

# Studie zur Erarbeitung eines Katalogs an Testszenarien für ein vereinfachtes Testprozedere automatisierter Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen in Österreich

Stand: 27.11.2019

Auftraggeber



Auftragnehmer



## Kurzfassung

Die vorliegende Studie befasst sich mit der Testzulassung von automatisierten Fahrzeugen in Österreich. Im ersten Schritt werden dazu die Aufgaben des **Antragstellers** – der Funktionsentwickler - erläutert. Die nachfolgende Prüfung der automatisierten Fahrfunktionen sowie die Erstellung der Entscheidungsgrundlage für den ExpertInnenrat in Form eines Testberichts durch eine **unabhängige Prüfstelle** – z.B. Testregion – wurde unter Berücksichtigung der Erfahrungen und Korrespondenzen von ALP.Lab und DigiTrans aus bereits existierenden internationalen Projekten entwickelt. Die Auswahl der konkreten Prüfkriterien erfolgt dabei in enger Abstimmung zwischen Antragsteller und Prüfstelle für den jeweiligen Test-Einsatzbereich. Sämtliche Unterlagen seitens Antragsteller und Prüfstelle dienen als Entscheidungsgrundlage für den ExpertInnenrat und nach positiver Bewertung in weiterer Folge als Grundlage für die Testbescheinigung seitens **BMVIT**.

Auf organisatorischer und rechtlicher Ebene wird daher ein zusätzlicher „allgemeiner“ Testfall etwa als **„spezifizierter und von einer unabhängigen Prüfstelle geprüfter und bewerteter Anwendungsfall“** in der AutomatFahrVO vorgeschlagen, der eine sogenannte „Auffangklausel“ für verschiedenste – heute noch gar nicht denkbare – Anwendungsfälle sein kann.

Aus Sicht der österreichischen Testregionen sollte eine eigene österreichische ODD (A-ODD – **Austrian Operational Design Domain**) aufgebaut und beschrieben werden. Darin sollen einerseits alle bisher existierenden Projekte (ALP.Lab, DigiTrans, ...) enthalten sein und andererseits neue Testregionen, wie z.B. die Laborumgebung in St. Valentin beschrieben sein. Als Teil der A-ODD sollte eine österreichische Szenariendatenbank (A-SDB – **Austrian Scenario Data Base**) aufgebaut und beschrieben werden. Die A-SDB soll eine lebende Datenbank sein, die periodisch mit neuen Erfahrungen zu neuen Versionen erweitert wird und in einem allgemein verwendbaren Format (i.e. Open Scenario abgelegt ist). Für den Aufbau und Wartung der Datenbanken ist ein aktives **Mitwirken in internationalen Projekten und Organisationen**, wie z.B. IAMTS, UNECE, Headstart, ... empfohlen.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	AutomatFahrVO – Status Quo.....	5
1.2	Rolle der Testregionen .....	6
1.3	Motivierendes Beispiel Pendelverkehr Rotax Schenker .....	7
1.4	Leistungsumfang.....	9
2	Prozess für Test Bescheinigung auf öffentlichen Straßen.....	10
2.1	Prozessbeschreibung.....	10
2.1.1	Antragstellung.....	11
2.1.2	Anwendungsfall .....	11
2.1.3	Technische Funktionsbeschreibung.....	11
2.1.4	Analyse der Antragsdokumente & Ableitung, Festlegung von Tests .....	12
2.1.5	Durchführung von Einzelfunktionalitätstests .....	12
2.1.6	Durchführung von Gesamtfunktionstests.....	12
2.1.7	Erstellung des Testberichts.....	13
2.1.8	Ausstellung der Bescheinigung .....	13
2.1.9	Anmerkungen zur Cybersicherheit .....	13
2.2	Prozessergebnisse .....	13
2.3	Vorschlag Testbericht.....	14
2.4	Rechtliche und organisatorische Ebene .....	15
2.4.1	Übersicht - Verfahren zur Erlangung einer Testbescheinigung gemäß geltender Rechtslage .....	15
2.4.2	Vorschlag - Verfahren zur Erlangung einer Testbescheinigung NEU.....	15
2.4.3	Notwendige Unterlagen für die Antragstellung.....	17
2.4.4	Form und Inhalt der Testbescheinigung .....	17
2.4.5	Rechtlicher Ausblick – long-term vision .....	18
2.5.	Verantwortungskonzept.....	18
3	Beispiel – Rotax Schenker Use Case mit SPIDER .....	20
4	Methode zum Aufbau eines Prüfkatalogs für Automatisierte Fahrsysteme .....	24
5	Szenarien Analyse .....	28
5.1	Begriff Szenario .....	28
5.2	Szenarienkatalog.....	30
5.1.1.	Szenarienkatalog für spezifizierten Use-Case Rotax-Schenker:.....	33

5.3	Auswahl der Szenarien.....	33
5.4	Generierung der Testszzenarien (= Edge Cases).....	33
5.5	Bewertung der Testdurchführung.....	35
6.	Technische Erfordernisse .....	36
7.	Abgleich mit internationalen Projekten und Verordnungen.....	37
7.1.	Analyse und Erfahrungen existierender europäischer sowie internationaler Vorarbeiten sowie Projekten auf diesem Gebiet .....	37
7.1.1.	UNECE Global Forum for Road Traffic Safety (WP1) .....	37
7.1.2.	UNECE World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP29).....	37
7.1.3.	Pegasus.....	38
7.1.4.	Enable S3.....	38
7.1.5.	L3 Pilot .....	38
7.1.6.	ARCADE .....	39
7.1.7.	Headstart .....	39
7.2.	Analyse und Erfahrungen international führender Institutionen.....	39
7.2.1.	Centre of Excellence for Testing & Research of AVs – Nanyang Technological University Singapur (CETRAN).....	40
7.2.2.	ZALAZONE (Ungarn).....	41
7.2.3.	TÜV Süd (Deutschland) .....	43
7.2.4.	International Alliance for Mobility Testing and Standardization (IAMTS).....	44
7.2.5.	China - Shanghai.....	45
7.2.6.	Japan.....	45
7.2.7.	Zusammenfassung der Erfahrungen international führender Institutionen .....	46

# 1 Einleitung

Automatisiertes Fahren ist eine der wichtigsten modernen Herausforderungen, bei der eine Vielzahl neuer Technologien ineinandergreifen und in ihrer Komplexität zusammenwirken müssen. Neben einem breiteren und barrierefreien Zugang zur Mobilität kann sie auch dazu beitragen, die Anzahl der fahrbedingten Unfälle zu verringern. Bis automatisierte Fahrzeuge jedoch in allen Verkehrssituationen vergleichbar sicher wie von Menschen betrieben werden können, müssen sie lt. internationaler Forschungsergebnisse mehrere Milliarden Kilometer zurücklegen. Um dies zu testen, werden unterschiedliche Simulationstechniken angewandt. Im letzten Schritt jedoch, müssen Fahrzeuge und Fahrfunktionen auf öffentlichen Straßen verifiziert und validiert werden.

Im internationalen Wettbewerb übertreffen sich Regionen und Länder mit Angeboten, die Zulassung von Test-Fahrzeugen und die Durchführung von Tests auf öffentlichen Straßen besonders attraktiv und einfach zu gestalten.

Die vorliegende Studie soll unterstützen, ein vereinfachtes Prozedere für das Testen von automatisierten Fahrzeugen auf öffentlichen Straßen in Österreich ermöglichen.

Wichtig ist dabei die Gewährleistung der Sicherheit aller am öffentlichen Straßenverkehr beteiligten Personen. Dies umfasst die Sicherheit im Sinne von Safety (Gefährdung für Leib und Leben).

## Übergeordnete Ziele:

- Stärkung des Standort Österreichs als Testregion für automatisiertes Fahren durch einen effizienten Bescheinigungsprozess zur Durchführung von Tests auf öffentlichen Straßen.
- Erhöhung der Akzeptanz von automatisierten Fahrzeugen in der Öffentlichkeit sowie Aufbau des Vertrauens anderer - vor allem schwächerer - Verkehrsteilnehmer
- Skizze eines aktualisierten flexiblen rechtlichen Rahmens, um umfassende Tests für automatisierte Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen effizient und zeitnah zu ermöglichen

## 1.1 AutomatFahrVO – Status Quo

Derzeit sind Tests mit automatisierten Fahrzeugen auf öffentlichen Straßen nur sehr eingeschränkt möglich. Gemäß Verordnung des Bundesministers für Verkehrs, Innovation und Technologie über Rahmenbedingungen für automatisiertes Fahren (AutomatFahrVO) in seiner geltenden Fassung<sup>1</sup> sind nur drei Anwendungsfälle von Tests vorgesehen, (§§ 7-9 AutomatFahrVO). Diese sind:

- Test mit einem autonomen Kleinbus (max. 20km/h)
- Autobahnпилот mit automatischem Spurwechsel (auf Autobahnen und Schnellstraßen)
- Selbstfahrendes Heeresfahrzeug

Diese sehr eng gefassten Testmöglichkeiten werden dem umfassenden Forschungsbedarf an neuen Techniken des automatisierten Fahrens nicht (mehr) gerecht. Die rasch entwickelnden Fortschritte, Innovationen und Forschungsfelder auf diesem Gebiet fordern einen offenen und vor allem flexiblen rechtlichen Rahmen, der verschiedenste Tests ermöglicht.

---

<sup>1</sup> BGBl. II Nr 66/2019

Derzeit verlangt jede technologische Neuerung nach einem neuen Testfall, der erst im Wege einer Gesetzesänderung bzw. einer Änderung/Ergänzung der AutomatFahrVO umgesetzt werden müsste. Auch eine Erweiterung der AutomatFahrVO um einzelne weitere Anwendungsfälle würde keinen nachhaltigen Mehrwert, da

- die Funktionen und deren Umsetzungen je nach Hersteller variieren
- eine genaue Abgrenzung der Funktionen nicht immer eindeutig möglich ist
- die Genehmigungsdauer zu lange wird, wenn vor Durchführungen von Tests rechtliche Maßnahmen gesetzt werden müssten (wie etwa eine Erweiterung der AutomatFahrVO)

Damit ergibt sich dringender Handlungsbedarf, das derzeit in Österreich geltende rechtliche bzw. organisatorische Konzept des Verfahrens zur Erlangung einer Testbescheinigung zu überarbeiten. Ziel der Studie ist es, flexible rechtliche Rahmenbedingungen zu skizzieren: im Falle von technischen Neuerungen soll es keinen Anpassungsbedarf auf Gesetzes- oder Verordnungsebene geben. Im Gegenteil: neue rechtlichen Rahmenbedingungen sollen Innovationen fördern, indem sie Tests für verschiedenste Fahrfunktionen innerhalb eines sinnvollen Zeitrahmens ermöglichen, ohne dabei die Sicherheit anderer zu gefährden.

## 1.2 Rolle der Testregionen

Die Testregionen nehmen aktuell verschiedene Rollen im Umfeld des Tests automatisierter Fahrzeuge im Straßenverkehr ein:

- Unterstützung des BMVIT bei der Erarbeitung von Testprozeduren, um den sicheren Betrieb auf österreichischen Straßen, insbesondere im Hinblick auf automatisierte Fahrzeuge, zu gewährleisten.
- Förderung von Innovationen, indem Hersteller Testmöglichkeiten und andere Serviceleistungen zur Verfügung gestellt werden
- Stärkung der Attraktivität & Wettbewerbsfähigkeit des Standort Österreichs als Testregionen für die Automobil- und Transportindustrie.

Durch das Einbinden der Testregionen in den Genehmigungsprozess zur Erlangung einer Bescheinigung für Tests von automatisierten Fahrfunktionen kann die Position der Testregionen gestärkt und weiter ausgebaut werden. Testregionen könnten sich zu einem wichtigen wirtschaftlichen Faktor für die Region entwickeln. Insbesondere können sie Kunden mit zusätzlichen Services unterstützen:

- Unterstützung bei Testdurchführung auf öffentlichen Straßen
- Unterstützung bei organisatorischen Tätigkeiten (ab der Antragstellung bis zu laufenden Unterstützungstätigkeiten im Kontext autonomes Fahren und Testdurchführungen)
- Bereitstellung von Testequipment (z.B. entsprechend ISAD Levels)

### 1.3 Motivierendes Beispiel Pendelverkehr Rotax Schenker

Die Firmen Rotax und Schenker haben gemeinsam mit DigiTrans in einer Sondierungsphase zum Innovationslabor einen Use Case für das automatisierte Fahren eines Transportfahrzeugs definiert. Der etwa stündlich durchgeführte Pendelverkehr dient dem Versand der Güter von Rotax. Im Zuge des Evaluierungsprojektes wurde die Strecke im ersten Schritt exakt vermessen und dokumentiert.



Abbildung 1: Übersicht der Pendelstrecke zwischen Rotax und Schenker

Die rot eingezeichnete Strecke verläuft von der Rampe Schenker zur Rampe bei Rotax und hat eine Länge von 520 m. Es wurden im Detail 7 Kreuzungen und Knoten (1-7) im Einzelnen beschrieben. Die blau eingezeichnete Strecke verläuft von der Rampe bei Rotax zurück zur Rampe von Schenker und weist eine Länge von 640 m auf. Die Kreuzungen und Knoten (8-14) wurden ebenfalls im Detail beschrieben.

Um den Auftraggebern eine Entscheidungsgrundlage für ein PoC und eine Umsetzung zu ermöglichen, wurden diverse in Frage kommende Hersteller betrachtet, beschrieben und deren Fahrzeuge auf Kompatibilität zum ggstdl. Use Case geprüft.

Die gesetzlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen und derzeitigen Hürden wurden aufgezeigt sowie Lösungen vorgeschlagen und der Testprozess beschrieben.



Abbildung 2: links: bemannte Variante der Firma KAMAG, rechts: unbemannte Variante Firma Einride (T-POD)

Für eine noch bemannte Variante konnte das Fahrzeug der Firma KAMAG in Entwicklung mit Easymile vorgeschlagen werden. Diese Variante wäre im Rahmen der geltenden AutomatFahrVO umsetzbar bzw. testbar. Für eine unbemannte Variante konnte der T-POD der Firma Einride vorgeschlagen werden. Um dieses Fahrzeug allerdings auch auf öffentlichen Straßen zum Einsatz zu bringen, bedürfte es aber eine umfassende Änderung der rechtlichen und gesetzlichen Rahmenbedingungen, bis hin zur Änderung der Wiener Straßenverkehrsconvention.

## 1.4 Leistungsumfang

Das vorliegende Dokument gliedert sich in drei Abschnitte:

Der erste Abschnitt beschreibt den Prozess zur Erlangung einer Testbescheinigung für öffentliche Straßen (siehe Kapitel 2).

Der zweite Abschnitt beschreibt eine Methode zum Aufbau eines Prüfkatalogs für automatisierte Fahrsysteme. Dabei werden Grundbegriffe erläutert und verschiedene Typen von Szenarien definiert. Anschließend wird die Generierung von Testszenarien, inklusive der Identifikation von kritischen Szenarien, sogenannten Edge Cases, beschrieben. Technische Erfordernisse werden im Anschluss kurz umrissen (siehe Kapitel 4 bis 6).

Der letzte Abschnitt führt Beispiele an. Dabei wird einerseits ein konkretes Beispiel (siehe Kapitel 3– konkreter Use Case) der österreichischen Testregionen beschrieben. Andererseits werden Vergleiche zu internationalen Projekten in Kapitel 0 gezogen.

