, K. (Juli 2015). „Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations“. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 77.
- Faisal, A., Kamruzzaman, M., Yigitcanlar, T. 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(1), 45–72.
- Firmino, S. (2019). „Public-Private Partnerships“. In: *Global encyclopedia of public administration, public policy, and governance*. Hrsg. von A. Farazmand. Springer eBook Collection. Cham: Springer, 1–9.
- Freeman, C. (1991). „Networks of innovators: A synthesis of research issues“. In: *Research Policy* 20(5), 499–514.
- Friese, M. (1998). *Kooperation als Wettbewerbsstrategie für Dienstleistungsunternehmen: Zugl.: Hohenheim, Univ., Diss., 1998*. Gabler-Edition Wissenschaft Focus Dienstleistungsmarketing. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. und Gabler.
- Fuglsang, L., Hansen, A. V., Mergel, I. und Røhnebæk, M. T. (2021). „Living Labs for Public Sector Innovation: An Integrative Literature Review“. In: *Administrative Sciences* 11(2), 58.
- Gascó, M. (2017). „Living labs: Implementing open innovation in the public sector“. In: *Government Information Quarterly* 34(1), 90–98.
- Gaubinger, K. (2009). „Unternehmenserfolg durch marktorientierte Produktinnovationen“. In: *Praxisorientiertes Innovations- und Produktmanagement*. Hrsg. von K. Gaubinger, T. Werani und M. Rabl. Springer eBook Collection Business and Economics. Wiesbaden: Gabler, 3–16.

- Gemünden, H., Heydebreck, P. und Herden, R. (1992). „Technological interweavement: a means of achieving innovation success“. In: *R&D Management* 22(4), 359–376.
- Geschäftsstelle der Teststrecke für automatisiertes und vernetztes Fahren Hamburg (2024). *TAVF Hamburg*. [Stand: 10.03.2024]. URL: [www.tavf.hamburg/](http://www.tavf.hamburg/).
- Greve, K., De Vita, R., Leminen, S. und Westerlund, M. (2021). „Living Labs: From Niche to Mainstream Innovation Management“. In: *Sustainability* 13(2).
- Grote, M. und Röntgen, O. (2021). *Kosten autonom fahrender Minibusse : Literaturanalyse ergänzt um Erfahrungen aus dem Betrieb eines Testprojektes und den Ergebnissen einer Expert:innenbefragung*. TUHH Universitätsbibliothek.
- Grundhoff, S. (2018). *5GAA, BMW und andere zeigen C-V2X-Technologie*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.automobil-produktion.de/technologie/id-5gaa-bmw-und-andere-zeigen-c-v2x-technologie-313.html>.
- Guimont, D. und Lapointe, D. (2014). „Private stakeholders and open innovation in Québec: What are the perspectives for living labs?“ In: *ENoLL OpenLivingLab Days*, 52–65.
- Haberl, A., Fleiß, J., Kowald, D. und Thalmann, S. (2023). *Take the aTrain. Introducing an Interface for the Accessible Transcription of Interviews*.
- Hartwig, M. (2019). *Connected Car – Das vernetzte Auto*. [Stand: 10.03.2024]. URL: [www.bmw.com/de/innovation/connected-car.html](http://www.bmw.com/de/innovation/connected-car.html).
- Hauschildt, J. (1990). „Zur Messung des Innovationserfolgs“. In: *TIM Conference of Technology Management*. Bd. 2. Hamburg.
- Helfferrich, C. (2011). *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. 4. Auflage. Lehrbuch. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss.
- Höld, R. (2009). „Zur Transkription von Audiodaten“. In: *Qualitative Marktforschung*. Gabler, 655–668.
- Holtbrügge, D. (2004). „Management of international strategic business cooperation: Situational conditions, performance criteria, and success factors“. In: *Thunderbird International Business Review* 46(3), 255–274.
- Homburg, C. (2017). *Grundlagen des Marketingmanagements: Einführung in Strategie, Instrumente, Umsetzung und Unternehmensführung*. 5., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Lehrbuch. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Hossain, M., Leminen, S. und Westerlund, M. (2019). „A systematic review of living lab literature“. In: *Journal of Cleaner Production* 213, 976–988.
