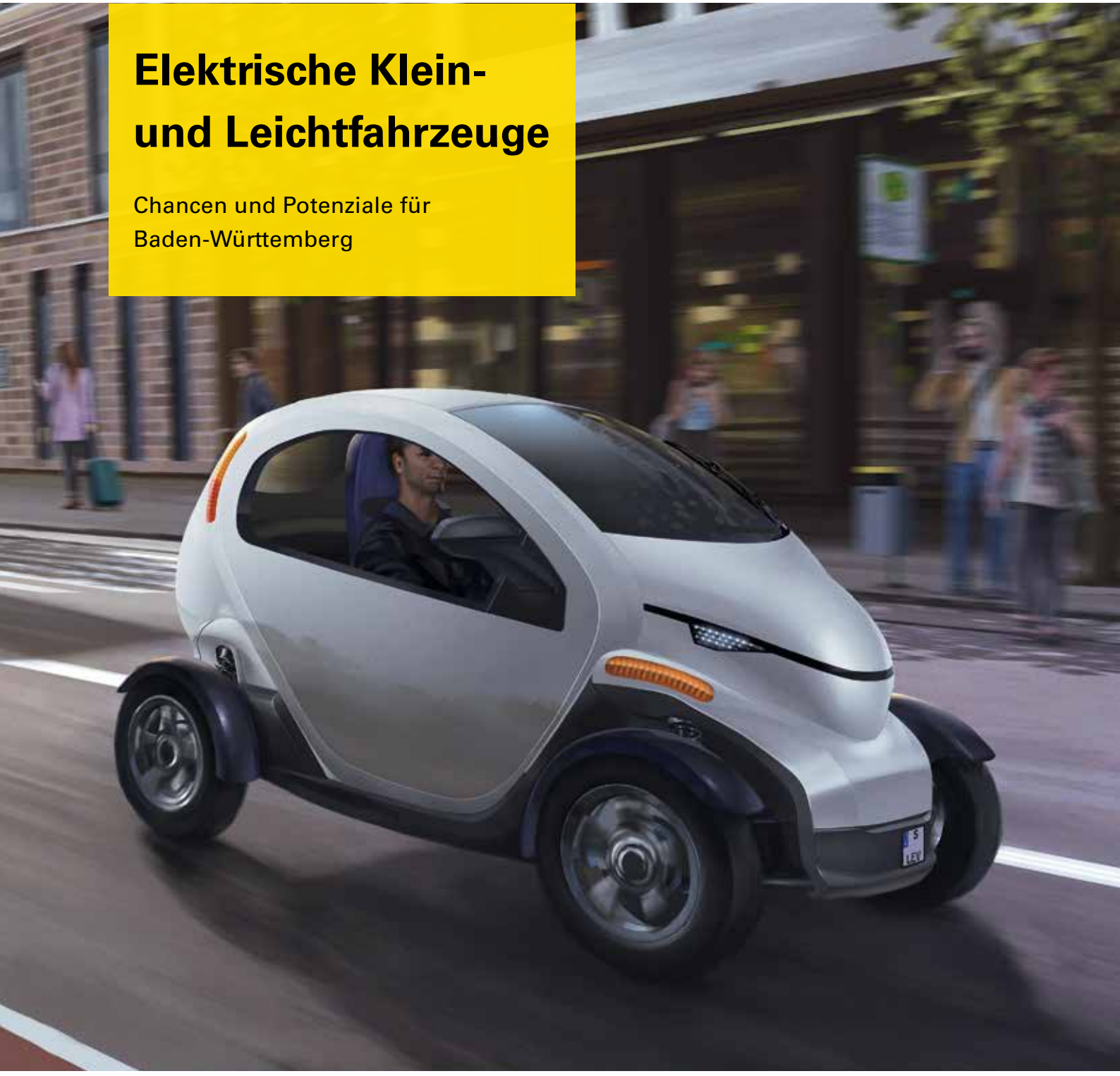
Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge

Chancen und Potenziale für Baden-Württemberg



e-mobil BW

Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg

Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge

Chancen und Potenziale für Baden-Württemberg

Herausgeber

e-mobil BW
Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg

elektromobilität süd-west

Autoren

DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

IMU Institut

Inhaltsverzeichnis

Vorwort **4**
Management Summary **6**

1 Ausgangslage und Zielsetzung **10**

2 Definition von elektrischen Klein- und Leichtfahrzeugen **14**
2.1 Übersicht 17
2.2 Rahmen der Studie 20

3 Technische Aspekte **22**
3.1 Serien- und Konzeptfahrzeuge 24
3.1.1 Fahrzeugeigenschaften 27
3.1.2 Hersteller von LEV 30
3.1.3 Automatisierte Fahrzeugkonzepte 31
3.2 Fahrzeugtechnik und Produktion 33
3.2.1 Fahrzeugkomponenten und Wertschöpfung 33
3.2.2 Produktionsstandorte 38
3.3 Sicherheit 41

4 Globale Marktpotenziale und Marktentwicklung **44**
4.1 Asien und Amerika 46
4.2 Europäische Verkaufszahlen 47
4.3 Deutscher Markt 49
4.4 Rahmenbedingungen und Instrumente auf unterschiedlichen Ebenen 52

5 Anwendungsfälle und Einsatzpotenziale in Deutschland **56**
5.1 Rechtliche Rahmenbedingungen zur Nutzung 58
5.2 Einsatzgebiete 60
5.3 Verkehrliche Wirkung und Nutzerpotenziale 64
5.3.1 Wege mit privatem Wegezweck 65
5.3.2 Etappen mit privatem Wegezweck 69
5.3.3 Wege mit beruflichem Wegezweck 70
5.4 Geschäftsmodelle für ergänzende Mobilitätsdienstleistungen 71

6 Chancen für Baden-Württemberg **76**
6.1 Einsatzgebiete, verkehrliche Wirkung und Nutzerpotenziale 78
6.2 Wirtschaftliche Bedeutung 82
6.2.1 Fahrzeugentwicklung und -produktion 84
6.2.2 Vertrieb und Aftersales bei LEV 86
6.3 Wertschöpfung und Beschäftigung 86
6.4 Zukünftige Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale 88

7 Handlungsfelder und Fazit **90**

Literaturverzeichnis **96**
Abbildungsverzeichnis **101**
Tabellenverzeichnis **103**
Abkürzungsverzeichnis **103**

Vorwort



108 Stunden haben Autofahrer in der Landeshauptstadt Stuttgart 2018 im Durchschnitt im Stau verloren – ein Spitzenwert, der anregt sich über die Mobilität in Städten mehr Gedanken zu machen.

Denn auch in vielen anderen dichten Ballungsräumen weltweit zeigt sich eine ähnliche Problematik. Forderungen nach mehr Klimaschutz und strengere Luftreinhaltepläne verschärfen den Handlungsdruck zunehmend. In den vergangenen Jahren ist das Verkehrsaufkommen dank einer guten konjunkturellen Entwicklung kontinuierlich gestiegen; immer weiterwachsende Pendlerströme in den Städten und steigendes Logistikaufkommen machen es notwendig, Verkehr flüssiger und nachhaltiger zu organisieren sowie neue Mobilitätslösungen und -konzepte voranzutreiben. Es gilt, Verkehre effizienter zu gestalten, Lebensqualität in Städten zu erhöhen und gleichzeitig den Menschen eine komfortable und bezahlbare Mobilität zu ermöglichen. Elektrifizierte Antriebe und neue Fahrzeugkonzepte sind dafür vielversprechende Ansätze, die Klimaschutz und Stärkung der heimischen Wirtschaft vereinen können. Zunehmend werden in diesem Zusammenhang elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge diskutiert.

Der von der e-mobil BW koordinierte Cluster Elektromobilität Süd-West treibt mit einem starken Partnernetzwerk und vielen innovativen Projekten die Industrialisierung der Elektromobilität voran, um Baden-Württemberg zu einem führenden Anbieter neuer Mobilitätslösungen zu machen. Dabei standen in den vergangenen Jahren neue Technologiekomponenten und auch neue Fahrzeugkonzepte im Fokus der Entwicklungen. Bei der Identifikation ergänzender Projektinhalte und Marktpotenziale kam die Frage auf, ob auch das Segment elektrischer Klein- und Leichtfahrzeuge in der Anwendung und in der Herstellung für Baden-Württemberg vielversprechende Chancen bietet. Auch in Politik und Gesellschaft wurde vielfach auf mögliche Potenziale dieses Fahrzeugsegments hingewiesen.

Mit der vorliegenden Studie wollen wir einen Beitrag leisten, um dieses Themenfeld zu beleuchten und Ansatzpunkte für vertiefende Fragestellungen zu liefern.

Franz Loogen, Geschäftsführer
e-mobil BW GmbH

Management Summary

Light Electric Vehicles (LEV) können zu einem klimafreundlicheren Verkehr und zu lebenswerteren Städten beitragen – allerdings nur wenn deutliche Änderungen der Rahmenbedingen vorgenommen würden

Klimaschutz, sich verdichtende Ballungsräume und steigendes Verkehrsaufkommen üben nicht nur in vielen Städten und Kommunen in Deutschland, sondern auch weltweit einen großen Handlungsdruck aus, Verkehr und Mobilität nachhaltiger zu gestalten. Es gilt, den Flächenverbrauch zu reduzieren, die Luftqualität zu steigern und dem Wunsch der Menschen nach Mobilität und gleichzeitig hoher Lebensqualität in den Städten gerecht zu werden. Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge (LEV) werden als möglicher Lösungsansatz gesehen, diesen Herausforderungen zu begegnen. Der weltweite Markt zeigt insbesondere in Asien dynamische Entwicklungen bei der Verbreitung von LEV. Das war Ausgangspunkt für die beiden Fragen, ob elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge die verkehrliche Situation in baden-württembergischen Städten verbessern können und ob in der Herstellung von LEV Wertschöpfungspotenzial für die heimische Wirtschaft liegt.

Zu beiden Themen liefert die Untersuchung ein differenziertes Ergebnis. LEV bieten den Vorteil, weniger Raum – sowohl im fließenden als auch insbesondere im ruhenden Verkehr – einzunehmen. Durch den damit einhergehenden geringeren Flächenbedarf pro Fahrzeug im Vergleich zu PKW könnten Potenziale für eine alternative Nutzung dieser Flächen entstehen – beispielsweise für die Umwandlung in Grünflächen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass LEV sich besonders gut in Sharing-Angeboten in Touristenregionen oder im Pendelverkehr eignen und hier PKW-Fahrten ersetzen könnten. Im Wirtschaftsverkehr bestehen insbesondere bei Kurier-, Express- und Paketdiensten (KEP) sowie bei Kommunen geeignete Anwendungsmöglichkeiten. Würden LEV einen signifikanten Anteil an der Verkehrsleistung von motorisierten Individual- und Wirtschaftsverkehren substituieren, könnten sie einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Aufgrund des geringeren Gewichts und der niedrigeren Geschwindigkeiten der Fahrzeuge wird weniger Energie für den Betrieb benötigt. Auch in der Produktion werden weniger Ressourcen verbraucht, was insbesondere bei kritischen Rohstoffen, wie sie bspw. für die Herstellung der Batterien notwendig sind, relevant ist.

Langfristig werden sich in der Konkurrenz der Verkehrslösungen die Verkehrsmittel durchsetzen, die die höchste Transportleistung bei den geringsten Kosten, dem geringsten Flächenverbrauch sowie der höchsten Nutzerakzeptanz aufweisen. Es hat sich gezeigt, dass LEV in puncto Sicherheit und Komfort Nachteile aufweisen, die dazu führen, dass sich die theoretischen möglichen Substitutionspotenziale des MIV wahrscheinlich nur in geringerem Maße realisieren lassen. Es wurde aufgezeigt, dass LEV das Potenzial haben, eine positive verkehrliche Wirkung zu entfalten. Es ist aber davon auszugehen, dass sich dieses Potenzial nur mit unterstützenden Maßnahmen wie Bevorrechtigungen und Anpassungen von Rahmenbedingungen heben ließe.

Im Anschluss an die Betrachtung der Wertschöpfungspotenziale für Baden-Württemberg durch die Herstellung von LEV gestaltet sich eine Prognose für die von kleinen und mittelständischen Betrieben geprägte Branche in Baden-Württemberg schwierig. Weltweit zeichnet sich, insbesondere getrieben durch Asien, eine positive Marktentwicklung für elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge ab. Jedoch ist derzeit nur von einem geringen Wertschöpfungsanteil und Beschäftigungspotenzial für baden-württembergische Unternehmen auszugehen.

Es gibt eine breite Palette elektrischer Klein- und Leichtfahrzeuge, aber die Auswahl an drei- und vierrädrigen LEV ist begrenzt

Der Begriff LEV beschreibt unterschiedlichste Fahrzeugarten unterhalb der PKW-Klasse (M-Klasse). Während es am Markt eine große Auswahl an zweirädrigen Elektrofahrzeugen gibt, ist die Modellvielfalt bei drei- und vierrädrigen Fahrzeugen recht klein. Die vorhandenen Fahrzeuge werden meist von kleinen und mittelgroßen Unternehmen produziert. Aus den Reihen der OEM bietet derzeit einzig Renault ein Leichtfahrzeug für den deutschen Markt an.

Die geringe Masse ist eine Herausforderung für die Fahrzeugsicherheit von LEV

Bei der Optimierung der technischen Sicherheitsausstattung von drei- und vierrädrigen Fahrzeugen stehen Hersteller vor der Herausforderung, ein sicheres und qualitativ hochwertiges Produkt mit einem geringen Fahrzeuggewicht zu verkaufen und gleichzeitig einen attraktiven Verkaufspreis anzubieten. Aufgrund fehlender gesetzlicher Crashtest-Anforderungen in der L-Klasse fallen zwar geringere Entwicklungskosten an, die Fahrzeuge sind infolgedessen jedoch unsicherer als PKW und die Hersteller bieten zudem häufig eine weniger umfassende Sicherheitsausstattung an. Außerdem besitzen LEV eine sehr geringe Masse, was bei Kollisionen mit schwereren Fahrzeugen wie PKW teilweise zu hohen Unfallschäden führt. Sowohl technische als auch regulatorische Maßnahmen zur Fahrzeugnutzung könnten Unfallgefahren und -folgen reduzieren (z. B. Geschwindigkeitsbeschränkungen).

Der chinesische Markt für LEV boomt, während Europa nur geringe Verkaufszahlen aufweist

Obwohl LEV in China nur in beschränktem Umfang offiziell erfasst sind, wird der Bestand aktuell auf rund 5 Mio. Fahrzeuge geschätzt. In Ergänzung zu den elektrischen Rollern als Konkurrenz zu Autos wuchs der Markt für die vergleichsweise günstigeren LEV seit 2014 stark an. In Europa dagegen sind elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge nach wie vor wenig verbreitet. Der Europäische Verband der Motorradhersteller (ACEM) erfasst Verkaufszahlen seiner Verbandsmitglieder und gibt für 2018 einen Bestand von rund 30.000 vierrädrigen elektrischen Leichtfahrzeugen für ganz Europa an. Falls der Marktanteil von LEV signifikant erhöht werden soll, ist aus Sicht der für diese Studie befragten Experten eine Veränderung der Rahmenbedingungen für den Verkauf und die Nutzung notwendig. Denkbar wäre dabei eine Harmonisierung der internationalen gesetzlichen Regelungen für die Zulassung, um den weltweiten Verkauf zu erleichtern.

LEV weisen theoretisch ein hohes Potenzial auf, den PKW für private Fahrten zu ersetzen

Im Personenverkehr können LEV entweder für eine gesamte Wegstrecke, beispielsweise als Ersatz des PKW beim Pendeln, oder auf der sogenannten ersten oder letzten Meile eines Weges in Kombination mit dem öffentlichen Verkehr eingesetzt werden. Zur Bewertung der verkehrlichen Potenziale wurde die Mobilitätserhebung „Mobilität in Deutschland (MiD) 2017“ analysiert. Das rechnerisch ermittelte maximale Potenzial zeigt, dass theoretisch für 20–50 % der privaten Wege LEV genutzt werden könnten (je nach Fahrzeugmodell). Dies entspricht rund 5–30 % der Verkehrsleistung in Kilometern. Sie würden auf diesen Wegen jedoch nicht nur PKW-Fahrten ersetzen, sondern auch Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder mit dem Fahrrad und Fußwege.

Für Baden-Württemberg liegen Wertschöpfungspotentiale insbesondere bei Automobilzulieferern mit weltweiter Marktausrichtung

Das theoretische Marktpotenzial für Baden-Württemberg ist mit etwa 1,1 Mrd. € und einem Beschäftigungspotenzial für die Produktion der Fahrzeuge von ungefähr 4.500 Personen eher gering. Da keine Daten zu Umsatz, Wertschöpfung und Beschäftigung in den Wirtschafts- und Beschäftigungsstatistiken verfügbar sind, wurde das Potenzial auf Basis des LEV-Potenzials aus der MiD-Auswertung[1] berechnet. Größere Chancen sehen Automobilzulieferer nicht zwangsläufig in Produktionskapazitäten in Deutschland, sondern in der Komponentenproduktion in der Nähe der Absatzmärkte. Gleichzeitig besteht bei höheren Verkaufszahlen von LEV das Risiko, dass asiatische Anbieter mit deutlich billigeren Produkten in einen wachsenden Markt drängen.

Deutliche Veränderungen der Rahmenbedingungen wären nötig, um den Anteil elektrischer Klein- und Leichtfahrzeuge zu erhöhen

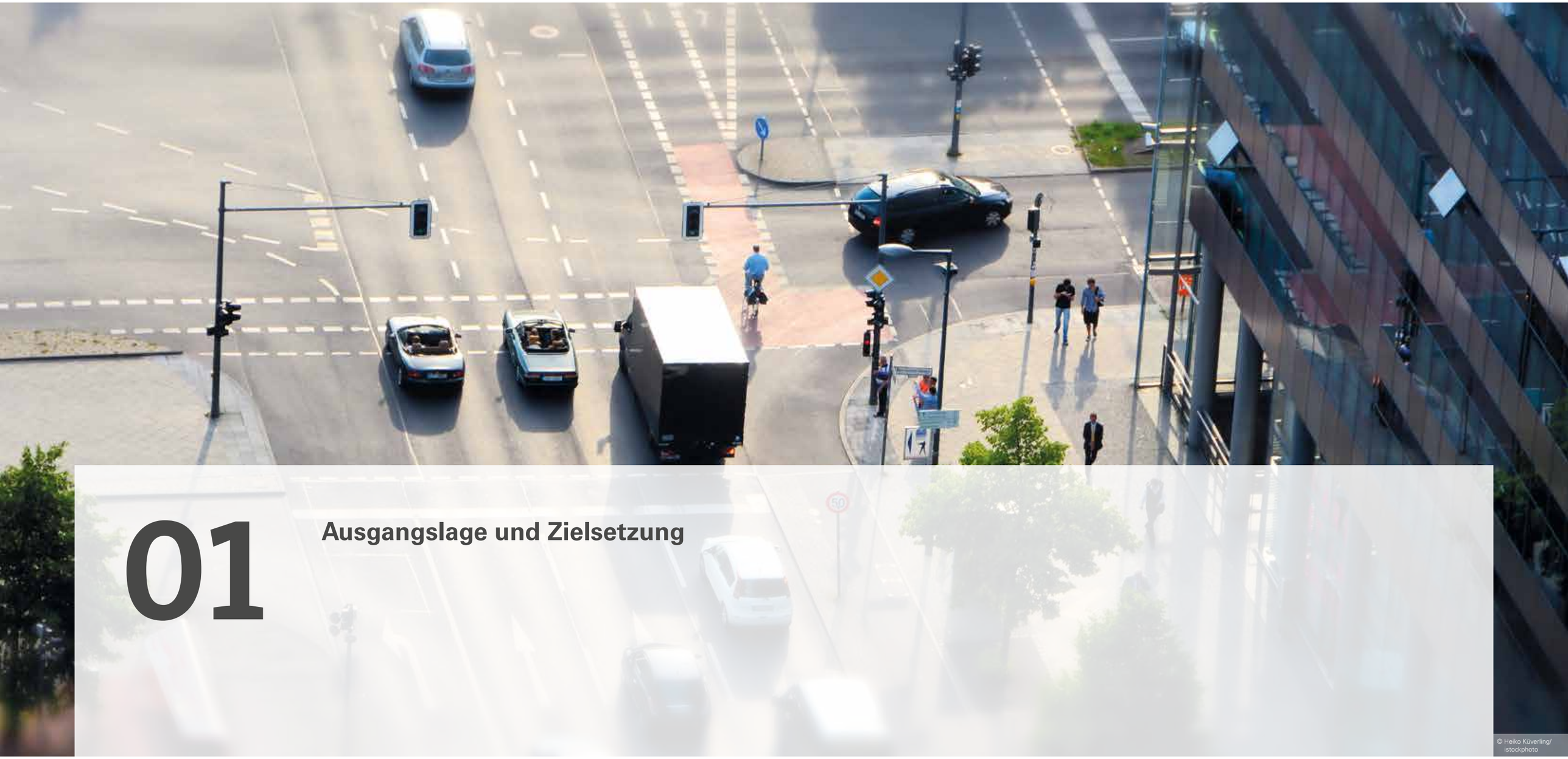
Für eine höhere Nutzung von LEV müssten deutliche Veränderungen der Straßenverkehrsordnung sowie der Zuordnung der Verkehrsflächen vorgenommen werden. Kontrovers diskutieren kann man die dadurch entstehende Flächenkonkurrenz etablierter Verkehrsträger im Vergleich zu LEV Das beträfe zum Beispiel die Bevorrechtigung einzelner Verkehrsträger für einzelne Fahrspuren und Parkflächen. Denkbar wären auch Zugangsbeschränkungen, Erweiterungen von Tempo 30-Zonen oder Mautsysteme, die elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge fördern.