Im Kontext des Leistungsumfangs vom Werkvertrag „GZ BMVIT-145/0001-Stabst.MD/2019“ behandelt Kapitel 2 die §§ 1.4 – 1.8, Kapitel 4 die §§ 1.1 und 1.3, Kapitel 0 den § 1.2 und Kapitel 0 die §§ 1.9 – 1.11.

§ 1.1. schematischer Aufbau des Testszenarienkatalogs der Edge Cases

§ 1.2. Technische Erfordernisse

§ 1.3. interdisziplinäre Testmöglichkeiten

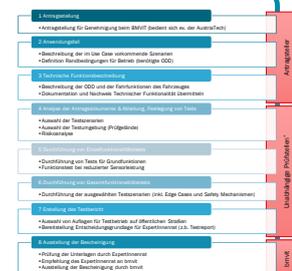
§ 1.4. Testszenarienkatalog

§ 1.5. Bewertung Edge Cases

§ 1.6. Einbindung ExpertInnenrat

§ 1.7. Einbindung Testszenarienkatalog

§ 1.8. Einbindung Testumgebungen



§ 1.9.-1.11 Einbindung internationale Projekt

Abbildung 3: Leistungsumfang Werkvertrag GZ BMVIT-145/0001-Stabst.MD/2019

## 2 Prozess für Test Bescheinigung auf öffentlichen Straßen

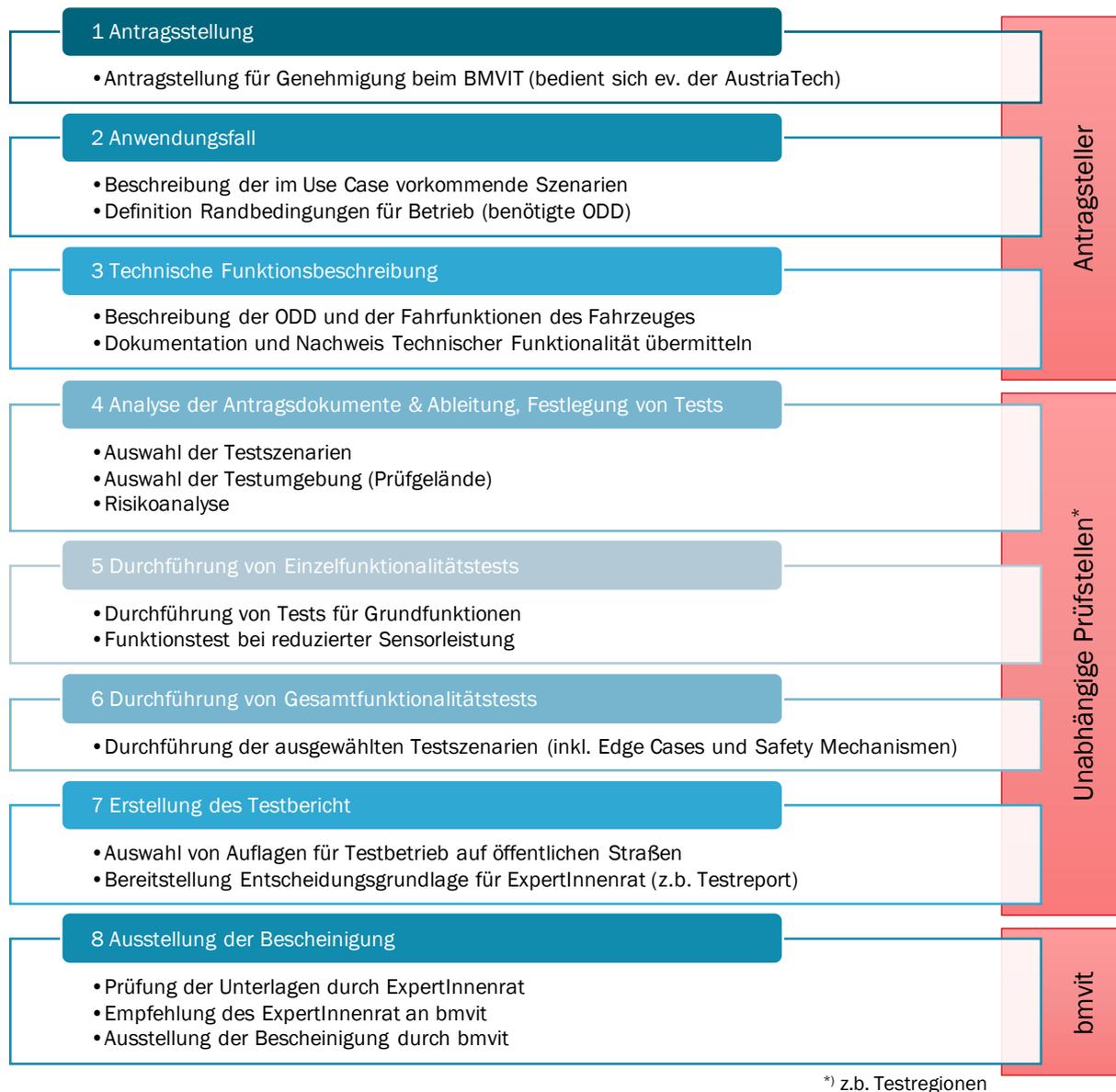


Abbildung 4: Prozess für Test Bescheinigung auf öffentlichen Straßen

### 2.1 Prozessbeschreibung

Das Ziel des oben gezeigten Prozesses zur Erteilung einer Bescheinigung für Tests auf öffentlichen Straßen (Testbescheinigung) ist es, möglichst flexibel neue Innovationen und Entwicklungen von Fahrzeugfunktionen (auch Funktion genannt) zum Test zuzulassen und gleichzeitig die Sicherheit aller Beteiligten zu gewährleisten.

Der vorgeschlagene Prozess basiert technisch auf einer Zusammenarbeit des Antragstellers (das ist der dem Funktionsentwickler) mit den unabhängigen Prüfstellen, weil die Anzahl der notwendigen Tests am Testgelände, ohne die Interna der Umsetzung der Fahrzeugfunktion zu

kennen, nicht bewältigbar ist. Durch die Zusammenarbeit mit den Funktionsentwicklern kann die Anzahl der benötigten Tests drastisch reduziert und die Ausstellung der Testbescheinigung erheblich beschleunigt werden. Der Grund dafür ist, dass sich aus der technischen Funktionsbeschreibung potenzielle Schwachstellen der Funktion selbst sowie der Sicherheitsmaßnahmen gezielt ableiten lassen.

Sind die technischen Einschränkungen des Systems nach Durchführung der Tests bekannt, können entsprechende Auflagen für die Testdurchführung auf öffentlichen Straßen definiert werden. Dadurch können die Anforderungen an die Reife der Fahrzeugfunktion reduziert und die Testbescheinigung schneller ausgestellt werden, ohne Dritte zu gefährden.

Im Nachfolgenden sind die definierten Prozessschritte genauer erläutert.

### **2.1.1 Antragstellung**

Im ersten Schritt muss, entsprechend der aktuellen Rechtslage, ein Antrag für die Ausstellung einer Testbescheinigung beim BMVIT gestellt werden. In dieser Phase ist eine umfassende Unterstützung des Antragstellers durch eine Testeinrichtung als zusätzliche Serviceleistung denkbar, um den Aufwand des Antragstellers zu minimieren und so die Attraktivität Österreichs für Tests zu erhöhen.

### **2.1.2 Anwendungsfall**

Mit der Beschreibung des geplanten Anwendungsfalls durch den Funktionsentwickler ist es möglich die relevanten Risiken zu identifizieren und einzuschätzen und vor allem nicht relevante Risiken von Beginn an auszuschließen. Dafür soll der Anwendungsfall in einzelne Szenarien, wie zum Beispiel „Rechtsabbiegen auf einer unregelmäßigen Kreuzung“, zerlegt werden. Durch die Zerlegung des Anwendungsfalls in einzelne Szenarien können die einzelnen Risiken wesentlich einfacher und systematisch analysiert werden (siehe Schritt 4). Darüber hinaus können auch die Randbedingungen für den Betrieb (also die Operational Design Domains) einfacher bestimmt werden. Die Ergebnisse aus diesem Prozessschritt, nämlich Randbedingungen für den Betrieb, werden vom Funktionsentwickler, bereitgestellt.

### **2.1.3 Technische Funktionsbeschreibung**

In diesem Schritt ist der Funktionsentwickler gefordert die notwendigen Unterlagen bereitzustellen, damit eine effiziente und effektive Analyse des Reifegrades der Funktion sowie der Sicherheitsmaßnahmen möglich wird. Die Unterlagen muss eine Funktionsbeschreibung, ein Sicherheitskonzept und einen technischen Funktionsnachweis enthalten. Die Funktionsbeschreibung beinhaltet die einzelnen Funktionsblöcke sowie deren Aufgaben und die Architektur, in der alle Funktionsblöcke zueinander in Beziehung gestellt werden. Auf Basis der Architektur können die Auswirkungen von Fehlern oder eingeschränkter Leistungsfähigkeit der einzelnen Blöcke bewertet werden. Diese Information ist notwendig, um die Effektivität der eingebauten Sicherheitsmaßnahmen bewerten zu können. Ist das zu erwartende Restrisiko, das durch die Verwendung der Funktion in öffentlichen Tests entsteht, akzeptabel, wird der technische Nachweis der Funktionalität geprüft. Kann der Funktionsentwickler der prüfenden Testeinrichtung die korrekte Umsetzung der Funktion sowie der Sicherheitsmaßnahmen entsprechend der Funktionsbeschreibung nachweisen, kann im nächsten Schritt mit der Durchführung von Tests durch die Prüfeinrichtung begonnen werden.

#### **2.1.4 Analyse der Antragsdokumente & Ableitung, Festlegung von Tests**

Zu Beginn dieses Prozessschritts wird die Risikoanalyse wie in Schritt 3 beschrieben durchgeführt und ein entsprechender Analysebericht verfasst. Danach werden, abhängig von der Architektur der Umsetzung der Funktion und den verwendeten Technologien – speziell bei Sensoren – Testszenarien ausgewählt. Eine Auswahl von Tests ist notwendig, da der gleiche Sensor für unterschiedliche Funktionen benutzt werden kann. Ein Beispiel ist eine Kamera, die für die Erkennung von Straßenmarkierungen oder für Objektklassifizierung verwendet werden kann. Das bedeutet für den Test, dass im ersten Fall Bodenmarkierungen und im zweiten Fall ein Fahrzeug verwendet werden muss. Aus diesem Grund ist es nicht möglich einen einheitlichen Katalog zu definieren, der für alle Funktionen anwendbar ist.

Die Tests werden aus einem sich ständig erweiternden Katalog ausgewählt, der entsprechend den dynamischen Fahraufgaben aufgebaut wird. Durch die Testauswahl sind auch die notwendigen Testmittel festgelegt, die für die Durchführung der Tests am Testgelände notwendig sind. Basierend auf diesen Informationen, können die möglichen Testgelände ausgewählt und das Testequipment organisiert werden. Aus den ausgewählten Tests wird ein Testplan erstellt, der den Zeit- und Ressourcenplan beschreibt.

#### **2.1.5 Durchführung von Einzelfunktionalitätstests**

In diesem Schritt werden die Tests der grundlegenden Einzelfunktionen durchgeführt. Es wird zum Beispiel geprüft ob die Sensoren korrekt installiert sind und überhaupt ihre Umgebung wie spezifiziert wahrnehmen können oder die Aktivierung der Bremsleuchten bei einer Bremsung gegeben ist. Sind die grundlegenden Einzelfunktions tests abgeschlossen werden noch die Sicherheitsmechanismen geprüft. Ziel dieser Aktivität ist sicherzustellen, dass der Ausfall eines Sensors oder eine reduzierte Sensorleistung, die z.B. durch Regen ausgelöst werden kann, nicht zu einem Fehlverhalten der Funktion führt. Die Ergebnisse der durchgeführten Tests werden im Einzelfunktions testbericht festgehalten.

#### **2.1.6 Durchführung von Gesamtfunktions tests**

Bei diesen Tests wird speziell auf den spezifizierten Funktionsumfang eingegangen. Dabei wird die spezifizierte Funktion als Basis für die Festlegung von Werten für Parameter von Testszenarien herangezogen. Die Tests werden vorrangig an den Grenzen der Funktion (Edge Cases) durchgeführt, um sicherzustellen, dass der tatsächlich spezifizierte Funktionsumfang auch eingehalten wird. Wird festgestellt, dass die angegebene Leistungsfähigkeit der Funktion nicht oder nur teilweise erreicht wird, kann dies zu einem negativen Empfehlungsschreiben oder zu verschärften Auflagen führen. Eine Verschärfung der Auflagen ist nur möglich, wenn die Funktion eingeschränkt nutzbar, aber keine Gefährdung Dritter darstellt. Zum Beispiel könnte die Maximalgeschwindigkeit bei der Testdurchführung in den Auflagen herabgesetzt werden, wenn die Reichweite der Sensoren unzureichend ist.

Bei diesen Tests werden auch explizit Tests außerhalb des spezifizierten Funktionsumfangs durchgeführt, um die Wirksamkeit der umgesetzten Sicherheitsmechanismen zu überprüfen.

### **2.1.7 Erstellung des Testberichts**

In diesem Schritt werden die Ergebnisse der zuvor durchgeführten Tests zusammengeführt und von der Testeinrichtung in einem sogenannten Testbericht bewertet. Das Ergebnis des Berichts kann positiv oder aber negativ ausfallen, indem von Tests auf öffentlichen Straßen Abstand zu nehmen ist. Im Falle einer positiven Bewertung, können zusätzlich Auflagen definiert werden, die vom Funktionsentwickler bei der Testdurchführung einzuhalten sind. Zusätzlich beinhaltet der Testbericht auch eine Erklärung über das bestehende Restrisiko für Dritte bei einem Test auf öffentlichen Straßen. Der Testbericht wird nach Fertigstellung dem ExpertInnenrat übergeben.

### **2.1.8 Ausstellung der Bescheinigung**

Der Testbericht wird dem ExpertInnenrat vorgelegt. Dieser bewertet u.a. die zu testenden Funktion hinsichtlich gesellschaftlicher Sicherheitserwartungen, prüft den Testbericht und gibt eine Empfehlung über die Testdurchführung an das BMVIT ab. Als Basis dieser Empfehlung dient auch die im Testbericht enthaltene Risikobewertung, um den Nutzen und das Risiko für die Gesellschaft abzuwiegen.

In weiterer Folge erfolgt die Ausstellung der Testbescheinigung durch den/die BundesministerIn für Verkehr, Innovation und Technologie, der auf Basis des Testberichts der unabhängigen Prüfstelle sowie der Empfehlung des ExpertInnenrates entschieden hat.

### **2.1.9 Anmerkungen zur Cybersicherheit**

Die Cybersicherheit ist für das Testen auf öffentlichen Straßen ebenfalls zu berücksichtigen und ist vor allem relevant für der Risikoanalyse.

Aus aktueller Sicht ist die Bedrohung, die von Hacker Angriffen auf Testfahrzeuge ausgeht, generell als niedrig einzustufen. Der Grund dafür ist einerseits die geringe Zeitspanne in der Hacker Zugriff auf die Testfahrzeuge haben und andererseits, dass die internen Fahrzeugfunktionen zum Zeitpunkt des Testens nur den Funktionsentwicklern bekannt sind. Diese beiden Faktoren machen es den Hackern sehr schwer, erfolgreich Angriffe durchzuführen. Das Thema Cybersicherheit gewinnt mehr an Bedeutung, wenn die Fahrfunktion Informationen von der Verkehrsinfrastruktur oder über Mobilfunknetze bezieht und verarbeitet, die funktional sicherheitskritisch sind. In solchen Situationen, also wenn die Vorhersagbarkeit der Testfahrten möglich wird bzw. ständiger Zugriff auf kritische Systeme wie die Infrastrukturkomponenten gegeben ist, müssen die Risiken detailliert aufgeschlüsselt und bewertet werden. Basierend auf den Bewertungsergebnissen müssen, ähnlich wie bei der funktionalen Sicherheit, vom Funktionsentwickler entsprechende Sicherheitsmaßnahmen spezifiziert und implementiert werden.

