

Gesamtheitliche, technologieübergreifende Darstellung der Herausforderungen und Handlungsfelder beim Auf- und Ausbau der Energieinfrastrukturen für Nutzfahrzeuge und Busse

 Missionspapier, Mission XI

November 2024

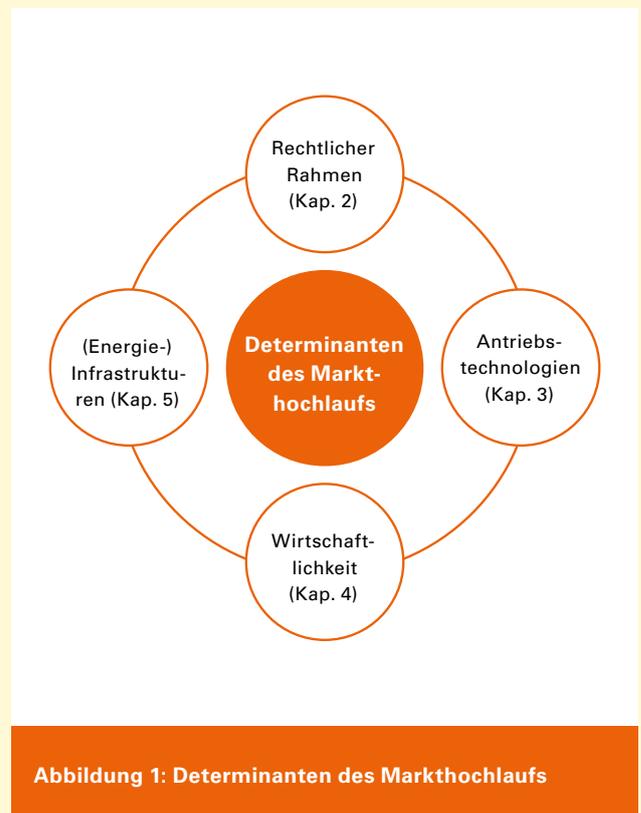
Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Status regulatorischer Rahmenbedingungen	11
2.1 Rahmenbedingungen auf EU-, Bundes- und Landesebene in Baden-Württemberg	11
2.2 Vorgaben Fahrzeuganbieterseite	11
2.3 Vorgaben Fahrzeugnachfrageseite	12
2.4 Vorgaben Energieseite	13
3. Status der Antriebstechnologien	14
3.1 Batterieelektrische Antriebe	14
3.2 Oberleitungsantriebe	15
3.3 Brennstoffzellenantriebe	15
3.4 Wasserstoffmotor	16
3.5 Synthetische Kraftstoffe	17
4. Wirtschaftlichkeit	18
4.1 Förderpolitische Rahmenbedingungen	18
4.2 Parameter einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	18
5. Status erforderlicher Energieinfrastrukturen	20
5.1 Ladeinfrastruktur	20
5.2 Wasserstofftankinfrastruktur	24
6. Aufbau eines funktionierenden Gesamtsystems für Nutzfahrzeuge und Busse	27
6.1 Lessons Learned der abgeschlossenen SDA-Missionen	27
6.2 Herausforderungen und Handlungsfelder	31
6.2.1 Regulatorische Rahmenbedingungen	32
6.2.2 Technische Rahmenbedingungen	37
6.3 Fazit	40
Abkürzungsverzeichnis	41
Abbildungsverzeichnis	42
Tabellenverzeichnis	42
Literaturverzeichnis	43

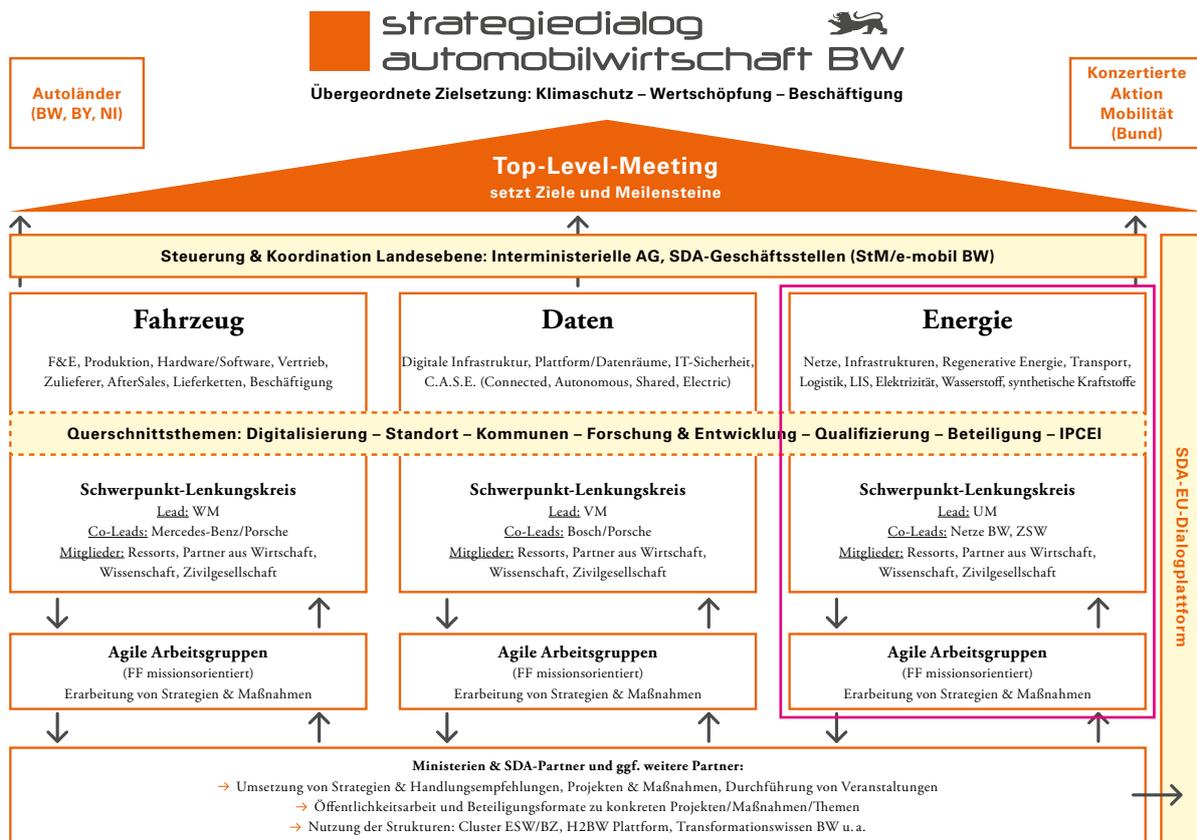
1. Einleitung

Der Straßengüterverkehr verursacht rund ein Drittel der CO₂-Emissionen des Verkehrssektors. Insbesondere schwere Lkw (über 12 t technisch zulässiger Gesamtmasse) emittieren rund 70% der Treibhausgase von Nutzfahrzeugen, machen jedoch nur 15% des Bestands an Nutzfahrzeugen aus. Europäische sowie nationale Klimaschutzziele erfordern daher eine rasche Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Regulatorische Rahmenbedingungen für Nutzfahrzeuge und Busse, wie unter anderem die Flottenemissionsverordnung oder die Clean Vehicles Directive, sollen den Markthochlauf klimafreundlicher Antriebe fördern. Durch kundenseitige Anforderungen an Nachhaltigkeitsstandards und eine klimafreundliche Mobilität wird der Handlungsdruck für eine Treibhausgasminde rung sowohl in der Logistik als auch im ÖPNV weiter verschärft. Logistikunternehmen und Verkehrsbetriebe, die die Fahrzeuge beschaffen und einsetzen, sehen sich allerdings mit hohen Investitionskosten einer klimafreundlichen Logistik und Mobilität konfrontiert. Die Elemente eines erfolgreichen Markthochlaufs einer klimafreundlichen Mobilität sind in Abbildung 1 dargestellt und bestehen aus dem rechtlichen Rahmen, der Verfügbarkeit der Antriebstechnologien, der Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems sowie der Verfügbarkeit der Energieinfrastrukturen. Insbesondere der Aufbau einer bedarfsgerechten und technisch erprobten Lade- und Tankinfrastruktur ist relevant, um eine hohe Zuverlässigkeit einer klimaneutralen Logistik und des ÖPNV zu gewährleisten – er ist allerdings mit hohen Investitionskosten verbunden. Aufgrund der Fragestellungen und Herausforderungen im Hinblick auf den Infrastrukturaufbau wurde im Rahmen des **Strategiedialogs Automobilwirtschaft Baden-Württemberg** (SDA) die Vorbereitung des Infrastrukturaufbaus für klimafreundliche Nutzfahrzeuge und Busse in unterschiedlichen Aktivitäten adressiert und es wurden hierzu jeweils Handlungsempfehlungen erarbeitet.

Das vorliegende Diskussionspapier stellt technologieübergreifend die notwendigen Elemente eines funktionierenden Gesamtsystems für Nutzfahrzeuge und Busse dar und geht insbesondere auf die Herausforderungen beim Aus- und Aufbau der notwendigen Infrastrukturen ein. Hierbei wird auch Bezug auf bereits abgeschlossene SDA-Missionen genommen und es werden deren **Lessons Learned** aufgezeigt. Die Herausforderungen in den Themenbereichen wurden im Rahmen einer **Stakeholder-Befragung** gespiegelt und die Ergebnisse der Branchenakteure aus Industrie, Wissenschaft und Forschung wurden in den Bericht integriert. Durch die technologieübergreifende Darstellung können Synergien, Nutzungskonkurrenzen und Spannungsfelder zwischen verschiedenen Technologiepfaden offengelegt werden. Die Kernthese lautet: Der Markthochlauf klimafreundlicher Nutzfahrzeuge gelingt nur, wenn das Gesamtsystem mit allen Elementen stimmt.



Mit dem Strategiedialog Automobilwirtschaft Baden-Württemberg hat die Landesregierung Baden-Württemberg eine Initiative auf den Weg gebracht, um gemeinsam mit Akteuren aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Arbeitnehmerverbänden, Verbraucherorganisationen, Umweltverbänden und Zivilgesellschaft an der Transformation der Automobilwirtschaft zu arbeiten. Aus gesellschaftlichen Anforderungen und dem technologischen Wandel ergibt sich eine Vielzahl an Herausforderungen, die im Rahmen des SDA ressort-, branchen- und sektorübergreifend erarbeitet werden. Die e-mobil BW GmbH koordiniert den SDA und die entsprechenden Ministerien für die Bereiche Wirtschaft, Verkehr und Umwelt des Landes Baden-Württemberg sind in ihren jeweiligen Themenfeldern in den Bereichen Fahrzeuge, Daten und Energie leitend vertreten. Die Aktivitäten des SDA zielen dabei insbesondere darauf ab, Handlungsfelder aufzuzeigen, die auf allen Ebenen (Landes-, Bundes-, EU-Ebene) für den Transformationsprozess relevant sind. Hieraus sollen Empfehlungen für Politik, Wirtschaft und weitere wichtige Akteure abgeleitet werden. Das folgende Diskussionspapier wurde im Rahmen des Schwerpunktfelds Energie erarbeitet.



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 2: Organisationsstruktur des SDA

SDA-Missionen und weitere Aktivitäten im Kontext (Energie-)Infrastrukturen für Nutzfahrzeuge und Busse

Im Rahmen des SDA wurden sowohl Missionen mit konkretem Fokus auf (Energie-)Infrastrukturen für Nutzfahrzeuge und Busse durchgeführt als auch Missionen für den allgemeinen Aufbau von Ladeinfrastruktur. Die Übersicht zeigt die nachfolgend beschriebenen Missionen. In Kapitel 6 werden die Lessons Learned aus den bereits abgeschlossenen Missionen zusammengetragen.

- **Mission II:** Branchengespräche mit baden-württembergischen Verteilnetzbetreibern mit dem Ziel der Erarbeitung und Abstimmung einer Branchenvereinbarung
- **Mission IIa:** Darstellung der Anforderungen von Ladeinfrastrukturbetreibern an Netzbetreiber hinsichtlich einer verbesserten Kommunikation zur beschleunigten Netzintegration
- **Mission III:** Erfassung von Hemmnissen bei der Finanzierung sowie beim Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur
- **Mission VI:** Erarbeitung von Maßnahmen zum Abbau von Hemmnissen bei der Finanzierung sowie beim Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur

Ladeinfrastruktur

- **Mission I:** Durchführbarkeitsuntersuchung zur Pilotlade- und Tankinfrastruktur für Langstrecken-Lkw – VorPiLaTes
- **Mission IV:** Vorbereitung des Ausbaus einer Wasserstoffinfrastruktur in Baden-Württemberg bis 2030
- **Mission V:** Vorbereitung einer Wasserstoff-Tankinfrastruktur für Nutzfahrzeuge
- **Mission VII:** Netzintegration von Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge
- **Mission IX:** Lade- und Wasserstofftankinfrastruktur für Langstrecken-Lastkraftwagen (LWT)
- **Mission XII:** Betreibermodelle und Demoflotte für H₂-basierte Logistik
- **Runde Tische** zu Null-Emissions-Bussen und Whitepaper zur CVD-Umsetzung im ÖPNV
- **Mission XIII:** Bedarfs- und Standortanalyse zum flächendeckenden Laden von E-Lkw in Baden-Württemberg
- **Mission XIV:** Bedarfslokalisierung von Strom und Wasserstoff für die Logistik in Baden-Württemberg

Fokus Nutzfahrzeuge und Busse

Abbildung 3: Übersicht der SDA-Missionen im Kontext (Energie-)Infrastrukturen

Mission I: Durchführbarkeitsuntersuchung zur Pilotlade- und Tankinfrastruktur für

Langstrecken-Lkw – VorPiLaTes

Im Rahmen dieser Mission wurden Standorte für den Ausbau von Ladeinfrastruktur und Wasserstofftankstellen identifiziert. Neben der Analyse des aktuellen technischen Standes sowie von Normen und Markverfügbarkeiten lag der Fokus auf der Festlegung von Anforderungskriterien für potenzielle Standorte in Baden-Württemberg.

Beteiligte: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, e-mobil BW GmbH/Plattform H2BW, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Mission II: Branchengespräche mit baden-württembergischen Verteilnetzbetreibern mit dem Ziel der Erarbeitung und Abstimmung einer Branchenvereinbarung

Um den Bedarf an Ladeinfrastruktur in Baden-Württemberg zu decken, ist eine gezielte Zusammenarbeit aller Akteure erforderlich, insbesondere von Netzbetreibern, Energieversorgern, Ladeinfrastrukturbetreibern, Automobilherstellern, Einzelhandelsunternehmen, Verbänden und der Politik. Aus diesem Grund wurde im März 2023 die Branchenvereinbarung zur Netzintegration von Ladeinfrastruktur in Baden-Württemberg initiiert und unterzeichnet. Das übergeordnete Ziel dieser Vereinbarung besteht darin, die Prozesse für den Netzanschluss von Ladeinfrastruktur zu vereinfachen, zu standardisieren und zu digitalisieren.

Beteiligte: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Albwerk GmbH & Co. KG, e-mobil BW GmbH, EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie NOW GmbH – Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur, Netze BW GmbH, Stuttgart Netze GmbH, Verband kommunaler Unternehmen e.V. Landesgruppe Baden-Württemberg, VFEW Verband für Energie- und Wasserwirtschaft Baden-Württemberg e.V.

Mission IIa: Erstellung eines Anforderungskatalogs für Ladeinfrastrukturbetreiber

Die Branchenvereinbarung zur Netzintegration von Ladeinfrastruktur in Baden-Württemberg wurde durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BW initiiert (Mission II). In der Folgemission wurden erneut Gespräche mit Branchenakteuren geführt. Es wird ein Factsheet erstellt, das die Anforderungen der Ladeinfrastrukturbetreiber an die Netzbetreiber hinsichtlich der Kommunikationsprozesse bei Planung und Aufbau von Ladeinfrastruktur darstellt.

Beteiligte: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, e-mobil BW GmbH

Mission III: Erfassung von Hemmnissen bei der Finanzierung sowie beim Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur

Im Jahr 2022 wurde eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe ins Leben gerufen, deren Ziel es war, sämtliche bestehenden Hindernisse bei der Finanzierung sowie beim Aufbau und Betrieb von Elektroladeinfrastruktur umfassend zu identifizieren und zu dokumentieren. Es wurden hierbei insgesamt 112 Hemmnisse durch die Akteure ermittelt.

Beteiligte: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, e-mobil BW GmbH, EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Fachverband Elektro- und Informationstechnik Baden-Württemberg, Handelsverband Baden-Württemberg e.V., Netze BW GmbH, Verband baden-württembergischer Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V., Verband der Immobilienverwalter Baden-Württemberg e.V., Verband kommunaler Unternehmen e.V. – Landesgruppe Baden-Württemberg, VFEW Verband für Energie- und Wasserwirtschaft Baden-Württemberg e.V.