- IEEE (2010). *IEEE Standard for Information technology– Local and metropolitan area networks– Specific requirements– Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments*. [Stand: 23.01.2024]. URL: <https://standards.ieee.org/ieee/802.11p/3953/>.
- Jahn, T., Bergmann, M. und Keil, F. (2012). „Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization“. In: *Ecological Economics* 79, 1–10.
- Johnson, W. G. (2023). „Caught in quicksand? Compliance and legitimacy challenges in using regulatory sandboxes to manage emerging technologies“. In: *Regulation & Governance* 17(3), 709–725.
- Kareborn, B. und Stahlbrost, A. (2009). „Living Lab: an open and citizen-centric approach for innovation“. In: *International Journal of Innovation and Regional Development* 1(4), 356.
- Karlsruher Verkehrsverbund GmbH (2021). *Leistungskatalog Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg*. [Stand: 10.03.2024]. URL: [taf-bw.de/fileadmin/user\\_upload/Bilder/Leistungen-Preise/TAF-BW\\_Leistungskatalog\\_20210922.pdf](http://taf-bw.de/fileadmin/user_upload/Bilder/Leistungen-Preise/TAF-BW_Leistungskatalog_20210922.pdf).

- Kaykiewa, V. (2023). *5G Jena - 5G-basierte V2X-Vernetzung zur Steigerung der Verkehrssicherheit sowie zur Optimierung des multimodalen Verkehrs und der Energieversorgung in Jena*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://tu-dresden.de/bu/verkehr/vis/vpa/forschung/Individualverkehr/5g-jena-5g-basierte-v2x-vernetzung-zur-steigerung-der-verkehrssicherheit-sowie-zur-optimierung-des-multimodalen-verkehrs-und-der-energieversorgung-in-jena>.
- KBA (9. Dez. 2021). *KBA erteilt erste Genehmigung zum automatisierten Fahren*. [Stand: 05.02.2024]. Flensburg. URL: [https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Pressemitteilungen/DE/2021/pm\\_49\\_2021\\_erste\\_Genehmigung\\_automatisiertes\\_Fahren.pdf](https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Pressemitteilungen/DE/2021/pm_49_2021_erste_Genehmigung_automatisiertes_Fahren.pdf).
- KBA (30. Nov. 2022). *KBA erteilt erste Genehmigung für fahrerlos einparkendes Fahrzeug*. [Stand: 10.03.2024]. Flensburg. URL: [https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Pressemitteilungen/DE/2022/pm\\_45\\_2022\\_AVP\\_erste\\_Genehmigung.pdf](https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Pressemitteilungen/DE/2022/pm_45_2022_AVP_erste_Genehmigung.pdf).
- KBA (2024). *Nationale Betriebserlaubnis für Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion*. [Stand: 11.03.2024]. URL: [www.kba.de/DE/Themen/Typgenehmigung/Autonomes\\_automatisiertes\\_Fahren/nationale\\_Betriebserlaubnis/nationale\\_betriebserlaubnis\\_node.html](http://www.kba.de/DE/Themen/Typgenehmigung/Autonomes_automatisiertes_Fahren/nationale_Betriebserlaubnis/nationale_betriebserlaubnis_node.html).
- Kepper, G. (1996). *Qualitative Marktforschung: Methoden, Einsatzmöglichkeiten und Beurteilungskriterien: Zugl.: Köln, Univ., Diss., 1993. 2., überarb. Aufl. DUV Wirtschaftswissenschaft. Wiesbaden: DUV Dt. Univ.-Verl.*
- Khan, M. A., Sayed, H. E., Malik, S., Zia, T., Khan, J., Alkaabi, N. und Ignatious, H. (2023). „Level-5 Autonomous Driving—Are We There Yet? A Review of Research Literature“. In: *ACM Computing Surveys* 55(2), 1–38.
- Kline, S. und Rosenberg, N. (2009). „An Overview of Innovation“. In: 173–203.
- Knudsen, M. P., Zedtwitz, M. von, Griffin, A. und Barczak, G. (2023). „Best practices in new product development and innovation: Results from PDMA’s 2021 global survey“. In: *Journal of Product Innovation Management* 40(3), 257–275.