## **2.2 Prozessergebnisse**

### **Schritt 1: Antragstellung**

Arbeitsprodukt 1.1 – Antrag: Antrag für die Ausstellung einer Bescheinigung zum Test auf öffentlichen Straßen

### **Schritt 2: Anwendungsfall**

Arbeitsprodukt 2.1 – Szenarienliste: Auflistung der Szenarien die im Anwendungsfall vorkommen

### **Schritt 3: Technische Funktionsbeschreibung**

Arbeitsprodukt 3.1 – Funktionsbeschreibung: Beschreibung der Funktionsarchitektur, die Funktion der einzelnen Komponenten in der Funktionsarchitektur und das Datenblatt der verwendeten Sensoren.

Arbeitsprodukt 3.2 – Sicherheitskonzept: Beschreibung der identifizierten Risiken für den Anwendungsfall und der daraus getroffenen Sicherheitsmaßnahmen.

Arbeitsprodukt 3.3 – Technischer Funktionsnachweis: Review und Testberichte die die korrekte Funktionalität entsprechend der Spezifikation der Funktion sowie der Sicherheitsmaßnahmen nachweisen.

### **Schritt 4: Analyse der Antragsdokumente & Ableitung, Festlegung von Tests**

Arbeitsprodukt 4.1 – Analysebericht: Bericht über das Ergebnis der Analyse der Anwendungsfall- und der technischen Funktionsbeschreibung

Arbeitsprodukt 4.2 – Risikoanalyse: Aufstellung der Restrisiken und deren Auftretswahrscheinlichkeiten

Arbeitsprodukt 4.3 – Testszenarienkatalog: Auswahl an Testszenarien die am Testgelände durchgeführt werden sollen.

Arbeitsprodukt 4.4 – Testplan: Zeitplan der den Zeitpunkt, das Testgelände und das benötigte Testequipment festlegt.

### **Schritt 5: Durchführung von Einzelfunktionstests**

Arbeitsprodukt 5.1 – Einzelfunktionstestbericht: Bericht über die durchgeführten Tests inklusive dem Testurteil (bestanden/nicht bestanden)

### **Schritt 6: Durchführung von Gesamtfunktionalitätstests**

Arbeitsprodukt 6.1 – Gesamtfunktionstestbericht: Bericht über die durchgeführten Tests inklusive dem Testurteil

### **Schritt 7: Erstellung des Testbericht**

Arbeitsprodukt 7.1 – Testbericht: Zusammenfassung aller durchgeführten Tests inklusive einer Bewertung der Testeinrichtung sowie Definition von detaillierten technischen Auflagen, die während der Testdurchführung auf öffentlichen Straßen einzuhalten sind

### **Schritt 8: Ausstellung Bescheinigung**

Arbeitsprodukt 8.1 – Empfehlung des ExpertInnenrates an das Bundesministerium für die Ausstellung der Testbescheinigung

Arbeitsprodukt 8.2 – Testbescheinigung: Dokument, das den Test auf öffentlichen Straßen durch das BMVIT bescheinigt.

Arbeitsprodukt 8.3 – Ausstellung Plakette

## **2.3 Vorschlag Testbericht**

Der finale Testbericht, der von den Prüfeinrichtungen erstellt wird, ist eine detaillierte Zusammenstellung aller Arbeitsergebnisse, die aufgrund des Durchlaufs des oben beschriebenen Prozesses erstellt werden.

Insbesondere enthält der Testbericht die Auswahl der Testszenarien aufgrund der angegebenen zu testenden Fahrfunktionen, die Ergebnisse der Risikoanalyse und der Einzel- bzw.

Gesamtfunktionstests. Basierend auf diesen Ergebnissen wird eine Bewertung durchgeführt und im Testbericht hinterlegt. Auf Basis der Bewertung werden Auflagen definiert, die während der Testdurchführung auf öffentlichen Straßen einzuhalten sind. Der Testbericht wird als Entscheidungsgrundlage dem ExpertInnenrat zur Verfügung gestellt

## 2.4 Rechtliche und organisatorische Ebene

### 2.4.1 Übersicht - Verfahren zur Erlangung einer Testbescheinigung gemäß geltender Rechtslage

Derzeit sind vier Schritte zur Erlangung einer Testbescheinigung notwendig<sup>2</sup>:

1. InteressentIn stellt einen standardisierten Testantrag bei der Kontaktstelle AustriaTech. Dem Antrag sind Antragsunterlagen beizulegen (gemäß § 1 Abs. 3 AutomatFahrVO).
2. Kontaktstelle trifft auf Basis der übermittelten Unterlagen eine erste Einschätzung hinsichtlich Zulässigkeit des Testvorhabens.
3. ExpertInnenrat kann beigezogen werden und gibt eine Empfehlung ab.
4. Auf Basis der Antragsunterlagen und der Empfehlung des ExpertInnenrates erstellt das BMVIT eine Testbescheinigung für einen der drei Anwendungsfälle der AutomatFahrVO.

### 2.4.2 Vorschlag - Verfahren zur Erlangung einer Testbescheinigung NEU



Abbildung 5: Auszug aus Prozess für Test Bescheinigung auf öffentlichen Straßen für rechtliche und organisatorische Ebene

<sup>2</sup> Vgl. Roubik, Automatisiertes Fahren auf Straßen mit öffentlichem Verkehr – Rechtliche Rahmenbedingungen, August 2018

Aufgrund des in dieser Studie dargestellten Prozesses sowie insbes. der Darstellung des Prozesses in Abb. 5 und Abb. 6 ergibt sich auf konzeptioneller/organisatorischer Ebene Folgendes:

Die unter Punkt 2.4.1 beschriebenen Stufen 1. bis 4. des Ablaufs nach geltender Rechtslage, wird nicht verändert. Wesentliche Neuerung ist, dass der Antragsteller seinem Antrag einen Testbericht einer unabhängigen Prüfstelle, etwa von einer Testregion, beizulegen hat<sup>3</sup>

Ist der von dem Antragsteller gewünschte Test- bzw. Anwendungsfall nicht von den Fällen der §§ 7 bis 9 AutomatFahrVO erfasst, so wäre nach geltender Rechtslage ein neuer Anwendungsfall durch Novellierung der AutomatFahrVO zu schaffen. Dieses Prozedere ist aus den bereits zu Beginn des Dokuments beschriebenen Gründen unbefriedigend und nicht wünschenswert.

Der hier vorgeschlagene Prozess geht davon aus, dass ein „zusätzlicher“ „allgemeiner“ Testfall geschaffen wird, sei dies in der AutomatFahrVO selbst (etwa in einem neuen § 9a AutomatFahrVO) oder auch im Rahmen einer Gesetzesänderung). Dieser zusätzliche „generelle“ Testfall könnte etwa als **„spezifizierter und von einer unabhängigen Prüfstelle geprüfter und bewerteter Anwendungsfall“** bezeichnet werden und eine sogenannte „Auffangklausel“ für verschiedenste – heute noch gar nicht denkbare – Anwendungsfälle sein.

Aufgrund der Einführung eines allgemeinen – noch nicht konkretisierten - Testfalls hat der Antragsteller damit zusätzlich zu den bisher geforderten Antragsunterlagen einen Testbericht einer unabhängigen Prüfstelle dem Antrag beizulegen (siehe unter Punkt 2.4.3). Der zusätzliche „spezifizierte und von einer unabhängigen Prüfstelle geprüfte und bewertete Anwendungsfall“ sieht nun verpflichtend die Einbindung eines zusätzlichen Akteurs, nämlich der unabhängigen Prüfstelle als eine Art technischer Sachverständiger, vor.

Der Antragsteller soll die unabhängige Prüfstelle selbst wählen können. Das BMVIT wird eine Liste/Auswahl an unabhängigen Prüfstellen, die als autorisierte ADAS/AD Zertifizierungsstelle agieren, zur Verfügung stellen. In weiterer Folge erstellt die vom Antragsteller gewählte Prüfstelle einen Testbericht.

Der große Mehrwert dieser Neuerung ist, dass der ExpertInnenrat und das BMVIT auf Grundlage eines fundierten Testberichts ihre Empfehlung bzw. Entscheidung treffen können. Dies war bisher nicht der Fall, da kein externer Bericht oder ein technisches Gutachten gefordert war. Weiterer wesentlicher Mehrwert ist, dass vor Tests auf öffentlichen Straßen bestimmte Funktionalitäten real von einer unabhängigen Stelle getestet und überprüft werden, was einerseits das Erfordernis der Verkehrs- und Betriebssicherheit unterstützt sowie andererseits die Objektivität durch eine unabhängige Stelle gewährleistet.

Das BMVIT bekommt damit die Möglichkeit, eine individuelle Bescheinigung auf Grundlage des im Antrag klar definierten und beschriebenen Anwendungsfalls und des dazugehörigen vorliegenden Testberichts auszustellen. Damit liegt der Entscheidung fundiertes Expertenwissen zu Grunde. Der Inhalt der Bescheinigung wird detaillierter als bisher ausfallen (siehe unter Punkt 2.4.4).

---

<sup>3</sup> Testbericht sollte nur dann notwendig sein, wenn der Testfall/Anwendungsfall nicht von der geltenden AutomatFahrVO erfasst ist, wie derzeit die Fälle §§ 7-9 AutomatFahrVO.

### 2.4.3 Notwendige Unterlagen für die Antragstellung

Gemäß geltender AutomatFahrVO sind derzeit folgende Unterlagen bzw. Informationen dem Antrag beizulegen (siehe § 1 Abs. 3 AutomatFahrVO):

- Angaben zum geplanten Anwendungsfall
- Name der testenden Einrichtung
- Kontaktperson und Kontaktdaten
- Angaben zum Lenker des für Testfahrten zu verwendenden Fahrzeugs
- Kennzeichen des für Testfahrten zu verwendenden Fahrzeugs
- Schriftliche Bestätigung eines Kfz-Haftpflichtversicherers, dass für Testfahrten Versicherungsschutz besteht
- Summe der bisher insgesamt real, virtuell und experimentell gefahrenen Testkilometer mit dem zu testenden System
- Beginn und Ende des geplanten Testzeitraumes
- geplante Teststrecke
- Bedarf an infrastrukturellen Anforderungen

Aufgrund des Vorschlags zu einem Verfahren zur Erlangung einer Testbescheinigung NEU ergibt sich, dass der Antragsteller folgende zusätzliche Unterlagen bzw. Informationen vorzulegen hat (die in § 1 Abs 3 AutomatFahrVO als weitere notwendige Unterlagen gelistet werden könnten):

- **Angabe der zu testenden Funktionen:** In diesem Punkt wird der Antrag detaillierter als bisher ausfallen müssen, da die Testfälle bzw. Anwendungsfälle nicht vorab von der AutomatFahrVO erfasst sind. Es ist genau zu beschreiben, welche Funktion in welchem Umfang unter Angabe von Ort und Zeit und unter welchen Rahmenbedingungen getestet werden soll. Es ist zu empfehlen, dass die Behörde dennoch ein standardisiertes Formular - wie bisher - zur Verfügung stellt, damit der Antragsprozess für die Antragsteller einfach, klar und verständlich bleibt. Die derzeitige standardisierte Form kann mit zusätzlich geforderten Informationen überarbeitet bzw. ergänzt werden.
- **Vorlage eines Testberichts, ausgestellt von einer unabhängigen Prüfstelle,** inkl. Risikoanalyse u. -bewertung.
- Schriftliche **Bestätigung,** dass eine **Haftpflichtversicherung** vorliegt, die Versicherungsschutz für Testfahrten gewährt: Neben einer Kfz-Haftpflichtversicherung sollte es auch möglich sein, eine Bestätigung einer gleichwertigen Haftpflichtversicherung vorzulegen. Die Vorlage einer Kfz-Haftpflichtversicherung kann gerade bei nicht zugelassenen Testfahrzeugen zu einer in der Praxis schwierig zu erfüllenden Auflage werden.
- **Schulungsnachweis** der Testfahrer (Ergänzungsbedarf im Sinne der Rechtssicherheit, weil derzeit nicht explizit in der AutomatFahrVO angeführt).

### 2.4.4 Form und Inhalt der Testbescheinigung

Das BMVIT stellt eine Bescheinigung aus, die wohl aus verfassungsrechtlicher Sicht ein Bescheid sein wird. Hier ist eine Klarstellung im Verordnungs- bzw. Gesetzestext wünschenswert, da der vorgeschlagene neue Prozess aufgrund der Vielzahl an verschiedenen zu testenden Fahrfunktionen komplexer wird, Entscheidungen der Behörde zu unterschiedlichen Ergebnissen führen werden und dabei die Rechtssicherheit aller Beteiligten gewährleistet sein sollte (Erhebung eines Rechtsmittels).

Neben den bisher in der Bescheinigung angeführten Informationen, wie

- Name der testenden Einrichtung
- Testfahrer
- Kennzeichen des Testfahrzeuges
- Beginn und Ende des geplanten Testzeitraumes
- geplante Teststrecke,

muss nunmehr auch die zu testende Fahrfunktion genauer beschrieben werden, da sie keinen vorab gesetzlich definierten Testfall betrifft. Außerdem wird das BMVIT Auflagen erteilen (die sich etwa aus den Bewertungen des Testberichts ergeben), insbesondere hinsichtlich Ort und Zeit, Wetter und Umweltbedingungen, technischer Vorgaben etc.

Mit der Bescheinigung wird dem Antragsteller außerdem eine „Plakette“ übergeben, die neben der Bescheinigung bei allen Testfahrten mitzuführen ist, und der Exekutive auf Anfrage vorzuweisen ist. Die Plakette ermöglicht der Exekutive, einfach und rasch die Rechtmäßigkeit der Testdurchführung zu überprüfen.

#### **2.4.5 Rechtlicher Ausblick – long-term vision**

Auf lange Sicht sind Änderungen auf gesetzlicher Ebene bis hin zur völkerrechtlichen Ebene nicht nur wünschenswert, sondern geboten. Allein auf Basis einer Verordnung wird automatisiertes, insbesondere vollautomatisiertes Fahren und fahrerloses Fahren und die dafür im Vorfeld notwendigen Tests nicht umsetzbar sein. Mittelfristig könnte auch das Schaffen von Experimentierräumen eine Lösung sein. Insbesondere sind folgende Maßnahmen wünschenswert:

- Novellierung insbes. von KFG und StVO und in weitere Folge auch der Wiener Straßenverkehrskonvention (damit auch Level 4 und 5 möglich werden, auch unter Berücksichtigung des Aspekts „Übernahme der Fahrzeuglenker-Funktion“ etc.).
- rechtliche Grundlage für „Fahren ohne Lenker“ muss geschaffen werden.
- Einführung von Test- und Experimentierräumen mit Hilfe sogenannter „Experimentierklausel“.