Mission IV: Vorbereitung des Ausbaus einer Wasserstoffinfrastruktur in Baden-Württemberg bis 2030

Im Vordergrund stand die Frage, wie der Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur im Land Baden-Württemberg zielbringend vorbereitet und vorangebracht werden kann. In drei Workshops diskutierten etwa 70 Fachexpert:innen darüber, wie das Angebot und die Nachfrage von Wasserstoff sowie lokale Wasserstoff-Hubs als integraler Bestandteil der Wasserstoffinfrastruktur im Land gestaltet werden können. Das umfassende Ergebnis der Workshopreihe wurde detailliert vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg in einem Bericht zusammengefasst. Dieser Bericht benennt konkrete und erforderliche Schritte, um die notwendige Infrastruktur aufzubauen und eine sichere Wasserstoffversorgung des Landes zu gewährleisten.

Beteiligte: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, e-mobil BW GmbH/Plattform H2BW, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg (ZSW), Akteure des Bereichs Wasserstoffinfrastruktur und Anwendung, Energieversorger, Forschungseinrichtungen, Netzbetreiber

Mission V: Vorbereitung einer Wasserstofftankinfrastruktur für Nutzfahrzeuge

Dieses Whitepaper beleuchtet die Perspektiven und Interessen der Wasserstoffakteure, identifiziert Hemmnisse und leitet entsprechende Handlungsempfehlungen ab für den vorbereitenden Aufbau einer Wasserstofftankinfrastruktur für Nutzfahrzeuge. Wesentliche Inhalte wurden durch Experteninterviews erarbeitet. Das Whitepaper bietet eine kompakte Übersicht aller relevanten Themen, wie Fahrzeugtechnologie, Regulatorik, Genehmigungsverfahren, Standortsuche und Flächenverfügbarkeit, und wird durch Workshops mit relevanten Stakeholdern ergänzt.

Beteiligte: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, e-mobil BW GmbH, Industrieinitiativen, Infrastrukturbetreiber, Fahrzeughersteller, Projektentwickler, Verbände

Mission VI: Erarbeitung von Maßnahmen zum Abbau von Hemmnissen bei der Finanzierung sowie beim Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur

In Kleingruppen hat die interdisziplinäre Arbeitsgruppe an praxistauglichen Lösungen für die über 100 Hemmnisse gearbeitet, die in Mission III identifiziert wurden. Die Kleingruppen konzentrierten sich auf die Themen Optimierung der Landesförderung, Vereinfachung von Genehmigungsprozessen, -verfahren und Standards, Strategie/Finanzierung sowie Verfügbarkeit von Flächen. Der Abschlussbericht wurde im Herbst 2023 veröffentlicht und richtet sich an die Landespolitik und die Landesverwaltung. Das Papier fordert alle Teile der Landesregierung auf, die Elektromobilität in ihren Zuständigkeitsbereichen zu fördern und Hemmnisse für ihre Nutzung abzubauen.

Beteiligte: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, e-mobil BW GmbH, Industrieinitiativen, Infrastrukturbetreiber, Fahrzeughersteller, Projektentwickler, Verbände

Mission VII: Netzintegration von Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge

Die Ladeinfrastruktur für schwere batterieelektrische Nutzfahrzeuge erfordert deutlich höhere Leistungsklassen, als es bisher im Pkw-Bereich der Fall ist. Die entsprechenden Netzanschlüsse müssen vorausschauend und bedarfsgerecht durch die Netzbetreiber zur Verfügung gestellt werden, was aufgrund langer Planungs- und Genehmigungsprozesse herausfordernd ist. Daher sollen in Zusammenarbeit zwischen der Landesregierung von Baden-Württemberg, Netzbetreibern und Ladeinfrastrukturbetreibern entsprechende Handlungsbedarfe erarbeitet werden – basierend auf dem Masterplan Ladeinfrastruktur II sowie Plänen für den Aufbau eines weiterführenden Ladenetzes mit dem Zielhorizont 2035. Die erarbeiteten Ergebnisse sollen zudem in die Studie des Verkehrsministeriums „Bedarfs- und Standortanalyse zum flächendeckenden Laden von E-Lkw in Baden-Württemberg“ einfließen.

Beteiligte: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Daimler Truck AG, Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie NOW GmbH – Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur, Netze BW GmbH

Mission IX: Lade- und Wasserstofftankinfrastruktur für Langstrecken-Lastkraftwagen (LWT)

Die auf dem Markt bereits heute sowie perspektivisch zur Verfügung stehenden Antriebstechnologien für Nutzfahrzeuge werden im Zusammenspiel mit den technischen Standards bei der Lade- und Tankinfrastruktur in der Anwendung erprobt. In der Realisierungsphase (2. Phase) des Projekts PiLaTes, „Lade- und Wasserstofftankinfrastruktur für Langstrecken-Lkw (LWT)“, werden Anlagen zur Errichtung der Infrastrukturen sowie eine wissenschaftliche Begleitforschung in den Phasen der Planung, Errichtung und des Betriebs gefördert. Das Fördervolumen beträgt 21 Mio. Euro.

Beteiligte: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, e-mobil BW GmbH/Plattform H2BW, Projektträger Karlsruhe (PTKA)

Mission XII: Betreibermodelle und Demoflotte für H₂-basierte Logistik

Die aktuell hohen Fahrzeugpreise verhindern einen direkten Kauf durch Spediteure, weshalb Pay-per-Use und andere Mietmodelle zum Einsatz kommen. Daher ermittelt diese Mission geeignete Verleihmodelle und beschreibt eine mögliche Demonstrationsflotte. Als Modellregion Wasserstoff ist die Region Ulm hierfür gut geeignet, da sowohl die notwendige Infrastruktur (H₂-Tankstellen, Elektrolyseure) als auch hohe Wertschöpfung (Lkw- und Busproduktion) und After Sales wie Werkstätten vorhanden bzw. im Aufbau sind.

Beteiligte: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, e-mobil BW GmbH, Fahrzeugvermieter, Infrastrukturbetreiber, Fahrzeughersteller

Runde Tische zu Null-Emissions-Bussen und Whitepaper zur CVD-Umsetzung im ÖPNV

Im Rahmen dieser Mission wurden drei „Runde Tische“ durchgeführt und dabei die Schwerpunktthemen Technologiealternativen, Aufbau und Betrieb der notwendigen Lade- oder Tankinfrastrukturen, Ertüchtigung der Stromnetze, Aufbau und Betrieb von Betriebshöfen, Fahrzeugbeschaffungen, Schulungs- und Qualifizierungsmaßnahmen für Fahrer:innen und Werkstattpersonal adressiert. Im Ergebnis wurde ein Whitepaper erstellt, das die möglichen Hindernisse darstellt sowie mögliche Lösungsansätze beleuchtet. Dieses Whitepaper diente zudem als Grundlage für die Diskussion der Stakeholder sowie als inhaltliche Unterstützung des Verkehrsministeriums im Gesetzgebungsprozess zur Umsetzung des Gesetzes über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (SaubFahrzeugBeschG) in Landesrecht.

Mission XIII: Bedarfs- und Standortanalyse zum flächendeckenden Laden von E-Lkw in Baden-Württemberg

Das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg hat eine Studie beauftragt und veröffentlicht, die die Bedarfe an Ladeinfrastruktur für E-Lkw in Baden-Württemberg prognostiziert. In einem ersten Schritt wurde eine Stakeholder-Analyse durchgeführt, um über die Anforderungen und Erwartungen sowie die strategischen Ziele dieser Kenntnisse zu erlangen. Befragt wurden Fahrzeughersteller, Logistikanwender, Netzbetreiber, Ladeinfrastrukturhersteller und privatwirtschaftliche Investoren mit dem Fokus auf Baden-Württemberg. Basierend auf den Ergebnissen der Stakeholder-Analyse wurden lokale Bedarfe für Ladeinfrastruktur in Baden-Württemberg ermittelt. Diese Bedarfe können für eine weitere Planung des Ladeinfrastrukturaufbaus genutzt werden. In einer weiteren Befragung wurden die Stakeholder zu den ermittelten Ergebnissen befragt, um die relevanten Herausforderungen beim Aufbau der Infrastruktur zu identifizieren. Die Ergebnisse aus der quantitativen Analyse sowie aus den Gesprächen mit den Stakeholdern helfen bei der Formulierung strategischer Maßnahmen zur Unterstützung des Ladeinfrastrukturaufbaus.

Mission XIV: Bedarfslokalisierung von Strom und Wasserstoff für die Logistik in Baden-Württemberg

Die e-mobil BW hat in Zusammenarbeit mit verschiedenen Verkehrs- und Logistikverbänden Anfang 2024 einen Fragebogen konzipiert und rund 2.000 Logistiker in Baden-Württemberg angeschrieben (Dopplungen bei Mehrfachmitgliedschaften möglich). Geplante Anschaffungen batterie- und brennstoffzellenbetriebener Fahrzeuge in den EG-Fahrzeugklassen N1–N3 wurden abgefragt, außerdem der erwartbare Anteil der emissionsfreien Antriebstechnologien in der Fahrzeugflotte. Die typischen Fahrstrecken der Fahrzeuge waren ebenfalls Bestandteil der Befragung. Die Daten wurden jeweils für die Zeiträume bis 2025, 2026–2028 sowie für 2029–2030 erhoben. 129 Unternehmen haben die Bedarfsabfrage zu Energiebedarfen und zukünftigen Fahrzeugplanungen vollständig durchgeführt. Eine Auswertung der erhobenen Daten erfolgte durch das Fraunhofer IAO. Im Juli 2024 wurden die Ergebnisse der Befragung online durch die e-mobil BW unter Beteiligung der Logistikverbände öffentlich vorgestellt. Das Ergebnispapier wurde im August 2024 veröffentlicht.

Beteiligte: e-mobil BW GmbH, Verband Spedition und Logistik Baden-Württemberg e.V., Verband des Verkehrsgewerbes Baden e.V., SVG Straßenverkehrs-Genossenschaft Baden eG, Verband des Württembergischen Verkehrsgewerbes e.V., Fraunhofer IAO

2. Status regulatorischer Rahmenbedingungen

2.1 Rahmenbedingungen auf EU-, Bundes- und Landesebene in Baden-Württemberg

Der **European Green Deal** („Fit for 55“) fordert als Klimazielplan eine Treibhausgasreduktion in der EU bis 2030 um mindestens 55%.¹ Daraus resultierende Maßnahmen im Verkehrsbereich sind unter anderem die Flottenemissionswerte (siehe Kapitel 2.2 – Vorgaben Fahrzeuganbieterseite) und die Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFIR) (siehe Kapitel 2.4 – Vorgaben Energieseite).

Auf Bundesebene ist im **Klimaschutzprogramm der deutschen Bundesregierung** das Ziel formuliert, dass bis 2030 ein Drittel der gesamten Fahrleistung im schweren Straßengüterverkehr elektrisch erfolgen soll. Auf Basis dieser Zielerreichung hat das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) im November 2020 das **Gesamtkonzept klimafreundliche Nutzfahrzeuge**² veröffentlicht. Der Bericht beschreibt ein integriertes Maßnahmenpaket, bestehend aus den drei Bereichen Fahrzeugförderung, Steuerung des Infrastrukturaufbaus und Schaffung der regulatorischen Rahmenbedingungen. Des Weiteren unterstützt die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur das BMDV beim bedarfsgerechten Aufbau von Ladeinfrastruktur. Im **Masterplan Ladeinfrastruktur II** werden in Kapitel 4 Maßnahmen zum Aufbau von Ladeinfrastruktur für Nutzfahrzeuge adressiert.³

Im November 2022 wurden die Eckpunkte zum **Landeskonzept Mobilität und Klima** für Baden-Württemberg verabschiedet. Ein **Entwurf des Mobilitätsgesetzes** des Landes Baden-Württemberg (Landesmobilitätsgesetz) liegt seit dem 12. August 2024 vor und konnte bis zum 1. Oktober 2024 auf dem Beteiligungsportal Baden-Württemberg kommentiert werden.⁴ Am 1. Februar 2023 hat zudem der baden-württembergische Landtag das **Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg**⁵ verabschiedet. Bis 2030 müssen 65% der Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Referenzjahr 1990 eingespart werden, wobei das Einsparungsziel im Verkehr 55% beträgt.⁶

2.2 Vorgaben Fahrzeuganbieterseite

Die **Flottenemissionsverordnung** legt im Beschluss der Verordnung (EU) 2019/1242 vom Juni 2019 Grenzwerte in Gramm CO₂ pro gefahrenen Kilometer für die von den Herstellern produzierten Fahrzeuge fest.⁷ EU-Parlament, EU-Rat und EU-Kommission haben sich darauf geeinigt, dass bei Nutzfahrzeugen und Reisebussen über 7,5 t technisch zulässiger Gesamtmasse die Emissionen ab 2030 um 45%, ab 2035 um 65% und ab 2040 um 90% reduziert werden müssen. Bei Stadtbussen soll eine Reduktion um 100% ab 2035 erfolgen – mit einem Zwischenziel von 90% ab 2030.⁸

1 Europäische Kommission, 2023.

2 BMVI, 2020, S. 5.

3 BMDV, 2022, S. 41 ff.

4 Staatsministerium Baden-Württemberg, 2024.

5 Landtag Baden-Württemberg, 2023.

6 ZSW; ifeu Institut; Öko-Institut et al., 2023, S. 15.

7 Europäische Union, 2019, S. 10.

8 BMUV, 2024.

Um Ladekapazitätseinschränkungen bei batterie- bzw. brennstoffzellenelektrischen Fahrzeugen durch Mehrgewichte und Mehrlängen der Fahrzeuge zu vermeiden, wurde durch die Richtlinie 96/53/EG auf europäischer Ebene geändert sowie eine Anpassung der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung durchgeführt. Durch die Anpassung dürfen Fahrzeuge mit emissionsfreien Antrieben die allgemein geltenden Höchstmassen um das zusätzliche Gewicht durch den Antrieb überschreiten, jedoch maximal um 1 bzw. 2 t.

2.3 Vorgaben Fahrzeugnachfrageseite

2021 wurde die **Clean Vehicles Directive (CVD)** auf europäischer Ebene veröffentlicht und in deutsches Gesetz überführt (SaubFahrzeugBeschG). Die in diesem Gesetz genannten Beschaffungsquoten, wie in Tabelle 1 dargestellt, gelten für die Bundesverwaltung sowie die einzelnen Länder und deren Zuständigkeitsbereiche und adressieren Verträge über Kauf, Leasing oder Anmietung von Straßenfahrzeugen, öffentliche Dienstleistungsaufträge und Dienstleistungsverträge über Verkehrsdienste. Ein Fahrzeug gilt nach dem SaubFahrzeugBeschG als „sauber“, wenn es mit alternativen Kraftstoffen wie Strom, Wasserstoff, Biokraftstoffen, synthetischen Kraftstoffen oder Gas angetrieben wird. Auch Plug-in-Hybridbusse sind in diesem Sinne „sauber“. Emissionsfrei sind Fahrzeuge ohne Verbrennungsmotor oder mit einem Verbrennungsmotor, der weniger als 1 g CO₂/kWh oder 1 g CO₂/km ausstößt.⁹

⁹ BMDV, 2022a.

Fahrzeugklasse	Beschaffungsquoten für „saubere Fahrzeuge“ im 1. Referenzzeitraum 02.08.2021–31.12.2025	Beschaffungsquoten für „saubere Fahrzeuge“ im 2. Referenzzeitraum 01.01.2026–31.12.2030
Leichte Nutzfahrzeuge (< 3,5 t zul. Gesamtmasse)	38,5 %	
Lkw (> 3,5 t zul. Gesamtmasse)	10%	15%
Busse (> 5 t zul. Gesamtmasse)	45% *	65% *

Tabelle 1: Beschaffungsquoten des Gesetzes über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (SaubFahrzeugBeschG)

*Die Hälfte der beschafften Busse muss emissionsfrei sein, d.h. weniger als 1 g CO₂/km ausstoßen – wie z.B. Elektro- bzw. Brennstoffzellenfahrzeuge.