Ohne Förderung von LEV in Kombination mit beschränkenden Maßnahmen für Pkw wird sich der Anteil der LEV voraussichtlich nicht signifikant erhöhen.



© Renault

1 I Die MiD ist eine bundesweite, umfassende Erhebung zum Mobilitätsverhalten und zur Verkehrsnachfrage der deutschen Wohnbevölkerung und wird in Kapitel 5.3 genauer erläutert.



01 Ausgangslage und Zielsetzung

© Heiko Küverling/
istockphoto

01

Ausgangslage und Zielsetzung

Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge (LEV) sind seit einigen Jahren auf dem Markt erhältlich und eröffnen neue Möglichkeiten für die Mobilität im ländlichen und urbanen Raum.

Das Ziel dieser Studie ist es, eine aktuelle Bestandsaufnahme zu elektrischen Klein- und Leichtfahrzeugen mit dem Schwerpunkt auf Baden-Württemberg vorzunehmen. Dabei werden auch Chancen und Risiken von LEV aufgezeigt, um politischen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern sowie Unternehmerinnen und Unternehmern Orientierung zu bieten.

Im Rahmen der Studie sollen folgende Leitfragen beantwortet werden:

- Welchen Nutzen können Klein- und Leichtfahrzeuge für zukünftige elektrische Mobilitätslösungen erbringen – welche verkehrlichen Wirkungen könnten erzielt werden?
- In welchem Maße können baden-württembergische Unternehmen an der weltweiten Wertschöpfung im elektrischen Klein- und Leichtfahrzeugsegment partizipieren?

Zur Beantwortung der beiden Leitfragen werden technische, wirtschaftliche, rechtliche und nutzerbezogene Aspekte von Klein- und Leichtfahrzeugen beleuchtet. Für eine qualitative Einschätzung der Chancen für den Export von Fahrzeugen und Komponenten werden neben der Situation in Baden-Württemberg bzw. Deutschland auch weltweite Rahmenbedingungen und mögliche Entwicklungen analysiert.

LEV können dazu beitragen, neue Konzepte in der städtischen Entwicklung einzubinden, bei denen sich die Stadtplanung mehr an den Bedürfnissen der Menschen ausrichtet und weniger Fläche dem motorisierten Verkehr zugeordnet wird. Im Gegensatz zu früher verfolgten Konzepten wie der autozentrierten Stadt werden neue Stadtquartiere häufig mit dem Leitbild einer Stadt der kurzen Wege mit vielen Grünflächen geplant, um die Lebensqualität zu erhöhen. Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge machen neue Mobilitätsketten möglich, die diese neuen Quartierstrukturen unterstützen. Sie sind prädestiniert, den ÖPNV und aktive Fortbewegungsmodi wie Fuß- und Radverkehr zu ergänzen. Dabei können sie ebenso als Teil eines modernen ÖPNV oder in Sharingkonzepten wie auch für die individuelle Mobilität eingesetzt werden. Durch eine kleine Fahrzeuggröße wird im stehenden und fließenden Verkehr weniger Platz beansprucht. Die effizienten Fahrzeuge weisen außerdem ein sehr günstiges Verhältnis von Fahrzeuggewicht zu Nutzlast (Personen oder Güter) auf. Ein elektrischer Antrieb ermöglicht die gewünschte Lärmreduzierung und bewegt die Fahrzeuge lokal emissionsfrei. Werden zur Energiespeicherung Batterien eingesetzt, können diese bei leichten Fahrzeugen kleiner ausgelegt werden als bei schweren, sodass der Verbrauch kritischer Rohmaterialien sinkt.

Auch über Quartiersgrenzen hinaus sind LEV mit vergleichsweise kleinen Batterien für das Pendeln zur Arbeit gut geeignet. Je nach Fahrzeug können dabei einfache Wegstrecken von über 50 km zurückgelegt werden. Die täglichen Arbeitswege von Berufspendlern in Baden-Württemberg liegen je nach Gemeindegröße des Arbeitsorts zwischen 13 und 22 km (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2017) und können daher gut mit den Reichweiten von LEV abgedeckt werden.

Da diese Wege zumeist mit nur einer Person ohne viel Gepäck zurückgelegt werden, sind solche Fahrzeuge als Ersatz für schwerere PKW aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten sinnvoll. Insbesondere für die Mobilität in ländlichen Gegenden bieten einige Elektrofahrzeuge unterhalb der PKW-Klasse den Vorteil, dass sie bereits ab 16 Jahren gefahren werden können und zudem im Vergleich zum PKW kostengünstiger in Anschaffung und Unterhalt sind.

Bislang sind LEV hierzulande allerdings kaum verbreitet. Hierfür gibt es verschiedene Gründe. Zum einen fehlt der Anreiz, statt eines PKW ein kleineres Fahrzeug zu nutzen, weil diese derzeit



© e-mobil BW/Sergej Schell

Abbildung 1-1: Zukunftsvision eines nachhaltigen, urbanen Quartierskonzepts mit elektrischen Klein- und Leichtfahrzeugen

keine Nutzervorteile im heutigen Straßenverkehr bieten. Da sie im Falle eines Staus anders als Zweiräder keine Möglichkeit haben, diesen zu umfahren, erzielen sie keine Zeitvorteile. Und obwohl sie nur einen kleinen Teil der Stellplatzfläche größerer Fahrzeuge benötigen, wird für sie dieselbe Parkgebühr fällig wie für andere Fahrzeuge. Zum anderen bestehen Sicherheitsdefizite, z. B. hinsichtlich Kollisionen mit schwereren PKW, und Einschränkungen wegen der geringeren Flexibilität bezüglich der Mitnahme mehrerer Personen oder sperriger Objekte sowie beim Nutzungskomfort. Da zusätzlich nur eine überschaubare Anzahl an Fahrzeugmodellen auf dem Markt verfügbar ist und die Anschaffungskosten nicht unter denen eines gebrauchten PKW liegen, entscheiden sich bislang nur sehr wenige Kundinnen und Kunden für ein elektrisches Kleinfahrzeug.

Allerdings besteht neben den eingangs beschriebenen positiven Anreizen für den Einsatz von LEV zur Steigerung der Lebensqualität in Stadt und Land auch ein massiver Handlungsdruck. Weltweit steigen die Bevölkerungszahlen, die Urbanisierungsrate und die Motorisierungsrate deutlich an. 2050 sollen 68 % der globalen Bevölkerung in Städten leben (United Nations 2018). Sich daraus ergebende Probleme wie der globale Klimawandel, die sich verschlechternde Luftqualität, die nicht den gesetzlich zugesicherten Grenzwerten entspricht, Staus, Lärm und Platzmangel sind hinreichend bekannt. Aktuell werden die Klimaschutzziele in Deutschland im Verkehrssektor nicht erreicht. Es besteht dringender Handlungsbedarf für eine Veränderung des Verkehrsverhaltens, unterstützt durch den technologischen Fortschritt bei Fahrzeugen.

Zu den angesprochenen Herausforderungen wurden international konkrete CO_2-Ziele vereinbart, wie beispielsweise das Pariser Klimaabkommen, und im Rahmen der europäischen Gesetzgebung umgesetzt. Zudem gibt es auch die Problematik mit der NOx-Belastung, deshalb werden in einzelnen Städten bereits Maßnahmen wie Fahrverbote von Gerichten angeordnet, um die Grenzwerte einzuhalten. Gerade auch in Baden-Württemberg stehen diese Themen weit oben auf der politischen Agenda. Nicht nur in neu zu planenden Quartieren, sondern auch in bestehenden städtischen Strukturen bieten LEV Lösungselemente für die beschriebenen Probleme.

Die Automobilindustrie steht vor großen Herausforderungen, die mit der weitreichenden Transformation einhergehen. Treiber für diesen Wandel sind gesetzliche Regulierungen zum CO_2-Flottenzielwert, niedrigere Grenzwerte für Schadstoffe, die zunehmende Digitalisierung und die steigende internationale Konkurrenz bei Elektrofahrzeugen und Automatisierung. Dies betrifft Baden-Württemberg als einen bedeutenden Standort der Automobilindustrie in besonderem Maße. Hier birgt eine mögliche Zunahme von elektrischen Klein- und Leichtfahrzeugen große Herausforderungen, aber auch Chancen. Die Herausforderungen liegen unter anderem in dem mit der Produktion neuartiger Fahrzeuge verbundenen Strukturwandel und in möglichen Veränderungen bei der Wertschöpfung und bei Arbeitsplätzen. Chancen hingegen eröffnen sich durch neue Geschäftsfelder, den Eintritt zusätzlicher Hersteller in den Automobilbereich und eine frühzeitige Reaktion auf und Anpassung an weltweite Veränderungen im Automobilbereich.

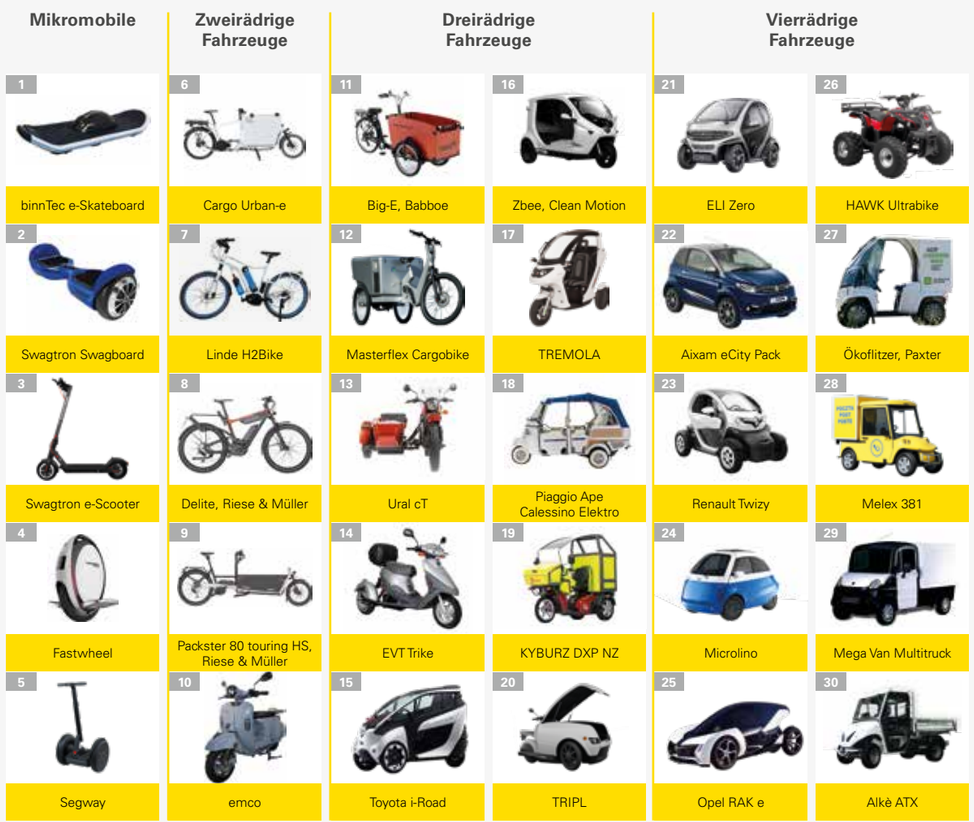


02

Definition von elektrischen Klein- und Leichtfahrzeugen

02

Definition von elektrischen Klein- und Leichtfahrzeugen



© eigene Darstellung unter Verwendung von Grafiken der genannten Hersteller[2]

Abbildung 2-1: Übersicht über das Segment der LEV

Hinter dem Begriff der elektrischen Klein- und Leichtfahrzeuge verbirgt sich eine breite Palette unterschiedlicher Fahrzeugarten. Diese können in die Kategorie der Mikromobile (sogenannte Elektrokleinstfahrzeuge) fallen, umfassen aber auch zweirädrige bis vierrädrige Fahrzeuge unterhalb der PKW-Klasse. Auf dem Markt befindet sich eine Vielzahl von Modellen, die sowohl Nutzfahrzeuge als auch Fahrzeuge zum Personenverkehr einschließen. In diesem Kapitel werden die unterschiedlichen Segmente der elektrischen Klein- und Leichtfahrzeuge in einer Übersicht sowie eine rechtliche Einordnung vorgestellt. Da der Fokus der vorliegenden Studie auf elektrisch betriebenen Lastenrädern sowie drei- und vierrädrigen leichten Elektrofahrzeugen liegt, wird eine klare Abgrenzung des Betrachtungsrahmens gezogen.

2.1 Übersicht

Da sich das Segment der Klein- und Leichtfahrzeuge unterhalb der PKW-Klasse befindet, unterscheiden sich die Anforderungen für eine Typzulassung im Gegensatz zu PKW deutlich. Sie variieren zudem zwischen den verschiedenen Fahrzeugklassen. Auf den ersten Blick unterscheiden sich kleine Elektrofahrzeuge nach ihrer Größe und der Anzahl der Räder (Abbildung 2-1).

Die kleinsten Fahrzeuge im Bereich des Personentransports sind **Mikromobile** oder auch Elektrokleinstfahrzeuge. Diese sehr junge Kategorie ist insbesondere für die letzte Meile im urbanen Stadtverkehr konzipiert. In vielen Ländern stellen vor allem elektrische Tretroller bzw. Elektroscooter einen aufstrebenden Markt dar. So sind für das Jahr 2030 europäische Marktpotenziale von bis zu 150 Mrd. $ prognostiziert (McKinsey & Company 2019).

Zweirädrige Fahrzeuge können sowohl E-Roller als auch Pedelecs, also Fahrräder mit elektrischer Tretunterstützung, sein. Je nach technischen Eigenschaften benötigen Pedelecs entweder kein Versicherungskennzeichen (Nenndauerleistung ≤ 250 Watt und Geschwindigkeit ≤ 25 km/h) oder müssen mit einem solchen ausgestattet sein (Nenndauerleistung ≥ 250 Watt und/oder Geschwindigkeit ≥ 25 km/h).

In die Klasse der Pedelecs fallen auch **Lastenräder,** die sowohl zwei- als auch drei- oder selten auch vierrädrig ausgeführt werden. Im Wirtschaftsverkehr finden die kleinen Fahrzeuge insbesondere bei Dienstleistern aus der Kurier-, Express- und Paketbranche sowie bei Lieferdiensten Anklang. Durch den Einsatz von Lastenrädern kann z. B. auch in dicht besiedelten urbanen Gebieten die Möglichkeit einer zügigen Belieferung gewährleistet werden.

Dreirädrige Fahrzeuge sind vorrangig für den Individualverkehr ausgelegt, wie z. B. das Trike der Firma EVT oder auch Krafträder mit Beiwagen. Fahrzeuge wie die Ape Calessino Elektro der Firma Piaggio sind ebenfalls dreirädrig, allerdings vergleichsweise größer und eignen sich für die Personenbeförderung unter anderem im Tourismus. Im Wirtschaftsverkehr bieten diese Fahrzeuge ebenfalls Einsatzgebiete, wie z. B. unterschiedliche Fahrzeuge von KYBURZ im Postverkehr.

Straßenzulassung von Elektrokleinstfahrzeugen in Deutschland

Am 15.06.2019 trat die Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung (eKFV) in Kraft, die die Straßenzulassung für selbstbalancierende Fahrzeuge und solche ohne Sitz regelt. Die Fahrzeuge dürfen dabei eine bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit von maximal 20 km/h aufweisen und eine maximale Nenndauerleistung von 500 Watt bzw. 1.400 Watt bei selbstbalancierenden Fahrzeugen zur Verfügung stellen. Darüber hinaus sind weitere Fahrzeuganforderungen, wie Fahrzeugmaße, Masse und verkehrssicherheitsrechtliche Mindestanforderungen vorgeschrieben. Die Nutzung ist ab 14 Jahren und ohne Fahrerlaubnis möglich. Elektrokleinstfahrzeuge dürfen nicht auf Gehwegen gefahren werden, sondern nur auf baulich angelegten Radwegen oder Radstreifen. Sind diese nicht vorhanden, muss die Fahrbahn oder der Seitenstreifen (außerorts) genutzt werden. Mit der Zulassung von Mikromobilen im Straßenverkehr sind sowohl Chancen als auch Risiken verbunden. Als Letzte-Meile-Lösung bieten sie ein Zusatzangebot zum Mobilitätsangebot, das den Verkehr in Innenstädten entlasten soll. Gleichzeitig wirft ihre Nutzung bezüglich ihrer Sicherheit sowie ihres Einsatzgebietes auf Verkehrsflächen einige Fragen auf. Da sich z. B. Elektro-Leihscooter-Systeme weltweit als tragfähiges Konzept durchgesetzt haben, könnten Parkplatzprobleme entstehen. Dies wurde bereits durch Leihräder im Free-Floating-Betrieb in Deutschland deutlich, bei dem die Fahrzeuge wahllos abgestellt wurden und somit Wege blockierten oder ganze Fahrradfriedhöfe hervorriefen.

2 I © binnTec, © Swagtron, © fasthweel.com, © Segway-Ninebot, © Urban-e GmbH & Co.KG, © Linde AG, © Riese & Müller GmbH, © emco electroroller GmbH, © Babboe, © Masterflex SE, © Ural Motorcycles, © Electric Vehicle Technology GmbH, © Toyota Deutschland, © Tremola AG, © Piaggio & C. SpA, © KYBURZ Switzerland AG, © TRIPL, © Eli Electric Vehicles, © Leichtmobile GmbH & Co. KG, © Renault, © Micro Mobility Systems AG, © Opel Automobile GmbH, © i-trade e.U., © Ökoflitzer, MVD Medien Vertrieb Dresden GmbH, © Maiers Maschinenhandel GmbH, © Mega Vans Fts ltd, © ALKE' SRL

Vierrädrige Kraftfahrzeuge können ebenfalls je nach Fahrzeugmodell im Wirtschafts- oder Personenverkehr vielfältig eingesetzt werden. Es zeigt sich, dass der Einsatz von Fahrzeugen wie dem Twizy auch in einer abgewandelten Form als Cargomodell beispielsweise bei Paketdiensten möglich ist. Zu den vierrädrigen Elektroleichtfahrzeugen zählen auch Gelände-Quads, die normalerweise nicht als Transportmittel, sondern als Freizeitfahrzeuge eingesetzt werden.

Genehmigung und Marktüberwachung von zwei-, drei- und vierrädrigen Fahrzeugen der Klasse L – die Europäische Verordnung Nr. 168/2013

Klassifizierungen und Bezeichnungen von Straßenfahrzeugen sind in der internationalen Richtlinie ISO 3833:1977 aufgeführt und umfassen Straßenfahrzeuge kategorisiert nach technischen Eigenschaften und Konstruktionsmerkmalen. Für Deutschland gelten darüber hinaus sowohl europäische als auch nationale Regelungen. Die Einordnung der Fahrzeuge orientiert sich an der internationalen UNECE-Richtlinie 2007/46/EC (UNECE = Europäische Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen) zur Typgenehmigung.