### **2.5. Verantwortungskonzept**

Die unabhängige Prüfstelle tritt im Prozess als neuer Akteur auf. Sie übernimmt die Rolle eines Sachverständigen. Die Prüfstelle hat die Aufgabe, die vom Antragsteller/Funktionsentwickler gemachten Angaben als objektive Stelle zu prüfen und in gewissen Umfängen zu testen, ob die implementierte Funktions- und Sicherheitsmechanismen entsprechend den gemachten Angaben des Antragstellers funktionieren. Im Falle eines positiven Testberichts bestätigt die Prüfstelle, dass die Funktionstüchtigkeit und Sicherheit, unter der von ihr ausgewählten Auswahlkriterien und unter Berücksichtigung der von ihr definierten Auflagen gegeben war.

Der ExpertInnenrat und das BMVIT haben den Testbericht auf seine Richtigkeit, Schlüssigkeit und Vollständigkeit zu überprüfen. Sollten darüber Zweifel bestehen, ist der Antragsteller bzw. die Prüfstelle, zu entsprechenden Ergänzungen aufzufordern.

Der Antragsteller hat jedenfalls die Richtigkeit und Vollständigkeit seiner gemachten Angaben zu vertreten. Er muss glaubhaft darstellen, dass die entwickelte und zu testende Funktion über ausreichend Sicherheitsmaßnahmen verfügt, um die Gefährdungen für den Testfahrer und unbeteiligte Dritte beim Test auf öffentlichen Straßen auf ein akzeptables Risiko zu reduzieren. Während der Durchführung der Tests auf öffentlicher Straße bleibt letztlich der Testfahrer verantwortlich, die zu testende Funktion entsprechend zu überwachen, die geltenden Verkehrsregeln zu beachten, die laut Bescheinigung erteilten Auflagen einzuhalten und die Sicherheit aller (Beteiligten) zu gewährleisten. Dafür muss der Testfahrer jederzeit die Kontrolle über das Fahrzeug übernehmen und es in einen sicheren Zustand bringen können.

### 3 Beispiel – Rotax Schenker Use Case mit SPIDER

Für die Beschreibung des beschriebenen Prozesses wird angenommen, dass Virtual Vehicle als Entwickler des SPIDER den Rotax Schenker UseCase durchführen möchte und als Antragsteller auftritt. Das Ziel dieses Beispiels ist den grundlegenden Ablauf des Prozesses verständlicher zu machen und nicht, den Use Case in den, für den echten Test notwendigen Tiefe zu betrachten. Vielmehr werden vereinzelte Details herausgegriffen und das Vorgehen abstrahiert und daran erklärt.

#### Verwendung SPIDER zur Simulation des Zielfahrzeugs

Der Smart Physical Demonstration and Evaluation Robot (SPIDER) ist eine mobile Testplattform, die automatisiert vorgegebenen Pfaden folgen kann. Der SPIDER kann zum Beispiel für die Verifikation und Validierung von Sensorsystemen, Fahrzeugsoftware und Regelalgorithmen verwendet werden. Durch die Möglichkeit zur omni-direktionalen Bewegung (z.B. seitwärts fahren) kann der SPIDER das Fahrverhalten anderer Fahrzeuge nachahmen und ermöglicht durch die integrierten Sicherheitsmaßnahmen eine sichere Testdurchführung, auch wenn sich die zu testende Funktion noch in einem frühen Entwicklungsstadium befindet.



Abbildung 6: Smart Physical Demonstration and Evaluation Robot (SPIDER)

Durch diese Fähigkeiten kann der SPIDER verschiedene Aufgaben auf dem Testgelände, wie zum Beispiel als mobiler HiL (Hardware-in-the-Loop) oder als Zielobjekt für zu testende Fahrzeuge, verwendet werden. Aus diesem Grund soll er in diesem Dokument als Testfahrzeug für den Rotax-Schenker UseCase verwendet werden, um beispielhaft den entwickelten Prozess zum Erhalt einer Bescheinigung für Tests auf öffentlichen Straßen zu durchlaufen.

#### Antragstellung

Ausfüllen des Antragsformulars sowie Beauftragung einer unabhängigen Prüfstelle mit der Erstellung des Testberichts.

## Anwendungsfall



Exemplarisch wird hier auf ein Szenario im Rotax Schenker UseCase eingegangen, nämlich „Linksabbiegen“ auf Werksgelände (Nr. 12 im Bild). Der UseCase wurde in Abschnitt 1.3 bereits genauer beschrieben.

### Technische Funktionsbeschreibung

Der SPIDER hat folgende Funktionen implementiert, die für das Szenario Linksabbiegen verwendet werden: Pfadverfolgung, Ausweichen und Kollisionsvermeidung. Die Funktion Pfadverfolgung erlaubt dem SPIDER einen vorgegebenen Weg, wie in diesem UseCase beschrieben, zu folgen. Die Funktion Ausweichen erlaubt dem SPIDER auf Hindernisse dynamisch zu reagieren und gegebenenfalls eine Ausweichroute zu berechnen und durchzuführen. Die Funktion Kollisionsvermeidung kann eine Geschwindigkeitsreduktion oder einen Not-Stop auslösen, wenn ein Hindernis dem SPIDER zu nahekommt.

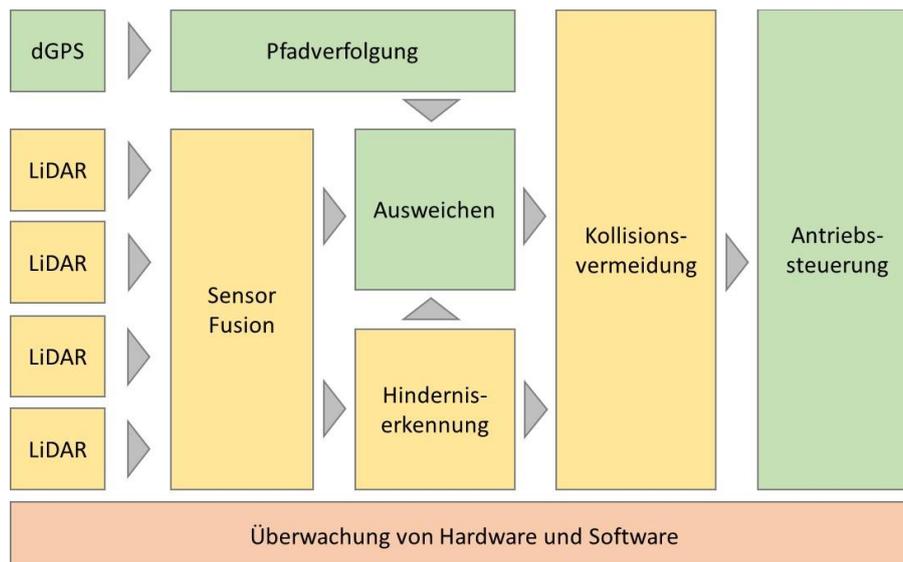


Abbildung 7: SPIDER Funktionsarchitektur

Der SPIDER verwendet die in Abbildung 7 dargestellte Software Architektur, um den Use Case zu erfüllen. Die Fahrzeugfunktion besteht aus Teilfunktionen in den grünen Kästchen und die

Sicherheitsfunktionen aus den gelben Kästchen. Die unten in orange dargestellte Funktion ist auch eine Sicherheitsfunktion und dient dazu die Funktionsfähigkeit der Hardwarekomponenten sowie der Software zu überwachen, um gegebenenfalls einen Not-Stopp auszulösen. Die Hardwarearchitektur wird zur leichteren Lesbarkeit hier nicht dargestellt.

Das Sicherheitskonzept basiert im Wesentlichen darauf, dass der SPIDER mit einer definierten Maximalgeschwindigkeit betrieben wird, sodass jederzeit ein Not-Stopp eingeleitet werden kann. Entsprechend ist auch die Funktionsarchitektur aufgebaut, die mit der Funktion Kollisionsvermeidung dies jederzeit ermöglicht. Wie aus der Funktionsarchitektur ersichtlich, kann diese Funktion auch nicht umgangen werden und die Sicherheit kann somit gewährleistet werden. Die Sicherheitsfunktion Hinderniserkennung ist eine Zusatzfunktion, die notwendig ist, um die Kollisionsvermeidung zu realisieren.

Die Fahrzeugfunktion sowie die Sicherheitsfunktion wurden bereits in Softwaresimulationen getestet und nach erfolgreicher Integration in den SPIDER nochmals am Prüfstand verifiziert. Die Testergebnisse dieser Aktivitäten dienen als technischer Funktionsnachweis.

### **Analyse der Antragsdokumente & Ableitung, Festlegung von Tests**

Eine Analyse der Antragsdokumente, die die oben genannten Informationen verwendet, könnte nun zu folgenden Ergebnissen kommen:

Im Analysebericht wird festgehalten, dass die Umfeld Erkennung nur mit einer Sensortechnologie umgesetzt wird, die bei schwierigen Wetterbedingungen wie Nebel nicht ihre volle Leistungsfähigkeit haben.

In der Risikoanalyse wird festgestellt, dass die Einschränkung der Sichtweite in schwierigen Wetterbedingungen bei hohen Geschwindigkeiten ein nicht akzeptables Risiko für Dritte darstellt. Als Maßnahme wird eine geringere Geschwindigkeit als in der Funktionsbeschreibung angegeben festgelegt.

Entsprechend der Funktionsbeschreibung werden nun Testszenarien ausgewählt, die am Testgelände durchgeführt werden sollen. Vereinfacht könnten die folgenden drei Szenarien gewählt werden:

#### **Grundfunktionstests**

- 1) Test, ob der SPIDER einer geplanten Route folgen kann
- 2) Test, ob die Sicherheitsfunktion Kollisionsvermeidung funktioniert, auch wenn ein Sensor keine Daten liefert (z.B. durch Abkleben realisiert)

#### **Gesamtfunktionstests**

- 1) Test ob ein entgegenkommendes Fahrzeug den SPIDER vor dem Linksabbiegen zu einem Stopp veranlasst und er danach wieder seine Fahrt aufnimmt

Nachdem die Testszenarien ausgewählt wurden, wird ein Testplan erstellt in dem festgelegt wird wann und wo welche Tests mit welchem Equipment durchgeführt werden sollen. Als Testequipment für die oben beschriebenen Tests werden UFOs mit Auto Targets verwendet, die den Vorteil haben, dass im Falle einer Kollision keine Schäden am SPIDER noch am Target verursacht werden. Als Testgelände wird das Testgelände in St. Valentin gewählt, da es über eine Kreuzung verfügt, die den realen Gegebenheiten ähnelt.

### **Durchführung der Einzelfunktionalitätstests**

Entsprechend der technischen Umsetzung der zu testenden Fahrfunktion werden Tests ausgeführt, um die Funktionstüchtigkeit der Fahrfunktion grundlegend festzustellen. In diesem Fall wird geprüft, ob der SPIDER der vorgegebenen Route im Idealfall, also ohne unerwartet auftretende Hindernisse, folgen kann. Weiters wird die korrekte Funktion von grundlegenden Fahrzeugfunktionen, wie zum Beispiel Blinker und Bremsleuchten geprüft, das von jedem zum Verkehr zugelassene Fahrzeug eingehalten werden muss.

Nachdem erfolgreich gezeigt werden konnte, dass der SPIDER einer vorgegebenen Route folgen kann, werden die Sicherheitsmaßnahmen überprüft. Für dieses Szenario ist vor allem die Lokalisierung über das Global Positioning System (GPS) und die Erkennung von Hindernissen relevant. Aus diesem Grund wird in einem Test geprüft, ob die Funktion noch gewährleistet werden kann, wenn das GPS Signal gestört wird. Entsprechend der SPIDER Funktionsarchitektur ist eine Ausführung der Funktion nicht mehr möglich und es muss ein Not-Stopp eingeleitet werden.

Für die Prüfung der Objekterkennung werden in einem Test die LiDAR Sensoren des SPIDERS einzeln abgeklebt, um einen Ausfall zu simulieren. Die Funktion kann als funktional sicher betrachtet werden, wenn eine reduzierte Leistung oder ein Totalausfall einer Komponente nicht unmittelbar zum Versagen der Fahrzeugfunktion führt. Durch die redundante Auslegung der Umgebungsüberwachung mit vier LiDAR Sensoren ist der sichere Betrieb auch bei Ausfall eines Sensors gewährleistet.

### **Durchführung der Gesamtfunktionalitätstests**

Für den Gesamtfunktionalitätstests wird exemplarisch an einem Test dargestellt, bei dem das Verhalten des SPIDERS bei einem entgegenkommenden Fahrzeug geprüft wird. Das Testszenario ist so angelegt, dass der SPIDER warten muss bis das entgegenkommende Fahrzeug vorbeigefahren ist und der SPIDER danach das Linksabbiegen durchführt. In diesem Test wird geprüft, ob der SPIDER ein entgegenkommendes Fahrzeug erkennt und auf der rechten Fahrspur stehenbleibt. Im zweiten Teil des Tests wird geprüft, ob der SPIDER wieder von allein die Fahrt aufnimmt, nachdem das Fahrzeug den Bereich, der für die Pfadverfolgung notwendig ist, verlassen hat. Im dritten Teil des Tests wird festgestellt ob der Pfad korrekt nachgefahren und an der gewünschten Position gehalten wurde.

### **Erstellung des Testberichts**

Im Testbericht werden die erzielten Testergebnisse festgehalten und bewertet. Die Bewertung in diesem Beispiel würde enthalten, dass der SPIDER in den Grundfunktionstests nicht bestanden hat, weil aktuell keine Scheinwerfer und Blinker verbaut sind. Durch die Wahl einer geringen Geschwindigkeit ist ein Not-Stopp als sicherer Zustand zulässig und kann durch die vorhandenen Sicherheitsmaßnahmen wie redundante Sensoren und kontinuierliche Überwachung der Hard- und Software gewährleistet werden. Dadurch ist das verbleibende Restrisiko und die damit verbundene Gefährdung Dritter akzeptabel.

Das Fehlen der Scheinwerfer und Blinker führt zu weiteren Auflagen: Ein Test darf nur am Tag auf abgesperrten öffentlichen Straßen durchgeführt werden.

### **Ausstellung der Bescheinigung**

Der Testbericht wird dem ExpertInnenrat übermittelt, der nach dessen Begutachtung zu der Schlussfolgerung kommt, dass das Restrisiko, für einen Test auf öffentlichen Straßen, akzeptabel ist. Daraufhin empfiehlt er dem Bundesminister die Ausstellung einer positiven Bescheinigung. Der Bundesminister übernimmt die Empfehlung des ExpertInnenrates und veranlasst die Ausstellung der Testbescheinigung.

## 4 Methode zum Aufbau eines Prüfkatalogs für Automatisierte Fahrsysteme

Der Prüfkatalog, methodisch dargestellt in Abbildung 8, setzt sich zusammen aus dem Betriebskonzept (COP – Concept of Operations), wer, was, wann, wie, wo und warum man testen will. Die Frage nach dem, was getestet wird bedeutet im Kontext von automatisierten Fahrzeugen vor allem den zu testenden Automatisierungslevel (SAE 0-5<sup>4</sup>). Daraus ergibt sich die Rolle des Testers im Testumfeld. Man unterscheidet in:

- NDA – keine Fahrer-Assistenzsysteme (No Driver Assistance)
- ADAS – automatisierte Fahrer-Assistenzsysteme (Automated Driver Assistance System)
- ADS – automatisiertes Fahren (Automated Driving System)
- CAD – vernetztes, automatisiertes Fahren (Connected Automated Driving)

Daraus ergeben sich die darin vorkommenden, konkreten Anwendungsfälle (Use Case) und daraus die Entwicklungs-Einsatz Umgebung (ODD<sup>5</sup> – Operational Design Domain).