Die **CO₂-differenzierte Lkw-Maut**, die zum 1. Dezember 2023 eingeführt wurde, berechnet den Mautsatz in Euro pro gefahrenen Kilometer abhängig von der Emissionsklasse des Fahrzeugs. Hierdurch soll ein wirtschaftlicher Anreiz für die Anwender zum Einsatz emissionsfreier Nutzfahrzeuge geschaffen werden. Ausgangsgröße ist die technisch zulässige Gesamtmasse des Fahrzeugs. Zum 1. Juli 2024 wurde zudem eine **Maut für Fahrzeuge mit einer technischen zulässigen Gesamtmasse über 3,5 t** eingeführt. Emissionsfreie batterieelektrische und wasserstoffbetriebene Nutzfahrzeuge sind bis

Ende 2025 von dieser Maut befreit – für sie müssen ab 2026 25% des Mautteilsatzes für Infrastrukturkosten plus der Mautteilsätze für Lärmbelastung und Luftverschmutzung entrichtet werden. Fahrzeuge, die mit CNG oder LNG betrieben werden, sind ab 2024 mautpflichtig.¹⁰

2.4 Vorgaben Energieseite

Die **Alternative Fuels Infrastructure Regulation** (AFIR) setzt verbindliche Ziele für den Aufbau von Lade- und Wasserstofftankinfrastruktur. So sollen ab 2025 auf den Strecken des TEN-V-Kernnetzes alle 60 km Ladestationen für schwere Nutzfahrzeuge mit einer Mindestleistung von 350 kW errichtet werden. Zudem müssen für das Über-Nacht-Laden von Nutzfahrzeugen Möglichkeiten zum Laden der Fahrzeuge an sicheren Parkplätzen zur Verfügung gestellt werden. Ab 2030 muss für Pkw und Nutzfahrzeuge Wasserstofftankinfrastruktur entlang des TEN-V-Kernnetzes alle 200 km verfügbar sein.¹¹

Die **Energy Directive III** (RED III) setzt Ziele auf EU-Ebene für den Ausbau von erneuerbaren Energien. Das Gesamtausbauziel in der EU für erneuerbare Energien liegt damit bei 45%, zudem wurden im Rahmen der Überarbeitung nationale Sektorziele festgelegt. Im Verkehrssektor müssen die EU-Mitgliedstaaten einen Anteil an erneuerbaren Energien im Transportsektor von mindestens 29% aufweisen oder die Treibhausgasemissionen in diesem Sektor um mindestens 14,5% senken. Zudem soll der Anteil an fortgeschrittenen Biokraftstoffen sowie RNFBO (Renewable Fuels of Non-Biological Origin = flüssige und gasförmige Kraftstoffe nicht biologischen Ursprungs) bis 2030 zusammen 5,5% betragen, wobei der Anteil an RNFBO mind. 1% betragen soll.¹²

Inverkehrbringer von fossilen Kraftstoffen werden mit dem Instrument der **THG-Emissionsminderungsquote** nach § 37 a–h des Bundesimmissionsschutzgesetzes zur schrittweisen Reduktion der THG-Intensität im Straßengüterverkehr sowie im Schienengüterverkehr verpflichtet. Die Minderung gilt seit 2022: mit 7% und mit einer jährlichen Erhöhung auf insgesamt 25% im Jahr 2030. Zur Zielerfüllung auf die THG-Quote können strombasierte und biogene Kraftstoffe angerechnet werden, wie beispielsweise grüner Wasserstoff, Bio-Diesel, E-Fuels, aber auch die Nutzung von Strom. Ladeinfrastrukturbetreiber können somit Erlöse über den Verkauf von THG-Emissionsminderungszertifikaten an Inverkehrbringer von fossilen Kraftstoffen erzielen.¹³

¹⁰ Toll Collect, 2023.

¹¹ European Union, 2023a, S. 2, 51.

¹² Europäische Kommission, 2023a.

¹³ Göckeler et al., 2023, S. 54.

3. Status der Antriebstechnologien

3.1 Batterieelektrische Antriebe

Der Antrieb bei **batterieelektrischen Nutzfahrzeugen** basiert auf der Nutzung eines Elektromotors, der von einer großen Batterie gespeist wird. Diese Batterien, meist Lithium-Ionen-Batterien, speichern elektrische Energie, die der Elektromotor in mechanische Energie umwandelt, um die Räder des Fahrzeugs anzutreiben.¹⁴ Neben der Treibhausgaseinsparung sind die geringeren Betriebskosten gegenüber konventionell betriebenen Nutzfahrzeugen von Vorteil. Pro gefahrenen Kilometer sind die Energiekosten niedriger und der Wartungsaufwand ist bei einem Elektromotor geringer als bei einem Dieselmotor. Insbesondere für städtische Lieferverkehre ist die geringere Geräuschbelastung ebenfalls vorteilhaft. Trotz technologischer Fortschritte bleibt die Reichweite eines Battery Electric Vehicle (BEV)-Lkw oft hinter der eines Diesel-Lkw zurück. Dies kann im Fernverkehr ein Hindernis darstellen, wobei sich durch hohe Ladeleistungen und technologische Fortschritte bei der Batterietechnologie die Reichweiten mittlerweile auf bis zu 400 km im Praxiseinsatz erhöht haben. Die derzeitige Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge ist noch unzureichend ausgebaut, insbesondere im Langstreckenverkehr.

Der im Februar 2023 veröffentlichte Bericht der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH) „Marktentwicklung klimafreundlicher Technologien im schweren Straßengüterverkehr“ zeigt eine Prognose zur Entwicklung des Nutzfahrzeugmarkts bis 2030. Im Jahr 2030 werden laut Herstellerangaben knapp 58% der neu zugelassenen schweren Nutzfahrzeuge (ab 12 t technisch zulässiger Gesamtmasse) batterieelektrisch betrieben sein. Datengrundlage bilden die aggregierten Absatzzahlen von den Nutzfahrzeugherstellern, die rund 95% des Markts an schweren Nutzfahrzeugen in Deutschland abdecken. Aufgrund des technologischen Reifegrads wird der Fokus zunächst insbesondere auf batteriebetriebenen Nutzfahrzeugen liegen, um die EU-Flottenzielwerte 2025 zu erfüllen.¹⁵ Das Angebot batterieelektrischer Nutzfahrzeuge nimmt stetig zu. Im Bereich der leichten und mittelschweren Nutzfahrzeuge sind bereits viele Fahrzeugmodelle in Serie verfügbar. Erste Fahrzeuge im schweren Gewichtssegment sind ab Ende 2024 in Serie verfügbar.

In Baden-Württemberg – wie auch in anderen Bundesländern – fokussieren sich die Beschaffungen emissionsfreier Busse für den Einsatz im ÖPNV aufgrund der noch nicht vorhandenen technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Einsatz von Brennstoffzellenbussen auf batteriegetriebene Busse. Nachteile sind die Mehrkosten für die Fahrzeuge, teils zu geringe Reichweiten für lange Überlandstrecken sowie die notwendigen Netzertüchtigungen zur Versorgung der Bushöfe mit Mittelspannung für die Ladeinfrastruktur. Insbesondere kleine und mittlere Busunternehmen verfügen nicht über ausreichende finanzielle Mittel zur Umrüstung auf die erforderlichen Infrastrukturen. Die Bereitstellung entsprechender Infrastrukturen über die öffentlichen Auftraggeber ist eine denkbare Alternative und wird bereits in Einzelprojekten umgesetzt.

¹⁴ Wobben, P., 2021.

¹⁵ NOW, 2023, S. 7, 10.

3.2 Oberleitungsantriebe

Bei einem **Oberleitungs-Lkw** handelt es sich um einen elektrisch angetriebenen Lkw, der durch eine Oberleitung mit Strom versorgt wird. Beim Oberleitungs-Lkw können verschiedene Antriebstechnologien kombiniert werden. So ist neben der bisher üblichen Kombination mit einem Verbrennungsmotor auch ein rein elektrischer Antriebsstrang mit einer größeren Batterie möglich.¹⁶ Mit der Inbetriebnahme der Teststrecke für Elektro-Lkw 2019 auf der Autobahn A 5 zwischen Langen/Mörfelden und Weiterstadt in Hessen wurde der sogenannte „eHighway“ erstmals auf einer öffentlichen Straße in Deutschland erprobt.¹⁷ Eine weitere Teststrecke für Elektro-Lkw ist auf der A 1 bei Lübeck eingerichtet worden. Auf einer dritten Teststrecke auf der Bundesstraße 462 zwischen Rastatt und Rottweil in Baden-Württemberg soll zudem die Tauglichkeit für Ortsdurchfahrten geprobt werden.¹⁸ Der Lkw-Betrieb mit einer Oberleitung ist mit Aufwand und mit Kosten verbunden, dazu gehören unter anderem die Konstruktion der Fahrleitung, die ausreichende Dimensionierung der Stromversorgung, hohe Investitionen in Fahrleitungen und Instandhaltungsaufwand. Es werden zudem Zusatzantriebe bzw. Energiespeicher für Spurwechsel und die „letzte Meile“ benötigt.

Bei **Oberleitungsbussen** handelt es sich um einen straßenbahnähnlichen Verkehr, der seine notwendige Energie aus einer Oberleitung bezieht. Inzwischen sind auch Hybridbusse (Kombination Batterie- und Oberleitungsantrieb) verfügbar. Damit können Buslinien über das bestehende Oberleitungsnetz hinaus verlängert werden. Neben Esslingen (Baden-Württemberg) sind Oberleitungsbusse noch in Solingen und in Eberswalde im Einsatz. Nach dem Abschluss des Ausbaus von zwei bestehenden Oberleitungslinien und der mit Bundesförderung in der Beschaffung befindlichen zusätzlichen rund 50 weiteren Oberleitungsbussen wird der Stadtverkehr Esslingen (SVE) der erste vollständig emissionsfreie Busverkehr in Deutschland sein. Obwohl unter bestimmten Bedingungen der Betrieb von Oberleitungsbussen wirtschaftlich sein kann, zögern weitere Städte, das System in Erwägung zu ziehen. Einer der Gründe ist die Tatsache, dass Oberleitungen im Gegensatz zu Ladestellen für Batteriebusse als „raumwirksam“ gelten und vor Baubeginn eine Planfeststellung benötigen. Damit wird die Planungsdauer erheblich verlängert.

3.3 Brennstoffzellenantriebe

Brennstoffzellenbetriebene Lkw (FCEV-Lkw) stellen eine Alternative ergänzend zu batterieelektrischen Antrieben für emissionsfreie Transporte im Straßengüterverkehr dar, insbesondere für hohe Reichweiten. Bei dieser Antriebstechnologie wird Wasserstoff als Energieträger genutzt. In der Brennstoffzelle reagiert Wasserstoff mit Sauerstoff aus der Luft, wobei elektrische Energie, Wasser und Wärme entstehen. Die erzeugte elektrische Energie treibt dann einen Elektromotor an, der das Fahrzeug bewegt.¹⁹ Neben den hohen Reichweiten ist die kurze Dauer des Betankungsprozesses, ähnlich wie bei einem Dieselfahrzeug, vorteilhaft. Limitierende Faktoren sind aktuell die Verfügbarkeit der Tankinfrastruktur sowie des Wasserstoffs, die aktuell hohen Anschaffungskosten der Fahrzeuge und die hohen Kosten für Wasserstoff.

¹⁶ Jöhrens, J., Hinrich, H., 2020, S. 5 ff.

¹⁷ FuE Zentrum Kiel GmbH,

¹⁸ Jöhrens, J., Hinrich, H., 2020, S. 7,

¹⁹ Müller, K., Friedrich, H., 2020.

Aus den Ergebnissen des Cleanroom-Berichts der NOW GmbH ist festzuhalten, dass aufgrund ihrer Verfügbarkeit zunächst BEV-Lkw stärker in den Markt eintreten werden. Ein Anstieg der Stückzahlen von Lkw mit Brennstoffzellenantrieb wird erst für 2027 bis 2030 erwartet. Derzeit bietet nur Hyundai FCEV-Lkw an, Iveco hat ein Sattelschlepper-Serienprodukt für 2025 und Daimler Truck für 2027, angekündigt. Ohne bislang veröffentlichte Serienanläufe arbeiten auch DAF, Scania, VDL und Ford Otosan an H₂-angetriebenen Schwerlastfahrzeugen. Neben klassischen OEM werden in Deutschland Fahrzeuge von Umrüstfirmen wie Paul Nutzfahrzeuge oder Start-up-Unternehmen wie Quantron und Zepp Solutions angeboten. Die Beiträge der einzelnen Firmen wurden nicht veröffentlicht, die Gesamtstückzahlen sind im Cleanroom-Bericht dargestellt. International am weitesten fortgeschritten in der Erprobung und dem Einsatz von H₂-Lkw ist die VR China, wo 2023 insgesamt über 5.700 Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb neu zugelassen wurden, davon die stark überwiegende Anzahl schwere Nutzfahrzeuge.²⁰

Brennstoffzellenbusse werden 2024 im ÖPNV in Baden-Württemberg nur in Stuttgart (12-Meter-Busse) und Heidelberg (18-Meter-Gelenkbusse) eingesetzt. Beide Anwendungen basieren auf Förderprojekten, bei denen Betriebshöfe mit Tankstellen vorhanden sind. In Waiblingen werden voraussichtlich Fahrzeuge 2025 zum Einsatz kommen. Für einen weiteren Ausbau sind sowohl weitere Marktanreizmittel notwendig als auch signifikante Reduktionen der Fahrzeugkosten und die Verfügbarkeit von (Ersatz)-Tankstellen. Insbesondere die Installation geeigneter Infrastruktur wird für den flächendeckenden Einsatz von Batterie- wie Brennstoffzellenbussen entscheidend sein. Die längeren Reichweiten als maßgeblicher Vorteil wasserstoffgetriebener Busse werden kompensiert durch die aktuell erheblich höheren Mehrkosten für die Fahrzeugbeschaffung, den Aufbau der notwendigen Tankinfrastruktur und die Investitionen in Sicherheitseinrichtungen und den Werkstattbereich. In Deutschland sind insbesondere in Köln und im Rheinland größere Busflotten mit Brennstoffzellenantrieb im Einsatz.

3.4 Wasserstoffmotor

Wasserstoff kann auch als Kraftstoff für den Verbrennungsmotor eingesetzt werden. Eine Serieneinführung des **Wasserstoffmotors** in Nutzfahrzeugen hat es bis heute nicht gegeben. Es lassen sich dennoch zunehmende Aktivitäten auf Seiten von Forschung und Industrie in Bezug auf den Wasserstoffmotor in Nutzfahrzeuganwendungen erkennen. Ein Beispiel hierfür sind entsprechende Statements globaler OEM (z.B. DAF, MAN, Daimler Truck AG) sowie die Gründung „Allianz Wasserstoffmotor e.V.“ durch Unternehmen wie die Daimler Truck AG und Bosch im Jahr 2021.²¹

Der Wasserstoffmotor zeigt konkrete Vorteile für den Einsatz in gewissen Applikationen, etwa dem schweren Nutzfahrzeug, kann aber im Gegensatz zu BEV oder Brennstoffzellenantrieb keine Rekuperationsenergie zurückgewinnen. Wenn die technische Entwicklung bei der Wasserstoff-Verbrennungstechnologie weiter voranschreitet, kann der Wasserstoffmotor eine sinnvolle Ergänzung zum Brennstoffzellenantrieb in Sonderanwendungen darstellen. Aus der Sicht einiger Fahrzeughersteller bietet der Wasserstoffmotor im Vergleich zur Brennstoffzelle einige Vorteile, wie die Übernahme von Basismotor-komponenten und Antriebsstrang, auch bestehende Architekturen des Kühlsystems können übernommen werden. Die Herausforderung

²⁰ FuelCellsWork, 2024.

²¹ Allianz Wasserstoffmotor e.V., 2024.

des Wasserstoffmotors liegt analog zur Brennstoffzellentechnologie in der Verfügbarkeit einer Wasserstoffinfrastruktur und der Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff. Die großen technologischen Herausforderungen liegen in der Entwicklung des Einspritz- und Tanksystems, in der Optimierung der Triebwerkskomponenten und in der Anpassung der Abgasnachbehandlung.

3.5 Synthetische Kraftstoffe

Synthetische Kraftstoffe können den Vorteil einer kurzfristigen Treibhausgasreduktion im Straßengüterverkehr bieten. Bereits verfügbare Verbrennerfahrzeuge können mit synthetischen Kraftstoffen betankt werden, zudem kann teilweise bereits bestehende Infrastruktur genutzt werden. Es werden unterschiedliche synthetische Kraftstoffe unterschieden, die sich in der Herstellungsweise und den chemischen Zusammensetzungen unterscheiden.²² Vom Power-to-X(PtX)-Verfahren wird gesprochen, wenn Strom in einen synthetischen Kraftstoff umgewandelt wird. Die synthetische Nachbildung konventioneller Kraftstoffe (Dieselkraftstoff oder Benzin) wird als Power-to-Liquid(PtL)-Verfahren bezeichnet. Hinzu kommen die Biokraftstoffe der 2. Generation, basierend auf Pflanzenreststoffen. Hierzu gehören HVO (= hydriertes Pflanzenöl), Biomass-to-Liquid(BtL)-Produkte sowie Cellulose-Ethanol. Als Rohstoff wird größtenteils Lignocellulose, die in Reststoffen wie Stroh oder Forstabfällen enthalten ist, verwendet.

Langfristig bietet sich für synthetische Kraftstoffe für Nutzfahrzeuge sowie Busse nur eingeschränkte Möglichkeiten Möglichkeit zum flächendeckenden Einsatz. Neben der Verfügbarkeit behindern die EU-Regulatorik, die hohen Kosten und die begrenzte Finanzierung den Hochlauf von Anlagen und Einsatz von synthetischen Kraftstoffen im Straßenverkehr. Aktuell sind nur 1% aller bis 2030 angekündigten Projekte finanziert und nur zwei SynFuel-Anlagen mit insgesamt 2 MW sind in Betrieb, weil die delegierten Rechtsakte der EU zu Wasserstoff und zur Berechnung der Treibhausgasminderung den Hochlauf langfristig unwirtschaftlich machen. Die Anlage Haru Oni in Chile ist derzeit die einzige Anlage, die explizit auf Pkw ausgerichtet ist. Selbst in Ausbaustufe III (2.000 MW, fast 1/3 der für 2030 weltweit angekündigten Kapazität) könnte die Gesamtproduktion nur etwa 1,3% des deutschen Pkw-Bestands versorgen. Ein Import ist jedoch aufgrund der EU-Regulatorik nicht möglich.

²² DLR, 2018, S. 4.