- Kogabayev, T. und Maziliauskas, A. (2017). „The definition and classification of innovation“. In: *HOLLISTICA – Journal of Business and Public Administration* 8(1), 59–72.
- Korte, D., Hrsg. (2023). *Forschungskoordination: Grundlagen, Vorgehensweisen und Methoden für geförderte kooperative Forschungsprojekte*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden und Imprint Springer Gabler.
- Kriebitz, A., Max, R. und Lütge, C. (2022). „The German Act on Autonomous Driving: Why Ethics Still Matters“. In: *Philosophy & Technology* 35(2), 29.
- Kuckartz, U. (2005). *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten*. 1. Aufl. Lehrbuch. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss.
- Kutsch, A., Margreiter, M., Stueger, P., Fehn, F., Metzger, B., Hamm, L., Engelhardt, R., Ilic, M. und Bogenberger, K. (2022). „TEMPUS - Test Field Munich - Pilot Test for Urban Automated Road Traffic“. In: *2022 IEEE 25th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2514–2519.
- Lang, H. (2013). *Forschungskooperationen zwischen Universitäten und Industrie: Kooperationsentscheidung und Performance Management: Zugl.: Augsburg, Univ., Diss., 2013*. Springer Gabler Research. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Leminen, S., Rajahonka, M. und Westerlund, M. (2017). „Towards Third-Generation Living Lab Networks in Cities“. In: *Technology Innovation Management Review* 7(11), 21–35.
- Leminen, S., Rajahonka, M., Westerlund, M. und Hossain, M. (2021). „Collaborative innovation for sustainability in Nordic cities“. In: *Journal of Cleaner Production* 328, 129549.
- Leminen, S. und Westerlund, M. (2012). „Towards innovation in Living Labs networks“. In: *International Journal of Product Development* 17, 43–59.

- MacHardy, Z., Khan, A., Obana, K. und Iwashina, S. (2018). „V2X Access Technologies: Regulation, Research, and Remaining Challenges“. In: *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 20(3), 1858–1877.
- Majamaa, W. (2008). „The 4th P - people - in urban development based on Public-Private-People Partnership“. Dissertation. Helsinki: Helsinki University of Technology.
- Mallozzi, P., Pelliccione, P., Knauss, A., Berger, C. und Mohammadiha, N. (2019). „Autonomous Vehicles: State of the Art, Future Trends, and Challenges“. In: *Automotive Systems and Software Engineering*. Springer, Cham, 347–367.
- Martínez-Díaz, M. und Soriguera, F. (2018). „Autonomous vehicles: theoretical and practical challenges“. In: *Transportation Research Procedia* 33, 275–282.
- Maurer, M., Gerdes, J. C., Lenz, B. und Winner, H. (2015). *Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Springer Open. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg.
- Mayring, P. und Brunner, E. (2007). „Qualitative Inhaltsanalyse“. In: *Qualitative Marktforschung*. Hrsg. von R. Buber und H. H. Holzmüller. Lehrbuch. Wiesbaden: Gabler, 669–680.
- Mayring, P. und Fenzl, T. (2019). „Qualitative Inhaltsanalyse“. In: *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer VS, Wiesbaden, 633–648.
- McKinsey & Company (2023). *Autonomous driving's future: Convenient and connected*.
- Mercedes-Benz (2024). *Mercedes-Benz DRIVE PILOT*. [Stand: 11.03.2024]. URL: [www.mercedes-benz.de/passengercars/technology/drive-pilot.html](http://www.mercedes-benz.de/passengercars/technology/drive-pilot.html).
- Mercedes-Benz Group (2024). *CASE - Intuitive Mobilität*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://group.mercedes-benz.com/innovation/case.html>.
- Metropolregion Hamburg (2022). *Innovationszentrum Autonomes Fahren: Machbarkeits-, Konzept- und Realisierungsstudie für ein Innovationszentrum Autonomes Fahren in der Metropolregion Hamburg*.
- Mintzberg, H. (1989). „The Structuring of Organizations“. In: *Readings in strategic management*. Hrsg. von D. Asch und C. Bowman. Houndmills: Macmillan, 322–352.