Brennstoffzelle

Neben einem batterieelektrischen Antriebsstrang ist auch der Einsatz von Brennstoffzellen bei Klein- und Leichtfahrzeugen denkbar. Dazu gibt es bereits einige Ansätze, sowohl für Fahrräder und Lastenräder (Nummer (7) und (12) in Abbildung 2-1) als auch für vierrädrige Fahrzeuge. Im Rahmen des Projekts Next Generation Car (NGC) entstand beim DLR das Fahrzeugkonzept **Safe Light Regional Vehicle (SLRV).** Es ist mit einer Antriebsleistung von 15 kW und einer Batterie- und Brennstoffzellenversorgung ausgestattet. Durch seine Reichweite von rund 400 km eignet es sich vor allem für Pendler außerhalb des urbanen Verkehrs oder als Zubringerfahrzeug.

Riversimple aus Wales hat mit dem **Rasa** ebenfalls ein Wasserstoff-Brennstoffzellen-betriebenes Fahrzeug entwickelt, das sowohl für den innerstädtischen Verkehr als auch für ländliche Gebiete gedacht ist. Der Prototyp hat eine Antriebsleistung von 8,5 kW. Für den bisher nicht datierten Marktstart ist kein Verkauf, sondern ein Leasing des Fahrzeugs geplant. Es wird ein Komplettpaket angeboten (Fahrzeug inklusive Wartung, Versicherung, Kraftstoff) (riversimple 2018). Ob das Konzept in der Klasse L zugelassen werden könnte, ist noch offen.

Die Nutzung von Wasserstoff als Energiespeicher bietet sowohl bei sehr kleinen Elektrofahrzeugen als auch bei PKW die Vorteile einer hohen Reichweite und schneller Betankung. Dennoch haben Brennstoffzellenfahrzeuge im Bereich sehr kleiner Fahrzeuge bisher noch keine Marktreife erlangt. Dies liegt insbesondere an den hohen Kosten dieser Technologie.

Mit Blick auf mögliche Kostendegressionen durch eine höhere Verbreitung der Brennstoffzellentechnik (z. B. bei PKW), veränderte Rahmenbedingungen für Konkurrenztechnologien und mögliche Fortschritte bei der System- und Komponentenentwicklung für Brennstoffzellenfahrzeuge können sich jedoch die Bedingungen für einen Markteintritt ändern.



© DLR

Abbildung 2-2: SLRV



© Riversimple Movement Ltd

Abbildung 2-3: Rasa, Riversimple

Für die Mitgliedsländer der EU sind LEV abhängig von ihren technischen Eigenschaften, wie beispielsweise der Motorleistung, entweder Fahrrädern gleichgestellt oder sie fallen in die sogenannte Fahrzeugklasse L. Definitionen und Anforderungen für die Typgenehmigung von zwei-, drei- und vierrädrigen Fahrzeugen der Klasse L sind mit der Verordnung Nr. 168/2013 geregelt. Sie beinhaltet Fahrzeuge mit Elektro- und Verbrennunsmotor und gliedert die Fahrzeuge in die Unterklassen L1e bis L7e, die sich nach Anzahl der Räder und weiteren Merkmalen unterscheiden. Die Anforderungen an die Fahrzeugeigenschaften variieren nach Unterklassen stark. Im März 2013 ist die Verordnung in Kraft getreten und seit 2016 sind verschiedene Aspekte für die Typgenehmigung anzuwenden. Das Datum für die Anwendungspflicht variiert für unterschiedliche Abschnitte der Verordnung.

Obwohl die Regulierungen weniger komplex sind als für PKW, sind zahlreiche Anforderungen für die Homologation, also die Zulassung von Fahrzeugen und Fahrzeugteilen, zu beachten. Dies ist für OEM nicht problematisch, da diese Spezialisten für die Homologation beschäftigen. LEV hingegen werden oft von kleinen Herstellern ohne entsprechende Fachabteilungen entwickelt. Hierdurch gestaltet sich die Homologation für sie teils sehr schwierig. Bis auf wenige Ausnahmen verbindet alle Unterklassen die Anforderung einer maximalen Länge von 4 m, einer maximalen Breite von 2 m und einer maximalen Höhe von 2,5 m – Tabelle 2-1 zeigt Details der Anforderungen für die unterschiedlichen Unterklassen der Klasse L.

Einige Fahrzeugmodelle werden mit unterschiedlichen technischen Ausführungen angeboten, um verschiedene Nutzergruppen zu erreichen. Mit entsprechender Leistungs- und Geschwindigkeitsbegrenzung dürfen gewisse Fahrzeuge bereits ab 16 Jahren gefahren werden. Ein Mopedführerschein der Klasse AM ist in diesem Fall ausreichend. So gibt es den Renault Twizy sowohl als Ausführung mit einer Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h (Fahrerlaubnisklasse AM) als auch von 80 km/h.

Neben der EU-Verordnung Nr. 168/2013 gelten in Deutschland für die Zulassung und Nutzung von Klasse-L-Fahrzeugen und somit auch für LEV, die in diese Klasse fallen, auch nationale Regelungen wie die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO), die Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) und die Fahrzeug-Zulassungsverordnung (FZV). Letztere regelt unter anderem die Notwendigkeit der Fahrzeugzulassung und das Führen verschiedener Arten von Kennzeichen wie amtliche Kennzeichen oder Versicherungskennzeichen. Sie legt außerdem fest, dass alle Fahrzeuge mit Kennzeichen bzw. Versicherungskennzeichen in einem zentralen Fahrzeugregister (ZFZR) zu erfassen sind. Die Daten des ZFZR sind nicht öffentlich frei zugänglich. Für Fahrzeuge mit amtlichem Kennzeichen bietet das KBA relativ umfassende Daten an, für solche mit Versicherungskennzeichen sind nur sehr beschränkt Statistiken verfügbar.

Das KBA verwendet eine Einteilung von Klasse-L-Fahrzeugen in Kategorien, die teils von der Definition der EU-Verordnung Nr. 168/2013 abweichen (unter Einhaltung der Anforderungen der Verordnung). Die verschiedenen Kategorisierungen dieser Art von Fahrzeugen auf unterschiedlichen Ebenen lassen die Verordnung sowohl für Kommunen und Hersteller als auch für Nutzerinnen und Nutzer intransparent wirken. Eine detailliertere Beschreibung der Regulierungen zur Nutzung von kleinen Elektroleichtfahrzeugen findet sich in Kapitel 5.1.

Möglichkeiten der Zulassung von kleinen Elektroleichtfahrzeugen als PKW

Für die Typzulassung von PKW gibt es zahlreiche Begrenzungen für Maximalwerte, z. B. maximale Abmessungen oder maximales Gewicht der Fahrzeuge. Nach unten hin sind die technischen Eigenschaften hingegen kaum begrenzt. So ist beispielsweise eine sehr niedrige Mindestgeschwindigkeit von 25 km/h gefordert (Morche u. a. 2013). Dadurch ist es möglich, einige Fahrzeuge sowohl in der Klasse L7e (schwere vierrädrige Kraftfahrzeuge) als auch in der M1-Klasse zuzulassen (Vinckx 2016). Allerdings sind die Anforderungen an die passive Sicherheit der Fahrzeuge für die Klasse M1 wesentlich höher als für die Klasse L. Daher wird diese Option derzeit fast nicht genutzt. Der Aspekt der Sicherheit ist ein wichtiges Kriterium für Fahrzeuge in der L-Klasse und wird daher in Kapitel 3.3 näher beleuchtet.

Manche Modelle wurden zunächst als Klasse-L-Fahrzeug konzipiert, dann jedoch als Klasse-M1-Fahrzeug umgesetzt. Ein Beispiel hierfür ist der e.Go Life der e.Go Mobile AG. Dieser war zunächst als L7e-Fahrzeug geplant, letztendlich wurde er aber als PKW umgesetzt. Die jetzigen technischen Eigenschaften des Fahrzeugs erlauben keine Zulassung als Klasse-L-Fahrzeug, beispielsweise aufgrund der angegebenen Nenndauerleistung von 20 kW oder mehr je nach Ausführung (e.GO Mobile AG 2019).

Vergleich der Vorteile von Elektrofahrzeugen der Klassen M1 (PKW) und L aus Kundensicht

In der folgenden Gegenüberstellung der Vorteile werden allgemeine Merkmale der Klassen L und M1 aufgezeigt. Ausnahmen sind dabei möglich, so gibt es beispielsweise sehr hochpreisige Klasse-L-Fahrzeuge.

Vorteile Klasse L aus Kundensicht

- Manche Klasse-L-Fahrzeuge können bereits ab 16 Jahren genutzt werden, für sie ist ein Führerschein der Klasse AM ausreichend (kein Führerschein der Klasse B notwendig, abhängig von Fahrzeugeigenschaften wie z. B. Motorleistung und Höchstgeschwindigkeit)
- Geringere Fahrzeugpreise für LEV als für elektrische PKW durch vereinfachte Typzulassung mit geringeren Sicherheitsanforderungen als bei Klasse M1 (Preise modellabhängig)
- Kein amtliches Kennzeichen notwendig (abhängig von Fahrzeugeigenschaften)
- Sehr geringer Energiebedarf und entsprechend niedrige Kosten pro km

Vorteile von sehr kleinen Fahrzeugen der Klasse M1 aus Kundensicht (z. B. Smart)

- Sicherheit durch Crashtests nachgewiesen
- In der Regel höhere Geschwindigkeit
- Sowohl bei Neuwagen als auch bei Gebrauchtwagen sind sehr günstige Modelle mit Verbrennungsmotor erhältlich (hohe Stückzahlen ermöglichen niedrige Preise)
- Existenz eines großen Gebrauchtwagenmarktes

2.2 Rahmen der Studie

Was wird betrachtet?

Auf dem Markt gibt es sowohl national als auch international eine Reihe von unterschiedlichen Bezeichnungen für elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge. Für die vorliegende Studie wird einheitlich der Begriff LEV verwendet; dieser umfasst die im Folgenden definierten Fahrzeuge.

Der Fokus der Studie liegt sowohl auf dreirädrigen LEV (Klassen L2e und L5e) und vierrädrigen LEV (Klassen L6e und L7e) als auch auf Lastenrädern mit elektrischem Antrieb. Die Lastenräder können zwei-, drei- oder vierrädrig sein und umfassen Fahrzeugmodelle, die keinerlei Kennzeichen benötigen, und solche, für die ein Versicherungskennzeichen vorgeschrieben ist. Drei- und vierrädrige LEV sind insbesondere von Bedeutung, da sie z. B. durch ihre Reichweite PKW ersetzen können.

Lastenräder sind insbesondere für den Transport von Gütern, aber auch von Personen interessant. Auch sie können PKW bei vielen Einsatzzwecken ersetzen. Sie finden zwar bereits regen Einsatz, nehmen verglichen mit elektrischen Fahrrädern jedoch nur einen geringen Anteil ein (ZIV 2018b).

Was wird nicht betrachtet?

Mikromobile werden im Weiteren nicht behandelt, da für sie gänzlich andere Anforderungen gelten und sie vor allem einen viel kleineren Einsatzradius haben als die übrigen LEV. Sie sind daher nur bedingt geeignet, PKW zu ersetzen. **Darüber hinaus werden zweirädrige Krafträder (L3e, L4e) außer Acht gelassen, da diese bereits weiter verbreitet sind** und somit in großen Stückzahlen verkauft werden (wenn auch derzeit meist noch mit Verbrennungsmotor). Von den im Jahr 2018 in Europa verkauften Motorrollern waren insgesamt 14 % mit elektrischem Antriebsstrang ausgestattet (ACEM 2018).

Auch zweirädrige Fahrzeuge wie Motorräder können Substitutionspotenziale für PKW aufweisen. Da sich drei- und vierrädrige LEV von Zweirädern jedoch hinsichtlich Fahrstabilität (z. B. Sturzgefahr in Kurven) und Sicherheit (z. B. Sicherheitsstrukturen und Knautschzonen) unterscheiden, kann mit ihnen eine andere Nutzergruppe als mit Zweirädern angesprochen werden. Dieselbe Begründung, wenn auch in anderem Umfang, gilt für Pedelecs und S-Pedelecs, die in der Klasse L1e inbegriffenen Fahrräder mit elektrischem Hilfsantrieb.

Es werden nur Fahrzeuge betrachtet, die auf öffentlichen Straßen eingesetzt werden. Golfcarts z. B., die speziell für abgegrenzte Gebiete entwickelt werden, fallen nicht darunter. Ebenso finden Gelände-Quads, die auch zur Klasse L gehören, in der Studie keine Beachtung, da ihnen für den regulären Personen- und Güterverkehr eine nachgeordnete Relevanz zukommt.

Klasse	L1e Leichte zweirädrige Kraftfahrzeuge		L2e Dreirädriges Kleinkraftrad		L3e Zweirädriges Kraftrad					L4e Zweirädriges Kraftrad mit Beiwagen
Unterklasse	L1e-A	L1e-B	L2e-P	L2e-U	L3e-A1	L3e-A2	L3e-A3	L3e-AxT	L3e-AxT	
Unter-Unterklasse	Fahrrad mit Antriebssystem	Kleinkraftrad	Personenbeförderung	Gütertransport	Kraftrad mit niedriger Leistung	Kraftrad mit mittlerer Leistung	Kraftrad mit hoher Leistung	Enduro-Kraftrad	Trial-Kraftrad	-
Geschwindigkeit	≤ 25 km/h**	≤ 45 km/h	≤ 45 km/h		-					-
Nenndauerleistung	≤ 1 kW	≤ 4 kW	≤ 4 kW		≤ 11 kW***	≤ 35 kW***	-	-		-
Masse*	-		≤ 270 kg		-	-	-	≤ 140 kg	≤ 100 kg	-
Länge	≤ 4.000 mm		≤ 4.000 mm		≤ 4.000 mm					≤ 4.000 mm
Breite	≤ 1.000 mm		≤ 2.000 mm		≤ 2.000 mm					≤ 2.000 mm
Höhe	≤ 2.500 mm		≤ 2.500 mm		≤ 2.500 mm					≤ 2.500 mm
Sitzplätze	-		≤ 2	≤ 2	-			1		≤ 4 (inkl. ≤ 2 im Beiwagen)
Radanzahl	2–4	2	3		2					Basisfahrzeug: 2
Fahrzeugbeispiele	(8), (9)		(14), (15), (16), (17), (19), (20)		(10)					(13)

Klasse	L5e Dreirädriges Kraftfahrzeug		L6e Leichtes vierrädriges Kraftfahrzeug		L7e Schweres vierrädriges Kraftfahrzeug				
Unterklasse	L5e-A	L5e-B	L6e-A	L6e-B	L7e-A	L7e-B Schweres Gelände-Quad		L7e-C Schweres Vierradmobil	
Unter-Unterklasse	Hauptsächlich Personentransport	Gewerbliche Nutzung	Leichtes Straßen-Quad	(BP/BU) Leichtes Vierradmobil	(A1/A2) Schweres Straßen-Quad	L7e-B1 Gelände-Quad	L7e-B2 Side-by-Side-Buggy	L7e-CP Personenbeförderung	L7e-CU Güterbeförderung
Geschwindigkeit	-		≤ 45 km/h		-	≤ 90 km/h	-	≤ 90 km/h	
Nenndauerleistung	-		≤ 4 kW	≤ 6 kW	≤ 15 kW	-	≤ 15 kW	≤ 15 kW	
Masse*	≤ 1.000 kg		≤ 425 kg		≤ 450 kg	-		≤ 450 kg	≤ 600 kg
Länge	≤ 4.000 mm		≤ 4.000 mm	≤ 3.000 mm	≤ 4.000 mm	≤ 4.000 mm		≤ 3.700 mm	
Breite	≤ 2.000 mm		≤ 2.000 mm	≤ 1.500 mm	≤ 2.000 mm	≤ 2.000 mm		≤ 1.500 mm	
Höhe	≤ 2.500 mm		≤ 2.500 mm		≤ 2.500 mm				
Sitzplätze	≤ 5	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2****	≤ 2****	≤ 3**** (2 davon nebeneinander angeordnet)	≤ 4****	≤ 2****
Radanzahl	3	3	4		4				
Fahrzeugbeispiele	(18)		(21), (22), (23), (27), (28)		(23), (24), (25), (26), (29), (30)				

Tabelle 2-1: Anforderungen zur Typzulassung nach Verordnung (EU) Nr. 168/2013

© eigene Darstellung *Masse in fahrbereitem Zustand, ohne Antriebsbatterien **mit elektrischer Unterstützung ***Verhältnis von Leistung zu Gewicht ≤ 0,1 kW/kg (L3e-A1) bzw. ≤ 0,2 kW/kg (L3e-A2) **** (L7e-A1, -B1): Sattelsitzplätze; (L7e-A2, -B2, -CP, -CU): nicht sattelförmige Sitzplätze



03

Technische Aspekte

© KYBURZ Switzerland AG

03 Technische Aspekte

Dieses Kapitel gliedert sich in drei Abschnitte. Der erste beinhaltet eine Übersicht zum derzeitigen Stand bei der Entwicklung von Serien- und Konzeptfahrzeugen, allgemeine Fahrzeuganforderungen und Besonderheiten für den Einsatz im Wirtschaftsverkehr. Darüber hinaus werden Unternehmenstypen vorgestellt, die LEV herstellen; anschließend folgt ein Ausblick auf den möglichen Einsatz von Automatisierungstechnologien. Im zweiten Abschnitt werden die Hauptkomponenten des Antriebsstrangs von LEV, ergänzt durch technische Daten ausgewählter Modelle, beschrieben. Zudem werden beispielhaft Produktionsstandorte von vier europäischen Firmen vorgestellt und es wird ein Ausblick auf China gegeben.

Da die Fahrzeugsicherheit einen zentralen Aspekt bei der Fahrzeugentwicklung und bei Kaufentscheidungen darstellt, widmet sich der dritte Abschnitt diesem Thema.

3.1 Serien- und Konzeptfahrzeuge

Übersicht zu drei- und vierrädrigen Serien- und Konzeptfahrzeugen

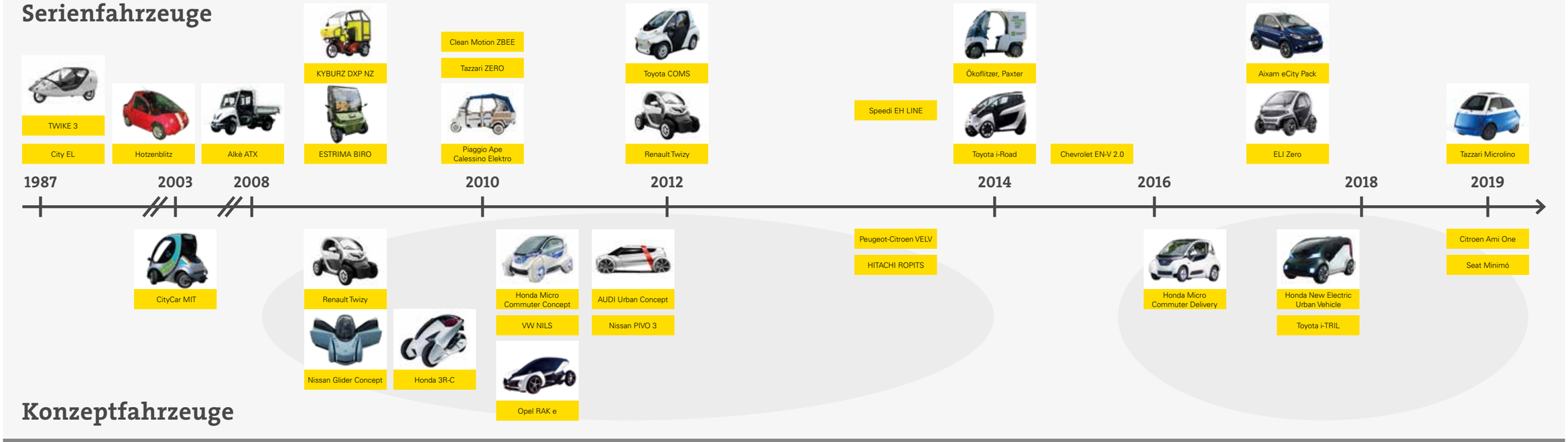
Bereits vor Jahrzehnten gab es LEV im europäischen Raum, z. B. den Zweisitzer Hotzenblitz (1989–1996) und den City EL (1987–1991). Beide konnten sich jedoch am Markt nicht durchsetzen.