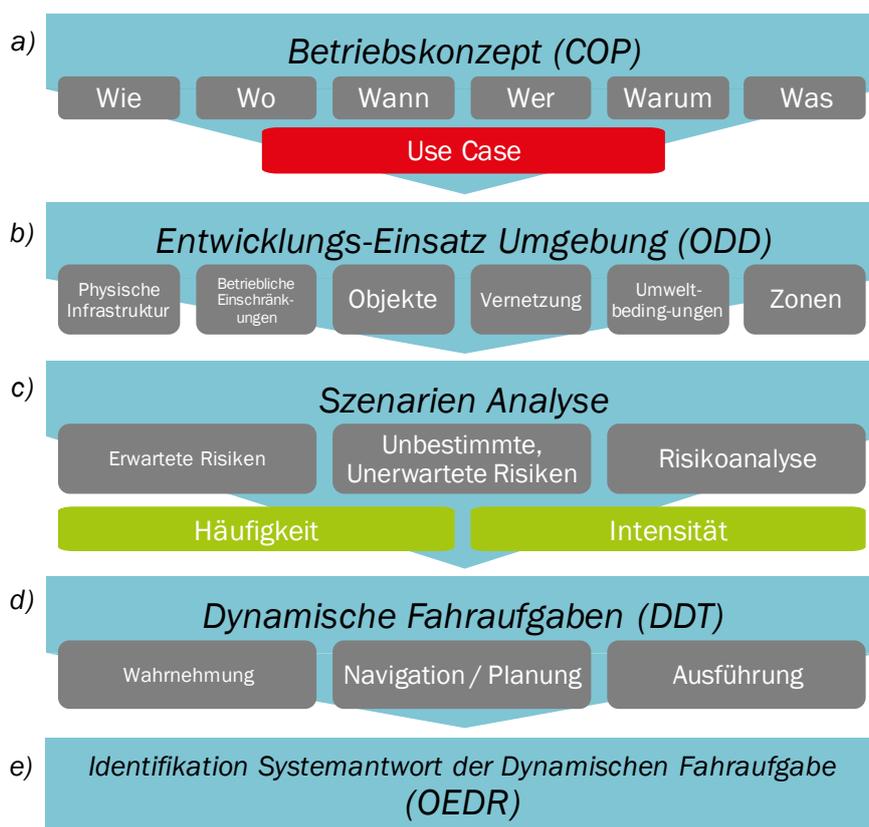


Abbildung 8: Methodischer Aufbau Prüfkatalog mit a) dem Betriebskonzept, b) der Entwicklungs-Einsatz Umgebung ODD, c) Szenarien Analyse, d) dynamische Fahraufgaben und e) die Identifikation und Überprüfung der Systemantwort

<sup>4</sup> [https://saemobilus.sae.org/content/j3016\\_201806](https://saemobilus.sae.org/content/j3016_201806), 07.10.2019

<sup>5</sup> [https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13882-automateddrivingsystems\\_092618\\_v1a\\_tag.pdf](https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13882-automateddrivingsystems_092618_v1a_tag.pdf), 07.10.2019

Die Beschreibung der ODD gliedert sich auf oberster Ebene in die Kategorien Physische Infrastruktur, Betriebliche Einschränkungen, Objekte, Vernetzung, Umweltbedingungen und Zonen. Mittels dieser Kategorien und den Unterkategorien aus Abbildung 9 wird die Entwicklungs-Einsatz Umgebung definiert und abgegrenzt. Der Katalog ist keinesfalls vollständig und muss im Zuge der konkreten Prozessdefinition genauer spezifiziert werden. Für die Entwicklung sowie Pflege und Wartung muss eine verantwortliche Stelle definiert werden. Im Sinne einer Harmonisierung der ODD – Kategorien müssen Kontakte zu internationalen Projekten aufgebaut und gepflegt werden, um hier eine einheitliche Einteilung zu bekommen.

---

*Aus Sicht der österreichischen Testregionen sollte eine eigene österreichische ODD (A-ODD – Austrian Operational Design Domain) aufgebaut und beschrieben werden. Darin sollen einerseits alle bisher existierenden Projekte (ALP.Lab, DigiTrans, ...) enthalten sein und andererseits neue Testregionen, wie z.B. die Laborumgebung in St. Valentin beschrieben sein. Eine genaue Beschreibung der A-ODD kann neuen Antragstellern zur Verfügung gestellt werden. So können beispielsweise Informationen der Fahrbahnoberfläche (inkl. Rauigkeit) für Entwickler in einem ersten Schritt für Simulationen verwendet werden. Gerade der Rad-Bodenkontakt, ganz allgemein repräsentiert durch den Reibungskoeffizienten  $\mu$ , stellt für die Validierung von automatisierten Fahrfunktionen eine große Herausforderung dar. Je genauer man diesen in einer Laborumgebung, wie z.B. am ECS Testgelände in St. Valentin, für verschiedene Fahrfunktionen validieren kann, desto effizienter können diese entwickelt und analysiert werden.*

---

Die Entwicklungs-Einsatz Umgebung setzt sich zusammen aus einer Vielzahl von Szenarien. Nachdem diese identifiziert und beschrieben sind, kann damit eine Risikobewertung der einzelnen Szenarien durchgeführt werden. Dabei unterscheidet man in erwartete sowie unbestimmte, unerwartete Risiken. Des Weiteren müssen die Häufigkeit und Intensität der einzelnen Risiken bewertet werden. Das Gesamtrisiko eines konkreten Anwendungsfalles ergibt sich aus der Gesamtbetrachtung der Risiken, der einzelnen Szenarien.

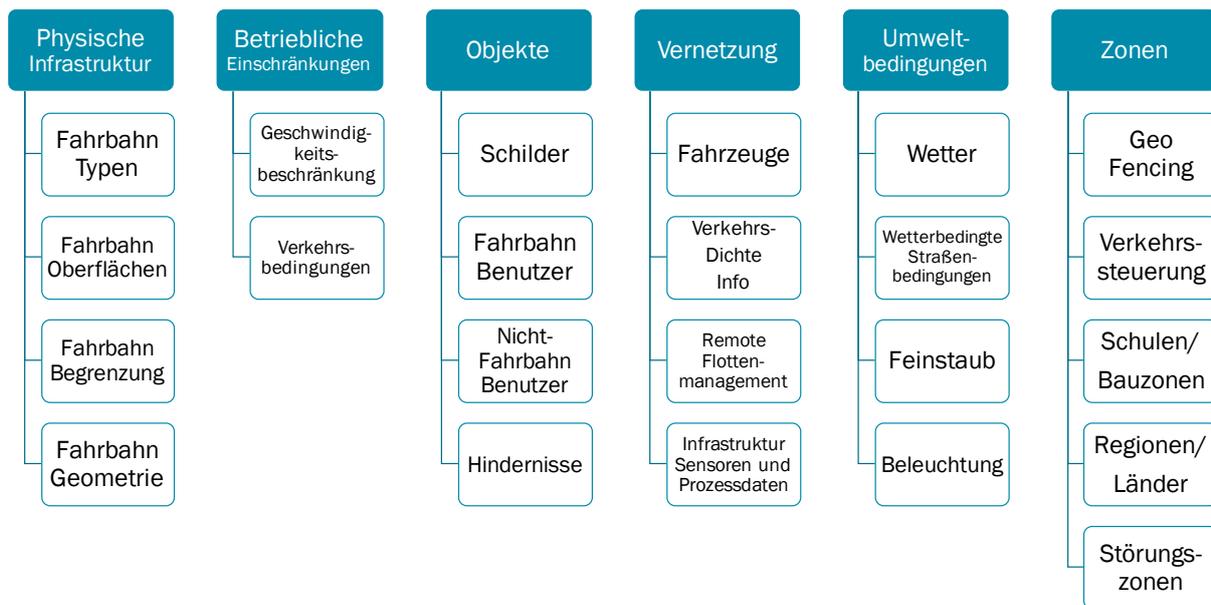


Abbildung 9: ODD Top-Level Categories (NHTSA – A Framework for Automated Driving System Testable Cases and Scenarios)

Innerhalb eines Szenarios müssen eine oder mehrere dynamische Fahraufgaben erledigt werden. Der Antragsteller muss nachweisen, dass sein Fahrzeug bzw. die zu testende Funktion die dynamische Fahraufgabe erfolgreich bewältigen kann. Für den Nachweis im Zuge der Testbescheinigung ist nur das Endergebnis von Bedeutung, also ob das Fahrzeug die dynamische Fahraufgabe bewältigen kann oder nicht. Dafür müssen Messgrößen eingeführt werden, die den Erfolg bewerten können.

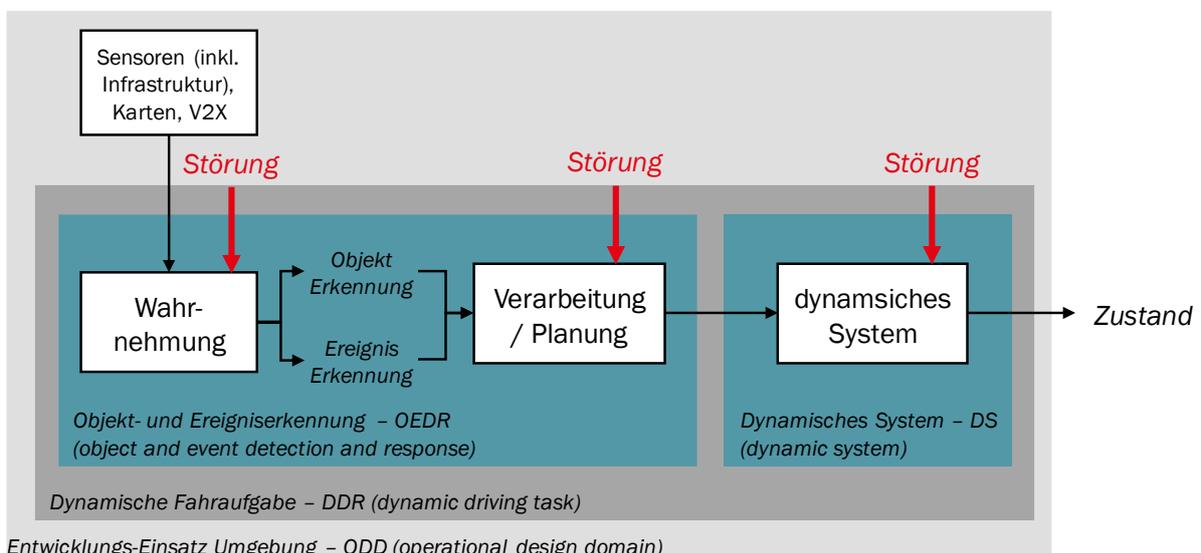


Abbildung 10: Wahrnehmung, Objekt- und Ereigniserkennung, Verarbeitung und Dynamisches System im Kontext der Dynamischen Fahraufgabe.

Für ein besseres Gesamtverständnis, sowie für eine genauere Analyse der dynamischen Fahraufgaben werden diese unterteilt in Wahrnehmung, Verarbeitung/Planung und das dynamische System (z.B. Fahrzeug). Bei personengesteuerten Fahrzeugen werden die Wahrnehmung und die Verarbeitung vom Menschen übernommen. Automatisierte System greifen

für die Wahrnehmung auf zahlreiche Sensoren zurück. Dies sind Sensoren am Fahrzeug sowie Informationen von anderen Verkehrsteilnehmern oder Infrastrukturbetreibern. Die Sensorinformationen werden im Fahrzeug in eine Objekt- und Ereigniserkennung umgewandelt. Dadurch ergibt sich die verfeinerte Verarbeitung und Planung der dynamischen Fahraufgabe, welche eine Zustandsänderung des dynamischen Systems bewirkt. Die Zustandsänderung muss innerhalb der zuvor definierten Grenze liegen, um die dynamische Fahraufgabe erfolgreich zu bewältigen. Aus dem Vergleich zwischen Soll- und Istgröße der Zustandsänderung ergibt sich die Messgröße für den Prüfbericht.

Bei allen Funktionen und Tätigkeiten können Störungen auftreten, die den Ausgangszustand beeinflussen. Das Fahrzeug muss trotz Störungen in der Lage sein, die dynamische Fahraufgabe innerhalb der definierten Grenze zu bewältigen. Bei natürlich auftretenden Störungen, wie z.B. externe Umwelteinflüsse, spricht man ganz allgemein von Funktionssicherheit („Safety“). Werden die Störungen mit Vorsatz von außen aufgebracht spricht man von Schutzmechanismen („Security“).

Im folgenden Kapitel 0 wird die Szenarien Generierung und Ableitung von Edge Cases (Corner Cases) beschrieben.

## 5 Szenarien Analyse

Das Ziel der Szenarien Analyse ist die Entwicklung eines geeigneten Testszenarienkatalogs für das zu testende, automatisierte Fahrsystem. Der Testszenarienkatalog muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

### *(a) Repräsentativität*

Der Testszenarienkatalog soll möglichst allen Fahrsituationen der Entwicklungs-Einsatzumgebung des zu testenden autonomen Fahrsystems abdecken,

### *(b) Effizienz*

Der gesamte Testszenarienkatalog soll innerhalb einer gewissen Zeit durchgetestet werden können.

### *(c) Testgelände*

Die im Testszenarienkatalog aufgelisteten Testfällen müssen sich am Testgelände mit der vorhandenen Hardware und Software replizieren lassen.

### 5.1 Begriff Szenario

Der Begriff „Szenario“ wird häufig im Kontext von Simulation und Test oder bei der funktionalen Beschreibung des Systems verwendet<sup>6</sup>. Es lässt sich wie folgt definieren:

---

*„Ein Szenario beschreibt die zeitliche Entwicklung von Szenenelementen innerhalb einer Folge von Szenen, welche mit einer Startszene beginnt. Aktionen und Ereignisse ebenso wie Ziele und Werte können spezifiziert werden, um diese zeitliche Entwicklung in einem Szenario festzulegen. Im Gegensatz zu Szenen decken Szenarien eine gewisse Zeitspanne ab. Ein Szenario verknüpft Szenen durch Aktionen und Ereignisse.“*

---

Ein Szenario lässt sich je nach Abstraktionslevel in funktionale, logische, und konkrete Szenarien unterteilen. Die folgende Abbildung 11 zeigt die Definition der Abstraktionsebenen<sup>7</sup> nach ISO 26262. Das Szenario stellt die abstrakte Beschreibung der Systemspezifikation bzw. Einsatzgebiet des Systems dar. Je nach Abstraktionslevel ändert sich die Anzahl der Szenarien, die man beim Testen und zur Absicherung des Systems berücksichtigen muss, siehe Abbildung 11. Dabei sind die logischen Szenarien in manchen Literaturen auch parametrisierter Szenarien oder Szenarien klasse genannt.

---

<sup>6</sup> Ulbrich, S., et al. "Definition der Begriffe Szene, Situation und Szenario für das automatisierte Fahren." 10. Workshop Fahrerassistenzsysteme FAS. 2015.