- Molinari, M., Anund Vogel, J., Rolando, D. und Lundqvist, P. (2021). „Using living labs to tackle innovation bottlenecks: the KTH Live-In Lab case study“. In: *Applied Energy* 338, 120877.
- Möslein, K. M. (2009). „Innovation als Treiber des Unternehmenserfolgs“. In: *Kommunikation als Erfolgsfaktor im Innovationsmanagement*. Hrsg. von A. Zerfaß und K. Möslein. SpringerLink Bücher. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, 3–21. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-8349-8242-1\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-8349-8242-1_1).
- NASA (2020). *Technology Readiness Assessment. Best Practices Guide*. [Stand: 11.03.2024]. URL: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20205003605/downloads/%20SP-20205003605%20TRA%20BP%20Guide%20FINAL.pdf>.
- National Highway Traffic Safety Administration (2013). *Preliminary statement of policy concerning automated vehicles*. [Stand: 10.03.2024]. URL: [https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/documents/automated\\_vehicles\\_policy.pdf](https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/documents/automated_vehicles_policy.pdf).
- Nguyen, H. T. und Marques, P. (2022). „The promise of living labs to the Quadruple Helix stakeholders: exploring the sources of (dis)satisfaction“. In: *European Planning Studies* 30(6), 1124–1143.
- Nyström, A.-G., Leminen, S., Westerlund, M. und Kortelainen, M. (2014). „Actor roles and role patterns influencing innovation in living labs“. In: *Industrial Marketing Management* 43(3), 483–495.
- o. V. (2017). *Was ist die De-minimis-Regel?* [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.foerdermarkt.de/index.php/know-how/32-de-minimis-regel>.
- o. V. (11. Aug. 2023). *Behörden erlauben fahrerlose Robotaxis in US-Metropole*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.spiegel.de/auto/san-francisco-behoerden-erlauben-fahrerlose-robotaxis-in-us-metropole-a-82124c43-c628-4aba-889d-3f3b1e9db2a4>.

- o. V. (2024). *Test sites*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.connectedautomateddriving.eu/test-sites/>.
- Parekh, D., Poddar, N., Rajpurkar, A., Chahal, M., Kumar, N., Joshi, G. P. und Cho, W. (2022). „A Review on Autonomous Vehicles: Progress, Methods and Challenges“. In: *Electronics* 11(14), 2162.
- Perera, R. (2020). *The PESTEL Analysis*. Sri Lanka.
- Petring, J. (18. Aug. 2022). *Auf Chinas Straßen nehmen autonome Taxis Fahrt auf*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/baidu-auf-chinas-strassen-nehmen-autonome-taxis-fahrt-auf/28609698.html>.
- Placek, M. (2023). *Size of the global autonomous vehicle market in 2021 and 2022, with a forecast through 2030*. [Stand: 12. Februar 2024]. URL: <https://www.statista.com/statistics/1224515/av-market-size-worldwide-forecast>.
- Porter, M. (1980). *Competitive Strategy: Techniques for analyzing industries and competitors*.
- Precedence Research (2023). *Autonomous Vehicle Market*. [Stand: 12.02.2024]. URL: <https://www.precedenceresearch.com/autonomous-vehicle-market>.
- Puerari, E., Koning, J. de, Wirth, T. von, Karré, P., Mulder, I. und Loorbach, D. (2018). „Co-Creation Dynamics in Urban Living Labs“. In: *Sustainability* 10(6), 1893.
- Qualcomm, Hrsg. (2019). *Introduction to Cellular V2X*. [Stand: 01.02.2024]. URL: [www.qualcomm.com/content/dam/qcomm-martech/dm-assets/documents/c-v2x\\_intro.pdf](http://www.qualcomm.com/content/dam/qcomm-martech/dm-assets/documents/c-v2x_intro.pdf).
- Reichenbach, M. (2021). *Perspektiven für Reallabore zum automatisierten Fahren im öffentlichen Verkehr: Diskussionspapier*.
- Ritter, T. (1998). *Innovationserfolg durch Netzwerk-Kompetenz: Effektives Management von Unternehmensnetzwerken: Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 1998. Bd. 254. Neue betriebswirtschaftliche Forschung*. Wiesbaden: Gabler.