Seitdem wurden zahlreiche Konzept- und einige Serienfahrzeuge entwickelt. Viele Fahrzeuge fanden insbesondere seit dem Jahr 2009 ihren Weg auf den Markt. Im Jahr 2012 erlangte der Renault Twizy Marktreife, er ist derzeit das bekannteste Fahrzeug unter den LEV. Für das Jahr 2019 plant der Hersteller Micro Mobility Systems, mit dem Microlino in den Markt einzusteigen. Generell ist erkennbar, dass abgesehen von Renault nur kleine Hersteller oder Start-ups am Markt vertreten sind.

Ein Vergleich von Konzeptfahrzeugen zeigt eine Bündelung um die Jahre 2010 bis 2012. Auf der IAA Frankfurt 2011 wurden gleich drei Fahrzeugkonzepte vorgestellt (VW Nils, Audi Urban Concept, Opel RAK e). Auf der Tokyo Motor Show wurden im selben Jahr ebenfalls LEV-Konzepte gezeigt (Honda Urban Micro Commuter Concept und Nissan PIVO 3).

Insbesondere durch technologische Fortschritte im Bereich von Lithium-Ionen-Batterien erlangte der Elektrofahrzeugmarkt ungefähr ab 2010 einen Aufschwung durch erste Serienfahrzeuge bei PKW wie den Mitsubishi i-MIEV (2009) und den Nissan Leaf (2010). Als Grund für die Entwicklung von LEV nennen die Automobilhersteller auch die sinnvolle Einbettung in Mobilitätskonzepte für wachsende Städte. Viele der Konzeptfahrzeuge wurden nicht bis zur Serienreife weiterentwickelt, erfuhren jedoch durchaus mediale Aufmerksamkeit. Andere Fahrzeuge wie der Honda Micro Commuter Concept wurden mit einem Prototyp in mehreren Szenarien im realen Verkehr getestet. Außerdem wurden einige Fahrzeuge großer OEM, die zuerst als Konzeptfahrzeuge vorgestellt wurden, später als Carsharing-Konzepte umgesetzt (Toyota i-Road und COMS, Chevrolet EN-V 2.0) (GM China 2017).

Seit 2017 sind wieder einige Konzepte großer Autohersteller, wie z. B. Seat, Citroën, Toyota und Honda, zu sehen, die sich vor dem Hintergrund von Umweltauflagen, wie z. B. der beschränkten Einfahrt in Städte, mit dem Thema beschäftigen.



© eigene Darstellung mit Quellen[3]

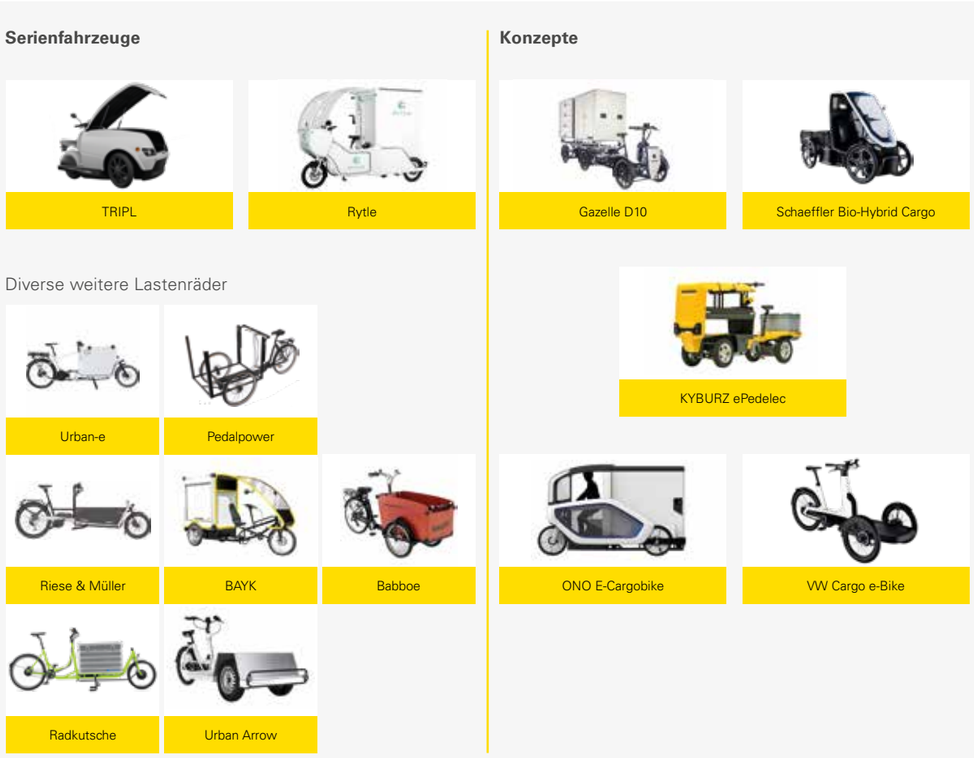
Abbildung 3-1: Auswahl diverser LEV Serien- und Konzeptfahrzeuge von 1987 bis 2019

3 | © GNU-FDL, © Robert Hextall, © https://www.flickr.com/photos/kieronroberts/7461469052/, © ALKE' SRL, © e-mobil BW, © Piaggio & C. SpA, © KYBURZ Switzerland AG, © Ökoflitzer, MVD Medien Vertrieb Dresden GmbH, © Renault, © Toyota Deutschland, © Nissan North America (Nissan Glider Concept), © Honda Leichtmobile GmbH & Co. KG, © Eli Electric Vehicles, © Micro Mobility Systems AG, © Audi, © Opel Automobile GmbH

Lastenräder

Lastenräder sind bereits seit dem 19. Jahrhundert im Einsatz und erfreuen sich einer stetig wachsenden Akzeptanz. Heute erleichtert der Einsatz elektrischer Antriebsunterstützung den Transport von Gütern und Personen (ZIV 2018a). Die Konzepte zur Nutzung sind vielfältig und reichen von Verkaufsrädern und Rikschas bis hin zur Verwendung für Werbezwecke oder zur Mitnahme von Kindern. Ein vielversprechender Anwendungsbereich ist die Kurier-, Express- und Paketbranche, weshalb dazu bereits ganzheitliche Konzeptideen entstanden sind (ONO, Gazelle, VW, Schaeffler, KYBURZ) und einige Fahrzeuge, die Marktreife erreicht haben (z. B. Rytle und TRIPL). Das jüngste Konzept (2019) wurde von Schaeffler entwickelt und zeigt einen Bio-Hybrid, der sowohl als Cargo- als auch als Passagiervariante auf den Markt kommen soll. Elektrische Lastenräder ohne Versicherungspflicht und mit einer Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h dominieren den Markt deutlich. Versicherungspflichtige Lastenräder sind in Deutschland derzeit sehr selten vertreten.

Die Räder weisen unterschiedliche Spezifikationen auf. Sie reichen von einspurigen Zweirädern mit verlängertem Radstand sowie tiefer Ladefläche vorne (Long John) oder hinten (Longtail) über Lieferbikes bis hin zu mehrspurigen Rädern. Diese können drei Räder und eine tiefe Ladefläche vorne (Trike) oder hinten haben. Vierrädrige Lastenräder sind insbesondere für große Zuladungen geeignet (Schwertransporter).



© eigene Darstellung mit Quellen[4]

Abbildung 3-2: Beispiele für E-Lastenräder

4 I © TRIPL, © RYTLE GmbH, © Urban-e GmbH & Co.KG, © Pedalpower, © Riese & Müller GmbH, © BAYK AG, © Babboe, © Stefan Rickmeyer, Geschäftsführer der Radkutsche GmbH, © Urban Arrow, © Koninklijke Gazelle N.V., © Schaeffler Bio-Hybrid GmbH, © KYBURZ Switzerland AG, © Tretbox GmbH, © VW Nutzfahrzeuge

3.1.1 Fahrzeugeigenschaften

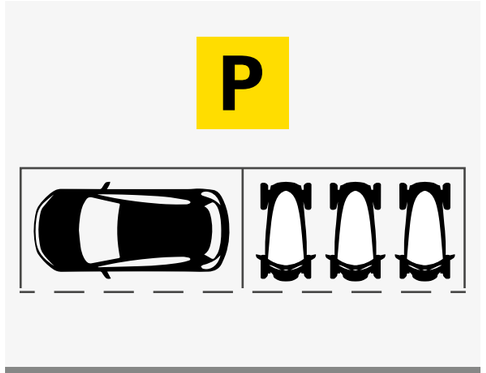
Drei- und vierrädrige Fahrzeuge sowie Lastenräder müssen, wie jedes andere Fahrzeug auch, bestimmte Anforderungen seitens der Hersteller, Nutzer und weiterer Akteure erfüllen.

Drei- und vierrädrige LEV

Der Aspekt der **Sicherheit** ist eines der wichtigsten Themen: ausschlaggebend nicht nur für Fahrzeugentwickler und Endnutzer, sondern auch für Kommunen bei Überlegungen zur Förderung und zum Einsatz dieser Fahrzeugkategorie. Für Hersteller fallen durch das Fehlen von gesetzlichen Crashtest-Anforderungen relativ geringe Entwicklungskosten an. Dennoch stehen sie vor der Entscheidung, inwieweit sie über gesetzliche Vorschriften hinaus Sicherheitsanforderungen erfüllen möchten. Durch höhere Standards könnten sie ein sicheres und qualitativ hochwertigeres Produkt anbieten, müssten für dieses jedoch einen höheren Verkaufspreis fordern.

Der **Verkaufspreis** ist wie bei jedem Produkt ein relevantes Thema. Häufig bestimmt er für den Hersteller die Fahrzeugkonzeption und -entwicklung und für die Kundin oder den Kunden die Kaufentscheidung. Ein attraktiver Preis ist notwendig, um ein Fahrzeug für eine breiter aufgestellte Nutzergruppe anzubieten. Verglichen mit dem Preis für einen PKW können LEV deutlich günstiger sein. Verglichen mit Preisen für Roller, Fahrräder oder gebrauchte PKW sind LEV hingegen relativ teuer.

Witterungsschutz und **Komfort** sind Fahrzeugeigenschaften, in denen sich LEV und PKW unterscheiden. In der Regel bieten LEV weniger Komfort bei Assistenzsystemen und Ausstattung. LEV verfügen zudem nicht immer über einen vollen Regenschutz und auch nur teilweise über eine Heizung oder eine Klimaanlage. Dies sind wichtige Aspekte in der Konzeption und Entwicklung solcher Fahrzeuge mit Blick auf Kundengruppen und Einsatzzweck.



© eigene Darstellung nach Renault Deutschland AG 2018b

Abbildung 3-4:
Flächenverbrauch von LEV und PKW auf Parkplätzen



© eigene Darstellung nach DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) 2019)

Abbildung 3-3: Bauformen von Lastenrädern

Einen klaren Vorteil weisen LEV im urbanen Bereich durch ihre **geringe Größe** auf. Je kleiner das Fahrzeug ist, desto kürzer kann die Parkplatzsuche ausfallen, da eine Vielzahl von Parkmöglichkeiten infrage kommt.

Unklar ist, welchen Einfluss bei der Akzeptanz die **Reichweite** der Fahrzeuge hat. Einerseits liegt diese häufig bei unter 100 km. Andererseits sind die Entfernungen, die mit LEV zurückgelegt werden, in der Regel kurz und die Fahrzeuge sind sowohl an Haushaltssteckdosen als auch an Ladesäulen aufladbar. An Letzteren kann entweder eine vorhandene Haushaltssteckdose oder – falls vom Hersteller zugelassen – ein Adapter verwendet werden. Aufgrund des geringen Energiebedarfs und der entsprechend kleinen Batterien sind LEV recht schnell wieder aufgeladen.

Ökologische Aspekte sind für viele Privatpersonen ausschlaggebend bei der Kaufentscheidung für ein LEV. Um die Fahrzeuge möglichst nachhaltig zu gestalten, sollte die Batterie so klein wie möglich sein. Bei der Fahrzeugkonzeption ist eine Balance zwischen attraktiver Reichweite und möglichst geringem Ressourcenverbrauch, also einer kleinen Batterie, zu finden.

Die **bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit** entscheidet, ob ein Fahrzeug Autobahnen und Kraftfahrstraßen nutzen darf (ab 60 km/h). Zudem stellt sie eines der Kriterien für eine Fahrerlaubnis für LEV ab 16 Jahren dar. Die gewünschte Höchstgeschwindigkeit beeinflusst die Auslegung der Antriebskomponenten und ist ein wichtiges Kaufkriterium.

Für junge Leute ab 16 Jahren oder auch ältere Personen ohne Führerschein der Klasse B sind die geringen **Führerscheinanforderungen** einiger LEV attraktiv. Hersteller entscheiden durch die Festlegung der technischen Parameter wie Leistung und Höchstgeschwindigkeit über das Mindestalter für die Fahrzeugnutzung.

LEV können durch ein **individuelles Erscheinungsbild** im Straßenverkehr positiv auffallen. Unternehmen verwenden sie häufig als Kommunikationstool, z. B. für Werbezwecke oder als Fahrzeug mit hohem Wiedererkennungswert.

Solange LEV am Markt noch keine große Verbreitung finden, gibt es wenige Modelle und entsprechend auch kaum komfortable **Reparaturoptionen**. Das Wissen über die Fahrzeuge ist bisher gering und Werkstätten sind je nach Modell nicht so leicht zu finden wie bei PKW. Neben den Anforderungen von Nutzern und Herstellern sind gesetzliche Anforderungen einzuhalten.

Anforderungen an Lastenräder

Der Transport von Gegenständen oder Personen (Kindern) ist der eigentliche Zweck eines Lastenrads. Somit sind das **Transportvolumen bzw. eine geeignete Ausstattung z. B. für den Kindertransport** ausschlaggebende Aspekte bei der Konzeption. Dabei können zweirädrige Lastenräder nur kleinere Transportvolumina aufnehmen als drei- oder vierrädrige Lastenräder, die über eine potenziell größere Ladefläche verfügen. Weiterhin ist eine **komfortable und sichere Beladbarkeit** wichtig. Insbesondere bei schweren Gegenständen ist eine hohe Stabilität des Lastenrads notwendig. Zudem sollte die **benötigte Parkfläche** gering ausfallen.

Stabilität, also eine geringe **Kippgefahr,** ist auch beim **Fahrverhalten** von Bedeutung. Ist eine hohe Stabilität vor allem für langsame Geschwindigkeiten gewünscht, eignet sich ein dreirädriges Fahrzeug gut. Für schnelles Fahren in Kurven ist hingegen ein zweirädriges Lastenrad durch die mögliche Neigung stabiler. Beim Einsatz von Lastenrädern in Innenstädten und insbesondere in eng bebauten Gebieten sollten diese einen geringen **Wendekreis** aufweisen, um besser navigieren zu können.

Die Erlaubnis für die **Nutzung von Radwegen** ist auch ein wichtiger Aspekt bei der Kaufentscheidung. Gegebenenfalls können so Staus umfahren werden und die Lastenräder sind sicherer unterwegs als im Mischverkehr mit PKW. Allerdings ist die Nutzung von Radwegen nur für Räder mit Tretunterstützung bis zu einer **Motorleistung** von maximal 250 W und einer **Höchstgeschwindigkeit** von maximal 25 km/h erlaubt. Für Logistikunternehmen ist die Beschränkung auf 250 W Nenndauerleistung bei der Beförderung schwerer Güter problematisch. Firmen stehen hier vor einem Dilemma.

Räder mit Versicherungskennzeichen (S-Pedelecs, E-Bikes), also mit höherer Motorleistung oder Unterstützung bei höheren Geschwindigkeiten, dürfen weder inner- noch außerorts auf Radwegen fahren. Zudem gelten für sie eine Führerscheinpflicht (AM) sowie ein Mindestalter von 16 Jahren und es dürfen keine Kinder in Anhängern transportiert werden (ADFC Bundesverband e. V. 2018; ADFC NRW 2015).

Wie bei allen Elektrofahrzeugen spielt die **Reichweite** auch bei Lastenrädern eine Rolle. Sie hängt maßgeblich von der Topologie, dem Gewicht der Zuladung und der Eigenleistung (Muskelkraft) des Fahrers ab.

Zuletzt ist auch das **Design** ein relevantes Kriterium. Lastenräder werden vor allem für den Privatgebrauch nicht nur mit Blick auf Praktikabilität oder Umweltfreundlichkeit gekauft, sondern auch als Lifestyle-Produkt. Daher bieten viele Lastenrad-Hersteller ein gut verarbeitetes hochwertiges Produkt mit ansprechender Gestaltung an. Hieraus resultiert allerdings auch ein entsprechender **Preis,** der bei einigen Tausend Euro liegen kann.

Anforderungen an Fahrzeuge für den Einsatz in Wirtschaftsverkehren

LEV und Lastenräder finden auch bei verschiedenen Akteuren des Wirtschaftsverkehrs Anklang. Der Wirtschaftsverkehr umfasst denjenigen Teil des Verkehrs, „der unmittelbar aufgrund wirtschaftlicher Aktivität erzeugt wird. Deshalb werden dessen Kosten und Aufwände von einem Unternehmen bzw. einer unternehmerisch tätigen Einheit getragen. Wirtschaftsverkehr entsteht durch die Notwendigkeit der Versorgung von Betrieben und Haushalten mit Gütern und Dienstleistungen." (FGSV 2019)

Für den Einsatz von LEV in Wirtschaftsverkehren gelten neben den allgemeinen Anforderungen der Nutzung zusätzlich spezielle Kriterien. So ist ein vorhandener **Wetterschutz** insbesondere bei der KEP-Branche ein wichtiges Kriterium. Es gibt allerdings auch sehr erfolgreiche Modelle wie das KYBURZ DXP 4, das über keinen Wetterschutz verfügt.

Speziell für den Wirtschaftsverkehr entwickelte Modelle müssen den Transportbedürfnissen der Nutzerinnen und Nutzer entsprechen. Beispielsweise ist die Beschaffenheit und Aufmachung der Transportbox ein zentraler Faktor. Eine Abkopplung der Box vom Lastenrad ist oft von Vorteil, ebenso wie die Kompatibilität mit Standardeinheiten im innerbetrieblichen Einsatz. Für diesen Bereich bedeutsam ist auch der Einsatz von auf Rollen fahrbaren Transportboxen und Konzepten, die für die Beladung in Zusammenhang mit Rampen geeignet sind.

Besondere Anforderungen für diverse Branchen sind z. B. eine Isolierung für kalte und heiße Güter oder eine aktive Heizung bzw. Kühlung der Transportbox. Es können auch zerbrechliche Güter oder elektrische Geräte transportiert und gegebenenfalls weitere Besonderheiten beachtet werden.



© RYTLE GmbH

Abbildung 3-5: Lastenrad mit Wetterschutz

	Zweirädrige Lastenräder	Drei- und vierrädrige Lastenräder
Fahrverhalten	+ Dynamisch, wendig	+ Entspanntes, gemütliches Fahren
Stadtverkehr	+ Auch für längere Fahrten und abschüssige Wege geeignet	– „Mitschwimmen“ im Verkehr nur bedingt möglich
Abmessung	+ Einfaches Parken – Geringe Zuladung	– Parkprobleme + Großes Ladevolumen
Kippgefahr	+ Kippgefahr bei Langsamfahrt	– Kann in Kurven umkippen
Wendigkeit	– Größerer Wendekreis + Einfaches Umfahren von Hindernissen durch geringe Fahrzeugbreite	+ Kleiner Wendekreis – Schwieriges Umfahren von Hindernissen durch größere Fahrzeugbreite
Kraftaufwand	+ Gering	– Aktiver Körpereinsatz nötig

Tabelle 3-1: Vor- und Nachteile von Lastenrädern

© eigene Darstellung

3.1.2 Hersteller von LEV

LEV werden von verschiedenen Marktakteuren entwickelt und hergestellt. Diese Hersteller können in sechs Unternehmenstypen unterteilt werden (siehe Abbildung 3-6). Die kleinste Unternehmensform bildet das Start-up, dabei treten Unternehmen mit der Idee eines Fahrzeugkonzeptes und einer oftmals konkreten Vision urbaner Mobilität auf. Daneben stehen bereits etablierte KMU, die LEV in ihrer Produktpalette anbieten und in dieser Nische bereits bekannt sind. Ein Beispiel dafür bildet das schweizerische Unternehmen KYBURZ, das bereits seit 2002 Fahrzeuge für die Schweizer Post entwickelt und herstellt. Hersteller, die bereits ein diversifiziertes Angebot an anderen Fahrzeugen vorweisen, wie z. B. PLEV, können ihr Know-how auch in die Produktion von LEV einfließen lassen und somit Synergien schaffen. Dasselbe gilt für OEM, die bereits Klein- und Leichtfahrzeuge mit Verbrennungsmotor (VKM) herstellen und einzelne Modelle mit einem elektrischen Antriebsstrang ausstatten. Die Firma Piaggio, die beispielsweise das Kultmodell Ape Calessino im Portfolio hat, stellte für eine limitierte Auflage von 100 Stück dasselbe Modell mit einem elektrischen Motor her. Ziel der geringen Stückzahl war es, die Nachfrage für das elektrisch betriebene Fahrzeug anzuregen. Auch Zulieferer und zuletzt OEM, wie z. B. Toyota oder Renault, sind Unternehmenstypen, die LEV herstellen.