4. Wirtschaftlichkeit

4.1 Förderpolitische Rahmenbedingungen

Da die Investitionskosten für emissionsfreie Fahrzeuge und Infrastruktur die Kosten eines Dieselnutzfahrzeugs bzw. -busses übersteigen, hat der Bund in den vergangenen Jahren eine Förderrichtlinie auf den Weg gebracht, um den Markthochlauf in dieser frühen Phase zu unterstützen. Im Bereich der Nutzfahrzeuge (N1–N3) hat das BMDV im Jahr 2021 die Förderrichtlinie **Klimaschonende Nutzfahrzeuge und Infrastruktur (KsNI)** initiiert. Hierbei wurden 80 % der Investitionsmehrkosten für Nutzfahrzeuge und 80% der projektbezogenen Investitionsmehrkosten für die dazugehörige Tank- und Ladeinfrastruktur gefördert. Neben batterieelektrischen Antrieben wurden auch brennstoffzellenbetriebene Nutzfahrzeuge sowie Plug-in-Hybride gefördert. Aufgrund der Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts zu den Mitteln aus dem Klima- und Transformationsfonds werden folglich viele Förderprogramme im Bereich der Investitionsförderung sowie im Bereich FuE nicht mehr weitergeführt.²³ Das Angebot an Förderprogrammen hat sich infolgedessen sehr stark reduziert. Bis Ende Oktober 2024 war eine Förderung des BMDV für den Aufbau gewerblicher Schnellladeinfrastruktur geöffnet. Hierfür stehen 150 Mio. Euro zur Verfügung.²⁴ Das Verkehrsministerium Baden-Württemberg wird im November 2024 jeweils ein Förderprogramm für emissionsfreie Nutzfahrzeuge sowie ein Förderprogramm für den Aufbau von Ladeinfrastruktur veröffentlichen.²⁵ Im Rahmen der **Bundesförderung für Busse** (1. und 2. Förderaufruf) wurden lediglich rd. 8% (rd. 100 Mio. Euro) der gesamten Fördermittel von Busunternehmen in Baden-Württemberg beantragt. Gefördert werden damit insgesamt 222 Batteriebusse, davon entfallen auf vier private Unternehmen 11,6 Mio. Euro und 43 Batteriebusse. Über die Landesförderung wurden im Zeitraum 2021–2022 von rd. 900 Linienbussen lediglich 130 emissionsfreie Busse (14%) gefördert.

4.2 Parameter einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeit emissionsfreier Nutzfahrzeuge und Busse wird von den nachfolgenden Faktoren bestimmt:

- Netto-Kaufpreis
- mögliche Fördermittel für die Mehrkosten i.V. zu Dieselfahrzeugen
- Investitionen für Lade- bzw. Tankinfrastruktur bei der Spedition (Lkw) bzw. Busdepot (Busse)
- mögliche Fördermittel für Lade- bzw. Tankinfrastruktur auf dem Betriebsgelände
- ggf. anteilige Kosten für Netzertüchtigung (z.B. Anschluss Mittelspannung)
- Investitionen im Werkstattbereich
- Kosten für Batterietausch, wenn Haltedauer länger als garantierte Batterieeinsatzdauer
- Wartungskosten (eigene oder Fremdwerkstatt)
- Energiekosten
- ggf. Zusatzfahrzeuge, um z.B. längere Standzeiten in der Werkstatt auszugleichen

²³ Werwitzke, C., 2024.

²⁴ BMDV, 2024.

²⁵ Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2024a

- Energiekosten (Strom, Wasserstoff), es ist davon auszugehen, dass externe Betreiber von Lade- bzw. Tankinfrastruktur die Investitionen und laufenden Kosten im jeweiligen Abgabepreis inkludieren
- möglicher Erlös aus CO₂-Zertifikaten
- Restwert bei Verkauf (bisher liegen kaum Erfahrungswerte für emissionsfreie Lkw bzw. Busse vor)
- Zusatzausbildung für Fahrer und Werkstattpersonal

5. Status erforderlicher Energieinfrastrukturen

5.1 Ladeinfrastruktur

Die **Ladearten** für batterieelektrische Nutzfahrzeuge hängen vom Energiebedarf des Fahrzeugs sowie von der zur Verfügung stehenden Zeit für den Ladevorgang ab und lassen sich in folgende Kategorien unterscheiden.

- Normalladen: bis 22 kW Ladeleistung (ca. 4,5–5 Std. Ladezeit für 100 kWh)
- Schnellladen: 22–150 kW Ladeleistung (ca. 2 Std. Ladezeit für 100 kWh)
- Hochgeschwindigkeitsladen (HPC = High Power Charging): 150–400 kW (ca. 30 Min. für 100 kWh bei einer Ladeleistung von 350 kW)
- Megawattladen (MCS = Megawatt Charging System): ca. 1.000 kWh (voraussichtlich unter 30 Min.)²⁶

Für das Laden von Nutzfahrzeugen wird der europaweit einheitliche Combined Charging System (CCS)-Stecker verwendet. Für das Megawattladen wird ein MCS-Stecker benötigt. Dieser Standard ermöglicht das Laden von Fahrzeugen mit 1 MW Ladeleistung. 2024 haben bereits mehrere Fahrzeughersteller in ihren Test- und Entwicklungszentren das MCS-Laden erfolgreich durchgeführt. So wurde ein Prototyp des eActros 600 von Daimler Truck im Frühjahr 2024 auf dem Werksgelände in Wörth am Rhein mit 1 MW Leistung geladen. Die Serienproduktion des Fahrzeugs, das den MCS-Standard erfüllt, ist für Ende 2024 geplant.²⁷ Der Ladesäulenhersteller Alpitronic kündigt ein MCS-Ladesystem für Anfang 2025 an.²⁸ Batterieelektrische Nutzfahrzeuge für den Fernverkehr sind auf das schnelle Zwischenladen mit hohen Ladeleistungen, angewiesen, um auch hohe Reichweiten abzudecken.

Die **Verteilung von privatem und öffentlichem Laden** wird sich in Deutschland im Gesamtdurchschnitt auf 80% im Depot und 20% an öffentlicher Ladeinfrastruktur verteilen. Für den Fernverkehr wird eine Verteilung in einem Verhältnis von 50% zu 50% angenommen.²⁹ In den Fällen, in denen es möglich ist, wird das Depotladen aus Anwendersicht bevorzugt. Dies ist beispielsweise der Fall bei regionalen Verteilerverkehren und bei Unternehmen, die Zugang zu einem Betriebshof haben und diesen in regelmäßig planbaren Abständen von ihren Fahrzeugen anfahren lassen. Laden an öffentlicher Infrastruktur ist aufgrund der dort verfügbaren Strompreise mit höheren Kosten verbunden. Anwender können auf ihrem Betriebshof mit günstigeren Strompreisverträgen laden.

²⁶ NOW, 2023a, S. 26.

²⁷ Pieringer, 22.04.2024.

²⁸ Schaal, 18.01.2024.

²⁹ NOW, 2023, S. 24.

Der Bund wird mit dem **initialen Ladenetz für E-Lkw** an unbewirtschafteten Rastanlagen Ladeinfrastruktur aufbauen. Es ist geplant, sowohl CCS- (ca. 2.400) als auch MCS-Ladepunkte (ca. 1.800) aufzubauen. **In Abbildung 4 sind die geplanten Aktivitäten dargestellt.**

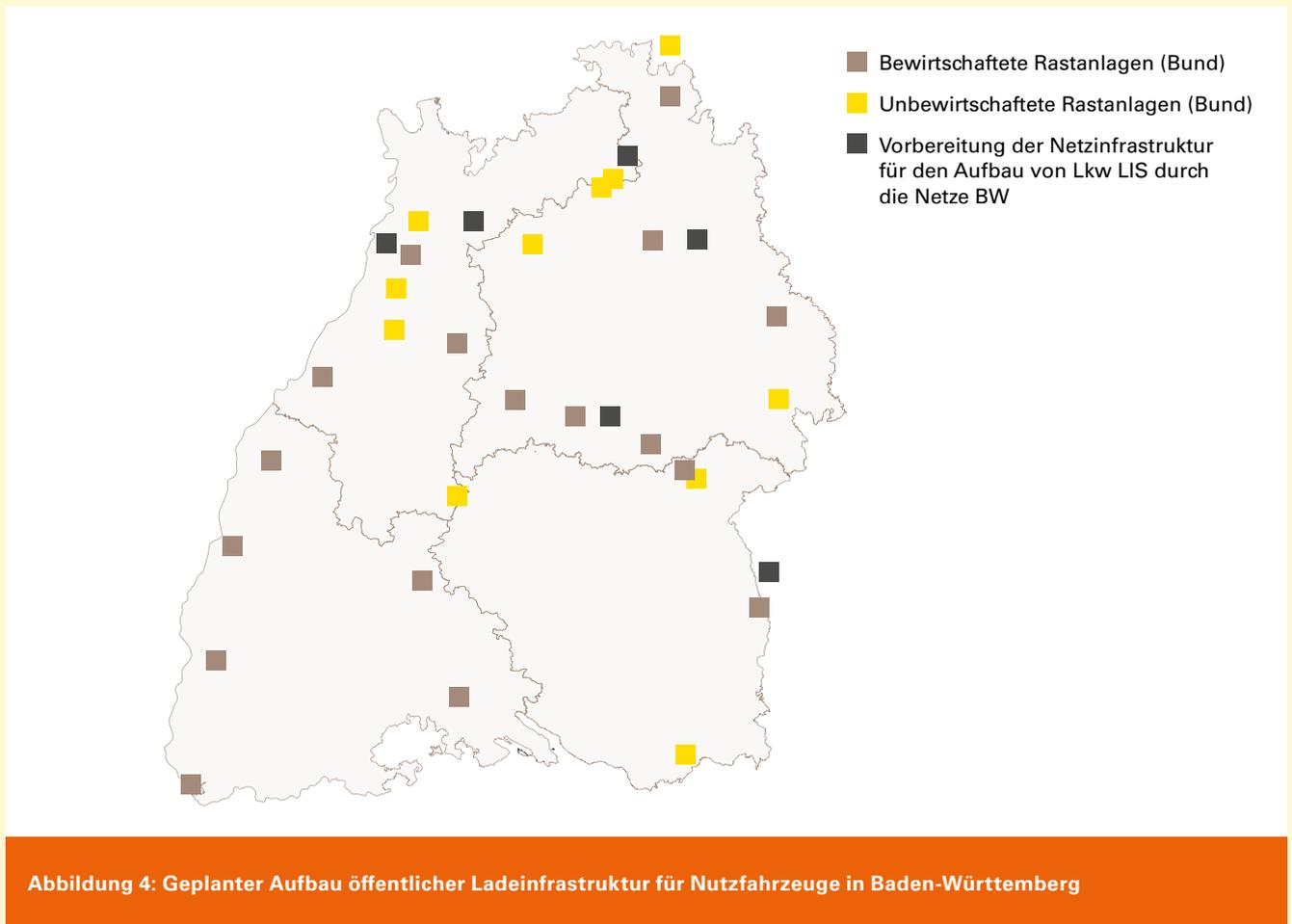


Abbildung 4 zeigt die Standorte bewirtschafteter und unbewirtschafteter Rastanlagen in Baden-Württemberg, die über die Ausschreibungen des Bundes mit Ladeinfrastruktur ausgestattet werden sollen. Die unbewirtschafteten Standorte sind gelb hinterlegt und die bewirtschafteten Standorte, die in der ersten Ausschreibungsrunde unberücksichtigt bleiben, sind braun hinterlegt. Ergänzend dazu wird die Netze BW mehrere Standorte an den Bundesautobahnen hinsichtlich der Netzanschlusleistungen für den Aufbau von Ladeinfrastruktur vorbereiten. Die Standorte sind auf der Karte dunkelgrau hinterlegt.

Name der Rastanlage	Bewirtschaftung (U = unbewirtschaftet; B = bewirtschaftet)	Bundesauto- bahn	Netzbetreiber Nieder-/ Mittelspannung	Netzbetreiber Hochspannung
Eichhäuser Hof	U	A 6	Syna GmbH	Syna GmbH
Härtsfeld Ost	U	A 7	Netze ODR GmbH	Netze BW GmbH
Scharenstetten	U	A 8	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Wart	U	A 6	NHF Netzgesellschaft Heilbronn-Franken	Syna GmbH
Mönchberg	U	A 5	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Steinig	U	A 8	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Heidenheimer Kohlplatten	U	A 7	Hellenstein-Energie-Logistik GmbH	Netze BW GmbH
Ettensweiler West	U	A 96	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Hirtenhaus	U	A 81	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Kreuzlach	U	A 5	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Weil am Rhein Ost	B	A 5	ED Netze GmbH	ED Netze GmbH
Hohenlohe Süd	B	A 6	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Aichen	B	A 8	Albwerk GmbH & Co. KG	Netze BW GmbH
Denkendorf	B	A 8	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Illertal Ost	B	A 7	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Enztal Nord	B	A 8	e.dis Netz GmbH	e.dis Netz GmbH
Grubingen	B	A 8	Albwerk GmbH & Co. KG	Netze BW GmbH
Baden-Baden West	B	A 5	Stadtwerke Baden-Baden	Netze BW GmbH
Neckarburg West	B	A 81	ENRW Energieversorgung Rottweil GmbH & Co. KG	Netze BW GmbH
Jagsttal Ost	B	A 81	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Jagsttal West	B	A 81	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Im Hegau Ost	B	A 81	Stadtwerke Engen GmbH	ED Netze GmbH
Neckarburg Ost	B	A 81	ENRW Energieversorgung Rottweil GmbH & Co. KG	Netze BW GmbH
Illertal West	B	A 7	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Breisgau	B	A 5	ED Netze GmbH	ED Netze GmbH
Mahlberg Ost	B	A 5	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Hohenlohe Nord	B	A 6	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Sindelfinger Wald	B	A 8	Stadtwerke Sindelfingen GmbH	Netze BW GmbH
Im Hegau West	B	A 81	Stadtwerke Engen GmbH	ED Netze GmbH
Ellwanger Berge Ost	B	A 7	Netze ODR GmbH	Netze BW GmbH
Renchtal Ost	B	A 5	Überlandwerk Mittelbaden GmbH & Co. KG	nicht bekannt
Mahlberg West	B	A 5	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH
Bruchsal Ost	B	A 5	Energie- und Wasserversorgung Bruchsal GmbH	Netze BW GmbH
Ob der Tauber West	B	A 81	Netze BW GmbH	Netze BW GmbH

Tabelle 2: Geplante Standorte des Ladenetzes für E-Lkw an Bundesautobahnen in Baden-Württemberg*

* Daten entnommen aus: Autobahn GmbH, 2024.

Der Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur wird zudem bundes- und europaweit privatwirtschaftlich vorangetrieben. MAN und E.ON haben ein Joint Venture gegründet, um öffentliche Ladeinfrastruktur an 400 Schnellladepunkten (400 kW) bundesweit aufzubauen. Bis Ende 2025 sollen 80 der geplanten 170 Standorte in Betrieb sein.³⁰ Milence ist ein weiteres Joint Venture, das öffentliche Ladeinfrastruktur für Lkw aufbauen wird. Es wurde von Daimler Truck, der TRATON Group & Volvo Group gegründet. In Europa sollen bis 2027 insgesamt 1.700 Schnellladepunkte (400 kW) errichtet werden.³¹ Beide Joint Ventures planen, die CCS-Ladeinfrastruktur perspektivisch auf den MCS-Standard aufzurüsten. Aral Pulse, eine Tochtergesellschaft von BP Europa SE, baut zudem Ladeinfrastruktur für Lkw in Deutschland kontinuierlich aus. Aral Pulse verfügt aktuell an über 20 Standorten in Deutschland über Lkw-Ladeinfrastruktur.³²

Das Ministerium für Verkehr in Baden-Württemberg hat eine Studie zur Erstellung einer **Bedarfs- und Standortanalyse zum flächendeckenden Laden von E-Lkw in Baden-Württemberg** in Auftrag gegeben. Ihr zufolge werden in Baden-Württemberg bis 2027 1.800 öffentlich zugängliche Ladepunkte benötigt. Bis 2030 werden 6.350 und bis 2035 13.820 Ladepunkte erforderlich, um den prognostizierten Bedarf zu decken. Dies beinhaltet sowohl Ladepunkte für Fahrten im Regionalverkehr als auch Zwischen- und Übernachtladepunkte im Fernverkehr.³³ Den in der Studie prognostizierten Bedarfen stehen die Anforderungen für eine Mindestausstattung von etwa 30 Ladestandorten gemäß der AFIR-Verordnung gegenüber.³⁴

Die **Bereitstellung der Netzanschlusskapazitäten** ist mit hohen Kosten und baulichem Aufwand verbunden, da die vorhandenen Netzanschlusskapazitäten an den Ladestandorten bislang häufig nicht mit den erforderlichen Netzanschlüssen ausgestattet sind. Die zeitliche Vorlaufplanung beim Netzausbau hängt von der Spannungsebene ab. Insbesondere bei hohen Ladeleistungen kann ein Anschluss an die Mittelspannung erforderlich werden, beim MCS-Laden perspektivisch auch ein Anschluss an die Hochspannung. Die Kosten und die Realisierungszeiträume können stark variieren, abhängig von den lokalen Rahmenbedingungen.