- Rizzo, A., Habibipour, A. und Ståhlbröst, A. (2021). „Transformative thinking and urban living labs in planning practice: a critical review and ongoing case studies in Europe“. In: *European Planning Studies* 29(10), 1739–1757.
- Rogers, M. (1998). „The definition and measurement of innovation“. In: *Melbourne Institute Working Paper* 10/98.
- SAE International (2021). *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles J3016\202104*. SAE International.
- Salvato, C., Reuer, J. und Battigalli, P. (2017). „Cooperation across Disciplines: A Multilevel Perspective on Cooperative Behavior in Governing Interfirm Relations“. In: *Academy of Management Annals* 11(2), 960–1004.
- Savarit, G., Pillon, E. und Louis, A. (2023). „Real-life experiments and business model innovation process: lessons from the Living Lab literature“. In: *EURAM Annual Conference 2023*. Dublin.
- Scharnigg, K. und Schappacher, J. (2021). *Testfeldmonitoring: Monitoring von Testfeldaktivitäten zum automatisierten und vernetzten Fahren in Deutschland*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/testfeldmonitoring-pdf.pdf>.
- Schepis, D., Purchase, S., Ellis, N., Olaru, D. und Smith, B. (2023). „How Governments Influence Autonomous Vehicle (AV) Innovation“. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 178, 103874.
- Schieben, A. und Heinrich, J. (2023). *Das 5G-Reallabor in der Mobilitätsregion Braunschweig-Wolfsburg*. [Stand: 16.03.2024]. URL: [https://dlr.expert/archiv/web/userfiles/5g-reallabor-2023/Downloads1/TP7\\_5G-ReallaborErgebnispr%C3%A4sentation\\_SchiebenHeinrich\\_2023-06-16.pdf](https://dlr.expert/archiv/web/userfiles/5g-reallabor-2023/Downloads1/TP7_5G-ReallaborErgebnispr%C3%A4sentation_SchiebenHeinrich_2023-06-16.pdf).

- Schilling, M. und Phelps, C. (2007). „Interfirm Collaboration Networks: The Impact of Large-Scale Network Structure on Firm Innovation“. In: *Management Science* 53(7), 1113–1126.
- Schmidt, R., Leinmüller, T. und Bötdeker, B. (2008). *V2X Kommunikation*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <http://leinmueller.de/lib/exe/fetch.php/publications/slb08v2x.pdf>.
- Schreier, M. (2014). „Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten“. In: *Forum Qualitative Sozialforschung* 15(1).
- Schuurman, D. (2015). „Bridging the gap between Open and User Innovation?: exploring the value of Living Labs as a means to structure user contribution and manage distributed innovation“. Dissertation. Brüssel: Ghent University.
- Schuurman, D., Marez, L. de und Ballon, P. (2013). „Open Innovation Processes in Living Lab Innovation Systems: Insights from the LeYLab“. In: *Technology Innovation Management Review* 3(11), 28–36.
- Schwartz, M., Peglow, F., Fritsch, M. und Günther, J. (2012). „What drives innovation output from subsidized R&D cooperation? Project-level evidence from Germany“. In: *Technovation* 32(6), 358–369.
- Schweitzer, F., Palmié, M., Gassmann, O., Kahlert, J. und Roeth, T. (2022). „Open innovation for institutional entrepreneurship: how incumbents induce institutional change to advance autonomous driving“. In: *R&D Management* 52(3), 465–483.
- Servou, E. (2020). „Automated driving in the policymaking: The productivity of the void“. Dissertation. München: Technische Universität München.
- Servou, E., Mögele, M. und Torrens, J. (2022). „Experimenting with automated driving for technology or for the city? A matter of governance cultures“. In: *Frontiers in Sustainable Cities* 4.
- Sie, R., Bitter-Rijkema, M., Stoyanov, S. und Sloep, P. B. (2014). „Factors that influence cooperation in networks for innovation and learning“. In: *Computers in Human Behavior* 37, 377–384.
- SINFONICA Project Coordinator UNIMORE – University of Modena (2024). *SINFONICA*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://sinfonica.eu/project/>.