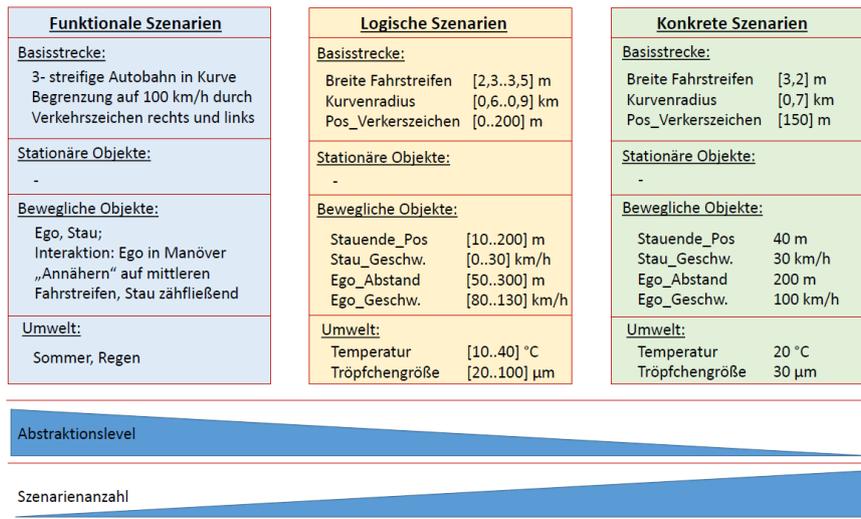


Abbildung 11: Abstraktionsebenen von Szenarien anhand eines Beispielszenarios nach ISO 26262

Abbildung 12 zeigt drei mögliche Funktionale Szenarien für den Use-Case Linksabbiegen an einer Kreuzung, wobei das Automatisierte Fahrsystem (SUT) durch V2X Technologien mit Infrastruktur Sensorik verbunden ist.

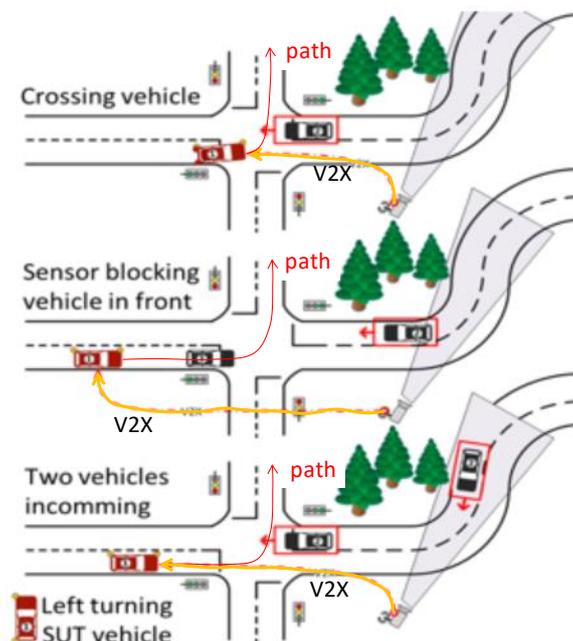


Abbildung 12: varianten Szenarien von Use-Case ‚Linksabbiegen an Kreuzung (rotes Ego-Fahrzeug)‘

Zur effizienten Entwicklung eines Prüfkatalogs für das automatisierte Fahrsystem, braucht man zuerst einen Szenarien-katalog, der sämtliche schon bekannte Szenarien (funktionaler Szenarien und logischer Szenarien), umfasst. Damit lassen sich die relevanten Szenarien durch Use-Case und ODD Analyse effizient identifizieren bzw. aus dem Szenarien-katalog auswählen und daraus der Prüfkatalog aufbauen.

## 5.2 Szenarienatalog

Zum Aufbau des Prüfkatalogs des SUTs wird der allgemeine Szenarienatalog vorausgesetzt, der die sämtlichen schon bekannten (zumindestens funktionaler) Szenarien abdeckt. Dieser kann aus Prüfung und Erweiterung vorhandener Unterlagen bzw. vorhandener Szenarienataloge, wie z.B. Unfalldatenbanken, Testspezifikationen und Entwicklungsspezifikationen von ADAS/ADF und andere Entwicklungs- und Forschungsarbeiten gebildet werden.

---

*Aus Sicht der österreichischen Testregionen sollte eine österreichische Szenariendatenbank (A-SDB – Austrian Scenario Data Base) aufgebaut und beschrieben werden. Darin sollen alle für den Betrieb von Fahrzeugen auf österreichischen Straßen relevante Szenarien enthalten sein. Um diese Datenbank zu erstellen sollen sowohl international vorhandene Arbeiten als auch insbesondere österreichische Spezialfälle und österreichische Unfalldatenbanken eingearbeitet werden. Die A-SDB soll eine lebende Datenbank sein, die periodisch mit neuen Erfahrungen zu neuen Versionen erweitert wird und in einem allgemein verwendbaren Format (i.e. Open Scenario abgelegt ist).*

---

Eine österreichische Szenariendatenbank kann ein wertvolles Instrument für die Internationale Positionierung als Innovative Testregion sein. Im Folgenden findet man beispielhaft bereits vorhandene Szenarienataloge aus:

(a) Unfalldatenbank „intensive Unfallsstudie“ (CEDATU)<sup>8</sup> bzw. GIDAS<sup>9</sup>

Abbildung 13 zeigt beispielhaft den Szenarienatalog der Unfalldatenbank, die relevant für das Testen von automatisierten Fahrzeugen sein könnten.

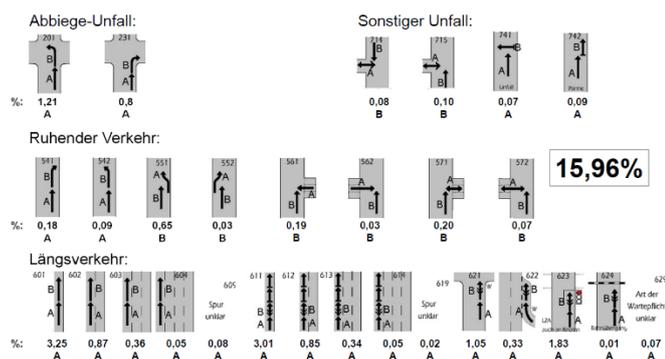


Abbildung 13: Szenarienatalog aus GIDAS Unfalldatenbank

<sup>8</sup> Quelle:

[https://online.tugraz.at/tug\\_online/fdb\\_detail.ansicht?cvfanr=F27987&cvorgnr=&sprache=2&pNoCheck=2](https://online.tugraz.at/tug_online/fdb_detail.ansicht?cvfanr=F27987&cvorgnr=&sprache=2&pNoCheck=2)

<sup>9</sup> Quelle: <https://www.traumabiomechanik-gmttb.de/app/download/6456751061/Fahrer-und-Fahrzeug-Systeme-der-Aktiven-Sicherheit-im-Unfallgeschehen.pdf?t=1502377170>

(b) Euro NCAP<sup>10</sup>, Teilkatalog für Autobahnfahrten<sup>11</sup> bzw. DOT HS 812623<sup>12</sup>

In Abbildung 14 sind konkrete Testszenarien für AEB Systeme aus dem EURO NCAP Szenarien-katalog und die funktionalen Szenarien für Highway-Pilot aus einem entwickelten Szenarien-katalog aufgelistet.

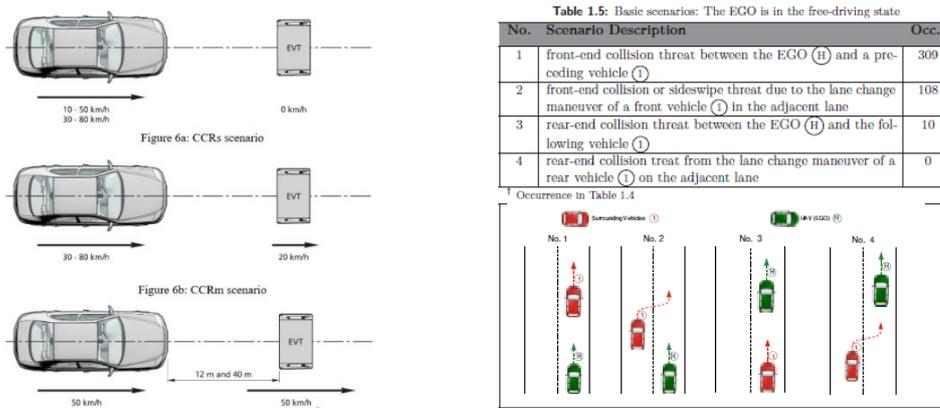


Abbildung 14: Die Testszenarien von EURO-NCAP Test und für Autobahnfahrten

(c) Testspezifikation für hochautomatisierte Fahrfunktion: Autobahn-pilot<sup>13</sup>

Abbildung 15 zeigt die funktionalen Szenarien und die entsprechenden konkreten Szenarien für das Highway-Pilot System aus dem Projekt „PEGASUS“

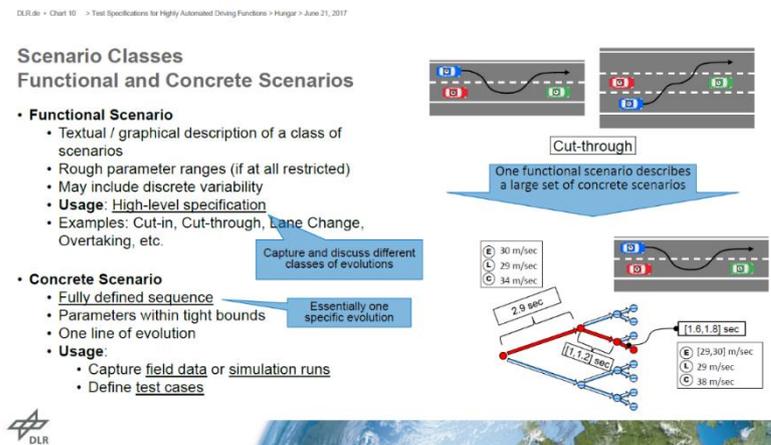


Abbildung 15: Beispielhaft funktionale Szenarien und konkrete Szenarien für das Autobahn-pilot-Fahrsystem

<sup>10</sup> Quelle: <https://cdn.euroncap.com/media/17719/euro-ncap-aeb-test-protocol-v11.pdf>

<sup>11</sup> Quelle: <https://epub.jku.at/obvulihs/content/titleinfo/4370223>

<sup>12</sup> Quelle: [https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13882-automateddrivingsystems\\_092618\\_v1a\\_tag.pdf](https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13882-automateddrivingsystems_092618_v1a_tag.pdf)

<sup>13</sup> Quelle:

[https://www.pegasusprojekt.de/files/tmpl/pdf/AVT%20Symposium%202017%20Test%20Specifications%20for%20HAD\\_Folien%20.pdf](https://www.pegasusprojekt.de/files/tmpl/pdf/AVT%20Symposium%202017%20Test%20Specifications%20for%20HAD_Folien%20.pdf)

(d) *Intelligente Transport Systeme – Adaptive Cruise Control systems – Performance requirements and test procedures (ISO 15622:2010)*<sup>14</sup>

In Abbildung 16 wird ein Framework zur Analyse, Herleitung und Darstellung der konkreten Szenarien vorgestellt.

**Table 6 — Test conditions for the curve capability test**

	Test preliminary	Test start conditions	1st test manoeuvre	2nd test manoeuvre
<b>Target vehicle</b>				
speed	$v_{\text{circle\_start}} = \text{constant}$		decrease velocity by $3,5 \text{ m/s} \pm 0,5 \text{ m/s}$	$v_{\text{circle}} = \text{constant}$ $= v_{\text{circle\_start}} - 3,5 \text{ m/s}$ $\pm 1 \text{ m/s}$
time	minimum 10 s	time trigger 0 s	2 s	
radius	$\geq R$ as defined in 7.5.1, may vary	$R = \text{constant}$ (see 7.5.1)		
<b>Subject vehicle</b>				
speed	as controlled by ACC			
acceleration	$\leq 0,5 \text{ m/s}^2$		deceleration to be observed	
radius	$\geq R$ as defined in 7.5.1, may vary	$R = \text{constant}$ (see 7.5.1)		
time gap to target vehicle	$\tau_{\text{max}}(v_{\text{circle\_start}}) \pm 25 \%$		as controlled by ACC, shall be observed	

Abbildung 16 Testanforderungen (Szenarien) für das ACC System laut ISO Standard (Quelle: ISO 15622:2010)

(e) *Forschungsarbeit für Testscenarien von Level 2 Fahrfunktionen*<sup>15</sup>

Abbildung 17 zeigt ein Beispiel aus einer Forschungsarbeit, um mögliche Szenarien für SAE Level 2 Fahrzeug herauszufinden.

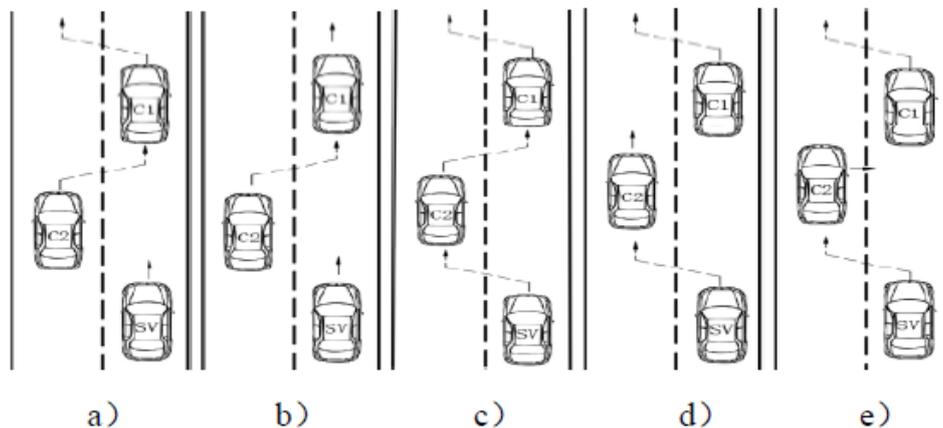


Abbildung 17: beispielhaft Szenarios für Level 2 Automatisiertes Fahren aus Forschungsarbeit

<sup>14</sup> Quelle: <https://www.iso.org/standard/50024.html>

<sup>15</sup> L. Huang, Q. Xia, F. Xie, H. Xiu and H. Shu, "Study on the Test Scenarios of Level 2 Automated Vehicles," 2018 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Changshu, 2018, pp. 49-54. doi: 10.1109/IVS.2018.8500600

### **5.1.1. Szenarien katalog für spezifizierten Use-Case Rotax-Schenker:**

Falls der Use-Case bzw. die ODD nicht vom vorhandenen Szenarien katalog abgedeckt ist, muss man die ODD und die Systemspezifikation des SUTs analysieren und sämtliche Szenarien auflisten und den Szenarien katalog erweitern, z.B. Rotax-Schenker Use-Case, siehe Abbildung 1.

In diesem Case vorkommende Szenarien sind beispielweise:

- Andocken an Verloaderampe
- Rechtsabbiegen auf öffentliche Straße
- Linksabbiegen von öffentlicher Straße
- Längsverkehr auf öffentlicher Straße
- Ruhenden & bewegten Verkehr im Betriebsgelände
- ...

Die hier aufgelisteten Szenarien sind in vielen Szenarien Katalogen schon definiert und wurden in zahlreichen Studien untersucht. Weitere, neue Szenarien, die während des Testbetriebs auftreten können, müssen danach im selben Umfang und Format beschrieben und definiert werden.

## **5.3 Auswahl der Szenarien**

Das Ziel der Aktivität „Szenarien Auswählen“ ist es sämtliche Szenarien, die für die gegebene ODD des SUTs relevant sind, aus dem vorhandenen Szenarien katalog herauszufinden. Es ist darauf zu achten, dass es dabei um funktionale Szenarien geht, nicht um konkrete Szenarien.

Die Voraussetzung für die Auswahl der Szenarien ist eine sinnvolle und gut definierte ODD des SUTs. Die ODD des SUTs muss sämtliche Szenarien (oder zu mindestens XX% Szenarien und die sämtlichen sicherheitskritischen Szenarien), die auf der öffentlichen Teststrecke vorkommen, abdecken.