Zudem besteht eine **Flächenkonkurrenz** mit bereits bestehenden Parkplatzflächen, die durch den Aufbau von Ladeinfrastruktur perspektivisch reduziert werden. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) hat in einer Auswertung aus dem Jahr 2018 ca. 23.200 fehlende Lkw-Stellplätze in Deutschland identifiziert.³⁵ Der Bundesverband Güterverkehr und Logistik (BGL) e.V. ging im Jahr 2022 von 40.000 fehlenden Stellplätzen aus.³⁶ Somit ist durch den Aufbau von Ladeinfrastruktur mit einer zunehmenden Überlastung der Rastanlagen zu rechnen, wenn keine neuen Standorte für diese Bauvorhaben erschlossen werden. Die Möglichkeiten, weitere Flächen für den Aufbau von Ladeinfrastruktur zu beanspruchen, sind ggf. noch nicht in vollem Ausmaß ausgeschöpft. Diesen Aspekt greift auch die Bedarfs- und Standortanalyse des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg auf. Sie zeigt auf, dass Flächenpotenziale neben der Autobahn, u.a. auf Industrie- und Ge-

30 Schaal, S., 2024.

31 Vehicle Charging Europe B.V., 2024.

32 Aral, 2024.

33 Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2024, S. 31.

34 Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2024, S. 3.

35 BASt, 2019, S. 4.

36 BGL, 2022.

werbegebieten, unerlässlich sind, um ausreichend Ladeinfrastruktur für die prognostizierten Bedarfe zur Verfügung zu stellen. Daher sollen auch Standorte in Industrie- und Gewerbegebieten entwickelt werden.³⁷

Im ÖPNV für **batterieelektrische Busse** bestehen Bedarfe für Depotlösungen und ggf. Zwischenladungen an der Strecke, insbesondere bei Überlandlinien. Überwiegend werden Busse im ÖPNV-Linienverkehr in Depots über Nacht geladen, da die Reichweite der aktuellen Batterietechnologie ausreichend für die Mehrzahl der Linien im Stadtverkehr ist. Für längere Linieneinführungen allerdings sind Zwischenladungen (Pantografen) oder Neuplanungen der Strecken erforderlich. Die Umrüstung der bestehenden Busdepots mit Ladeinfrastruktur ist aufgrund technologischer Erfordernisse und wirtschaftlicher Ressourcen der Eigentümer in zahlreichen Fällen nicht oder nur eingeschränkt möglich. Daher sind ggf. öffentliche Auftraggeber aufgerufen, die notwendigen Investitionen für die Lade- oder Tankinfrastruktur auf eigenen Flächen zu übernehmen. Insbesondere im ländlichen Raum oder in enger städtischer Bebauungslage führt die Umstellung gesamter Flotten auf BEV mittelfristig zu entsprechenden Herausforderungen für die beteiligten Unternehmen und Kommunen. Veraltete Bushöfe bzw. beengte Flächen, finanzielle Rahmenbedingungen, Sicherheitsvorschriften, Energieversorgung, Reichweitenabsicherung usw. erfordern vielerorts komplette Neuordnungen der bestehenden ÖPNV-Infrastruktur.

5.2 Wasserstofftankinfrastruktur

Gasförmiger Wasserstoff mit einer Druckstufe von 350 bar wird sowohl für Busse als auch für Nutzfahrzeuge der EG-Fahrzeugklassen N2 und N3 eingesetzt. 700 bar finden bei N1-, N2- sowie N3-Nutzfahrzeugen Anwendung. Bezüglich der 700-bar-Druckstufe sind allerdings noch Standardisierungsfragen zu klären (Tankprotokoll), was voraussichtlich 2025 abgeschlossen sein wird. Darüber hinaus sind noch nicht alle Hardwarebestandteile am Markt verfügbar. Eine mittelfristige Option stellt zudem flüssiger Wasserstoff im N3-Schwerlastverkehr dar.

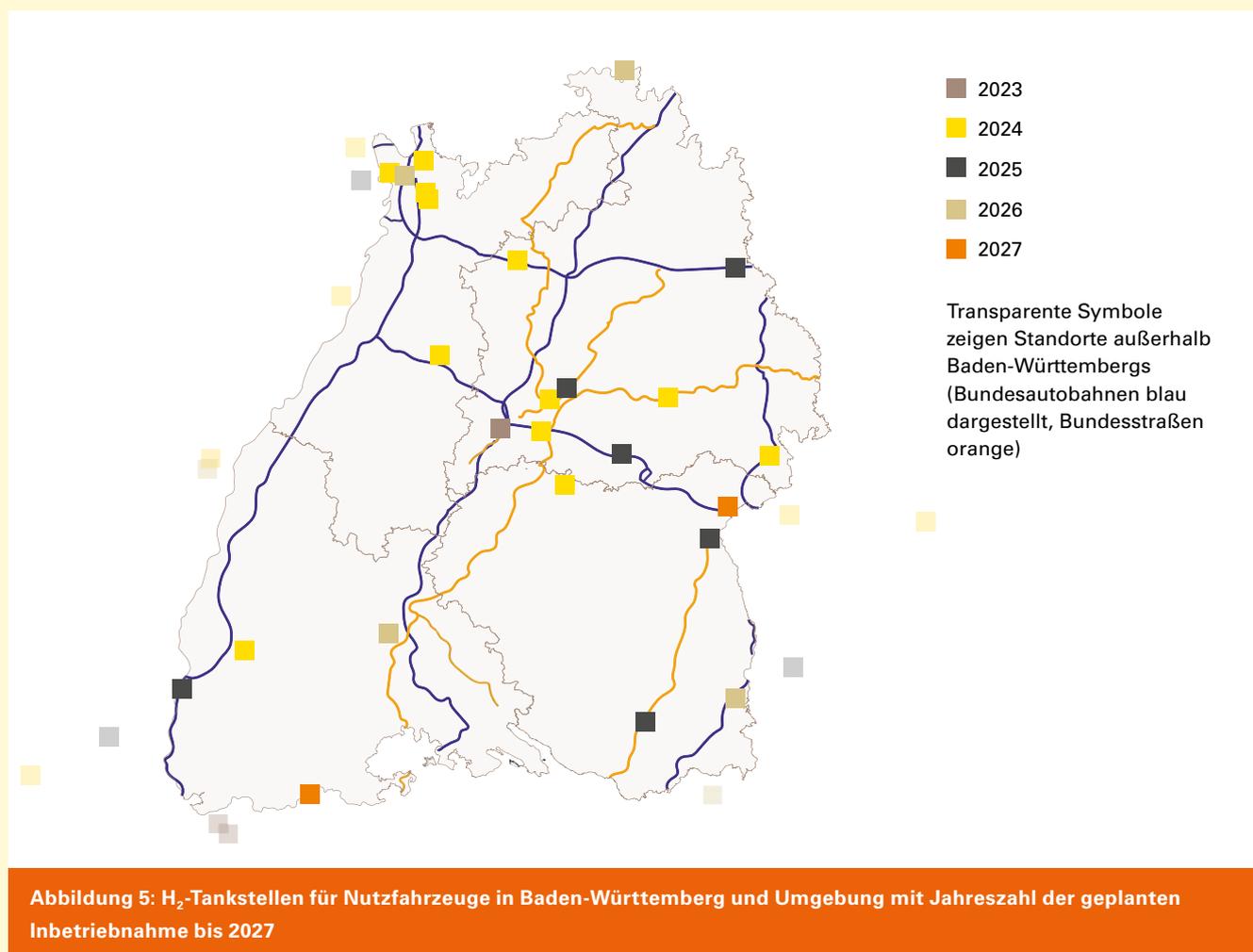
Mit Stand Mai 2024 wurden von e-mobil BW elf Projekteure und Tankstellenbetreiber bezüglich ihrer Planung für Baden-Württemberg bis 2030 befragt. **Es zeigt sich, dass aus derzeitiger Sicht bis 2030 in Baden-Württemberg nicht mit einem flächendeckenden Netz zu rechnen ist.** Die aktuellen Planungen konzentrieren sich auf die Metropolregionen mittlerer Neckar (Stuttgart, Esslingen, Sindelfingen, Waiblingen, Schwäbisch Gmünd und Metzingen) und Rhein-Neckar (Mannheim, Ludwigshafen, Heidelberg, Frankenthal) sowie Standorte entlang der Autobahnen A 8 (zwischen Pforzheim und Günzburg), A 5 (zwischen Darmstadt und Heidelberg und Offenburg bis Freiburg), A 6 (Bad Rappenau und Satteldorf), A 7 (bei Giengen und Ellwangen bzw. Illertissen, Vöhringen und Memmingen auf der bayerischen Seite) oder A 81 (Sindelfingen, Sulz, Villingen). Darüber hinaus sind gegenwärtig nur wenige Standorte geplant.

³⁷ Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2024, S. 46 f.

2022 wurden seitens des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) für bestehende Tankstellen zusätzliche Investitionsmittel freigegeben. Diese erlauben, einige der heutigen nur für Pkw einsatzfähigen Tankstellen mit zusätzlichen 350-bar-Dispensern auszurüsten, die dann eine Lkw-Betankung an diesen Standorten erlaubt. Diese erweiterten Tankstellen sind bis Ende 2024 für Nutzfahrzeuge verfügbar. Neue seitens BMDV geförderte Tankstellen werden eine tägliche Kapazität von 2 t Wasserstoff haben – somit können mit diesen neuen Standorten je nach täglicher Fahrleistung ca. 2.000 bis 3.000 Lkw betankt werden. **Eine aktuelle Übersicht der Planungen bis 2027 zeigt Abbildung 5.**

Seitens der Fahrzeugindustrie werden deutlich mehr Wasserstofftankstellen für kommerziell nutzbare Netzbindung als notwendig erachtet. Der Europäische Automobilherstellerverband Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA) betrachtet für den Fernverkehr in der Fläche einen maximalen Abstand von 100 km zwischen den Tankstellen als erforderlich. Diese sollen nicht nur auf dem TEN-V-Kernnetz, sondern auch auf dem erweiterten TEN-V-Netz installiert sein.³⁸

38 ACEA, Hydrogen infrastructure: more ambition needed, 2019.



Eine mittel- bis längerfristige Standortplanung bedingt eine planbare Verfügbarkeit einer ausreichenden Anzahl von Fahrzeugen. Solange dies aus Sicht der Tankstellenbetreiber nicht umgesetzt ist, bleiben mittel- bis längerfristige Standortplanungen schwierig. Dennoch beurteilen verschiedene Tankstellenbetreiber die Ausbildung eines flächendeckenden Netzes, das alle Autobahnen und wichtigen Bundesstraßen sowie alle städtischen Bereiche umfasst, spätestens für das Jahr 2035 als realistisch. Weiter wird für städtische und andere wichtige Logistikzentren angenommen, dass Redundanzen vorliegen, um auch bei Störungen einen Betrieb aufrecht erhalten zu können.

6. Aufbau eines funktionierenden Gesamtsystems für Nutzfahrzeuge und Busse

6.1 Lessons Learned der abgeschlossenen SDA-Missionen

Mission I: Durchführbarkeitsuntersuchung zur Pilotlade- und Tankinfrastruktur für Langstrecken-Lkw – VorPiLaTes	
Ziel	Identifikation von Standorten für den Aufbau von Ladeinfrastruktur sowie Wasserstofftankstellen in Baden-Württemberg
Lessons Learned	– Die Identifikation und Erschließung von Flächen für den Aufbau von Lade- und Wasserstoff-Tankstelleninfrastruktur ist ein kritischer Aspekt für den Roll-out von Infrastruktur
	– Ggf. hoher Zeitbedarf, der benötigt wird, bevor eine identifizierte Fläche für den Bau einer Lade- und Tankstelleninfrastruktur genutzt werden kann (möglicherweise langwierige Erschließungsanträge)
	– Auswahl geeigneter Standortkriterien ist wichtig für Standortsuche, wobei Kriterien für Ladeinfrastruktur und Wasserstofftankstellen teilweise unterschiedlich sind
Mission II: Branchengespräche mit baden-württembergischen Verteilnetzbetreibern mit dem Ziel der Erarbeitung und Abstimmung einer Branchenvereinbarung	
Ziel	Erarbeitung einer Branchenvereinbarung, die Lösungsansätze zur Prozessbeschleunigung beim flächendeckenden Aufbau von Ladeinfrastruktur für Pkw in Baden-Württemberg aufzeigt
Lessons Learned	– Die Berücksichtigung sowohl der Perspektive der (Verteil-)Netzbetreiber als auch der Perspektive der Ladeinfrastrukturbetreiber gleichermaßen ist erforderlich für ein gemeinsames Verständnis im Hinblick auf die Netzintegration von Ladeinfrastruktur
	– Eine Folgeaktivität zum Monitoring der Branchenvereinbarung, die detaillierter auf die Anforderungen der Ladeinfrastrukturbetreiber eingeht (Mission 2a), ist aktuell in Bearbeitung
Mission III: Erfassung von Hemmnissen bei der Finanzierung sowie beim Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur Mission VI: Erarbeitung von Maßnahmen zum Abbau von Hemmnissen bei der Finanzierung sowie beim Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur	
Ziel	Identifikation und Erfassung von Hemmnissen bei Finanzierung, Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur (Mission III) sowie anschließende Erarbeitung von Maßnahmen zur Beseitigung dieser Hemmnisse (Mission VI)
Lessons Learned	– Im Pkw-Bereich bestehen keine flächendeckenden Förderbedarfe mehr – es wird empfohlen, Finanzierungsmittel punktuell bei Bedarf einzusetzen, bspw. für Ladeinfrastrukturbedarfe im Bereich Nutzfahrzeuge oder bei spezifischen regionalen Bedarfen
	– In Mission VI wurden Tätigkeitsfelder identifiziert, die bei der Erarbeitung von Maßnahmen fokussiert werden sollten: Genehmigungsverfahren und Prozesse, Flächenverfügbarkeit, Netzanschluss sowie Netzanschlusskapazität

Mission IV: Vorbereitung des Ausbaus einer Wasserstoffinfrastruktur in Baden-Württemberg bis 2030
Mission V: Vorbereitung einer Wasserstofftankinfrastruktur für Nutzfahrzeuge

Ziel	Diskussion der Ausgestaltung einer Wasserstoffwirtschaft in Baden-Württemberg in Mission IV – die Anforderungen einer Wasserstofftankinfrastruktur für Nutzfahrzeuge wurden in Mission V betrachtet.
Lessons Learned	<ul style="list-style-type: none"> – Ein erfolgreicher Markthochlauf erfordert neben dem Aufbau und der bedarfsgerechten Verfügbarkeit von Wasserstofftankinfrastruktur ausreichende Auslieferungszahlen der Fahrzeuge – eine ausreichende Fahrzeugverfügbarkeit wird aktuell als herausfordernd betrachtet, u.a. aufgrund fehlender Fördermittel (KsNI) bei sehr hohen Investitionskosten – In einer Übergangsphase sollten daher auch Mietmodelle für Lkw in Betracht gezogen werden (siehe Mission XII) – mit der Fahrzeugindustrie sind Randbedingungen für einen Industrialisierungsstart zu erörtern
	<ul style="list-style-type: none"> – Es muss gewährleistet sein, dass Wasserstoff – im Idealfall grüner Wasserstoff – in ausreichender Menge zur Verfügung steht
	<ul style="list-style-type: none"> – Im Sinne einer landesweiten Standort- und Netzwerkplanung sollten geeignete Grundstücksflächen für den Aufbau von HRS identifiziert werden
	<ul style="list-style-type: none"> – Weiterentwicklung steuerlicher Anreize, wie CO₂-Abgaben um Anreize für einen nachhaltigen Markthochlauf zu fördern

Mission VII: Netzintegration von Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge

Ziel	Konkrete Handlungsbedarfe für E-Lkw sollen für den Zielhorizont 2035 abgeleitet und umgesetzt werden. Hierbei arbeitet die Landesregierung von Baden-Württemberg eng mit den Stakeholdern aus der Industrie zusammen. Die Ergebnisse der Studie „Bedarfs- und Standortanalyse zum flächendeckenden Laden von E-Lkw in Baden-Württemberg“, die von Seiten des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg beauftragt wurde, werden für die Bewertung berücksichtigt. In der Studie werden die Bedarfe an Ladeinfrastruktur für E-Lkw in Baden-Württemberg prognostiziert. Die Ergebnisse – zum einen aus der quantitativen Analyse, zum anderen aus den Gesprächen mit den Stakeholdern – dienen dazu, strategische Maßnahmen zur Unterstützung des Aufbaus der Ladeinfrastruktur zu formulieren
Lessons Learned	<ul style="list-style-type: none"> – In Baden-Württemberg werden bis 2027 1.800, bis 2030 6.350 und bis 2035 13.820 Ladepunkte für E-Lkw benötigt
	<ul style="list-style-type: none"> – Deutlich höherer Bedarf an Ladestandorten prognostiziert, als an den Hauptverkehrsachsen vorhanden ist (Fokus auch auf Industrie-/Gewerbegebiete)
	<ul style="list-style-type: none"> – Es sind theoretisch genügend Flächenpotenziale vorhanden, um den Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur zu decken, wenn eine Neuausweisung von Flächen erfolgt und technische Entwicklungen die Ladevorgänge beschleunigen. Die lokalen Bedarfe könnten grundsätzlich durch die ermittelten Potenzialstandorte gedeckt werden, allerdings mit der Notwendigkeit, auch Standorte mit geringerer Eignung zu entwickeln. Entlang bestimmter Autobahnsektoren wurden potenzielle Engpässe identifiziert (genannt werden die Regionen Karlsruhe und Pforzheim).