- Specht, G., Beckmann, C. und Amelingmeyer, J. (2002). *F&E-Management: Kompetenz im Innovationsmanagement*. 2., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- State of California. Department of Motor Vehicles (2022). *Testing of Autonomous Vehicles*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.dmv.ca.gov/portal/vehicle-industry-services/autonomous-vehicles/california-autonomous-vehicle-regulations/>.
- State of California. Department of Motor Vehicles (2024). *Disengagement Reports*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.dmv.ca.gov/portal/vehicle-industry-services/autonomous-vehicles/disengagement-reports/>.
- Statista Research Department (2024). *Anzahl zugelassener Pkw in Deutschland von 1960 bis 2024*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/12131/umfrage/pkw-bestand-in-deutschland/>.
- Statistisches Bundesamt (2021). *Mehr Online-Meetings 2020 in 94 % der großen Unternehmen*. [Stand: 10.03.2024]. URL: [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/11/PD21\\_537\\_52911.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/11/PD21_537_52911.html).
- Statistisches Bundesamt (2024a). *Abkürzungen für Deutschland und Bundesländer*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.destatis.de/DE/Methoden/abkuerzung-bundeslaender-DE-EN.html>.
- Statistisches Bundesamt (2024b). *Kleine und mittlere Unternehmen*. [Stand: 10.03.2024]. URL: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Kleine-Unternehmen-Mittlere-Unternehmen/_inhalt.html).

- Steen, K. und van Bueren, E. (2017). „The Defining Characteristics of Urban Living Labs“. In: *Technology Innovation Management Review* 7(7), 21–33.
- Stippel, N. (1999). *Innovations-Controlling: Managementunterstützung zur effektiven und effizienten Steuerung des Innovationsprozesses im Unternehmen*. Controlling-Praxis. München: Vahlen.
- Swoboda, B. (2003). „Kooperation: Erklärungsperspektiven grundlegender Theorien, Ansätze und Konzepte im Überblick“. In: *Kooperationen, Allianzen und Netzwerke*. Hrsg. von J. Zentes, B. Swoboda und D. Morschett. Springer eBook Collection Business and Economics. Wiesbaden: Gabler Verlag, 35–64.
- Sydow, J. (1992). *Strategische Netzwerke: Evolution und Organisation: Zugl.: Berlin, Freie Univ., Habil.-Schr.* Bd. 100. Neue betriebswirtschaftliche Forschung. Wiesbaden: Gabler.
- Tagesschau (2022). *Mercedes darf fahrerlos einparken*. [Stand: 11.03.2024]. URL: [www.tagesschau.de/wirtschaft/digitales/fahrerloses-parken-mercedes-benz-bosch-kba-101.html](http://www.tagesschau.de/wirtschaft/digitales/fahrerloses-parken-mercedes-benz-bosch-kba-101.html).
- Tagesschau (2023). *Durchschnittlich acht Verkehrstote pro Tag*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.tagesschau.de/inland/gesellschaft/zahl-verkehrstote-steigt-100.html>.
- Tagliacuzzi, G., Della Santa, S. und Gherardini, F. (2023). „Design of a living lab for autonomous driving: an investigation under the lens of the triple helix model“. In: *The Journal of Technology Transfer*, 1–24.
- Taiber, J. G. (2023). *IAMTS White Paper*. [Stand: 12.03.2024]. URL: <https://www.iamts.org>.
- Tsai, C.-H., Lin, C.-F. und Liu, H.-W. (2020). „The Diffusion of the Sandbox Approach to Disruptive Innovation and Its Limitations“. In: *Cornell International Law Journal* 53(3).
- United Nations Economic Commission for Europe (2021). *UN Regulation No. 157 - Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to Automated Lane Keeping Systems*. [Stand: 11.03.2024]. URL: <https://unece.org/sites/default/files/2023-12/R157e.pdf>.
- van der Panne, G., van Beers, C. und Kleinknecht, A. (2003). „Success and Failure of Innovation: A Literature Review“. In: *International Journal of Innovation Management* 7(3), 309–338.