Zu den Unternehmenstypen für Lastenräder gehören derzeit viele kleinere Unternehmen oder Start-ups, die über eine kleine Modellpalette von Cargobikes verfügen. Darüber hinaus weiten viele große Fahrradhersteller, wie z. B. Riese & Müller oder Hercules, ihr Produktportfolio aus und fertigen zusätzlich Elektrolastenräder. Auch Zulieferer, wie z. B. Schaeffler, entwickeln Fahrzeuge für diesen Markt.

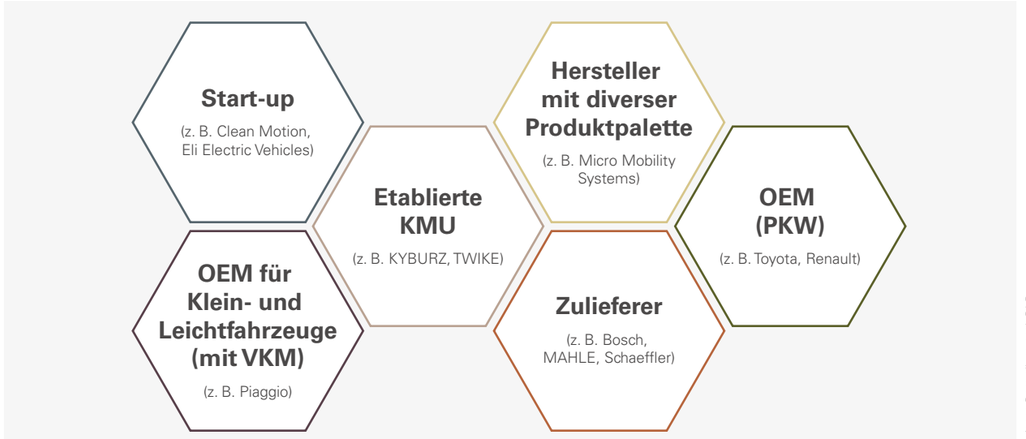


Abbildung 3-6: Verschiedene Unternehmenstypen auf dem Markt

© eigene Darstellung nach DLR

3.1.3 Automatisierte Fahrzeugkonzepte

Assistenzsysteme bis hin zur vollständigen Automatisierung des Fahrzeugs mit fahrerlosem Fahren werden für PKW derzeit intensiv entwickelt. Die technischen Komponenten von automatisierten Fahrzeugen lassen sich dabei den Kategorien Aktorik, Sensorik, Datenverarbeitung und -übertragung sowie Navigation und Bedienungselemente (Human Machine Interface, HMI) zuordnen. Alle Komponenten müssen anspruchsvollen Sicherheitskriterien entsprechen, die für PKW und LEV ähnlich sind. Die Anforderungen an die Komponenten für PKW und LEV unterscheiden sich daher im Prinzip nur bei der Kategorie Aktorik. Insbesondere die Aktoren des Lenk- und Bremssystems können bei LEV durch das geringe Fahrzeuggewicht wesentlich weniger leistungsstark ausgeführt werden. Trotz dieser geringeren physikalischen Anforderungen sind die Komponenten im Falle von deutlich kleineren Stückzahlen jedoch nicht unbedingt kostengünstiger als bei PKW.

Aktorik	Lenk- und Bremssysteme	Können bei LEV weniger leistungsstark ausgeführt werden, dies führt jedoch nicht zwingend zu Kostenersparnissen
Sensorik	Ultraschall, Radar, LIDAR, Kameras	Ähnliche Anforderungen wie bei PKW
Datenverarbeitung	Steuergeräte und zentrale Recheneinheit	
Datenübertragung	Kommunikationsmodul	
Navigation	GNSS-Modul	
HMI	Sprachsteuerung, Displays, Bedienelemente	

Tabelle 3-2: Vergleich der Anforderungen für Automatisierungskomponenten von PKW und LEV

© eigene Darstellung

Chancen und Hemmnisse für automatisierte LEV

Für LEV bieten Automatisierungssysteme große Chancen, da sie Sicherheit und Komfort deutlich verbessern können. Aktive Systeme können gefährliche Situationen erkennen, vermeiden und somit zu einer höheren Sicherheit und Akzeptanz von LEV bei potenziellen Käuferinnen und Käufern und seitens der Gesellschaft beitragen. Daneben bieten Assistenzsysteme wie in PKW einen höheren Komfort für die Fahrerin oder den Fahrer.

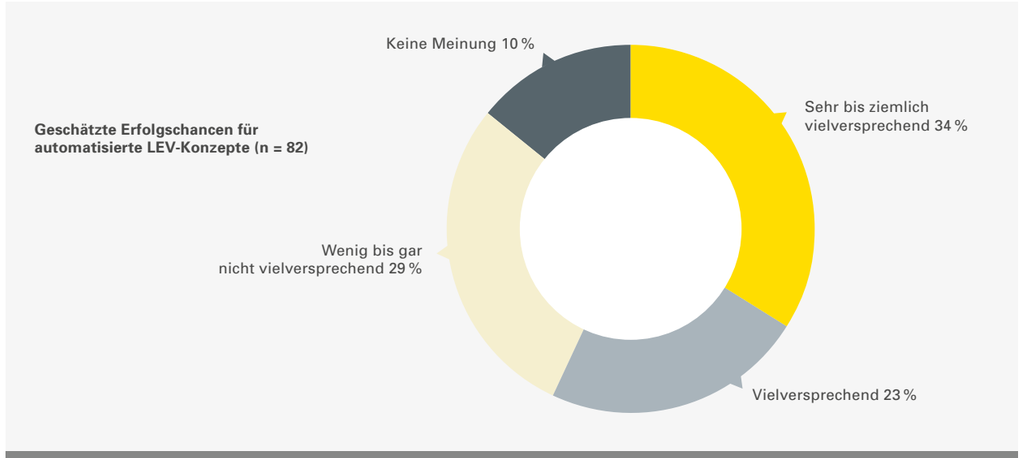
Bei einer Befragung internationaler Experten wurden die Erfolgschancen für automatisierte LEV überwiegend positiv bewertet (vgl. Abbildung 3-8). Im Falle der höchsten Automatisierungsstufe, des fahrerlosen Fahrens, wären LEV besonders in Sharingkonzepten gut einsetzbar. Fahrerlose Fahrzeuge weisen hier die Vorteile auf, dass sie selbstständig zum Fahrgast kommen und zudem auch einen Parkplatz suchen können. Somit ist die Verteilung der Fahrzeuge im Betriebsgebiet nicht mehr so relevant bzw. die Umverteilung geschieht automatisiert. Allerdings sind hiermit Leerfahrten verbunden, die ohne Transportleistung Energie verbrauchen sowie zu mehr Verkehr beitragen können und somit kritisch zu bewerten sind.



© peterhowellfistockphoto

Abbildung 3-7: Vision automatisierter LEV

Den Vorteilen von Automatisierungsfunktionen steht bei LEV der Nachteil hoher Kosten entgegen. Insbesondere ein vollständig automatisiertes Fahren erfordert redundante Systeme und führt zu hohen Preisen. Da die Komponenten für LEV überwiegend ähnliche Anforderungen wie bei PKW erfüllen müssen, sind auch ähnlich hohe Kosten damit verbunden. Jedoch ist die Zahlungsbereitschaft für ein LEV mit eingeschränktem Einsatzspektrum im Vergleich zum PKW geringer. Daher stellen die hohen Kosten für Automatisierungssysteme bei LEV ein größeres Hindernis dar als bei größeren und teureren PKW. In Relation zum Gesamtfahrzeugpreis wäre der Anteil der Automatisierungskosten sehr hoch. Neben den Kosten der eigentlichen Komponenten fallen bei kleineren Stückzahlen zusätzlich die Kosten für die Entwicklung stärker ins Gewicht. Dies betrifft insbesondere die Systemabstimmung von Sensorik, Datenverarbeitung und Aktorik sowie die Validierung der Systeme. Nach Einschätzung von Experten könnten sich diese Kosten allerdings verringern, wenn sich Automatisierungssysteme verbreiten und der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) eine Reduzierung des Abstimmungs- und Validierungsaufwands ermöglicht.



© eigene Darstellung nach DLR

Abbildung 3-8: Expertenumfrage zu Erfolgsaussichten für automatisierte LEV

Laut der Firma Mobileye könnten Automatisierungsfunktionen in Zukunft auch ohne teure Sensorik mit Radar und LIDAR auskommen. Stattdessen könne die Umfelderfassung allein mit Kameras bewerkstelligt werden. Eine solche kostengünstige Sensorik wäre insbesondere bei LEV vorteilhaft (Vogt 2019).

Zumindest Assistenzfunktionen, die den Fahrer beim Führen des Fahrzeugs unterstützen, werden in den nächsten Jahren voraussichtlich kostengünstiger und könnten dann auch in LEV vermehrt Einzug finden.

STREETDRONE© ONE – automatisierter Twizy für FuE

Das britische Start-up StreetDrone Limited hat das Ziel, automatisiertes Fahren zeitnah auf die Straße zu bringen. Hierzu hat StreetDrone ein Versuchsfahrzeug auf Basis eines Renault Twizy aufgebaut, den „StreetDrone One". Dieser ist mit Hard- und Software für vernetztes und automatisiertes Fahren ausgestattet und kann käuflich erworben werden. In der Standardausstattung kostet das Fahrzeug 69.500 £, dies entspricht rund 81.200 € (StreetDrone 2019). Dies soll Entwicklern ermöglichen, vergleichsweise kostengünstig und einfach Automatisierungsfunktionen weiterzuentwickeln und zu erproben. Die Entwicklung des Fahrzeugs wurde als Teil des Programms Twizy Platform Open Mind (POM) von Renault unterstützt, dabei wird Open-Source-Software verwendet (StreetDrone 2018).

Den StreetDrone One gibt es in einer Standardversion sowie mit kundenspezifischer Ausstattung. Jedes Fahrzeug ist mit dem Betriebssystem XenOS On-Vehicle (XenOS OV) ausgestattet und bietet so die Implementierung von automatisierten Fahrfunktionen – in ähnlicher Weise, wie Android die Anwendung von Smartphone-Apps ermöglicht. Zu den angebotenen Technologien gehören ein Drive-by-Wire-System mit CAN-Bus-Ansteuerung, eine Entwicklerversion der NVIDIA© Drive PX 2 Hardware zur Datenverarbeitung samt Zugriff auf das Softwarepaket NVIDIA© DriveWorks, acht HD-Kameras, 4G-Vernetzung und 4 TB On-board-Speicherplatz. Zusätzlich bietet StreetOne den Einbau von Radar- und LIDAR-Sensoren an. Hard- und Software kann individuell mit Komponenten beliebiger Firmen ausgetauscht bzw. erweitert werden.

Seit Januar 2019 arbeitet StreetDrone mit der Schweizer Firma Bestmile zusammen (bestmile 2019). Bestmile bietet ein Flottenmanagementsystem für autonome Fahrzeuge an. Diese Technologie wird unter anderem in den autonomen Bussen des Projekts „SmartShuttle" von Postauto in Sion im Schweizer Kanton Wallis angewendet.

3.2 Fahrzeugtechnik und Produktion

Technisch gesehen bieten LEV einige sehr interessante Eigenschaften wie beispielsweise eine energieeffiziente Beförderung von Personen und Gütern. Hauptsächlich trägt hierzu das sehr geringe Fahrzeuggewicht bei. Komponenten des Antriebsstrangs können somit entsprechend klein und leicht ausgelegt werden. Der erste Unterabschnitt dieses Kapitels erläutert Details von Hauptkomponenten des Antriebsstrangs von LEV.

Der zweite Unterabschnitt stellt beispielhaft vier Produktionsstandorte von LEV vor. Während einige Komponenten den bei PKW verwendeten Bauteilen entsprechen (z. B. Batteriezellen), weichen die meisten Komponenten deutlich davon ab. Verbunden mit geringen Produktionszahlen werden Letztere häufig in Manufakturen oder zumindest wenig automatisiert produziert bzw. montiert.

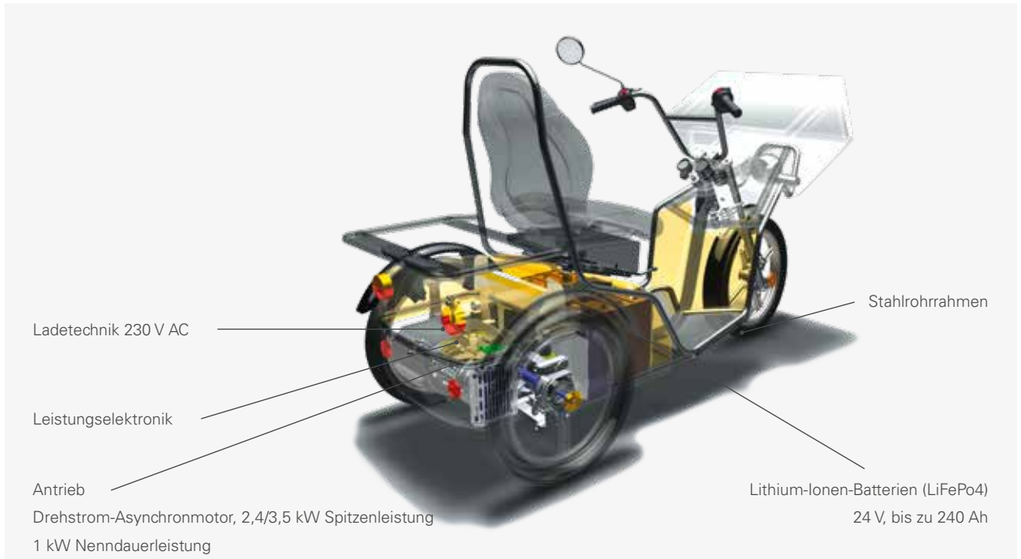
3.2.1 Fahrzeugkomponenten und Wertschöpfung

LEV gibt es in einer großen Variation bezüglich Fahrzeugaufbau und Spezifikationen der technischen Komponenten. Gemeinsam ist allen LEV-Modellen der grundsätzliche Aufbau des Antriebsstrangs aus Batterie, elektrischer Maschine, Getriebe sowie Leistungselektronik. Der Antriebsstrang eines LEV besteht somit grundsätzlich aus den gleichen Komponenten wie der eines batterieelektrischen PKW, unterscheidet sich von diesem jedoch deutlich in Ausführung und Leistungsstärke der einzelnen Bauteile. Die Anordnung der Komponenten des Antriebsstrangs ist für zwei Beispielfahrzeuge in Abbildung 3-9 (Twizy von Renault) und Abbildung 3-10 (DXP 4 von KYBURZ) dargestellt. Im Folgenden werden die einzelnen Komponenten mit Besonderheiten für LEV vorgestellt.



© Renault (Renault Deutschland AG 2018b)

Abbildung 3-9: Technischer Aufbau des Twizy von Renault



© KYBURZ Switzerland AG

Abbildung 3-10: Technischer Aufbau des DXP 4 von KYBURZ

Batterien

LEV besitzen in der Regel eine Lithium-Ionen-Traktionsbatterie für den Antrieb des Fahrzeugs. Batteriekapazitäten liegen bei drei- und vierrädrigen Fahrzeugen typischerweise im Bereich von 6 bis 15 kWh. Manche Hersteller bieten auch Varianten mit deutlich höherer Kapazität an. Die Batteriespannung gängiger Modelle reicht von 24V (KYBURZ Switzerland AG 2019) bis hin zu 353V (Twike 2019). Zusätzlich zu diesem hohen Spannungsniveau verfügen die Fahrzeuge über ein Bordnetz mit 12V für die Versorgung der Nebenverbraucher wie Scheibenwischer, Radio und Blinker. Die Bereitstellung der 12-V-Spannung wird bei verfügbaren LEV-Modellen unterschiedlich gelöst. Entweder wird die Spannung der Hochvoltbatterie herab-transformiert oder es wird eine zusätzliche 12-V-Batterie verbaut. In beiden Fällen können für die Nebenverbraucher Standardbauteile aus dem Automobilbereich verwendet werden. Zusätzlich ist die Sicherheit von Personen bei Nutzung der Nebenverbraucher auch in Fehlerfällen ohne Aufwand gewährleistet, da bei Spannungen unter 25V auf einen Schutz gegen Berühren verzichtet werden kann. Die Batterie ist häufig der Hauptkostentreiber bei LEV. Auf Systemebene[5] liegen die Kosten pro kWh laut Expertenaussagen 10–15 % über den Kosten von PKW-Batterien. Gründe für die höheren Kosten sind die geringen Stückzahlen und die geringe verbaute Kapazität pro Fahrzeug. Dass die Kosten nicht noch höher liegen, resultiert aus den im Vergleich zu PKW weniger komplexen Batteriesystemen. Oftmals können Kühlsysteme wesentlich einfacher ausgeführt werden. Ein zusätzlicher Einflussfaktor auf die Kosten ist die Fertigungstiefe des jeweiligen Herstellers. Nach Angabe eines Herstellers liegt der Einkaufspreis ungefähr zwischen 250 und 300 €/kWh (auf Systemebene, Stand 2019).

Ausführliche Informationen zur Wertschöpfung bei Batteriesystemen bietet die Strukturstudie BWe mobil 2019 – Transformation durch Elektromobilität und Perspektiven der Digitalisierung (e-mobil BW u. a. 2019).

Je nach Fahrzeugmodell und verbauter Batteriekapazität variiert der Anteil der Batteriekosten am Verkaufspreis des Fahrzeugs deutlich. Manche Hersteller bieten für ein Modell auch unterschiedliche Batteriegrößen an, z. B. die FINE Mobile GmbH für das Modell Twike 3 (Twike 2016). Tabelle 3-3 zeigt eine Zusammenstellung möglicher Konfigurationen.

Reichweite

Durch das geringe Gewicht und den entsprechend niedrigen Energiebedarf von LEV lassen sich mit geringen Batteriekapazitäten relativ hohe Reichweiten erzielen. Auch wenn der Energiebedarf nicht linear proportional mit dem Fahrzeuggewicht einhergeht, liegt ein typisches vierrädriges LEV mit 6–9 kWh pro 100 km deutlich unter einem Elektrofahrzeug der PKW-Klasse. Der Smart EQ fortwo als kleiner Vertreter dieser Klasse benötigt beispielsweise laut Hersteller ca. 13 kWh pro 100 km (NEFZ kombiniert, je nach Ausstattung und Lademodus). Im realen Fahrbetrieb liegt der Verbrauch gewöhnlich noch wesentlich höher.

Für Fahrzeuge der Klasse L sind zur Bestimmung der Reichweite andere Testzyklen als für PKW vorgeschrieben. Diese

Fahrzeugtyp	Klasse	Batterie-kapazität	Reichweite (abhängig vom Fahrprofil)	Fahrzeugpreis (konfigurationsabhängig)	Anteil Batteriekosten am Fahrzeugpreis[7]
DXP 4	L2e	4,3 kWh	30–100 km	11.400 €	10 %
Twike 3	L5e	24,5 kWh	300–600 km	55.000 €	12 %
Twizy 45	L6e	6,1 kWh	Bis zu 100 km*	11.750 €**	14 %
Aixam eCity Pack	L6e	6,14 kWh	80–130 km	14.390 €	12 %
Microlino	L7e	8/14,4 kWh	Bis zu 125/200 km	12.000 € (angekündigt)	18 %
Twizy	L7e	6,1 kWh	Bis zu 90 km	12.450 €**	13 %

Tabelle 3-3: Beispielhafte Abschätzung des Anteils der Batteriekosten am Fahrzeugpreis bei LEV

© eigene Zusammenstellung unter Verwendung von Herstellerangaben[6]

*Nach innerstädtischem Fahrzyklus ECE-15 (Stadtzyklus des NEFZ).
**Inkl. Batteriemiete für 8 Jahre, 7.500 km jährlich bei Vertragslaufzeiten von je 48 Monaten.