## **5.4 Generierung der Testszenarien (= Edge Cases)**

Die Sicherheit des zu testenden Systems für die ausgewählten Szenarien lässt sich dann gewährleisten, wenn sie für alle konkreten Szenarien gesichert ist. Je nach Parametrisierung besteht ein Testszenario (das logische Szenario) aus unendlichen vielen konkreten Szenarien. Ein vollständiges Testen ist daher sogar in der Simulation unmöglich. Deswegen ist die Fokussierung auf jene konkreten Szenarien, die die Sicherheitsgrenze darstellen notwendig.

Ziel der Aktivität „Edge-Cases Identifikation“ ist es, die Sicherheitsgrenzen (die sogenannte Edge Case) des SUTs durch die Simulation herauszufinden. Die Funktionalität und die Sicherheitsmechanismen des SUTs lassen sich dann an den spezifizierten Funktionsgrenzen unter den vordefinierten Randbedingungen überprüfen. Durch die Reduktion auf diese Grenze (edge case) erhält man eine endliche Anzahl von relevanten Testszenarien, die sich dann mit HiL, VehiL und auf Testgeländen validieren und kalibrieren lässt.

## Test Case 1

$$\tilde{x} = \begin{bmatrix} v_0 \\ t_{brake} \\ \Delta v \end{bmatrix}$$

- Braking behavior can be approximated through sigmoid function (traffic situation dependent): 3 parameter
- Corner cases can be identified (exemplary ACC)

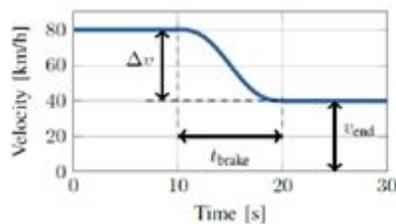
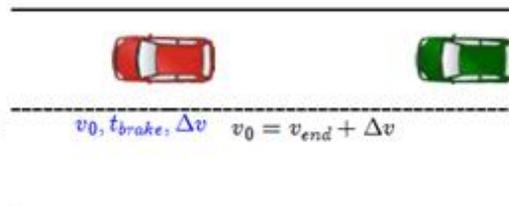
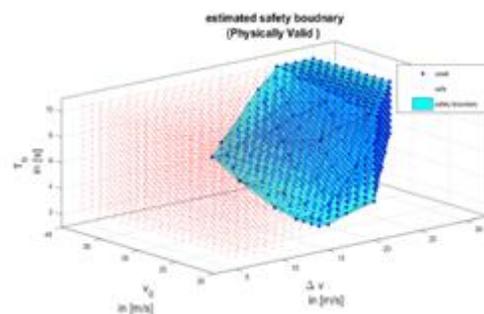


Fig. 3. Definition of braking profile of predecessor.



1

Abbildung 18: Beispiele Szenario, konkrete Szenario, Sicherheitsgrenze (edge-cases)

Abbildung 18 erklärt beispielhaft den Vorgang ‚Edge-Case Identifikation‘ für einen Traffic-Jam-Assistent (ACC+ Lane-Keep-Assistent) in einem Car-following Szenario, wobei das vorausfahrende Fahrzeug abbremst. Das Bild (unten links) zeigt die graphische Darstellung der mathematischen Formulierung der Geschwindigkeitsänderung des Vorausfahrenden (rotes Auto). Das Bild (unten rechts) erklärt die Edge-Case (blaue Konvexhull) für das SUT, die sich in der Simulation (MiL) ergibt. Edge-Cases lassen sich dann weiterhin durch HiL und VehiL validieren und zum Schluss auf einem Prüfgelände testen, siehe Abbildung 19. Dabei ist die Anzahl der zu testenden konkreten Szenarien immer geringer.



Abbildung 19: Proving Ground Test für ausgewählten Edge-Cases<sup>16</sup>

## 5.5 Bewertung der Testdurchführung

Jedes Szenario besitzt ein Set von Bewertungskriterien. Je nach Risiko wird jedem Kriterium die entsprechende Bewertung und die Priorität (sicherheitskritisch) zugeordnet. Nach Durchführung jedes konkreten Testszenarios ergibt sich dadurch eine Gesamtbewertung mit dazugehörigem Gesamtrisiko.

Die Testergebnisse werden tabellarisch dokumentiert und an den ExpertInnenrat zur Beurteilung weitergeleitet.

---

<sup>16</sup> Quelle: <https://www.euroncap.com/>

## 6. Technische Erfordernisse

Um den Anforderungen zukünftiger Tests von automatisierten Fahrfunktionen gerecht zu werden, müssen auf Prüfgeländen und Testregionen die Randbedingungen dafür geschaffen werden. Dabei unterscheidet man ganz allgemein in statische und dynamische Objekte. Die statischen Objekte beinhalten die Fahrbahn, umgebende Verbauten und Gebäude sowie statische Verkehrsschilder bzw. Infrastruktur. Die Fahrbahnbeschaffenheit selbst ist zwar grundsätzlich statisch, unterliegt aber aufgrund äußerer Witterungseinflüsse starken dynamischen Veränderungen (z.B. Regen, Eis, ...). Weitere dynamische Einflüsse sind angepasste Infrastrukturinformationen seitens Straßen Betreibern oder anderen Verkehrsteilnehmern sowie die anderen Verkehrsteilnehmer selbst (andere Fahrzeuge, Fußgänger, Tiere, ...).

Sämtliche Funktionen müssen entsprechend der Beschreibung des Betriebskonzeptes sowie der Entwicklungs-Einsatz Umgebung, dargestellt in Abbildung 8, überprüft werden. Die genauen technischen Erfordernisse für eine Testeinrichtung können ganz allgemein nach den Abbildung 9 unvollständig aufgelisteten ODD Elementen abgeleitet werden. Die technischen Erfordernisse richten sich aber auch stark nach dem Zweck der Testeinrichtung. So muss unterschieden werden, ob die Testeinrichtung für Entwicklungen oder für Zertifizierungen verwendet wird. Danach richtet sich der Umfang der Infrastruktur bzw. der notwendigen Flexibilität.

## 7. Abgleich mit internationalen Projekten und Verordnungen

### 7.1. Analyse und Erfahrungen existierender europäischer sowie internationaler Vorarbeiten sowie Projekten auf diesem Gebiet

#### 7.1.1. UNECE Global Forum for Road Traffic Safety (WP1)

Die UNECE (UN Economic Commission for Europe) hat im WP1 das Ziel die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen. Autonome Fahrzeuge nehmen in diesem Zusammenhang eine entscheidende Rolle ein. Laut einem Statement der UNECE von 2018<sup>17</sup> haben autonome Fahrzeuge das Potential den Straßenverkehr sicherer und effizienter zu machen.

Auf dem Weg zum automatisierten Verkehr gilt es, noch Fragen zu Sicherheitsstandards von Straßen, Verkehrsregeln, Versicherungen, Cybersecurity und Datenschutz zu klären. Der Beschluss der Kommission empfiehlt außerdem, dass automatisierte Mobilitätskonzepte in ständiger Kommunikation mit den Insassen, anderen Straßenteilnehmern sowie Infrastrukturinformationen sein müssen, um auf unvorhergesehene Situationen best möglichst reagieren zu können.

Hauptziel der Kommission ist:

*"With this resolution, we are paving the way for the safe mobility of the future, for the benefit of all road users" said UNECE official Luciana Iorio.*

#### 7.1.2. UNECE World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP29)

Das Weltforum für die Harmonisierung von Fahrzeugvorschriften ist eine Arbeitsgruppe der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE). Es hat die Aufgabe, ein einheitliches Regelsystem, die „UN-Regelungen“, für den Fahrzeugbau zu schaffen, um den internationalen Handel zu erleichtern. Ziel ist es, Maßnahmen zur weltweiten Harmonisierung oder Weiterentwicklung von technischen Vorschriften für Fahrzeuge zu initiieren und zu verfolgen. Das Forum befasst sich mit den Vorschriften für Fahrzeugsicherheit, Umweltschutz, Energieeffizienz und Diebstahlsicherheit.

Im Hinblick auf automatisierte Fahrzeuge müssen einheitliche, technische Vorschriften für sämtliche neue Komponenten (Radar, Lidar, ...) erarbeitet werden.

---

<sup>17</sup> <https://news.un.org/en/story/2018/10/1022812>

### 7.1.3. Pegasus

Pegasus ist ein Verbundprojekt der deutschen Automobilindustrie, gefördert vom Deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Der Projekttitle Pegasus leitet sich ab aus: Projekt zur Etablierung von generell akzeptierten Gütekriterien, Werkzeugen und Methoden sowie Szenarien und Situationen zur Freigabe hochautomatisierter Fahrfunktionen. Ziel ist es, ein Vorgehen für das Testen automatisierter Fahrfunktionen zu entwickeln, um so die rasche Einführung des automatisierten Fahrens in der Praxis zu ermöglichen.

Die Hauptziele im Überblick:

- Definition eines einheitlichen Vorgehens beim Testen und Erproben automatisierter Fahrzeugsysteme in der Simulation, auf Prüfständen und in realen Umgebungen.
- Entwicklung einer durchgängigen und flexiblen Werkzeugkette zur Absicherung des automatisierten Fahrens.
- Integration der Tests in die Entwicklungsprozesse bereits zu einem frühen Zeitpunkt.
- Schaffung einer herstellerübergreifenden Methode zur Absicherung hochautomatisierter Fahrfunktionen.

Das Projekt ist in 4 Teilprojekte aufgeteilt:

(1) Szenarienanalyse und Qualitätsmasse

(2) Umsetzungsprozesse

(3) Testen

(4) Ergebnisreflektion und Einbettung,

auf die im Rahmen dieser Studie jedoch nicht näher eingegangen wird.

Für den zukünftigen Zulassungsprozess von Tests auf öffentlichen Straßen in Österreich ist ein Erfahrungsaustausch bzw. Zusammenarbeit mit den Pegasus Projektpartner empfehlenswert.

### 7.1.4. Enable S3

Im Enable-S3 Projekt wurde unter anderem eine Methode zum Test von autonomen Fahrzeugen, darunter waren neben Automobile auch Schiffe vertreten, entwickelt die es ermöglicht systematisch Testszenarien zu generieren. Die verschiedenen Ansätze zur Generierung der Szenarien wurden mit weiteren Aufgaben, die zur praktischen Umsetzung von Tests notwendig sind, verknüpft. Diese Aufgaben umfassen zum Beispiel die Verwaltung der Testszenarien, Methoden zur automatisierten Testdurchführung, Aufbau von Testumgebungen aus einer Kombination von unterschiedlichen Simulationswerkzeugen und Erstellung von Testberichten.

### 7.1.5. L3 Pilot

Das Projekt L3 Pilot ist ein europäisches Forschungsprojekt um die Machbarkeit von automatisiertem Fahren als eine sichere und effiziente Mobilitätslösung auf öffentlichen Straßen zu testen. Der Fokus liegt dabei auf SAE Level 3 Funktionen mit zusätzlicher Begutachtung von

Level 4 Funktionen. Dabei werden definierte Technologien in verschiedene Fahrsituationen, einschließlich Parken, und Überholen auf Autobahnen sowie im urbanen Verkehr mit 1000 Fahrern und 100 Fahrzeugen in 10 europäischen Ländern getestet. Die Tests sollen sowohl Ergebnisse zur technischen Funktion, zur Akzeptanz aller Verkehrsteilnehmer liefern, als auch den Einfluss auf den Verkehrsfluss und die Verkehrssicherheit aufzeigen.

#### **7.1.6. ARCADE**

Zitat Homepage AustriaTech:

*ARCADE ist eine Koordinierungs- und Unterstützungsmaßnahme, die die Konsensbildung zwischen den Beteiligten für einen soliden und harmonisierten Einsatz von Connected, Cooperative and Automated Driving (CAD) koordiniert. ARCADE unterstützt die Verpflichtung der Europäischen Kommission, der europäischen Mitgliedstaaten und der Industrie, einen gemeinsamen Ansatz für die Entwicklung, Erprobung, Validierung und Einführung von CAD in Europa und darüber hinaus zu entwickeln. Das ARCADE-Projekt hat eine Laufzeit von drei Jahren und zielt darauf ab, ein gemeinsames Stakeholder-Forum einzurichten, um automatisierte Straßenverkehrsansätze auf europäischer und internationaler Ebene zu koordinieren und zu harmonisieren.<sup>18</sup>*

#### **7.1.7. Headstart**

Im Projekt HEADSTART wird an einem Prozess gearbeitet, der die Zulassung von autonomen Fahrzeugen zum Straßenverkehr ermöglicht. Der dort vorgeschlagene Prozess ist noch in der Entstehung und kann inhaltlich als Übermenge des in diesem Dokument vorgeschlagenen Prozesses gesehen werden. Er integriert zusätzlich noch die Ableitung von Szenarien aus realen Fahrsituationen, die für die Entwicklung benötigt werden. Aktuell definiert der HEADSTART Prozess jedoch keine Rollen und Verantwortlichkeiten und berücksichtigt auch keine rechtlichen und organisatorischen Randbedingungen.

## **7.2. Analyse und Erfahrungen international führender Institutionen**

Im Zuge der vorliegenden Studie wurde der Zulassungsprozess in Singapur, der Ansatz von TÜV Süd sowie das globale Mitgliedernetzwerk IAMTS geprüft.

---

<sup>18</sup> <https://www.austriatech.at/de/projekte//showprojekt/2/ARCADE>

### 7.2.1. Centre of Excellence for Testing & Research of AVs – Nanyang Technological University Singapur (CETRAN)

Im Rahmen des 26. ITS World Congress in Singapur von 21.-25. Oktober 2019 besuchten wir CETRAN. Herr Niels de Boer (Programme Director, Future Mobility Solutions) von der technischen Universität Nanyang (NTU) präsentierte uns den Zulassungsprozess zum Testen von automatisierten Fahrzeugen in Singapur. Danach besuchten wir das Testgelände von CETRAN mit mehreren Vorführungen.



Abbildung 20: Testfahrzeuge bei CETRAN (v.l.: Panasonic, Siemens, NXP)

Der Zulassungsprozess gliedert sich in 3 Meilensteine. Für den ersten Meilenstein muss das Fahrzeug die Fähigkeit nachweisen, dass es mit Sicherheitsfahrer in einer abgeschlossenen Umgebung (z.B. CETRAN) vorgegebene Aufgaben sicher erledigen kann. Die folgende Abbildung 21 zeigt die jeweilige Umgebung sowie die Entwicklungsphasen der einzelnen Meilensteine.