Mission XII: Betreibermodelle und Demoflotte für H₂-basierte Logistik

Ziel	Erstellung einer Übersicht geeigneter Verleihmodelle für H ₂ -Lkw und Beschreibung einer möglichen Demonstrationsflotte
Lessons Learned	– Derzeit werden überwiegend Modelle mit (KsNI) geförderten Lkw angeboten
	– Aktuelle Verkaufspreise verhindern derzeit kommerzielle Angebote (ohne Förderung)
	– Pay-per-Use-Modelle senken deutlich das Risiko für Endanwender und werden für erste Fahrzeuge von Speditionen gerne angenommen
	– Eine (zunächst regionale) Demonstrationsflotte kann mittels Pay-per-Use-Mietmodell initiiert werden

Runde Tische zu Null-Emissions-Bussen und Whitepaper zur CVD-Umsetzung im ÖPNV

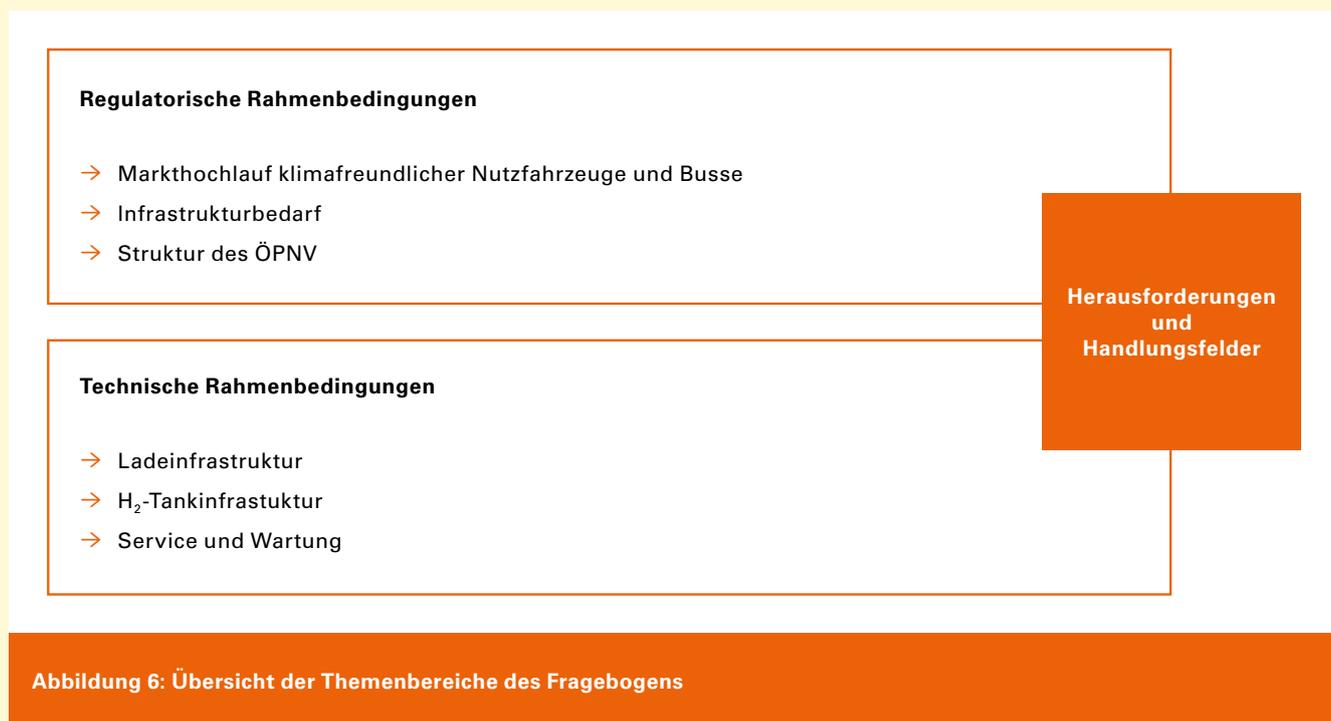
Ziel	Um in Baden-Württemberg den Umstieg auf emissionsfreie Busse (Batterie- und Brennstoffzellenbusse) im ÖPNV zu unterstützen und das Land als Vorreiter zu positionieren, wurde das Netzwerk „Null-Emissions-Busse“ ins Leben gerufen. Die e-mobil BW organisiert fachlichen Austausch und Wissenstransfer. Unter Beteiligung der wesentlichen Stakeholder werden im Rahmen von Runden Tischen Hürden adressiert und Lösungsansätze erarbeitet und es wird ein Whitepaper zur CVD-Umsetzung abgestimmt
Lessons Learned	– Zur Erfüllung der CVD ist eine überregionale und integrierte Planung des emissionsfreien ÖPNV unter Beteiligung aller Stakeholder (Auftraggeber, Netzbetreiber, Energieversorger, Verkehrsunternehmen) erforderlich
	– Die Verkehrsunternehmen und Busbetreiber stehen bei der Einführung von E-Bussen vor großen Herausforderungen, wie zum Beispiel Zusatzkosten bei der Beschaffung von NE-Bussen, Mehrkosten beim Auf- und Ausbau der notwendigen Lade- und Tankinfrastruktur, langwierige und planungsintensive Ertüchtigung von Betriebshöfen
	– Der Einsatz batterieelektrischer Busse bedingt in den meisten Fällen eine umfangreiche Netzertüchtigung

Mission XIV: Bedarfslokalisierung für Strom und Wasserstoff in der Logistik in Baden-Württemberg

<p>Ziel</p>	<p>Die Bedarfslokalisierung für Strom und Wasserstoff in der Logistik zielt darauf ab, eine Datengrundlage für Baden-Württemberg zu schaffen hinsichtlich geplanter Anschaffungen batterie- und brennstoffzellenbetriebener Fahrzeuge durch die Logistikunternehmen in den EG-Fahrzeugklassen N1–N3. Die typischen Fahrstrecken der Fahrzeuge waren ebenfalls Bestandteil der Befragung. Die Daten wurden jeweils für die Zeiträume bis 2025, 2026–2028 sowie für 2029–2030 erhoben. 129 Unternehmen haben die Bedarfsabfrage zu Energiebedarfen und zukünftigen Fahrzeugplanungen vollständig durchgeführt.</p>
<p>Lessons Learned</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 64 % der batterieelektrischen Antriebe entfielen auf die Fahrzeugklasse N3, 36 Prozent auf die Fahrzeugklassen N1 und N2; im Bereich Wasserstoff entfielen 82 % der Beschaffung auf den Bereich der N3-Fahrzeuge – Bei den N2- und N3-Lkw konnten über 30 % der Unternehmen noch keine Entscheidung zwischen BEV und H₂-Fahrzeugen treffen; bei den leichten Fahrzeugen (N1) liegt die Unsicherheit teils bei über 20 %. – Bei leichten und mittelschweren Lkw fokussieren sich die geplanten Beschaffungen auf BEV-Fahrzeuge; bei schweren Lkw werden sowohl batterieelektrische als auch brennstoffzellenbetriebene Lkw von den Anwendern für ihre Beschaffungen in Erwägung gezogen – Für die insgesamt bis 2030 geplanten Fahrzeuge konnte basierend auf den 129 Unternehmensrückmeldungen ein täglicher Strombedarf von rund 440.000 kWh und ein Wasserstoffbedarf von rund 23.000 kg räumlich zugeordnet werden, verteilt auf 81 Postleitzahlbereiche in 36 Landkreisen – schwere N3-Lkw dominieren in der Regel den Energiebedarf

6.2 Herausforderungen und Handlungsfelder

Im Rahmen dieser Mission wurde ein Fragebogen erstellt, der die Herausforderungen und möglichen Handlungsfelder in den Bereichen regulatorische Rahmenbedingungen sowie technische Rahmenbedingungen näher betrachtet. Die Fragen wurden abgeleitet aus Themen der vorangegangenen Kapitel sowie aus den Lessons Learned der bereits abgeschlossenen Missionen (siehe Abbildung 6).



Insgesamt wurde der Fragebogen an 21 Stakeholder versandt, die aus den Bereichen Fahrzeughersteller, Busbetreiber, Netzbetreiber, Infrastrukturbetreiber, Verbände sowie Wissenschaft stammen. Der Fragebogen wurde von elf Stakeholdern (52%) ausgefüllt zurückgeschickt bzw. wurden Interviews mit den Expertinnen und Experten geführt.

Im Folgenden werden die Hypothesen dargestellt und es wird angegeben, ob die Stakeholder diesen zugestimmt haben oder nicht. In den jeweiligen Textabschnitten zu den Hypothesen werden die zusätzlichen Anmerkungen der Stakeholder dargestellt.

6.2.1 Regulatorische Rahmenbedingungen

Markthochlauf klimafreundlicher Nutzfahrzeuge und Busse

- These: Bei **batterieelektrischen Nutzfahrzeugen** sprechen derzeitige Anschaffungskosten gegen eine Anschaffung in einem stark wettbewerblichen und internationalen Markt.
- These: Bei **brennstoffzellenbetriebenen Nutzfahrzeugen** sprechen derzeitige Anschaffungskosten gegen eine Anschaffung in einem stark wettbewerblichen und internationalen Markt.
 - Befragungsergebnis: Diesen beiden Hypothesen wird zugestimmt
- These: Bei **batterieelektrischen Bussen** für den ÖPNV sprechen derzeitige Anschaffungskosten gegen eine Anschaffung in einem stark wettbewerblichen und internationalen Markt.
- These: Bei **brennstoffzellenbetriebenen Bussen** für den ÖPNV sprechen derzeitige Anschaffungskosten gegen eine Anschaffung in einem stark wettbewerblichen und internationalen Markt.
 - Befragungsergebnis: Diesen beiden Hypothesen wird teilweise zugestimmt

Unabhängig von der emissionsfreien Antriebstechnik liegen die Anschaffungskosten für Nutzfahrzeuge deutlich über denen für Dieselfahrzeuge. Logistikunternehmen im Fernverkehr konkurrieren zudem mit internationalen Transportunternehmen mit einem niedrigeren Preisniveau, insbesondere aus dem osteuropäischen Raum. Es wurde angemerkt, dass die Anschaffungskosten für E-Lkw zwar höher sind, allerdings aufgrund niedriger Betriebskosten bei E-Lkw ein wirtschaftlicher Einsatz bereits heute möglich sei. Mit zunehmender Serienreife und höheren Stückzahlen in der Produktion werden die Fahrzeuge zudem perspektivisch günstiger in der Anschaffung. Bei Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb werden die Anschaffungskosten von den Stakeholdern ebenfalls als Hemmnis betrachtet. Des Weiteren stellen die Betriebskosten bei H₂-Lkw einen Unsicherheitsfaktor dar, da bislang keine Kostensenkungen zu erwarten seien. Im Busbereich spielen hohe Anschaffungskosten ebenfalls eine Rolle, allerdings sind die Fahrzeugkosten aufgrund der höheren Marktreife bereits etwas geringer als im Nutzfahrzeugbereich.

- These: **Fördermittel** sind als Anschubfinanzierung eine wichtige Voraussetzung für die Bereitschaft zur Investition in **klimafreundliche** (d.h. batterieelektrische und brennstoffzellenbetriebene) **Nutzfahrzeuge** in der Logistik- und Transportbranche.
- These: **Fördermittel** sind als Anschubfinanzierung eine wichtige Voraussetzung für die Bereitschaft zur Investition in **klimafreundliche** Busse im ÖPNV.
 - Befragungsergebnis: Diesen beiden Hypothesen wird zugestimmt

Fördermittel werden von der Mehrheit der Stakeholder als wichtige Maßnahme zur Unterstützung des Markthochlaufs klimafreundlicher Fahrzeuge betrachtet. Die aktuellen Rahmenbedingungen diesbezüglich sind aus Sicht der Stakeholder nicht ausreichend, um den Markthochlauf anzuschieben. In diesem Zusammenhang wurden die möglichen Nachteile einer Förderung genannt, diese sind insbesondere abhängig von der konkreten Ausgestaltung der Förderung. Aufgrund bestehender Förderungen sei der Anreiz zur dauerhaften Preissenkung bei den Herstellern möglicherweise nicht groß genug. Aufwändige Beantragungsprozesse seien zudem aus Sicht einiger Stakeholder ein Hemmnis, um eine Förderung praxisgerecht zu nutzen. Als Beispiel hierfür wurde die zeitlich verzögerte Auszahlung von Fördermitteln ohne die Möglichkeit eines vorzeitigen Maßnahmenbeginns genannt. Bei Bussen werden die Anschaffungskosten als Hemmnis für den Einsatz klimaneutraler Antriebe gewertet, wenn auch die Zustimmung hier weniger stark ausgeprägt ist als bei den Nutzfahrzeugen.

- These: Vor dem Hintergrund der EU-Flottenemissionsverordnung wird das **Angebot an Nutzfahrzeugen mit klimafreundlichen Antrieben** bis 2030/2035 stark zunehmen und perspektivisch dominieren. Diese Annahme wird durch die Zahlen des Cleanroom-Berichts gestützt, der Absatzzahlen der Fahrzeughersteller für schwere Lkw der EG-Fahrzeugklasse N3 bis zum Jahr 2030 darstellt (batterieelektrische Nutzfahrzeuge im Jahr 2030: ca. 58%, brennstoffzellenbetriebene Nutzfahrzeuge im Jahr 2030: ca. 17%).
- These: Mit Bezug auf die letztgenannte Hypothese: Die prognostizierten Absatzzahlen stammen noch aus der Zeit vor der Streichung von Bundesfördermitteln für klimafreundliche Nutzfahrzeuge (KsNI). Aufgrund dessen ist mit einem Rückgang der bislang im Cleanroom-Bericht prognostizierten Absatzzahlen zu rechnen.
 - Befragungsergebnis: Diesen beiden Hypothesen wird zugestimmt
- These: Vor dem Hintergrund der EU-Flottenemissionsverordnung wird das **Angebot an Bussen für den ÖPNV mit klimafreundlichen Antrieben** bis 2030/2035 stark zunehmen und perspektivisch dominieren.
 - Befragungsergebnis: Dieser Hypothese wird teilweise zugestimmt

- These: Aufgrund der Streichung von Bundesfördermitteln für klimafreundliche Busse (Förderung alternative Antriebe von Bussen im Personenverkehr) ist eine **gehemmte Bereitschaft zur Investition** in Busse mit klimafreundlichen Antrieben zu erwarten.
 - Dieser Hypothese wird teilweise zugestimmt
- These: Durch die CO₂-basierte Lkw-Maut, die steigende CO₂-Bepreisung und Rückflüsse aus den THG-Quoten werden für die Anwender **signifikante und ausreichende Kaufanreize** für klimafreundliche Nutzfahrzeuge gesetzt.
 - Befragungsergebnis: Dieser Hypothese wird teilweise zugestimmt

Für den Markthochlauf klimafreundlicher Nutzfahrzeuge gibt es eine Vielzahl an Treibern und Hemmnissen, die von den Stakeholdern genannt wurden. Die Verfügbarkeit der Energieinfrastrukturen wurde als entscheidender Faktor für den Markthochlauf der Fahrzeuge häufig genannt. Mangelnde Planungssicherheit im Hinblick auf Investitionsförderungen stellt aus Sicht vieler Stakeholder hingegen ein Hemmnis für Investitionen in klimafreundliche Nutzfahrzeuge dar und wurde daher ebenfalls häufig genannt. Mögliche weitere Treiber für den Markthochlauf sind u.a. zunehmende Verpflichtungen von Unternehmen zu Nachhaltigkeitsberichterstattungen.

Im Bereich der Busse sei erwartbar, dass die Fahrzeugverfügbarkeit am Markt aufgrund der Vorgaben der Clean Vehicles Directive stark zunehmen wird. Mit Blick auf die CO₂-basierte Lkw-Maut wurde von den Stakeholdern hervorgehoben, dass es aus wirtschaftlicher Perspektive wichtig sei, einen langfristigen Anreiz für die Anwender zu schaffen. Diese Maßnahme würde den Vorteil bieten, dass die Betriebskosten für emissionsfreie Lkw auf lange Sicht attraktiver werden und einen Kaufanreiz darstellen. Die THG-Quote sei hingegen aufgrund aktuell geringer Marktpreise aus betriebswirtschaftlicher Perspektive für die Anwender nicht ausreichend attraktiv.