5 I Der Begriff Systemebene bezieht sich auf das gesamte Batteriesystem inklusive Batteriezellen, Gehäuse, Batteriemanagementsystem und Infrastruktur für Kühlung.
6 I Quellen: (KYBURZ Switzerland AG 2019), (Twike 2019b), (Renault Deutschland AG 2018a), (Micro Mobility Systems AG 2019), (Alkè 2018), (StromDrive 2017), (Aixam Deutschland 2019a).
7 I Batteriekosten: Einkaufspreis Hersteller. Abschätzung mit 275 €/kWh Einkaufspreis auf Systemebene, je nach Systemaufbau und Zelltyp können Einkaufspreise deutlich abweichen.

Zyklen sind in der EU-Verordnung Nr. 134/2014 definiert. Unabhängig von den in der Verordnung aufgeführten Zyklen geben Hersteller meist eine Spanne zur möglichen Reichweite an und verweisen auf den Einfluss der Nutzungsbedingungen. Häufig ist bei den Angaben nicht ersichtlich, wie die Reichweite bestimmt wurde.

Elektrische Maschine und Getriebe

Für den Antrieb von LEV sind sowohl ein einzelner, zentraler Elektromotor wie auch die Verwendung mehrerer Radnabenmotoren denkbar. Derzeitige Serienfahrzeuge sind nur mit einem einzelnen Motor ausgestattet. Vielfach werden hierfür Drehstrom-Asynchronmotoren verwendet (siehe Tabelle 3-4). Die Wahl des Antriebs mit einem einzelnen Motor ist nach Expertenangaben bei Serienfahrzeugen darin begründet, dass der Einsatz mehrerer Motoren teurer ist bzw. zu einer höheren Komplexität des Antriebssystems führt. In Konzeptstudien werden teilweise Radnabenmotoren verwendet. Technisch gesehen sind die dafür benötigten Motoren verfügbar. In Elektrorollern (Zweiräder) werden sie bereits eingesetzt.

Die maximal zulässige Nenndauerleistung vierrädriger Fahrzeuge beträgt je nach Fahrzeugklasse 4 kW, 6 kW oder 15 kW (Klassen L6e und L7e und Unterklassen, EU Verordnung Nr. 168/2013, siehe Tabelle 2-1). Eine Ausnahme bilden hier nur Gelände-Quads, deren Leistung unbeschränkt ist. Dreirädrige Fahrzeuge sind auf 4 kW Nenndauerleistung beschränkt (Klasse L2e) bzw. besitzen keine Leistungsbeschränkung (Klasse L5e). Wie in Tabelle 3-4 zu sehen, liegt die kurzzeitig abrufbare Spitzenleistung bei Elektromotoren deutlich über der Nenndauerleistung.

Die Drehzahl des Elektromotors wird bei LEV wie bei elektrischen PKW üblicherweise mit einem einstufigen und somit nicht schaltbaren Getriebe gewandelt. Bei PKW geht der Trend derzeit zur Integration von elektrischer Maschine, Getriebe und Leistungselektronik in ein Bauteil. So soll eine kompakte und kostenoptimierte Lösung für den Antrieb batterieelektrischer Fahrzeuge geschaffen werden. Gegenüber den Batteriekosten sind die Kosten für elektrische Maschine, Getriebe und Leistungselektronik allgemein deutlich geringer.

Eine Besonderheit bezüglich des Getriebes stellt der Twike 3 dar. Bei diesem außergewöhnlichen Konzept kann der Antrieb durch Muskelkraft über Pedale unterstützt werden. Dieser zuschaltbare Pedalantrieb verfügt über 5 Gänge.

Leistungselektronik für Antrieb, Rekuperation und Batterieladung

Werden LEV über Drehstrom-Asynchronmaschinen angetrieben (vgl. oben gezeigte Beispiele), sorgt wie beim batterieelektrischen PKW ein Wechselrichter für die Bereitstellung des benötigten Drehfelds. Er wandelt hierfür den von der Batterie abgegebenen Gleichstrom in Wechselstrom um. Zusätzlich ermöglicht der Wechselrichter die Rückgewinnung von Bremsenergie durch Rekuperation. In Modellen wie beispielsweise Twike 3, Twizy, Tazzari Zero und Fahrzeugen der Firma KYBURZ ist dies technisch umgesetzt und auch der Microlino wird Rekuperation ermöglichen.

Ein DC/DC-Wandler wird nur benötigt, falls ein LEV keine separate Niedervoltbatterie für ein 12-V-Bordnetz besitzt. In diesem Fall transformiert ein Hochvoltwandler die hohe Spannung der Traktionsbatterie in eine entsprechend niedrigere Spannung.

Die Ladeinfrastruktur ist bei LEV üblicherweise on-board verbaut. Sie können somit zum Aufladen ohne ein zusätzliches Ladegerät an eine Stromquelle angeschlossen werden. Die verbaute Elektronik wandelt dabei die Wechselspannung der Ladesäule oder Haushaltssteckdose in Gleichspannung für die Batterie.

Der Anschluss an die Stromquelle erfolgt bei LEV meist über einen Schukostecker, wie er auch im Haushalt verwendet wird. An einer solchen Haushaltssteckdose können bei entsprechender Absicherung Ladeleistungen von bis zu 3,7 kW (230V, 16 A) erreicht werden. Auch wenn manche Fahrzeuge als Option einen Typ-2-Stecker anbieten (z. B. der Twizy), erfolgt die Aufladung in diesem Fall weiterhin einphasig. Dies gilt auch bei Verwendung von auf dem Markt erhältlichen Adaptern von Schuko auf Typ-2-Steckern. Es dürfen nur vom Hersteller zugelassene Adapter verwendet werden.

Eine dreiphasige Aufladung, die deutlich höhere Leistungen ermöglichen würde, führt zu einer deutlichen Kostenerhöhung. Daher werden bei kleinen Fahrzeugen in der Regel einphasige Systeme verwendet. Ein weiterer Grund für eine einphasige Ladung ist der geringere Energiebedarf und somit die kleine Batteriegröße von LEV. Für die gleiche Fahrt sind bei LEV gegenüber PKW wesentlich geringere Batteriekapazitäten notwendig. Entsprechend dem geringen Energiebedarf ermöglichen auch geringe Ladeleistungen die Aufladung der Batterie in relativ kurzer Zeit. So dauert eine komplette Aufladung der Batterie des Twizy beispielsweise nur 3,5 Stunden.

Karosserie

LEV weisen ein breites Spektrum an Karosserieformen auf. Die Fahrzeugpalette reicht von Modellen ohne jeglichen Wetterschutz bis hin zu PKW-ähnlichen Karosserien. Während Modelle wie der KYBURZ DXP 4 aufgrund des Fahrzeugkonzepts über eine vergleichsweise einfache Karosseriestruktur verfügen, ist die Karosserie bei anderen Fahrzeugen wie dem Microlino oder Twizy sehr viel aufwendiger gestaltet.

Für PKW ist die Fertigung der Karosserie bei Produktionsstart sehr kapitalintensiv, da hohe Investitionen in Pressanlagen und andere Maschinen zu leisten sind. Dies lohnt sich bei sehr langer Nutzungsdauer der Anlagen von über 30 Jahren und hohen Stückzahlen der produzierten Fahrzeuge. Für LEV sind mit Hinblick auf die kleinen Stückzahlen solch hohe Anfangsinvestitionen nicht möglich. Daher werden Bauweisen gewählt, die eine weniger kapitalintensive, dafür aber gegebenenfalls lohnintensivere Fertigung ermöglichen.

Fahrzeugtyp	Typ Elektromotor	Max. Nenndauerleistung	Spitzenleistung	Klasse
DXP 4	Asynchronmotor	1 kW	3,5 kW	L2e
Twizy 45	Asynchronmotor	4 kW	7,6 kW	L6e
Aixam eCity Pack	AC-Motor synchro	6 kW	-	L6e
Twizy	Asynchronmotor	8,5 kW	12,6 kW	L7e
Twike 3	Asynchronmotor	3 kW	7 kW	L5e
Goupil G4	Asynchronmotor	10 kW	-	L7e

Tabelle 3-4: Motorleistung von drei- und vierrädrigen LEV-Modellen

© eigene Darstellung unter Verwendung von Herstellerangaben[8]

8 I (KYBURZ Switzerland AG 2019), (Renault Deutschland AG 2018a), (Twike 2019a), (Goupil Industrie 2018), (Aixam Deutschland 2019a).

3.2.2 Produktionsstandorte

Twizy (Renault)

Der Renault Twizy wird seit 2012 in der Factoría de Carrocería Montaje (Karosserie-Montage) in Valladolid, Spanien, gefertigt. Auf dem 100 ha großen Areal belegt Z.E. building 9.000 m² und gehört vollständig zu Renault. Neben dem Twizy werden noch der Captur sowie Komponenten und Teile für weitere Werke gefertigt. Das Gebäude beinhaltet Montagebänder der Fahrzeuge und Batterien sowie Lager- und Qualitätskontrollbereiche inklusive Indoor-Strecke (Groupe Renault 2012b).

Die Fertigung des Chassis in der Karosseriebauwerkstatt wird manuell durchgeführt, wofür die Mitarbeiter eine spezielle Einführung und ein Training in der Handhabung der elektronischen Werkzeuge bekommen (Groupe Renault 2012a). In der produktionseigenen Stanzerei werden Kunststoffspritzgussteile aus Propylen hergestellt und in der Lackiererei ABS-Kunststoffteile lackiert (Groupe Renault 2012b). Zu den Zulieferern gehört unter anderem die Firma MAHLE für den Motor. Dieser wird in Slowenien bei MAHLE Electric Drives in Šempeter pri Gorici gefertigt.

2016 wurden im Werk Valladolid insgesamt 2.855 und 2017 3.367 Twizy produziert (Groupe Renault 2019a). Ab September 2019 soll die Fertigung nach Südkorea verlagert werden (Da-sol 2019). Zum Produktionsende des Nissan Rogue SUV soll der Twizy in die Montagelinie in Busan aufgenommen werden. DongshinMotech (DST), einer der Zulieferer für Renault Samsung, wird die Herstellung übernehmen. Geplant ist die Fertigung von 5.000 Fahrzeugen pro Jahr (Hyun-woo 2018). Als Grund für die Produktionsverlagerung wird angegeben, dass der Twizy in Südkorea seit 2016 verkauft wird und einen vielversprechenden Markt findet. Das Ziel der Produktionsverlagerung ist der vorrangige Verkauf in Korea und anderen Teilen Asiens. Bisher wurden 60% der Fahrzeuge nach Asien verkauft. Die Produktion soll mit der Verlagerung effizienter werden. Dieser Plan sollte bereits vor vier Jahren umgesetzt werden, allerdings wurde das Fahrzeug nach koreanischen Anforderungen nicht zugelassen. Dementsprechend mussten weitere Anpassungen vorgenommen bzw. höhere Spezifikationen erfüllt werden, um den Anforderungen gerecht zu werden (Palacios 2018).

Wie bei allen Fahrzeugen sind an der Produktion des Renault Twizy zahlreiche Zulieferer beteiligt. Abbildung 3-11 zeigt Bauteile und zugehörige Zulieferfirmen bei Verkaufsstart des Twizy 2012.

Microlino (Micro Mobility Systems)

Der Microlino ist ein neues Modell auf dem Markt und wurde von dem Schweizer Unternehmen Micro Mobility Systems entwickelt. Die Auslieferung war für April 2019 geplant, es liegen zum Stand Februar 2019 bereits über 13.000 Vorbestellungen vor (Of und Conrad 2019). Ursprünglich war die Produktion durch den Entwicklungspartner Tazzari in Italien angedacht. Das Unternehmen entwickelt und produziert selbst LEV in Imola, Italien. Die Produktionsrechte wurden kurz vor Produktionsstart jedoch an das deutsche Unternehmen Artega abgegeben. Als produzierendes Unternehmen ist Artega Spezialist für Kleinserienfertigung, stellt überwiegend Sportwagen her und plant die Produktion in seinen Werken in Delbrück-Hagen (Nordrhein-Westfalen). Grund für den Wechsel sind die hohen erwarteten Stückzahlen, die von Artega leicht umgesetzt werden können, weil das Unternehmen bis zu viermal höhere Kapazitäten als Tazzari bietet. Die jährliche Produktionskapazitätsgrenze liegt bei 8.000 Fahrzeugen. Als weiterer Grund wird das bessere wirtschaftliche Umfeld in Deutschland genannt. In der Zusammenarbeit können sich Vorteile durch Artegas Schwesterfirmen Paragon und Voltabox ergeben, zudem verfügt Artega über ein weltweites Netzwerk von Zulieferern und kann Teile und Komponenten leichter beschaffen (Schär 2019). Für diese Aufträge von Dritten bietet Artega seine Kompetenzen, vorhandene Technik, Know-how und nicht zuletzt verfügbare Produktionsflächen an (Artega GmbH 2019).

DXP 4, DXP 5 und DXP NZ (KYBURZ)

Die Schweizer Firma KYBURZ ist ein Hersteller von unterschiedlichen LEV, die bisher z. B. bei der Schweizer Post, der neuseeländischen und der australischen Post sowie in Norwegen, Island, Finnland und Deutschland im Einsatz sind. Das Hauptwerk, in dem die DXP-Fahrzeugmodelle samt Anhänger direkt von der KYBURZ Switzerland AG gefertigt werden, steht in Freienstein (Kanton Zürich). Aufgrund des Wachstums der Stückzahlen wurde die Produktionshalle bereits 2014 erweitert (KYBURZ Switzerland AG 2014), die nächste Erweiterung steht 2019 an. Die Firma KYBURZ hat einen hohen Grad an Transparenz bezüglich ihrer Zulieferer und ihrer Produktion (KYBURZ Switzerland AG o. J.). Während die Fahrzeuge im eigenen Werk montiert werden, werden die benötigten Teile und Komponenten mit Ausnahme von Einzelteilen oder Kleinserien überwiegend zugekauft. Diese werden mit dem Schwerpunkt europäischer Zulieferer bezogen und nur zu einem kleinen Teil aus Asien.



Abbildung 3-11: Zulieferer von Fahrzeugkomponenten des Renault Twizy

© eigene Darstellung nach Automobilwoche, Bild: Renault

Wichtiger als der Preis sind KYBURZ bei der Auswahl der Zulieferer die langfristigen Lieferantenbeziehungen und der Mix aus Qualität, Preis und Nähe zu den Zulieferern. Bei geringen Entfernungen können Probleme schneller gelöst werden. Das jüngste Modell, der Sportwagen eRod, wird nicht im Hauptwerk, sondern in einer 1.200 m² großen Halle in Embrach gefertigt. Dort werden pro Jahr 100 Fahrzeuge hergestellt, die Halle dient zusätzlich als Kundenzentrum sowie Eventlocation (KYBURZ Switzerland AG o. J.).

Rapid und Musketier (Radkutsche)

Ein Großteil der Fertigung des Lastenradherstellers Radkutsche findet im baden-württembergischen Mössingen statt. Dabei werden Prototypen inhouse entwickelt. Mit der industriellen Fertigung werden Unternehmen in der Umgebung beauftragt. Durch die Nähe zu verschiedenen Produktionsbetrieben (beispielsweise die Pulverbeschichtung in Balingen) besteht die Möglichkeit, kurzfristig auftretende Lieferprobleme schneller zu beheben. Die Batterie für die Lastenräder wird in Pforzheim gebaut, die Zellen von Samsung werden dazu aus Südkorea importiert. Ansonsten werden in der Produktion zu einem großen Teil Komponenten aus europäischer Fertigung verwendet. Der Rahmen der Fahrzeuge kommt aus Tschechien, von einem der wenigen europäischen Rahmenbauer. Zahlreiche Bauteile werden zudem von deutschen Unternehmen geliefert, wie beispielsweise die Sattelstützen. Viele dieser Firmen haben ihre Produktion aufgrund der niedrigen Lohnkosten mittlerweile allerdings nach Taiwan verlegt. Boxen und Aufsätze werden dagegen durch Schreiner im Haus individuell nach Wunsch der Kunden hergestellt und können so beispielsweise mit Kältetechnik ausgestattet werden. Mitte 2019 wird Radkutsche eine neue Produktionshalle eröffnen. Darüber hinaus plant das Unternehmen, innerhalb der nächsten fünf Jahre auch die Rahmen selbst zu fertigen.



© KYBURZ Switzerland AG

Abbildung 3-12: Produktionshalle in Freienstein

Internationale Produktion: China

Während die Produktion und die Fahrzeuge in EU-Ländern hohen Auflagen und Standards unterliegen, zeigt sich in China ein anderes Bild. Die nationale Strategie Chinas fördert die Entwicklung und Produktion von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) enorm. Dadurch ist in kurzer Zeit ein starker Markt im PKW-Bereich entstanden. Parallel dazu hat sich auch ein unregulierter Markt für LEV entwickelt. Durch das Fehlen definierter Standards liegt die Produktion der rechtlich noch nicht regulierten Fahrzeuge in einer Grauzone.

Unternehmen müssen mit ihren Fahrzeugen laut nationalem Gesetz auf der vom Ministerium für Industrie und Telekommunikation geführten Liste „Announcement of Vehicle Producers and Vehicle Products" stehen, um eine Straßenzulassung zu bekommen.

Die Nachfrage nach LEV ist jedoch insbesondere bei der älteren Generation sowie im ländlichen und ökonomisch schwachen Raum groß. Die Nachfrage wird von zahlreichen kleinen und Kleinstunternehmen durch die Fertigung der LEV bedient. Aus diesem Grund sind Qualität und Sicherheit wesentlich niedriger als in Europa. Es werden größtenteils Blei-Säure-Batterien verbaut, die eine kostengünstige Alternative zu den teureren Lithium-Ionen-Batterien darstellen. Allerdings ist die gravimetrische Energiedichte bei Bleibatterien sehr gering. Bei Lithium-Ionen-Batterien ist sie ca. fünfmal so hoch, d. h., bei gleicher Kapazität wiegt eine Lithium-Ionen-Batterie nur ein Fünftel einer Bleibatterie.

Derzeit arbeitet die Regierung an einem Gesetzesvorschlag für die Produktion und Nutzung von LEV, dieser beinhaltet technische Parameter für die Batterietypen, Sicherheitsanforderungen und Fahrzeuggrößen. In den Provinzen Shangdong, Henan und Hebei sind LEV jedoch bereits jetzt nach lokalem Recht temporär erlaubt; hier wird auch die Produktion gefördert, weil die LEV die lokale Wirtschaft antreiben und Arbeitsplätze schaffen (International Energy Agency 2017; Wang und Kimble 2012). Die Einführung von nationalen Standards für die Produktion und Verkehrsregelungen zur Nutzung sollen dazu beitragen, die Zahl der Unfälle zu reduzieren. Umstritten ist jedoch die Verpflichtung zum Einsatz von Lithium-Ionen-Batterien. Die Fahrzeuge werden teurer, was zum Schrumpfen des Marktes führen könnte (Yaying und Ming 2018).

3.3 Sicherheit

Mit dem geringen Fahrzeuggewicht von LEV sind Herausforderungen verbunden, insbesondere im Hinblick auf die Sicherheit von Fahrzeuginsassen. Das Thema Sicherheit betrifft die Fahrzeugentwicklung sowie die Typzulassung und stellt ein zentrales Kauf- bzw. Nutzungskriterium dar. Allerdings variiert die Wichtigkeit dieses Kriteriums bei unterschiedlichen Käufergruppen. Während bei drei- und vierrädrigen LEV die Sicherheit vielfach als Kaufhemmnis genannt wird, sind Motorräder erfolgreich am Markt. Dabei sind auch für sie keine Crashtests vorgeschrieben und die Maximalgeschwindigkeiten sind nicht begrenzt. Hier wird deutlich, dass auch Merkmale wie Fahrspaß je nach Interesse der Nutzerinnen und Nutzer ein Kriterium bei der Verkehrsmittelwahl sein können.