- van Waes, A., Nikolaeva, A. und Raven, R. (2021). „Challenges and dilemmas in strategic urban experimentation An analysis of four cycling innovation living labs“. In: *Technological Forecasting and Social Change* 172, 121004.
- Verband der Automobilindustrie (2023). *Deutsche Autoindustrie investiert bis 2027 weltweit über 250 Milliarden Euro in Forschung und Entwicklung*. [Stand: 11.03.2024]. Berlin. URL: [https://www.vda.de/de/presse/Pressemeldungen/2023/23-403\\_PM\\_Deutsche-Autoindustrie-investiert-bis-2027-weltweit--ber-250-Milliarden-Euro-in-Forschung-und-Entwicklung](https://www.vda.de/de/presse/Pressemeldungen/2023/23-403_PM_Deutsche-Autoindustrie-investiert-bis-2027-weltweit--ber-250-Milliarden-Euro-in-Forschung-und-Entwicklung).
- Verband der Automobilindustrie (2024). *Innovationen der Automobilindustrie*. [Stand: 11.03.2024]. URL: <https://www.vda.de/de/themen/innovationen>.
- Volkswagen Newsroom (2020). *Car2X im neuen Golf: Ein „technischer Meilenstein“*. [Stand: 10.03.2024]. URL: <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/stories/car2x-im-neuen-golf-ein-technischer-meilenstein-5919>.
- von Blanckenburg, C., Böhm, B., Diemel, H.-L. und Legewie, H. (2005). *Leitfaden für interdisziplinäre Forschergruppen: Projekte initiieren - Zusammenarbeit gestalten*. Bd. 3. Kooperationsmanagement. Stuttgart: Steiner.
- Westerlund, M. und Leminen, S. (2011). „Managing the Challenges of Becoming an Open Innovation Company: Experiences from Living Labs“. In: *Technology Innovation Management Review* 1(1), 19–25.
- Westerlund, M., Leminen, S. und Habib, C. (2018). „Key Constructs and a Definition of Living Labs as Innovation Platforms“. In: *Technology Innovation Management Review* 8(12), 51–62.
- Wise, E. und Hoegenhaven, C. (2008). *User-Driven Innovation - Context and Cases in the Nordic Region*. Innovation Policy. Nordic Innovation Centre.

- Wittig, O. und Schimanek, P. (2020). *Reallabore – Überblick über internationale regulatorische Ansätze und ihre Umsetzbarkeit in deutsches Recht*.
- Wrona, T. und Schell, H. (2003). „Globalisierungsbetroffenheit von Unternehmen und die Potenziale der Kooperation“. In: *Kooperationen, Allianzen und Netzwerke*. Hrsg. von J. Zentes, B. Swoboda und D. Morschett. Springer eBook Collection Business and Economics. Wiesbaden: Gabler Verlag, 305–332.
- Zentes, J. und Schramm-Klein, H. (2003). „Exogene und endogene Einflussfaktoren der Kooperation“. In: *Kooperationen, Allianzen und Netzwerke*. Hrsg. von J. Zentes, B. Swoboda und D. Morschett. Springer eBook Collection Business and Economics. Wiesbaden: Gabler Verlag, 257–276.
- Zentes, J., Swoboda, B. und Morschett, D., Hrsg. (2003a). *Kooperationen, Allianzen und Netzwerke: Grundlagen - Ansätze - Perspektiven*. Springer eBook Collection Business and Economics. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Zentes, J., Swoboda, B. und Morschett, D. (2003b). „Perspektiven der Führung kooperativer Systeme“. In: *Kooperationen, Allianzen und Netzwerke*. Hrsg. von J. Zentes, B. Swoboda und D. Morschett. Springer eBook Collection Business and Economics. Wiesbaden: Gabler Verlag, 821–848.
- Zhang, D., Guo, P. und Zhao, J. (2022). „The motives system for developing project-based inter-organizational cooperation“. In: *International Journal of Project Management* 40(3), 167–180.
- Zhang, Y. und Kamargianni, M. (2022). „A review on the factors influencing the adoption of new mobility technologies and services: autonomous vehicle, drone, micromobility and mobility as a service“. In: *Transport Reviews* 43(3), 407–429.

# Anhang