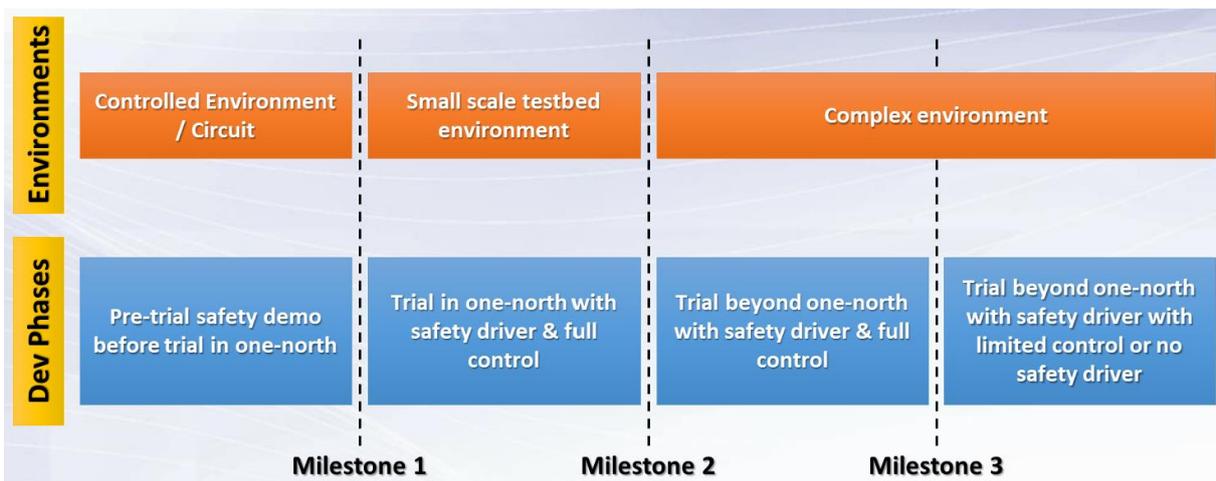


Abbildung 21: Meilensteine Testzulassung in Singapur – Quelle: CETRAN

Diese Aufgaben sind der Spurhalteassistent, statischen und dynamischen Hindernissen ausweichen sowie die Übernahmefähigkeit des Sicherheitsfahrers. Beim zweiten Meilenstein müssen diese Aufgaben in einer komplexeren Umgebung (z.B. Testregion One North) erledigt

werden. Der dritte Meilenstein wird erreicht, wenn das Fahrzeug alle Funktionen, mit oder ohne Sicherheitsfahrer in einer komplexen Umgebung sicher bewältigt.

In jedem Fall ist in Singapur der Fahrer 100% verantwortlich, auch wenn er gerade selbst nicht die Kontrolle hat. Ohne Sicherheitsfahrer bekommt man keine Versicherung. Ein „Remote“ Fahrer ersetzt aktuell nicht den Sicherheitsfahrer im Fahrzeug.

### 7.2.2. ZALAZONE (Ungarn)

Kaum 70 km von der österreichischen Grenze (Grenzübergang Heiligenkreuz im Lafnitztal, Burgenland) wird bei Zalaegerszeg in Ungarn eine Teststrecke für Fahrzeugtests errichtet. In enger Zusammenarbeit mit Unternehmen aus der Automobilindustrie und Forschungseinrichtungen (u.a. Universität Budapest) entsteht ein Testgelände, das nicht nur Dynamiktests für konventionelle Fahrzeuge, sondern auch Validierungstests für autonome Fahrzeuge und Elektrofahrzeuge ermöglicht.



Abbildung 22: Testgelände ZalaZone (Ungarn) Gesamtansicht und Teilansicht Smart City (Stand Februar 2019)

Seit Beginn der Aktivitäten bei ALP.Lab wird die Einbindung von ZalaZone in die erweiterte Testregion Österreich/Ungarn/Slowenien aktiv betrieben. Zahlreiche bi- und trilaterale Treffen zwischen Unternehmen der drei Länder adressierten auch rechtliche, regulatorische und technische Rahmenbedingungen eines grenzüberschreitenden Testens von automatisierten Fahrzeugen und Fahrfunktionen. Besonders für ALP.Lab und die Shareholder ermöglicht der Proving Ground ZalaZone auch vor der finalen Fertigstellung umfangreiche Testmöglichkeiten.



Abbildung 23: Durchführung von EuroNCAP Tes-Szenarien in ZalaZone (ALP.Lab, Magna, Juni 2019)



Abbildung 24: Durchführung von Platooningtest auf den High Speed Handling Kurs in ZalaZone (Juli/September 2019)

ZalaZone stellt eine wichtige Komponente für die Durchführung von Validierungs- und Verifizierungstests dar, da durch die einzelnen Streckenabschnitte sämtliche bisher erforderlichen Szenarien und Manöver nachgestellt werden können. Einrichtungen für die Kommunikation zwischen Infrastruktur und Fahrzeugen sind im Aufbau, sodass auch cellular 5G (bereits im Testaufbau vorhanden) und C-ITS G5 (DRSC, Dedicated Short Range Communication) vorbereitet ist.

### 7.2.3. TÜV Süd (Deutschland)

Der TÜV Süd ist ein globaler, unabhängiger und unparteiischer Sicherheits-Gutachter („TÜV SÜD, a leading global independent and impartial safety assessor“). Dadurch ist auch der Zulassungsprozess für automatisierte Fahrzeuge Sicherheitsgetrieben. Die folgende Abbildung 3 zeigt eine Übersicht der einzelnen Bewertungsschritte für die Fahrzeugsicherheit, Funktionale Sicherheit, Cyber-Sicherheit.

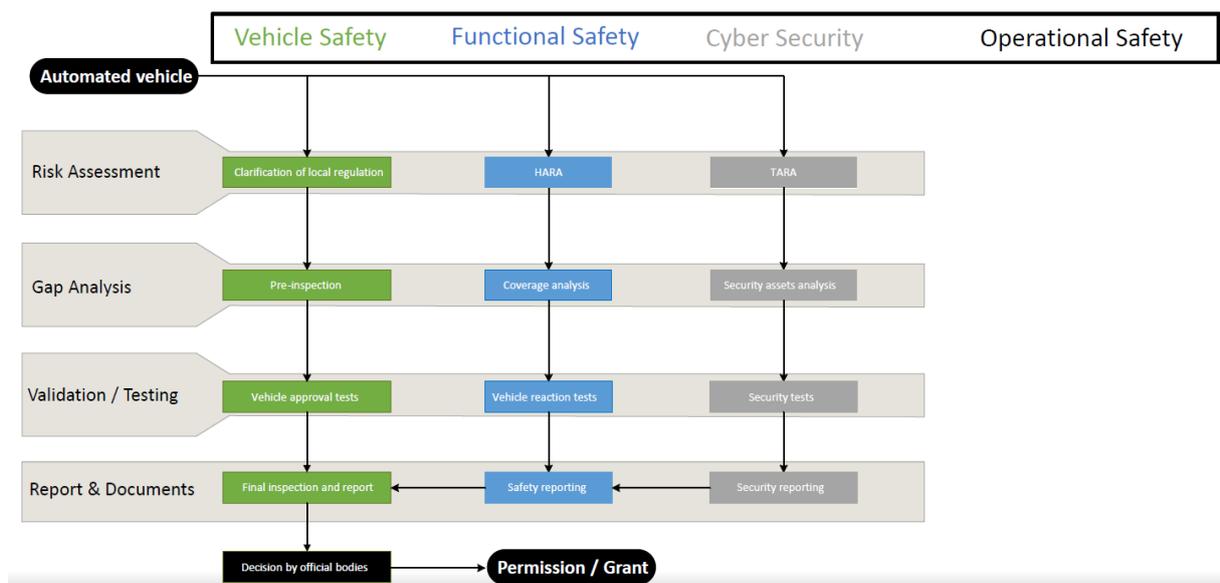


Abbildung 25: TÜV Süd – Universal Approach for the Assessment of AV's Operational Safety

#### 7.2.4. International Alliance for Mobility Testing and Standardization (IAMTS)

Das Ziel der IAMTS ist ein globales, Mitgliedernetzwerk von Organisationen, die sich mit dem Testen, der Standardisierung und Zertifizierung von neuen Mobilitätssystemen und Services beschäftigen. Dabei wurden folgende konkrete Ziele identifiziert:

- Überblick (Datenbank) von weltweit verfügbaren Testeinrichtungen für intelligente Mobilität
- Zugang zu zertifizierten, hoch qualifizierte Daten von Testeinrichtungen und Straßenverkehrsnetzen (privat oder öffentlich), welche für Tests und zur Zertifizierung verwendet werden können
- Möglichkeit einer unabhängigen Zertifizierung von Testeinrichtungen, um ein Mindestmaß an Testanforderungen zu gewährleisten

---

*Empfehlung: Die für den Zulassungsprozess verantwortlich Organisation sollte in jedem Fall Mitglied der IAMTS werden.*

---

### 7.2.5. China - Shanghai

Im Rahmen einer einwöchigen Reise besuchte Digitrans China und eine Reihe von Testregionen und Proving Grounds. In weiterer Folge wird der Zulassungsprozess in China dargestellt

Beantragungsvorgang des Testens auf öffentlichen Straßen für vernetztes/autonomes Fahren (Shanghai Economic and Information Technology Commission)<sup>19</sup>,

1. Antragsformular und -unterlagen bei der Kommission (SHEITC) abgeben. Diese muss die Unterlagen prüfen und innerhalb von 5 Werktagen eine Entscheidung treffen, ob das zu testende HAV zum Test am Prüfgelände zugelassen wird.
2. Nachdem die Unterlagen erfolgreich geprüft wurden, muss sich der Antragsteller
  - a. innerhalb von 5 Werktagen bei der Prüfstelle melden und dort das Testfahrzeug überprüfen lassen.
  - b. danach Durchführung von Tests am Prüfgelände
  - c. danach werden Überwachungsgeräte ans Testfahrzeug angebracht und in eine Cloud eingebunden → Nachweis über Anbringung.
  - d. Erstellung von Testreports der Tests am Prüfgelände
  - e. gesammelte Unterlagen (Testreport, Antragsunterlagen und Nachweis über Anbringung der Überwachungsgeräte) an die Behörde übergeben
3. Prüfung und Freigabe durch ExpertInnenrat
4. Genehmigung durch Kommission auf Basis Freigabe ExpertInnenrat
  - a. Vergabe des Fahrzeugkennzeichens
  - b. Auslegung des Zeitfensters für das Testen, der Teststrecke, des Testfahrers und des Testprogramms
  - c. Testperiode darf 6 Monate nicht überschreiten
5. Je nach Bedarf lässt sich die Testperiode, einmalig um maximal weitere 6 Monate erweitern
6. Nach dem Test muss der Antragsteller das Fahrzeugkennzeichen an die Kommission zurückgeben.

### 7.2.6. Japan

Während der Ausarbeitung der Studie wurde AlpLab von Vertretern der japanischen Polizei besucht. In weiterer Folge wird der Zulassungsprozess in Japan dargestellt

Grundsätzliche Anforderungen zur Zulassung des Testens auf öffentlichen Straßen. (National Police Agency)<sup>20</sup>. Nach geltendem Recht ist das Testen auf öffentlichen Straßen unabhängig von Zeit und Ort möglich, sofern folgendes gewährleistet ist:

1. das Testfahrzeug den Anforderungen der Sicherheitsvorschriften für Straßenfahrzeuge entspricht,
2. die Person, die die Rolle des Fahrers übernimmt, auf dem Fahrersitz des Testfahrzeuges sitzt, den umgebenden Verkehr sowie den Zustand des Testfahrzeugs jederzeit überwacht und im

---

<sup>19</sup> Quelle: <http://www.sheitc.sh.gov.cn/cyfz/683620.html> (Shanghai Economic and Information Technology Commission) - Chinesische Seite

<sup>20</sup> Quelle: <https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/gaideline.pdf> (Richtlinien für das Testen des autonomen Fahrens auf öffentlichen Straßen, National Police Agency, Japan)

Notfall die Kontrolle über das Fahrzeug entsprechend den Erfordernissen übernimmt, um die Sicherheit zu gewährleisten und so Schäden an anderen zu vermeiden.

3. die Verkehrsregeln eingehalten werden.
4. das System so beschaffen ist, dass sich die Betriebsart des Testfahrzeugs jederzeit in geeigneter Weise zwischen automatisiert und manuell (von Testfahrer) umschalten lässt.

Methodische Vorgehensweise:

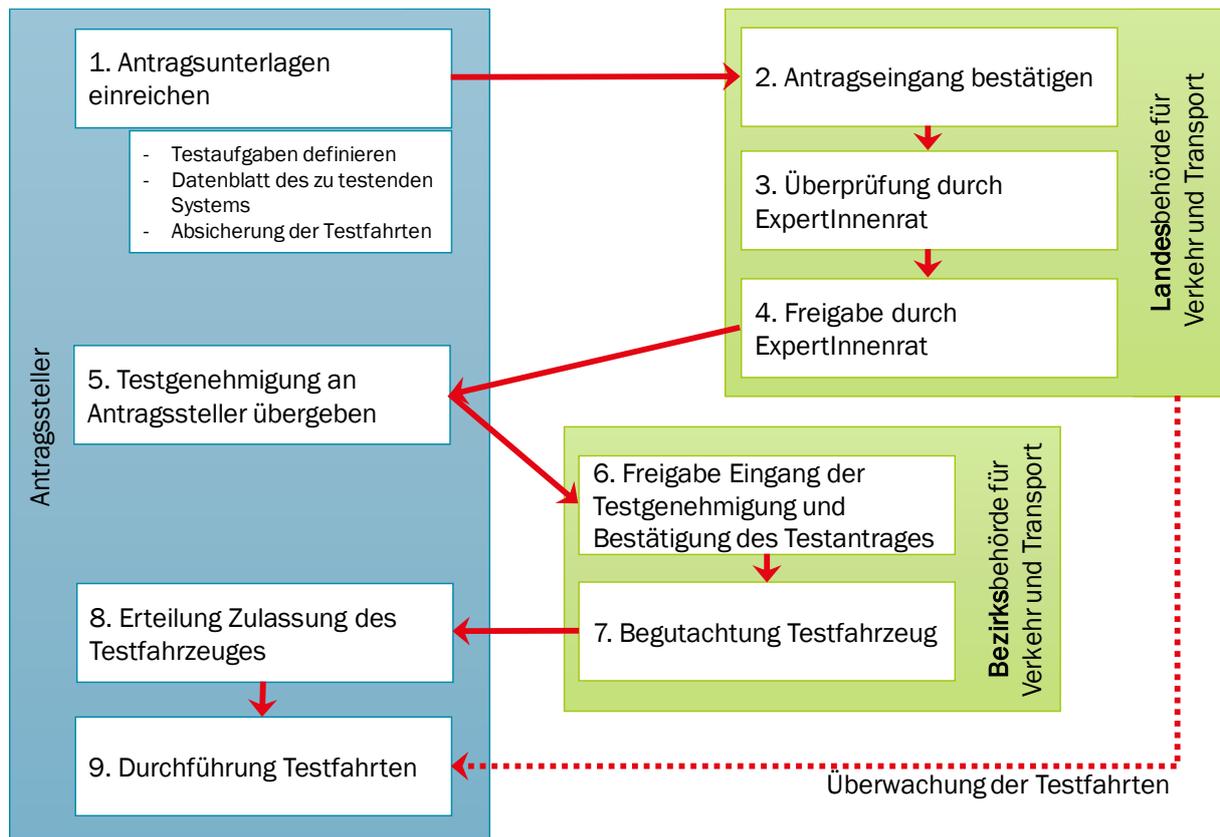


Abbildung 26: Ablauf zur Zulassung der öffentlichen Straßenversuche

### 7.2.7. Zusammenfassung der Erfahrungen international führender Institutionen

Die Erfahrungen von international führenden Institutionen auf diesem Gebiet zeigen größtenteils eine hohe Übereinstimmung mit dem vorgeschlagenen Zulassungsprozess für automatisierte Fahrzeuge.

Allen gemeinsam ist die Tatsache, dass derzeit noch immer der Testfahrer die Verantwortung trägt.

Größere Unterschiede sind im Bereich der Datenerfassung bzw. der Überwachung der Testfahrten. In China z.B. müssen alle Daten, die am Fahrzeug aufgenommen werden an die Behörde gesendet werden. In Singapur erfolgt die Überwachung seitens der Infrastruktur. Kameras in den definierten Testregionen erfassen das darin enthaltene Verkehrsnetz. Dadurch können sämtliche Zwischenfälle analysiert und rekonstruiert werden.