Bei der Bewertung der Sicherheit von LEV ist wichtig, womit die Fahrzeuge verglichen werden (z. B. PKW oder Roller) und in welchem Umfeld sie eingesetzt werden sollen. So stellen manche Fahrzeuge in Tempo-30-Zonen ein recht sicheres Transportmittel dar, werden jedoch bei hohen Geschwindigkeiten, z. B. auf Bundesstraßen, als eher unsicher eingestuft. Diese Einschätzung entspricht den Ergebnissen der Unfallstatistik, nach der Unfälle mit Getöteten überproportional häufig auf Landstraßen stattfinden (Statistisches Bundesamt 2017, S. 13). Gegenüber PKW sind LEV als schwächere Verkehrsteilnehmer schon aufgrund der physikalischen Masse- bzw. Trägheitsgesetze im Nachteil.

Regulatorische Aspekte:
gesetzliche Anforderungen in der Europäischen Union

Für die Mitglieder der Europäischen Union legen in erster Linie die EU-Verordnung Nr. 168/2013 und die delegierte EU-Verordnung Nr. 3/2014 grundlegende Anforderungen an die funktionale Sicherheit von Klasse-L-Fahrzeugen und somit auch für LEV fest. Diese Verordnungen beinhalten detaillierte Vorschriften zur technischen Umsetzung von akustischen Warneinrichtungen, Bremssystemen, Schutzvorrichtungen vorne und hinten am Fahrzeug, Sicherheitsgurten, Insassenschutz, Kopfstützen, Fahrzeugstruktur und weiterer Themen.

Ein grundlegender Unterschied zur Typzulassung von PKW ist, dass für LEV keine Crashtests vorgeschrieben sind. Auch ansonsten sind die Sicherheitsanforderungen an LEV wesentlich geringer als an PKW, einige Mindeststandards sind jedoch umzusetzen. So sind Sicherheitsgurte bei drei- und vierrädrigen Fahrzeugen der Klasse L zwingend einzubauen, falls ein Fahrzeug mehr als 270 kg wiegt (ohne Antriebsbatterien). Zusätzlich müssen die Sitze gewisse Anforderungen an die Stabilität erfüllen. Konkret müssen sie ohne Bruchgefahr einer Verzögerung von 10 g/20 ms nach vorne standhalten. Dabei dürfen sich Verriegelungs- und Verstelleinrichtungen nicht lösen. Kopfstützen sind gesetzlich nicht vorgeschrieben. Als weitere Maßnahme für den Insassenschutz darf der Innenraum keine harten Kanten aufweisen. Dies wird mit einem Prüfkörper für die Typzulassung geprüft.

Crashtests

Obwohl in Europa für Kleinfahrzeuge der Klasse L und darunter keine Crashtests gesetzlich vorgeschrieben sind, testete der Euro NCAP[9] in zwei Versuchsreihen 2014 und 2016 insgesamt acht Kleinfahrzeuge der Klassen L6e und L7e (Benziner und Elektrofahrzeuge) mit speziellen Crashtests. Die für die Kleinfahrzeuge verwendeten Testprotokolle wurden von Euro NCAP eigens entwickelt und weichen von den Tests für herkömmliche PKW ab. Es wurden Frontal- und Seitenaufprallttests mit jeweils 50 km/h durchgeführt. Zusätzlich zu den Klasse-L-Fahrzeugen wurde als Vergleichsfahrzeug ein Kleinstwagen der Klasse M1 (herkömmlicher PKW) den gleichen Tests wie die Klasse-L-Fahrzeuge unterzogen, um Unterschiede zu verdeutlichen.

Alle 2014 getesteten Leichtfahrzeuge zeigten kritische Sicherheitsmängel. Auch die zwei Jahre später durchgeführte Testreihe zeigte keine wesentlichen Verbesserungen. Vorhandene Rückhaltesysteme wurden als unzureichend bewertet. Gemäß Euro NCAP könnte allerdings bereits mit einfachen Konstruktionsänderungen ein wesentlich besserer Insassenschutz erzielt werden (Euro NCAP 2016a). Der zum Vergleich getestete PKW erzielte ein besseres Testergebnis als die Klasse-L-Fahrzeuge, er ist im Vergleich jedoch auch deutlich schwerer und teurer.

9 | Die Organisation European New Car Assessment Programme (Europäisches Neuwagen-Bewertungsprogramm) führt unabhängig von gesetzlichen Vorgaben Crashtests durch und liefert Informationen über die Sicherheit von Neufahrzeugen. Die durchgeführten Tests dienen der Verbraucherinformation.

Anders als in Europa sind in Südkorea Crashtests für Elektroleichtfahrzeuge vorgeschrieben. Diese müssen einen Frontalaufpralltest mit 40 km/h bestehen (Honey, Lee und Suh 2014).

Insgesamt ist festzustellen, dass selbst bei idealer Ausstattung mit passiven Sicherheitssystemen die Klasse-L-Fahrzeuge bei einem Unfall mit viel schwereren Fahrzeugen im Nachteil sind. Durch die sehr geringe Fahrzeugmasse von LEV sind in diesem Fall den Maßnahmen der passiven Sicherheit physikalische Grenzen gesetzt. Daher ist es sehr wichtig, technische Maßnahmen mit regulatorischen Maßnahmen für das Verkehrsumfeld und Fahrerassistenzsystemen zu ergänzen. Hierdurch lassen sich deutliche Verbesserungen der Sicherheit der Insassen von LEV erreichen.

Ausstattung von Serienfahrzeugen

Die passive Sicherheitsausstattung von Klasse-L-Fahrzeugen ist generell geringer als die von herkömmlichen PKW. Es werden nur selten ABS, ESP, Fahrer- oder Beifahrerairbags standardmäßig verbaut (Euro NCAP 2016c) und auch als Zusatzausstattung sind die Systeme nur für manche Modelle erhältlich. Die Microcar GmbH (Ligier und Microcar) wirbt auf ihrer Website mit den „einzigen Leichtkraftfahrzeugen am Markt mit Airbag" (Microcar GmbH 2017). Allerdings besitzt der Twizy ebenfalls standardmäßig einen Fahrerairbag und auch beim Microlino soll ein Airbag lieferbar sein. Der Twizy verfügt neben einem Airbag als weitere Sicherheitsausstattung über einen Gurtkraftbegrenzer für Fahrer und Beifahrer sowie über Kopfstützen vorne und hinten. Insgesamt sind viele drei- und vierrädrige LEV-Modelle mit Kopfstützen ausgestattet.

Zur Warnung von Fußgängern und Radfahrern besitzt der Twizy einen „Geräuschsimulator", dieser sitzt am Blinkerhebel und kann manuell eingeschaltet werden (Renault Deutschland AG 2018b). Das Rückwärtsfahren beim Einparken unterstützt eine optional erhältliche Einparkhilfe mit Sensoren am Fahrzeugheck. Der Fahrer wird bei Hindernissen durch ein akustisches Signal gewarnt (Renault Deutschland AG 2018a). ABS und ESP sind für den Twizy nicht erhältlich (ADAC 2018).

Da LEV in der Regel sehr kompakt sind, verfügen sie meist über eine sehr geringe Knautschzone. Der Wunsch nach einem kleinen, wendigen Fahrzeug steht im Zielkonflikt mit Strukturen für die passive Sicherheit.

Forschungsaktivitäten

Sowohl die aktive Sicherheit, also Systeme zur Unfallvermeidung, als auch die passive Sicherheit, also Systeme für Insassen- und Fußgängerschutz im Falle eines Unfalls mit LEV, werden in zahlreichen Projekten beforscht und weiterentwickelt. Ziel ist, die Sicherheit von kleinen Elektrofahrzeugen über derzeitige gesetzliche Anforderungen hinaus zu erhöhen. Beispielsweise entwickelt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt im Rahmen des Projekts „Next Generation Car" ein elektrisches Leichtfahrzeug (Safe Light Electric Vehicle, SLRV) mit neuartigen Crashelementen für eine erhöhte Sicherheit. Eine Metall-Sandwich-Struktur ermöglicht eine Optimierung des Insassenschutzes bei sehr niedrigem Karosseriegewicht und unter Vermeidung hoher Material- und Fertigungskosten (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) 2017).

Auch international forschen Universitäten an Technologien und Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit von LEV. So befasst sich beispielsweise die Universität Coventry einerseits mit technischen Entwicklungen von Sicherheitsstrukturen und Crashsimulationen und andererseits mit möglichen Anpassungen der gesetzlichen Vorschriften zur Sicherheit, insbesondere der Einführung von verpflichtenden Crashtests (Davies u. a. 2016).

Die EU fördert im Rahmen des Programms Horizon 2020 sechs Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu LEV, die sich teils auch mit Sicherheitsthemen beschäftigen. Dazu zählen:

WEEVIL Ultralight and ultrasafe adaptable 3-wheeler, Förderzeitraum 2015–2019

Von einem Konsortium mit neun Partnern aus Forschung und Industrie wird ein urbanes dreirädriges Fahrzeugkonzept entwickelt. Sicherheit ist ein zentraler Aspekt bei der Entwicklung und soll mit einer kostengünstigen Faserverbundstruktur umgesetzt werden (Weevil 2018).

RESOLVE Range of Electric SOlutions for L-category VEhicles, Förderzeitraum 2015–2018

Das Projekt wird von den Herstellern Piaggio und KTM geleitet. Technische Entwicklungen zur Erhöhung der Fahrstabilität wie eine integrierte Neigetechnik und aktive Stabilitätskontrolle werden mit zwei Prototypen demonstriert. Diese ermöglichen zudem kurze Bremswege und besitzen eine für den Insassenschutz optimierte Struktur (Santucci, Pieve und Pierini 2016), (RESOLVE 2016).

Insgesamt ist jedoch festzustellen, dass die Forschungsaktivitäten zu LEV im Vergleich mit der Weiterentwicklung von PKW noch sehr gering sind.

Vor- und Nachteile bestehender gesetzlicher Sicherheitsstandards

Pro Verschärfung von Sicherheitsanforderungen – Einführung von Crashtests

- Erhöhung des Insassenschutzes, Reduzierung von Unfallfolgen,
- transparente Kundeninformation, einfachere Vergleichbarkeit der Sicherheit unterschiedlicher Modelle.

Contra Verschärfung von Sicherheitsanforderungen

- Hohe Entwicklungs- und Produktionskosten, hierdurch
- höhere Fahrzeugpreise als bisher,
- große Herausforderungen für die Typzulassung, insbesondere für kleine Unternehmen,
- voraussichtlich weniger Fahrzeugmodelle auf dem Markt,
- Benachteiligung gegenüber Motorrädern, für sie sind keine Crashtests vorgeschrieben.

04

Globale Marktpotenziale und Marktentwicklung

© Goinyk/AdobeStock

04

Globale Marktpotenziale und Marktentwicklung

Der Blick auf Klein- und Leichtfahrzeuge im internationalen Kontext zeigt eine fragmentierte Landkarte unterschiedlicher nationaler Regulierungen und Definitionen der Fahrzeuge. Viele Länder haben keine oder wenig Regulierungen und kaum Statistiken über zugelassene Fahrzeuge. Zudem sind die Definitionen der Fahrzeuge sehr unterschiedlich, beispielsweise hinsichtlich Gewicht, Leistung, Geschwindigkeit oder geometrischer Maße. Dies macht einen weltweiten Vergleich kaum möglich. Einzelne Märkte können jedoch differenzierter betrachtet werden.

4.1 Asien und Amerika

Asien

Der asiatische Markt ist der größte im Vergleich zu anderen Weltmarktregionen, aber in sich sehr divers. Bei den vierrädrigen LEV tragen dazu insbesondere die Länder Japan und China bei.

In **Japan** existieren bereits seit 1949 Regelungen zu sogenannten Kei-Cars*. Die nationale Regierung förderte Kei-Cars bis 2016 durch steuerliche Anreize. Insgesamt wurden bis 2017 **1,84 Mio. Kei-Car-Fahrzeuge** zugelassen, wobei jedoch nicht zwischen den Antriebsarten unterschieden wird, also auch Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor in der Statistik enthalten sind. Nach Ablauf der Förderung sanken die Verkaufszahlen, während größer dimensionierte Fahrzeuge im gleichen Zeitraum vermehrt gekauft wurden (JATO Dynamics Ltd 2016).

China ist weltweit der größte Markt für LEV, die dort seit über zehn Jahren angeboten werden. Obwohl bisher noch keine Regulierungen für diese Fahrzeuge eingeführt wurden (vgl. 3.2.2), explodiert der Markt. Da die Fahrzeuge nicht registriert werden, sind die LEV-Bestandszahlen bisher nur geschätzt und lagen 2018 bei etwa **5 Mio.** Die jährliche Wachstumsrate nahm insbesondere seit 2014 zu und erreichte im dritten Jahr ein Hoch von ungefähr 50 %. Seitdem nahmen die jährlichen Verkaufszahlen auch durch die Einführung von Regulierungen für die Produktion leicht ab (International Energy Agency 2019).

Dreirädrige Fahrzeuge sind in vielen asiatischen Ländern zudem als Tuk-Tuks bekannt und werden durch nationale Strategien (beispielsweise in Indien oder Thailand) gefördert, um die bestehende Flotte mit Verbrennungsmotor zu ersetzen. 2018 wuchs Indiens Fahrzeugflotte auf **1,5 Mio. batterieelektrisch betriebene Tuk-Tuks** an (Ward und Upadhyay 2018).

USA sowie Lateinamerika

Regelungen zu LEV sind in den USA klar definiert und beinhalten je nach Bundesstaat unterschiedliche Verkehrsregeln zur Nutzung der Straßen. Oft dürfen die Fahrzeuge nur auf wenigen Straßen fahren, sodass lediglich der Einsatz auf Beach Side Areas, in Retirement Homes oder auf dem Universitätscampus möglich ist. Dementsprechend stiegen die Verkaufszahlen vorerst nur langsam an. 2008 waren insgesamt knapp 45.000 Fahrzeuge registriert (U.S. Department of Transportation 2012). Innerhalb der nächsten drei Jahre stieg die Zahl jedoch auf **479.000 LEV** (2011) (Hurst und Wheelock 2011). Mittelfristig wird auch Lateinamerika als Markt für LEV gesehen. Dies wird abgeleitet aus der wachsenden Automobilindustrie und dem Marktwachstum für Fahrzeuge. Gleichzeitig besteht in vielen Ländern eine starke Bevölkerungszunahme bei wachsendem Wohlstand (Ernst & Young 2013c).

* Kei Cars ähneln den Kleinstwagen in Deutschland. Sie haben eine zulässige Nenndauerleistung von höchstens 47 kW und sind in ihrer Größe beschränkt (Länge 3,4m x Breite 1,48m x Höhe 2m).

4.2 Europäische Verkaufszahlen

In Europa sind die Definitionen durch die europäische Richtlinie zwar einheitlich geregelt, dennoch ist die Datenbasis für eine vergleichende Betrachtung problematisch. Verbände, wie z. B. der Europäische Verband der Motorradhersteller (ACEM), liefern zwar Daten zu vierrädrigen elektrischen LEV, allerdings sind in den Zahlen nur die Verkäufe der Verbandsmitglieder eingeschlossen. Darüber hinaus liegen Daten, die aus Mitgliedsländern zusammengetragen wurden, aus einem EU-Projekt vor (Santucci u. a. 2016). Diese Zahlen decken sich größtenteils mit den Verkaufszahlen von ACEM.

Ein deutlicher Anstieg der Verkaufszahlen für Europa ist im Jahr 2012 zu sehen (vgl. Abbildung 4-1). Mit seiner Markteinführung verzeichnete der Renault Twizy 2012 einen sehr hohen Absatz von knapp 9.000 Fahrzeugen (Abbildung 4-2). Die Abbildung zeigt, dass der Twizy über die Jahre hinweg einen erheblichen Anteil am Markt hat. Verkäufe des Twizy haben nach Angaben des Herstellers z. B. 2012 und 2013 einen höheren Anteil als die Gesamtverkäufe vierrädriger LEV laut ACEM. Der ACEM gibt hierzu keine Auskunft. Aus diesem Grund ist für umfassende Aussagen lediglich eine Annäherung möglich. Zwischen 2013 und 2017 pendelten sich die Zahlen jedoch insgesamt auf rund 2.000 Verkäufe jährlich ein.

Die Gesamtübersicht aller verkauften Fahrzeuge zeigt in Abbildung 4-3 einen stetigen Anstieg mit **insgesamt 30.450 LEV** von 2011 bis 2018. Hauptabsatzmärkte sind sowohl für den Twizy als auch für die übrigen vierrädrigen Fahrzeuge **Italien, Frankreich, Deutschland und Spanien** (Renault Group 2018).

Jährliche Verkaufszahlen vierrädriger elektrischer Leichtfahrzeuge in Europa

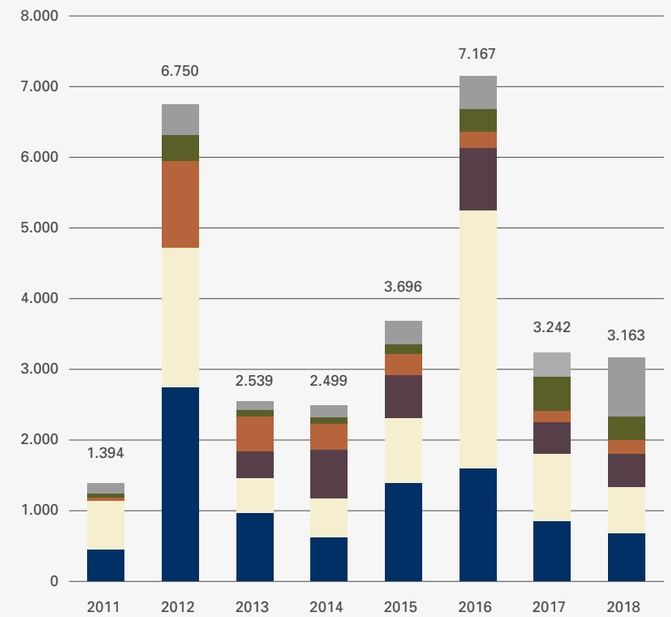
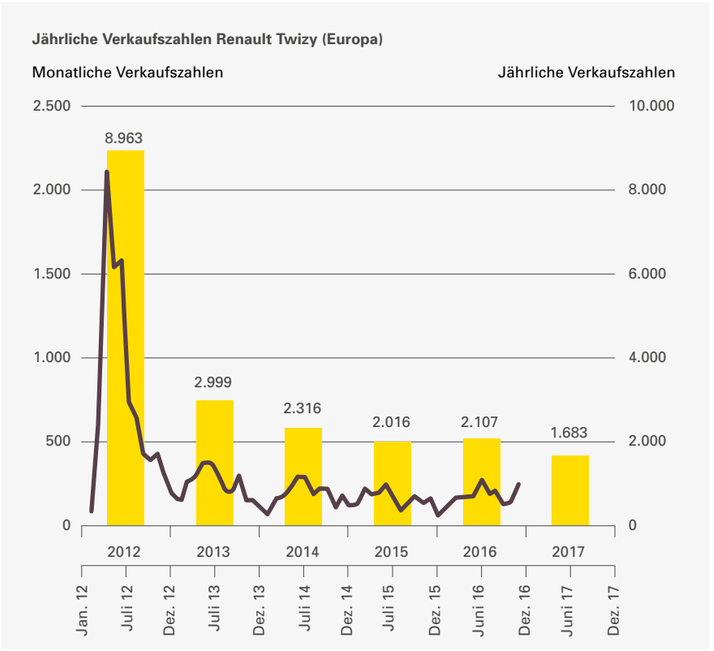
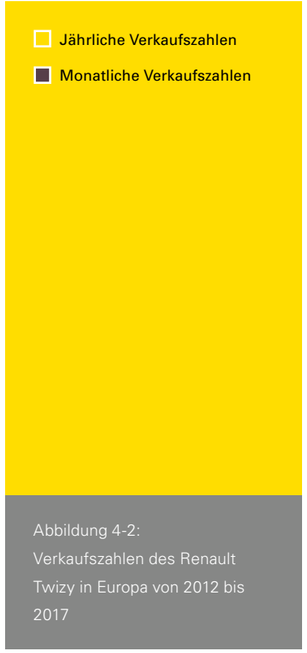


Abbildung 4-1:
Verkaufszahlen elektrischer Leichtfahrzeuge

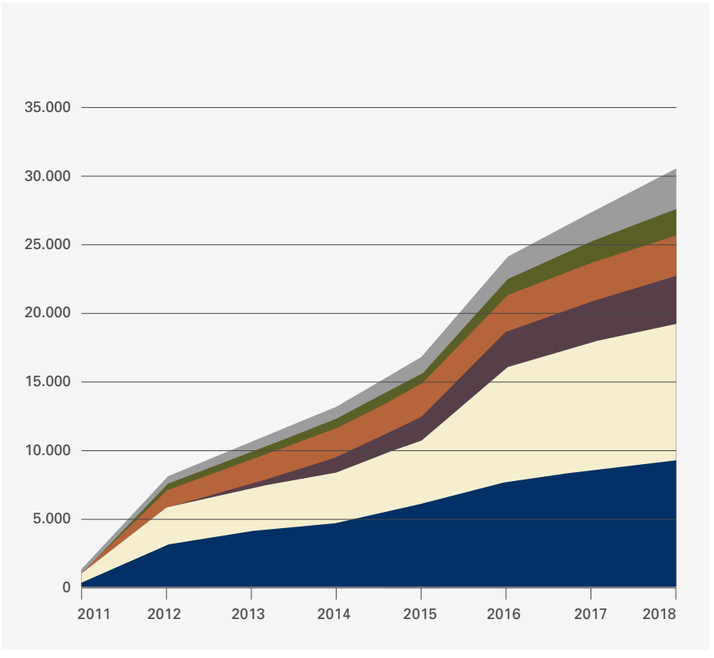
© eigene Darstellung nach DLR, Datenbasis ACEM 2019





© eigene Darstellung nach DLR, Datenbasis Renault

Abbildung 4-2:
Verkaufszahlen des Renault Twizy in Europa von 2012 bis 2017





© eigene Darstellung nach DLR, Datenbasis ACEM, 2019

Abbildung 4-3:
Kumulierte Verkaufszahlen vierrädriger LEV in Europa

Problematisch sind bei einer Darstellung der Daten insbesondere die kleineren Klassen (L1e, L2e, L6e), da diese in Deutschland beispielsweise zwar versicherungspflichtig, allerdings zulassungsfrei sind. Das bedeutet, dass sie nicht beim Kraftfahrtbundesamt (KBA) registriert werden müssen und dementsprechend nur beschränkt in den Statistiken erfasst sind.