Infrastrukturbedarf

- These: Durch die AFIR wurde auf europäischer Ebene der Grundstein für ein flächendeckendes Ladeinfrastrukturnetz gelegt. Der **tatsächliche Bedarf an Ladeinfrastruktur für Nutzfahrzeuge** wird als höher erachtet.
 - Befragungsergebnis: Dieser Hypothese wird zugestimmt

- These: Durch die AFIR wurde auf europäischer Ebene der Grundstein für ein flächendeckendes Wasserstofftankstellennetz gelegt. Der **tatsächliche Bedarf an Wasserstofftankinfrastruktur für Nutzfahrzeuge** wird als höher erachtet.
 - Befragungsergebnis: Dieser Hypothese wird teilweise zugestimmt

- These: Die Wirtschaftlichkeit ist bei Investitionen in **Ladeinfrastruktur** aufgrund von Unsicherheitsfaktoren schwer kalkulierbar.
- These: Die Wirtschaftlichkeit ist bei Investitionen in **Wasserstofftankinfrastruktur** aufgrund von Unsicherheitsfaktoren schwer kalkulierbar.
 - Befragungsergebnis: Diesen beiden Hypothesen wird teilweise zugestimmt

Die Stakeholder sehen durch die Vorgaben der AFIR im Bereich der Ladeinfrastruktur keine ausreichende Abdeckung. Im Gegensatz dazu herrscht im Bereich eines Tankstellennetzwerkes für Wasserstoff bei den Stakeholdern Uneinigkeit hinsichtlich einer ausreichenden Bedarfsabdeckung.

Als Unsicherheitsfaktoren zur Kalkulierbarkeit der Wirtschaftlichkeit von Ladeinfrastrukturprojekten wurden u.a. folgende Faktoren genannt: der tatsächliche Markthochlauf und damit einhergehend die Auslastung der Infrastruktur sowie die Kosten des Netzanschlusses. Ebenso ist zu klären, wie Standorte heute zukunftsfähig gestaltet werden können (bspw. im Hinblick auf den 2025 voraussichtlich verfügbaren MCS-Standard) Bei Wasserstofftankinfrastruktur stimmt ein Teil der Stakeholder der Hypothese voll zu, dass die Investitionen schwer kalkulierbar seien. Der andere Teil der Stakeholder stimmt dieser Aussage nur teilweise zu. Hierbei wurden als Unsicherheitsfaktoren insbesondere der Preis für Wasserstoff sowie die fehlende mittelfristige Planbarkeit bei Förderungen genannt. Zudem bestehe im Vorfeld ein hoher Abstimmungsaufwand mit möglichen Tankstellenabnehmern. Für die Tankstellen müsse zudem ausreichend Fläche zur Verfügung stehen, was eine Herausforderung darstelle.

Strukturveränderungen im ÖPNV

- These: Die **Unternehmenslandschaft im ÖPNV** in Baden-Württemberg ist von vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen geprägt. Aufgrund mangelnder Investitionsfähigkeit der Branche ist mit Strukturveränderungen im ÖPNV zu rechnen.
 - Befragungsergebnis: Dieser Hypothese wird teilweise zugestimmt

- These: Insbesondere kleine und mittelständische Busunternehmen sind **auf eine Förderung bei der Umsetzung des Gesetzes über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge angewiesen**, damit ein wirtschaftlicher Betrieb der Fahrzeuge möglich ist. Neben den Fahrzeugbeschaffungen betrifft dies auch den Um- und Neubau von Betriebshöfen sowie die notwendigen Netzertüchtigungen.
 - Befragungsergebnis: Dieser Hypothese wird zugestimmt

Auch in diesem Zusammenhang wurde erneut der Bedarf einer erhöhten Planungssicherheit von den Stakeholdern genannt. Grundsätzlich bestehe auch bei kleinen und mittelständischen Unternehmen die Bereitschaft für den Einsatz klimafreundlicher Fahrzeuge, allerdings müsse die Wirtschaftlichkeit gegeben sein. Aufgrund mangelnder Planbarkeit von Förderaufträgen könnten diese von den Unternehmen nicht immer ausreichend genutzt werden.

Zusammenfassung: Regulatorische Rahmenbedingungen

Markthochlauf klimafreundlicher Nutzfahrzeuge und Busse	<ul style="list-style-type: none"> – Sowohl bei batterieelektrischen als auch bei brennstoffzellenbetriebenen Nutzfahrzeugen werden derzeitige Anschaffungskosten als Hemmnis gewertet; im Bereich klimafreundlicher Busse ist diese Bewertung auch vorhanden, aber weniger stark ausgeprägt – Fördermittel werden von einer überwiegenden Zahl der Befragten als sehr wichtiges Mittel zur Anschubfinanzierung von klimafreundlichen Nutzfahrzeugen und Bussen betrachtet
Infrastrukturbedarf	<p>Als Unsicherheitsfaktoren beim Infrastrukturaufbau wurden genannt:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ladeinfrastruktur: Kosten (Netzanschluss, Netzentgelte), fehlende Netzanschlusskapazitäten, tatsächlicher BEV-Lkw-Hochlauf und damit einhergehend die zu erwartende Auslastung der Ladeinfrastruktur, fehlende Planbarkeit von Erlösen aus der THG-Quote – H₂-Tankinfrastruktur: Wasserstoffpreis, fehlende Planbarkeit von Erlösen aus der THG-Quote, fehlende Planbarkeit bei Förderungen, großer Aufwand im Genehmigungsprozess, fehlendes Fahrzeugangebot, fehlendes Standortangebot <ul style="list-style-type: none"> – Für batterieelektrischen Straßengüterverkehr wird durch die AFIR keine Bedarfsabdeckung gesehen – Für Wasserstoff herrscht Uneinigkeit über die Gewährleistung einer ausreichenden Bedarfsabdeckung durch die AFIR
ÖPNV	<ul style="list-style-type: none"> – Insbesondere kleine und mittelständische Busunternehmen sind auf eine Anschubfinanzierung angewiesen, um das Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge umzusetzen und einen wirtschaftlichen Betrieb sicherstellen zu können – Aufgrund einer mangelnden – allerdings erforderlichen – Investitionsfähigkeit ist aus Sicht einiger Stakeholder mit Strukturveränderungen im ÖPNV zu rechnen

6.2.2 Technische Rahmenbedingungen

Ladeinfrastruktur

- These: Die **Dauer von Netzanschlussbegehren** hemmt aktuell den Aufbau von Ladeinfrastruktur.
- These: Der **Flächenbedarf** für den Aufbau von öffentlicher Ladeinfrastruktur ist höher, als aktuell potenziell geeignete Flächen hierfür in Deutschland zur Verfügung stehen.
- These: Die **Bereitstellung von Flächen** in der Nähe von Fernstraßen für den Aufbau von öffentlicher Schnellladeinfrastruktur stellt aktuell ein Hemmnis dar.
- These: Im Anschluss an die zuvor genannte Hypothese: Beim Aufbau von öffentlicher Schnellladeinfrastruktur in der Nähe von Fernstraßen muss zukünftig aufgrund des Flächenmangels häufig **auf umliegende Gewerbegebiete ausgewichen** werden.
 - Befragungsergebnis: Diesen Hypothesen wird zugestimmt
- These: Die **zeitliche Realisation** ist bei Investitionen und Bauvorhaben in **Ladeinfrastruktur** schwer kalkulierbar.
 - Befragungsergebnis: Dieser Hypothese wird teilweise zugestimmt

Im Hinblick auf die **Dauer der Netzanschlussbegehren** wurden von den Stakeholdern aktuelle Herausforderungen genannt. Die Planungsdauer im Bereich der Hochspannung der Hochspannung, die für eine Schnellladeinfrastruktur für Nutzfahrzeuge erforderlich sein kann, beträgt üblicherweise 10–15 Jahre, was aus Perspektive eines Betreibers von Ladeinfrastruktur ein Hemmnis für deren Aufbau darstellen kann. Im Bereich der Mittelspannung agieren zudem sehr viele unterschiedliche Verteilnetzbetreiber, sodass das Vorgehen bei Beantragung eines Netzanschlusses nicht identisch ist. Seitens der Stakeholder wurden Vorschläge genannt, wie man diese Prozesse beschleunigen könne. So könnte es helfen, Anschlussanfragen zu bündeln, um die Bearbeitung bei den Netzbetreibern zu vereinfachen und somit Bearbeitungszeiten zu beschleunigen. Zudem werden Anfragen von den Netzbetreibern aktuell chronologisch bearbeitet. Ob eine Priorisierung hier helfen könne, wurde als Frage angemerkt. Es sei allerdings absehbar, dass in Gewerbegebieten eine hohe Konkurrenz um mögliche Anschlussleistungen bestehen wird.

Mangelnde Stellplatzzahlen und -flächen sind bereits heute bei Diesel-Lkw ein Problem. Durch den Aufbau von Ladeinfrastruktur wird dieses weiter verschärft, soweit nicht neue Flächen für den Infrastrukturaufbau erschlossen werden. Nach Einschätzung einiger Stakeholder werden hierfür Flächen im nachgeordneten Netz, an Autohöfen sowie in Industrie- und Gewerbegebieten, genutzt werden. Insbesondere privatwirtschaftliche Akteure könnten diese Flächen erschließen, soweit die Distanzen vom Korridor zur Ladeinfrastruktur nicht zu groß sind. Bei der Erschließung der Flächen sei es wichtig, dass ausreichende Netzanschlussleistungen zur Verfügung gestellt werden können.

Von den Stakeholdern wurden unterschiedliche Faktoren genannt, die die zeitliche Realisation beeinflussen. Einflussfaktoren sind unter anderem die Lieferzeiten für die Hardware am Standort sowie die Verfügbarkeit von Fachpersonal für Tiefbauarbeiten und Montagetätigkeiten. Vorgelagert ist der Prozess der Erschließung einer geeigneten Fläche, für den ein ausreichender Zeitraum zu berücksichtigen sei.

Wasserstofftankinfrastruktur

- These: Die Dauer zur Durchführung von **Genehmigungsverfahren** hemmt aktuell den Aufbau von Wasserstofftankinfrastruktur.
- These: Der **Zeitraumen für die Realisierung** ist bei Investitionen und Bauvorgaben in Wasserstofftankinfrastruktur schwer kalkulierbar.
 - Befragungsergebnis: Diesen Hypothesen wird teilweise zugestimmt

Aus Sicht der Stakeholder sind Genehmigungsverfahren für Wasserstofftankstellen und Elektrolyseure umfangreich. Lieferzeiten für Hardwarekomponenten können zu einer Projektverzögerung führen, ebenso wie mögliche Öffentlichkeitsbeteiligungen bei Genehmigungsverfahren. Für den Aufbau eines Elektrolyseurs sind zudem die BIMschG-Genehmigungen umfangreich. Eine lange Dauer stellt dann eine Herausforderung dar, wenn der Aufbau an eine Investitionsförderung gekoppelt ist, die üblicherweise innerhalb eines begrenzten Zeitraums abgerufen werden muss. Das Wissen bei den Genehmigungsbehörden ist in den Bundesländern zudem unterschiedlich, wobei im nördlichen Bundesgebiet bereits mehr Erfahrungen vorliegen als in Baden-Württemberg. Schließlich bestehen aus Sicht einiger Stakeholder noch offene Fragen hinsichtlich der Tanktechnologie (Druckstufe, gasförmig, flüssig).

Service/Wartung

- These: **Werkstätten und Wartungsmodelle** verändern sich durch die wachsende Anzahl emissionsfreier Nutzfahrzeuge. Diese Umstellungen betreffen insbesondere Spediteure, die eigene Werkstätten unterhalten.
 - Befragungsergebnis: Dieser Hypothese wird teilweise zugestimmt
- These: Da sich erst mit steigenden Zahlen emissionsfreier Busse in den jeweiligen Einzelfloten eigene Werkstatt- und Servicebereiche wirtschaftlich darstellen lassen, entwickeln sich auch **veränderte Wartungsmodelle für die Busunternehmen** unter Inanspruchnahme externer spezialisierter Großwerkstätten.
 - Befragungsergebnis: Dieser Hypothese wird zugestimmt

Die Stakeholder stimmen der Hypothese zu, dass sich Werkstätten und Wartungsmodelle durch den Markthochlauf emissionsfreier Nutzfahrzeuge und Busse verändern. Hierbei wurde mehrfach angemerkt, dass dies nicht nur die Spediteure mit eigenen Werkstätten betrifft, sondern auch andere Werkstätten (insbesondere Drittwerkstätten betrifft). Zudem komme es auch stark auf die Begebenheiten der jeweiligen Werkstatt an. Mitarbeitende in Werkstätten für CNG/LNG beispielsweise sind teilweise bereits für Brennstoffzellenantriebe geschult.

Eigene Werkstätten und Servicebereiche für Busunternehmen lohnen sich wirtschaftlich erst ab einem hohen Bestand emissionsfreier Fahrzeuge in der eigenen Flotte. Daher entwickeln sich auch Werkstattmodelle für Busunternehmen unter Inanspruchnahme von externen Großwerkstätten, die auf emissionsfreie Antriebe spezialisiert sind. Dieser Annahme stimmen die Befragten zu.

Zusammenfassung: Technische Rahmenbedingungen

Ladeinfrastruktur	– Die Dauer von Netzanschlussbegehren wird als Hemmnis für den Aufbau von Ladeinfrastruktur betrachtet
	– Aus Sicht einer großen Mehrheit der Beteiligten ist der Bedarf an Flächen für den Aufbau von Ladeinfrastruktur höher, als aktuell potenziell geeignete Flächen hierfür in Deutschland zur Verfügung stehen
	– Die Bereitstellung von Flächen in der Nähe von Fernstraßen für den Aufbau öffentlicher Schnellladeinfrastruktur stellt laut der großen Mehrheit der Beteiligten ein Hemmnis dar – folglich wird man aufgrund des Bedarfs und der mangelnden Flächenverfügbarkeit auch auf umliegende Gewerbegebiete ausweichen
	– Der Zeitrahmen für die Realisierung von Infrastrukturvorhaben wird von einigen Beteiligten als schwer kalkulierbar betrachtet – einige Beteiligte merkten aber auch an, dass sich die Bauvorhaben zeitlich gut kalkulieren ließen, insbesondere mit steigenden Erfahrungswerten in diesem Bereich
Wasserstofftankinfrastruktur	– Die Dauer der Durchführung von Genehmigungsverfahren hemmt aktuell den Aufbau von Wasserstofftankinfrastruktur – dieser Hypothese wird nur teilweise zugestimmt
	– Der Zeitrahmen für die Realisierung von Infrastrukturvorhaben wird von den meisten Beteiligten nicht als besonders schwer kalkulierbar betrachtet
Service/Wartung	– Es wird zugestimmt, dass Werkstätten und Wartungsmodelle sich durch den Markthochlauf an emissionsfreier Nutzfahrzeuge verändern – hierzu wurde mehrfach angemerkt, dass dies nicht nur Spediteure mit eigenen Werkstätten, sondern auch andere Werkstätten (insbesondere Drittwerkstätten) betrifft
	– Eigene Werkstätten und Servicebereiche für Busunternehmen lohnen sich aus wirtschaftlicher Sicht erst ab einem hohen Bestand emissionsfreier Fahrzeuge in der eigenen Flotte, daher entwickeln sich auch Werkstattmodelle für Busunternehmen unter Inanspruchnahme von externen Großwerkstätten, welche auf emissionsfreie Antriebe spezialisiert sind: Dieser Annahme stimmen die Befragten zu

6.3 Fazit

Der Einsatz alternativer Antriebe im Straßengüterverkehr und im ÖPNV spielt bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen eine wichtige Rolle. In diesem Diskussionspapier wurde daher das Gesamtsystem für einen erfolgreichen Markthochlauf klimafreundlicher Nutzfahrzeuge und Busse betrachtet. **Die Kernthese hierbei lautet, dass das Gesamtsystem mit allen Elementen stimmen muss, damit der Einsatz der neuen Antriebstechnologien erfolgreich ist.** Die Bestandteile und unterschiedlichen Rahmenbedingungen wurden in diesem Diskussionspapier näher betrachtet (Kapitel 2–5).

Die **regulatorischen Rahmenbedingungen** wurden in Kapitel 2 erläutert. Aus Perspektive der Fahrzeughersteller ist die CO₂-Flottenemissionsverordnung ein relevanter Treiber, für den Verkauf klimafreundlicher Nutzfahrzeuge und Busse. Regulatorische Maßnahmen auf Seiten der Anwender leiten sich aus der Clean Vehicles Directive für Kommunen und die öffentliche Verwaltung ab und betreffen insbesondere die Beschaffung klimafreundlicher Busse im ÖPNV sowie die Beschaffung von Sonderfahrzeugen. Die CO₂-basierte Lkw-Maut soll einen regulatorischen Anreiz für den Einsatz emissionsfreier Nutzfahrzeuge durch deren Befreiung von Mautgebühren schaffen. Mit Blick auf die **technischen Anforderungen**, die in Kapitel 3 betrachtet wurden, ist eine zuverlässige Einsatzfähigkeit der Fahrzeuge im Logistikbetrieb sowie im Einsatz im ÖPNV zu gewährleisten. Die Technologie- und Marktreife der betrachteten emissionsfreien bzw. emissionsarmen Antriebe befindet sich in unterschiedlichen Reifegraden. Batterieelektrische Nutzfahrzeuge werden bis 2025 in allen EG-Fahrzeugklassen in Serie angeboten und dominieren den Markt aufgrund der technologischen Reife und aktuellen Verfügbarkeit. Der Anteil an Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb wird laut Prognosen von 2027 bis 2030 ansteigen. Insbesondere im Fernverkehr oder für sehr energieintensive Anwendungen stellt diese Antriebstechnologie eine geeignete Alternative dar. Ein weiterer Bestandteil für einen erfolgreichen Markthochlauf klimafreundlicher Antriebe ist die **Wirtschaftlichkeit** des Gesamtsystems. Hierzu wurden in Kapitel 4 die förderpolitischen Rahmenbedingungen betrachtet und zudem die Parameter aufgezeigt, die für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu berücksichtigen sind. Der aktuelle Status sowie der geplante Aufbau der **(Energie-)Infrastrukturen** auf Bundes- und Landesebene in Baden-Württemberg wurde in Kapitel 5 betrachtet. Für Lade- und Wasserstofftankinfrastruktur wurden hier jeweils anhand von Karten von Baden-Württemberg die geplanten Projekte zum Aufbau öffentlicher Infrastruktur aufgezeigt.

Der SDA Energie hat bereits in vielen abgeschlossenen Missionen Erkenntnisse über den Aufbau der Energieinfrastrukturen liefern können. Diese wurden in den **Lessons Learned** in Kapitel 6 zusammengetragen. Ergänzend dazu wurde eine **Stakeholder-Befragung** in Form eines Fragebogens bzw. in Form von Gesprächen mit Expertinnen und Experten durchgeführt, um die Erkenntnisse aus der Perspektive der Branchenakteure zu evaluieren. Die Kernergebnisse der regulatorischen und technischen Rahmenbedingungen aus Sicht der Stakeholder wurden dabei erneut zusammengefasst. Die Aussagen der Branchenakteure bestätigen die Aussage, dass alle Anforderungen, bestehend aus Regulatorik, Technik, Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit der (Energie-)Infrastrukturen, erfüllt sein müssen, damit der Einsatz klimafreundlicher Antriebe im Straßengüterverkehr und im ÖPNV gelingen kann. In den einzelnen SDA-Missionen werden die konkreten Fragestellungen – beispielsweise bezüglich einer konkreten Antriebstechnologie – vertieft und entsprechende Handlungsempfehlungen herausgearbeitet.

Abkürzungsverzeichnis

AFIR	Alternative Fuels Infrastructure Regulation
BEV	Battery Electric Vehicle
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
CCS	Combined Charging System
CVD	Clean Vehicles Directive
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
HPC	High Power Charging
LIS	Ladeinfrastruktur
LMG	Landesmobilitätsgesetz
LWT	Lade- und Wasserstofftankinfrastruktur für Langstrecken-Lkw
MCS	Megawatt Charging System
NOW GmbH	Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
OEM	Original Equipment Manufacturer
RNFBOs	Renewable Fuels of Non-Biological Origin
SaubFahrzeugBeschG	Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge
SDA	Strategiedialog Automobilwirtschaft
THG	Treibhausgase
VorPiLaTes	Pilotlade- und Wasserstofftankstelle Lkw Baden-Württemberg

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Determinanten des Markthochlaufs	3
Abbildung 2: Organisationsstruktur des SDA	4
Abbildung 3: Übersicht der SDA-Missionen im Kontext (Energie-)Infrastrukturen	5
Abbildung 4: Geplanter Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur für Nutzfahrzeuge in Baden-Württemberg	21
Abbildung 5: H ₂ -Tankstellen für Nutzfahrzeuge in Baden-Württemberg und Umgebung mit Jahreszahl der geplanten Inbetriebnahme bis 2027	25
Abbildung 6: Übersicht der Themenbereiche des Fragebogens	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beschaffungsquoten des Gesetzes über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (SaubFahrzeugBeschG)	12
Tabelle 2: Geplante Standorte des Ladenetzes für E-Lkw an Bundesautobahnen in Baden-Württemberg	22

Literaturverzeichnis

ACEA „Hydrogen infrastructure: more ambition needed.“
ACEA – European Automobile Manufacturers’ Association,
10. Oktober 2019. Online verfügbar unter: <https://www.acea.auto/news/hydrogen-infrastructure-more-ambition-needed/> (Abruf: 30.08.2024)

Aral (2024): Aral pulse Lkw-Ladestandorte.
Online verfügbar unter: <https://service.aral.de/pulse/Lkw-ladestandorte> (Abruf: 23.07.2024)

Allianz Wasserstoffmotor e.V. (2024). Unsere Position.
Online verfügbar unter: <https://allianz-wasserstoffmotor.de/de/die-allianz/unsere-position.html> (Abruf: 15.07.2024)

Autobahn GmbH (2024): Standorte für das Lkw-Schnellladenetz an Rastanlagen mit benötigten Netzanschlussleistungen. Online verfügbar unter: https://www.autobahn.de/storage/user_upload/qbank/Standortliste_Lkw-Ladenetz.pdf (Abruf: 24.07.2024)

BAST (2019): Lkw-Parksituation im Umfeld der BAB 2018.
Online verfügbar unter: https://www.bast.de/DE/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/Verkehrstechnik/Downloads/Lkw-parksituation-2018.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (Abruf: 05.03.2024)

BGL (2022): Schon wieder verhindern Kommunalpolitiker die Schaffung von für die Verkehrssicherheit unverzichtbaren Lkw-Parkplätzen. Online verfügbar unter: <https://www.bgl-ev.de/schon-wieder-verhindern-kommunalpolitiker-die-schaffung-von-fuer-die-verkehrssicherheit-unverzichtbaren-lkw-parkplaetzen/>

[unverzichtbaren-Lkw-parkplaetzen/](https://www.bgl-ev.de/fassungslosigkeit-ueber-lkw-mautverdopplung-zum-1-dezember-mittelstand-fordert-rueckkehr-zu-serioeser-wirtschafts-und-klimapolitik/) (Abruf: 05.03.2024)

BGL (2023): Fassungslosigkeit über Lkw-Mautverdopplung zum 1. Dezember – Mittelstand fordert Rückkehr zu seriöser Wirtschafts- und Klimapolitik. Online verfügbar unter: <https://www.bgl-ev.de/fassungslosigkeit-ueber-lkw-mautverdopplung-zum-1-dezember-mittelstand-fordert-rueckkehr-zu-serioeser-wirtschafts-und-klimapolitik/> (Abruf: 25.03.2024)

BMDV (2022): Masterplan Ladeinfrastruktur II der Bundesregierung. Online verfügbar unter: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/masterplan-ladeinfrastruktur-2.pdf?__blob=publicationFile (Abruf: 12.12.2023)

BMDV (2022a): Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge. Online verfügbar unter: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/clean-vehicles-directive.html> (Abruf: 11.01.2024)

BMDV (2024): Wissing: Weitere 150 Millionen Euro für den Aufbau von gewerblicher Schnellladeinfrastruktur. Online verfügbar unter: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2024/033-wissing-gewerbliches-schnellladen.html> (Abruf: 15.07.2024)

BMUV (2020): Die EU-Verordnungen zur Verminderung der CO₂-Emissionen von Straßenfahrzeugen (2020). Online verfügbar unter: <https://www.bmuv.de/gesetz/die-eu-verordnungen-zur-verminderung-der-co2-emissionen-von-strassenfahrzeugen> (Abruf: 21.11.2023)

BMUV (2024): EU-Mitgliedstaaten machen Weg frei für emissionsarme Lastwagen und Busse. Online verfügbar unter: <https://www.bmuv.de/pressemitteilung/eu-mitgliedstaaten-machen-weg-frei-fuer-emissionsarme-lastwagen-und-busse>

wagen-und-busse (Abruf: 11.06.2024)

BMVI (2020): Gesamtkonzept klimafreundliche Nutzfahrzeuge. Online verfügbar unter: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/gesamtkonzept-klimafreundliche-nutzfahrzeuge.pdf?__blob=publication-file (Abruf: 18.12.2023)

Buchert, M. et al. (2023): Bedarf strategischer Rohstoffe für den Pkw- und Lkw-Sektor in Deutschland bis 2040. Bericht im Rahmen des Projekts „Analysen und Bewertungen der Klimaschutzwirkung von Instrumenten und Maßnahmen zur Treibhausgasminderung im Verkehr, Entwicklung von Gestaltungsoptionen“ ELMO4010. Online verfügbar unter: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Rohstoffbedarf-Pkw-Lkw-Szenarien-D.pdf> (Abruf: 18.12.2023)

DLR (2018): Klimaneutrale synthetische Kraftstoffe im Verkehr. Online verfügbar unter: https://elib.dlr.de/126963/1/DLR_VT_Fuels_Studie_Verkehr_V1.2.pdf (Abruf: 15.07.2024)

e-mobil BW (2023): Strukturstudie 2023. Online verfügbar unter: https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/e-mobil_BW_Strukturstudie_BW_2023.pdf (Abruf: 22.11.2023)

European Union (2019): REGULATION (EU) 2019/1242 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 20 June 2019 setting CO₂ emission performance standards for new heavy-duty vehicles and amending Regulations (EC) No 595/2009 and (EU) 2018/956 of the European Parliament and of the Council and Council Directive 96/53/EC, Official Journal of the European Union. Online verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1242&from=de>

[PDF/?uri=CELEX:32019R1242&from=de](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302413)

European Union (2023): RICHTLINIE (EU) 2023/2413 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES. Online verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302413 (Abruf: 22.02.2024)

Europäische Kommission (2023): Delivering the European Green Deal. Online verfügbar unter: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en (Abruf: 18.12.2023)

Europäische Kommission (2023a): Neue Ausbauziele für Ladesäulen und Wasserstofftankstellen: EU-Kommission begrüßt Einigung von Rat und Parlament. Online verfügbar unter: https://germany.representation.ec.europa.eu/news/neue-ausbauziele-fur-ladesaulen-und-wasserstofftankstellen-eu-kommission-begrusst-einigung-von-rat-2023-03-28_de (Abruf: 18.12.2023)

Europäische Union (2023): Amtsblatt der Europäischen Union, Verordnung (EU) 2023/1804 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 2014/94/EU. Online verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1804> (Abruf: 18.12.2023)

FAT (2021): FAT-Schriftenreihe 342 – Anforderungen an eine elektrische Lade- und Wasserstoffinfrastruktur für gewerbliche Nutzfahrzeuge mit dem Zeithorizont 2030. Online verfügbar unter: https://www.vda.de/dam/jcr:f44d7117-5b1a-4ca2-a236-a4089dda3ff0/FAT-Schriftenreihe_342.pdf (Abruf: 13.12.2023)

FuE Zentrum Kiel GmbH: Der eHighway in Schleswig-Holstein. Online verfügbar unter: <https://ehighway-sh.de/ehighway-in-sh/> (Abruf: 15.07.2024)

FuelCellsWorks (2024): China's Fuel Cell Vehicle Market Shows Significant Growth in 2023. Online verfügbar unter: <https://fuelcellworks.com/news/chinas-fuel-cell-vehicle-market-shows-significant-growth-in-2023/> (Abruf: 15.07.2024)

Göckeler, K. et al. (2023): StratES – Szenarien für die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs. Online verfügbar unter: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/StratES-Szenarien-Elektrifizierung-Strassengueterverkehr.pdf> (Abruf: 05.03.2024)

Jöhrens, J.; Hinricht, H. (2020): Roadmap für die Einführung eines Oberleitungs-Lkw-Systems in Deutschland. Online verfügbar unter: <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/2020-08-05-Roadmap-OH-Lkw-web.pdf> (Abruf: 15.07.2024)

Kippelt, S.; Probst, F.; Greve M. (2022): Einfach laden an Rastanlagen. Online verfügbar unter: <https://nationale-leitstelle.de/wp-content/uploads/2022/09/Leitstelle-Lkw-Netzstudie.pdf> (Abruf: 18.12.2023)

Landtag Baden-Württemberg (2023): Gesetzesbeschluss des Landtags – Gesetz zum Erlass eines Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetzes und zur Verankerung des Klimabelangs in weiteren Rechtsvorschriften. Online verfügbar unter: https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP17/Drucksachen/4000/17_4015_D.pdf (Abruf: 18.12.2023)

Maier, Jutta (2023): BMDV stellt die Zeichen auf Hoffnung. Online verfügbar unter: <https://background.tagesspiegel.de/mobilitaet/bmdv-stellt-die-zeichen-auf-hoffnung> (Abruf: 11.01.2024)

[tagesspiegel.de/mobilitaet/bmdv-stellt-die-zeichen-auf-hoffnung](https://background.tagesspiegel.de/mobilitaet/bmdv-stellt-die-zeichen-auf-hoffnung) (Abruf: 11.01.2024)

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2023): Klima-Maßnahmen-Register. Online verfügbar unter: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-bw/klima-massnahmen-register-kmr> (Abruf: 18.12.2023)

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2022): Eckpunkte der Landesregierung zum Landeskonzept Mobilität und Klima. Online verfügbar unter: https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/PDF/221111_Eckpunkte-papier_Landeskonzept_Mobilit%C3%A4t_und_Klima_barrierefrei_01.pdf (Abruf: 13.03.2024)

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2024a): Kräftiger Anschub für elektrische Lastwagen und Infrastruktur. Online verfügbar unter: <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/kraeftiger-anschub-fuer-elektrische-lastwagen-und-infrastruktur> (Abruf: 29.10.2024)

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2024): Bedarfs- und Standortanalyse zum flächendeckenden Laden von E-Lkw in Baden-Württemberg. Online verfügbar unter: https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Elektromobilitaet_Kampagne/Downloads/240917_Abschlussbericht_Bedarfs-und-Standortanalyse_2024_Erweiterung_Depotladen_barrierefrei_01.pdf (Abruf: 13.03.2024)

Müller, K., Friedrich, H. (2020). Wasserstoff und Brennstoffzellen: Grundlagen, Technologien und Anwendungen. Springer Vieweg.

NOW GmbH (2023): Marktentwicklung klimafreundlicher Technologien im schweren Straßengüterverkehr. Online verfügbar unter: <https://www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/wp-content/uploads/2023/03/Marktentwicklung-klimafreundlicher-Techn.-im-schweren-Strassengueterverkehr-BARRIEREFREI.pdf> (Abruf: 18.12.2023)

NOW GmbH (2023a): Einfach laden am Depot. Online verfügbar unter: <https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2023/11/Einfach-laden-am-Depot-Leitfaden.pdf> (Abruf: 18.12.2023)

Pierre-Louis, R. et al. (2022): A review of the AFIR proposal: Public infrastructure needs to support the transition to a zero-emission truck fleet in the European Union. Online verfügbar unter: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/03/review-afir-public-infrastructure-to-support-transition-to-zero-emission-truck-fleet-eu-mar22.pdf> (Abruf: 29.10.2024)

Pieringer, M. (2024): E-Lkw für den Fernverkehr: Daimler Truck meldet Erfolg beim schnellen Laden. Online verfügbar unter: <https://logistik-heute.de/news/e-lkw-fuer-den-fernverkehr-daimler-truck-meldet-erfolg-beim-schnellen-laden-105475.html> (Abruf: 15.07.2024)

Schaal, S. (2024): Alpitronic kündigt MCS-Ladesystem für 2025 an. Online verfügbar unter: <https://www.electrive.net/2024/05/23/alpitronic-kuendigt-mcs-produkt-fuer-2025-an/> (Abruf: 15.07.2024)

Schaal, S. (2024): Vorläufige Einigung zu CO₂-Standards für Lkw und Busse. Online verfügbar unter: <https://www.electrive.net/2024/01/18/vorlaeufige-einigung-fuer-co2-standards-fuer-lkw-und-busse/> (Abruf: 18.01.2024)

Schaal, S. (2024): E.ON und MAN bauen 400 Lkw-Schnellladepunkte. Online verfügbar unter: <https://www.electrive.net/2024/07/11/e-on-und-man-bauen-400-lkw-schnellladepunkte/> (Abruf: 23.07.2024)

Staatsministerium Baden-Württemberg (2024): Landesmobilitätsgesetz. Online verfügbar unter: https://beteiligungsportal.baden-wuerttemberg.de/de/mitmachen/lp-17/landesmobilitaetsgesetz?pk_medium=newsletter&pk_campaign=240812_newsletter_weekly (Abruf: 26.08.2024)

Toll Collect (2023): Maut für Lkw über 3,5 Tonnen. Online verfügbar unter: https://www.toll-collect.de/de/toll_collect/rund_um_die_maut/3_5_tonnen_maut/p1745_3_5_tonnen_maut.html (Abruf: 29.10.2024)

UBA (2023): Klimaschutz im Verkehr. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/klimaschutz-im-verkehr> (Abruf: 18.12.2023)

Vehicle Charging Europe B.V. (2024): We are Milence. Online verfügbar unter: [About us – Milence](#) (Abruf: 23.07.2024)

Wobben, P. (2021). Grundlagen der Elektromobilität: Technologien, Konzepte und Anwendungen für eine nachhaltige Zukunft. Springer Vieweg.

ZSW; ifeu Institut; Öko-Institut et al (2023): Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040 – Teilbericht Instrumente und Maßnahmen. Online verfügbar unter: https://www.zsw-bw.de/fileadmin/user_upload/Endbericht_Sektorziele_Klimaneutralitaet_BW_Juli23.pdf (Abruf: 18.12.2023)

Impressum

Herausgeber

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

www.vm.baden-wuerttemberg.de

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

www.um.baden-wuerttemberg.de

Realisation

e-mobil BW GmbH

Stephanie Wagner, Michael Ruprecht, Dr. Volker Banhardt, Isabell Knüttgen, Heinz Handtrack

www.e-mobilbw.de

Layout/Satz/Illustration

markentrieb – Die Kraft für Marketing und Vertrieb