4.3 Deutscher Markt

In Deutschland waren im Jahr 2016 rund 180.000 drei- und vierrädrige Fahrzeuge der Klasse L zugelassen. Diese Zahl beinhaltet sowohl Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor als auch solche mit Elektroantrieb. Darunter sind rund 35.000 Fahrzeuge mit Versicherungskennzeichen, also ohne amtliches Kennzeichen, wie PKW es führen müssen (Abbildung 4-9). Statistische Daten zu drei- und vierrädrigen elektrischen Leichtfahrzeugen sind weder beim KBA noch beim Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) verfügbar. Ab dem Jahr 2017 ist laut KBA eine Aufteilung der Fahrzeuge mit Versicherungskennzeichen generell nicht mehr möglich (siehe Nutzerinformation KBA vom 29.01.2018), somit werden drei- und vierrädrige Fahrzeuge nicht mehr getrennt von zweirädrigen Fahrzeugen ausgewiesen.

Der Bestand der leichten drei- und vierrädrigen Fahrzeuge stieg in den letzten Jahren kontinuierlich an, mit jährlichen Wachstumsraten zwischen 3 und 11 %. Am europäischen Markt verzeichnet der Twizy einen hohen Anteil und soll daher auch für Deutschland näher betrachtet werden. Wie in Europa nimmt der Bestand auch in Deutschland mit moderaten Zuwächsen kontinuierlich zu. Etwa jeder fünfte Twizy wird dabei in Baden-Württemberg zugelassen (Abbildung 4-10).

Historie der Kleinwagen

LEV zeichnen sich durch ihre geringe Größe und ihr individuelles Erscheinungsbild aus. Diese Art von Fahrzeugen erlebte bereits in den 1950er Jahren einen Durchbruch, war damals allerdings noch mit einem Verbrennungsmotor ausgestattet. Deutsche Automobilhersteller brachten in den Nachkriegsjahren die sogenannten Rollermobile auf den Markt. Die Mischung aus Motorrad und Automobil konnte zu einem geringen Preis angeboten werden und befriedigte so die Nachfrage nach Wetterschutz bietenden Fahrzeugen bei gleichzeitig niedriger wirtschaftlicher Kaufkraft. Zu den bekanntesten Modellen dieser Zeit zählen die BMW Isetta, der Kabinenroller von Messerschmitt und das Goggomobil (Rosellen 1977). Die in den Jahren 1956 bis 1962 mit einer Stückzahl von 160.000 verkauften Kleinstwagen BMW Isetta 250 und 300 (Rosellen 1977) erlebten im Jahr 2018 eine Renaissance durch den elektrisch angetriebenen Microlino, dessen Markteintritt für 2019 angekündigt ist.



© BMW Group Archiv

Abbildung 4-4: BMW Isetta 250

Der Kabinenroller von Messerschmitt (KR 175 und KR 200) hatte mit 40.000 verkauften Fahrzeugen innerhalb einer zweijährigen Produktionsspanne großen Erfolg. Zeitgleich wurde das von Hans Glas entwickelte Goggomobil eines der erfolgreichsten Fahrzeuge. Es hielt sich über zehn Jahre auf dem Markt und verzeichnete Absatzzahlen von ungefähr 210.000 Stück (Rosellen 1977).



© Micro Mobility Systems

Abbildung 4-5: Microlino



© Pixabay

Abbildung 4-6: Messerschmitt Kabinenroller 200 (1954–1956)



© Autovivia

Abbildung 4-7: Goggomobil (1955–1969)

Ähnlich dem Microlino verfolgen weitere Fahrzeughersteller wie der estländische elektrisch betriebene Nobe mit seinem kultigen Design das Ziel, ein einzigartiges Fahrzeug anzubieten, das sich an Modellen aus den 1950er Jahren orientiert (Muljar 2018).



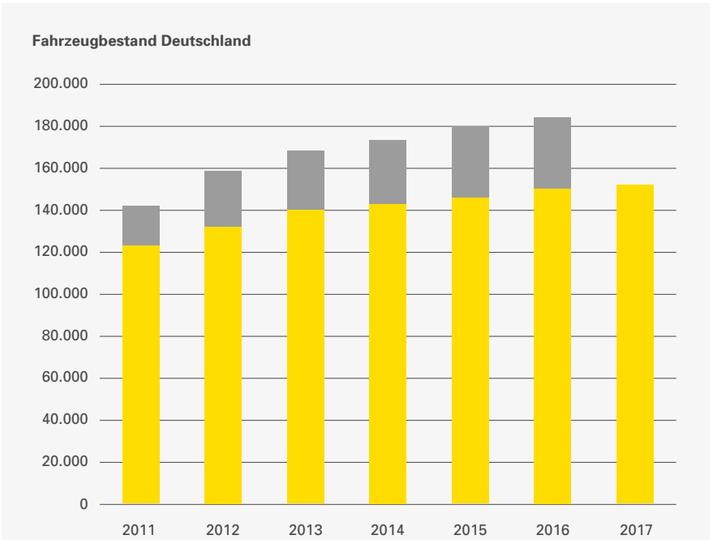
© Mynobe

Abbildung 4-8: Nobe

Während damals eine klare Lücke durch eine neue Fahrzeugkategorie gefüllt wurde, sind die Grenzen heute verschwommen. Wurden Klein- und Leichtfahrzeuge damals als günstige Variante für die alltägliche Mobilität gesehen, nehmen sie heute, insbesondere mit elektrischem Antrieb, eine Marktnische ein. Es scheint jedoch, als würden die elektrischen Kultmodelle auf Anklang stoßen.

Verkehrsmittel in Baden-Württemberg

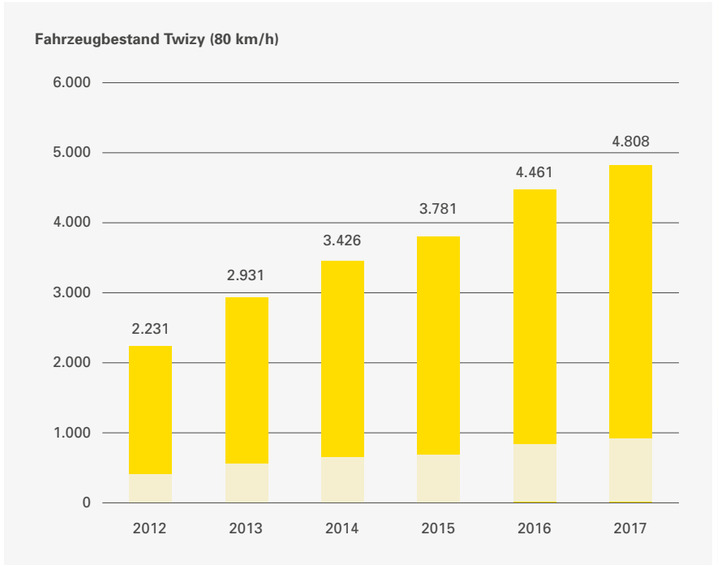
Der PKW ist noch nicht lange das häufigste Verkehrsmittel in Baden-Württemberg. In den 1950er Jahren machten die Krafträder mit etwas über 50 % den Großteil des Fahrzeugbestands aus, PKW hatten nur einen Anteil von 27 %. Die Kfz-Dichte betrug 1950 nur 50 Fahrzeuge je 1.000 Einwohnerinnen und Einwohner. Bis 1980 haben sich die Anteile der verschiedenen Verkehrsmittel durch die anhaltende Motorisierung grundlegend gewandelt: Die Kfz-Dichte ist auf 460 Fahrzeuge je 1.000 Einwohnerinnen und Einwohner gestiegen, mit fast 85 % haben die PKW den mit Abstand größten Anteil an den Kraftfahrzeugen (Krafträder: 3 %). Auch in den folgenden 35 Jahren hat sich die Motorisierung fortgesetzt, der Kfz-Bestand lag 2018 bei 723 Kfz auf 1.000 Einwohnerinnen und Einwohner. Davon waren 82 % PKW und 8,5 % Motorräder (Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2019a).



© eigene Darstellung nach DLR, Datenbasis Statistisches Bundesamt 2017

Abbildung 4-9:
Bestand von drei- und vierrädrigen leichten Fahrzeugen mit amtlichem Kennzeichen und mit Versicherungskennzeichen (Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und Elektroantrieb)

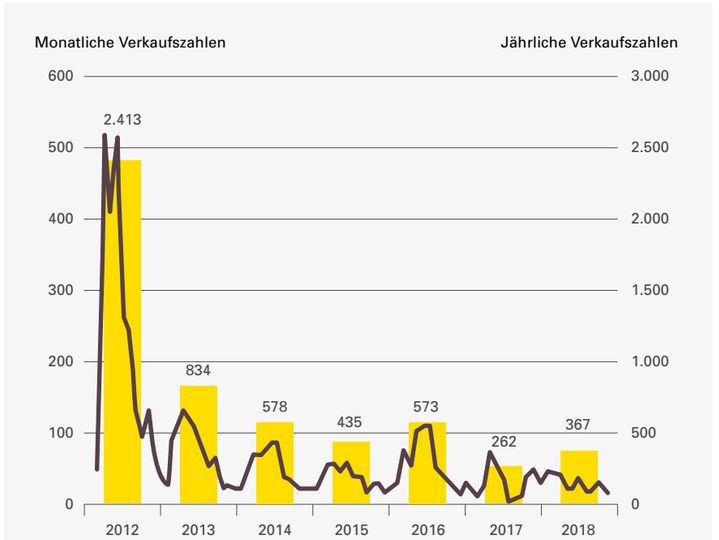
* Daten für 2017 waren zur Drucklegung auf Grund einer anstehenden Überarbeitung des Produktprogramms des KBA nicht verfügbar (siehe Nutzerinformation des KBA vom 29.01.2018) Fahrzeuge mit Versicherungskennzeichen: Bestände zum Ende des Versicherungsjahres (28.2. bzw. 29.2.) ermittelt. Fahrzeuge mit amtlichem Kennzeichen: Bestände zum 1.1., ohne vorübergehende Stilllegungen.



© eigene Darstellung nach DLR, Datenbasis Kraftfahrt-Bundesamt 2019

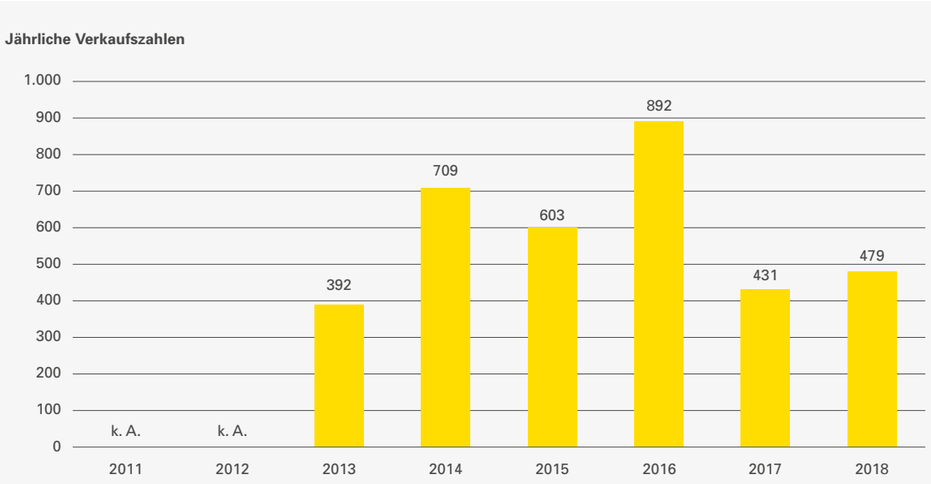
Abbildung 4-10:
Bestand des Renault Twizy (80 km/h) in Deutschland, jeweils am Jahresende

Zu beachten ist, dass die dargestellten Zahlen des KBA nur das Twizy-Modell mit einer Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h erfassen (mit amtlichem Kennzeichen). Das weniger leistungsstarke Modell, der Twizy 45, benötigt nur ein Versicherungskennzeichen und wird damit vom KBA nicht detailliert erfasst. Entsprechend liegt der jährliche Zuwachs des Bestandes gemäß KBA-Daten leicht unter den jährlichen Verkaufszahlen von Renault.



© eigene Darstellung nach DLR, Datenbasis Groupe Renault 2019b

Abbildung 4-11:
Verkaufszahlen des Renault Twizy in Deutschland



© eigene Darstellung nach DLR, Datenbasis ACEM 2019

Abbildung 4-12: Jährliche Verkaufszahlen von vierrädrigen elektrischen Leichtfahrzeugen in Deutschland

Der Verband ACEM veröffentlicht Verkaufszahlen vierrädriger elektrischer Leichtfahrzeuge, unter anderem für Deutschland seit 2013. Wie oben beschrieben erfasst der ACEM lediglich die Daten der Verbandsmitglieder, dabei sind auch Veränderungen über die Jahre möglich. Somit ist unklar, ob der Twizy in den Zahlen enthalten ist. Der Vergleich der Verkaufszahlen des Renault Twizy und der Gesamtverkäufe von LEV laut der ACEM verdeutlicht in jedem Fall den hohen Marktanteil des Twizy in diesem Segment.

4.4 Rahmenbedingungen und Instrumente auf unterschiedlichen Ebenen

Neben globalen Themen, wie dem Klimaschutz, führen insbesondere lokale städtische Rahmenbedingungen zu einem Handlungsdruck.

Vor dem Hintergrund der wachsenden Stadtbevölkerung und der ansteigenden Motorisierungsrate entstehen Staus und verstopfte Städte, ein enormer Flächenverbrauch für Verkehrszwecke, hohe Geräuschemissionen und eine Minderung der Lebensqualität in Städten. Städte sind historisch gewachsen noch immer auf den PKW ausgelegt und räumen LEV im Stadtraum keine Vorteile ein. Das wirkt sich negativ auf die Attraktivität der Nutzung von LEV aus. Denkbare Vorteile könnten beispielsweise Sonderparkplätze oder -fahrspuren für LEV sein.

Aus Expertensicht kann ein Zuwachs im LEV-Markt nur durch Förderungen dieser Fahrzeuge, verbunden mit einer Bevorzugung gegenüber PKW realisiert werden. Dazu gibt es auf unterschiedlichen Ebenen verschiedene Ansätze.

Eine Maßnahme auf **internationaler Ebene** wäre die Aufnahme von LEV in die EU-CO_2-Flottenzielwerte. Dies würde einen Anreiz für Hersteller darstellen, diese Fahrzeuge in die Flotte aufzunehmen. Diese Maßnahme birgt jedoch auch die Gefahr, dass Hersteller eine Anrechnung von LEV lediglich nutzen, um weiterhin oder zusätzlich schwere Fahrzeuge im Premiumsegment mit Verbrennungsmotor anbieten zu können. Ein weiteres Hindernis stellt die weltweit fragmentierte Landschaft der Regelungen zu Homologation beziehungsweise Typzulassung dar. Durch Unterschiede zwischen den USA, den asiatischen Ländern und der EU sind mehrere Typzulassungen nötig, um ein Fahrzeug auf mehr als einem der Märkte verkaufen zu können. Für Unternehmen birgt dies ein Risiko bei Investitionsentscheidungen. Durch eine internationale Harmonisierung der Homologation könnte der Markt dahingehend gestärkt werden. Unternehmen könnten einfacher weitere Märkte erschließen und somit eine höhere Marktdurchdringung erreichen. Die derzeit geringe Modellvielfalt ist laut Einschätzungen von Experten ein Hinderungsgrund für den Kauf von LEV. Durch einen globalen Markt würde es eine breitere Angebotspalette geben.

Auf **nationaler Ebene** könnten steuerliche Anreize gesetzt werden. Als Optionen wären zum Beispiel eine höhere **Besteuerung von Kraftstoffen** denkbar, um die Zulassung energieeffizienter Fahrzeuge zu fördern, oder eine Erhöhung der Kfz-Steuer für Fahrzeuge mit hohem CO_2-Ausstoß.

Städte bilden die kleinste **lokale Ebene** mit einem großen Handlungsspielraum. Um den Flächenverbrauch zu reduzieren und Geräuschemissionen zu minimieren, können unterschiedliche Ansätze gewählt werden. Dabei ist für die Entwicklung des LEV-Marktes insbesondere die Festlegung von Maßnahmen wie **Geschwindigkeitsbeschränkungen,** z. B. in Form von Tempo-30-Zonen, denkbar. In Graz gilt beispielsweise auf allen Straßen im Stadtgebiet bis auf Vorfahrtsstraßen flächendeckend eine Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h. Dies betrifft 80 % des Straßennetzes (Stadt Graz 2017). Regelungen dazu können sowohl in Lärmaktionsplänen wie auch in **Luftreinhalteplänen** festgehalten werden. Wirkungsvolle und bereits in vielen Städten Europas implementierte Maßnahmen sind Fahrverbote (z. B. Mailand, Wien, Rotterdam) oder Umweltzonen. Auch eine **City-Maut** kann durch Regelungen wie Vergünstigungen oder freie Einfahrt für LEV einen Hebel darstellen.

Des Weiteren könnte die Umwidmung einfacher Fahrspuren wie z. B. Busspuren mit einer Freigabe zur Sondernutzung für LEV durchgeführt werden. Weitere Änderungen in der Straßenraumorganisation wie z. B. Shared Spaces sind ebenfalls denkbar. Maßnahmen wie **Parkraummanagement** und **Parkraumbewirtschaftung** können ebenfalls einen großen Vorteil für die Nutzung von LEV darstellen. So führt in Japan die Notwendigkeit des Nachweises eines privaten Parkplatzes für die Zulassung von PKW in einigen Städten dazu, dass sehr viele kleine Fahrzeuge zugelassen werden (Kei-Cars). Diese sind von der Nachweispflicht ausgenommen. Ein PKW-Parkplatz kann in Japan mehrere Tausend Euro pro Monat kosten.

Ebene		Hemmnisse
International		Ungleiche Homologation Fehlende Integration in EU-CO_2-Flottenzielwerte
National		Geringe Kraftstoffsteuer
Lokal		Hohe Geschwindigkeiten in Städten Geringe Kosten für PKW-Gebrauch (z. B. Parkgebühren) Keine Vorteile für LEV im fließenden und ruhenden Stadtverkehr (z. B. keine Sonderfahrspuren)

© eigene Darstellung

Tabelle 4-1: Hemmnisse auf unterschiedlichen Ebenen, die sich auf die Verbreitung von LEV auswirken

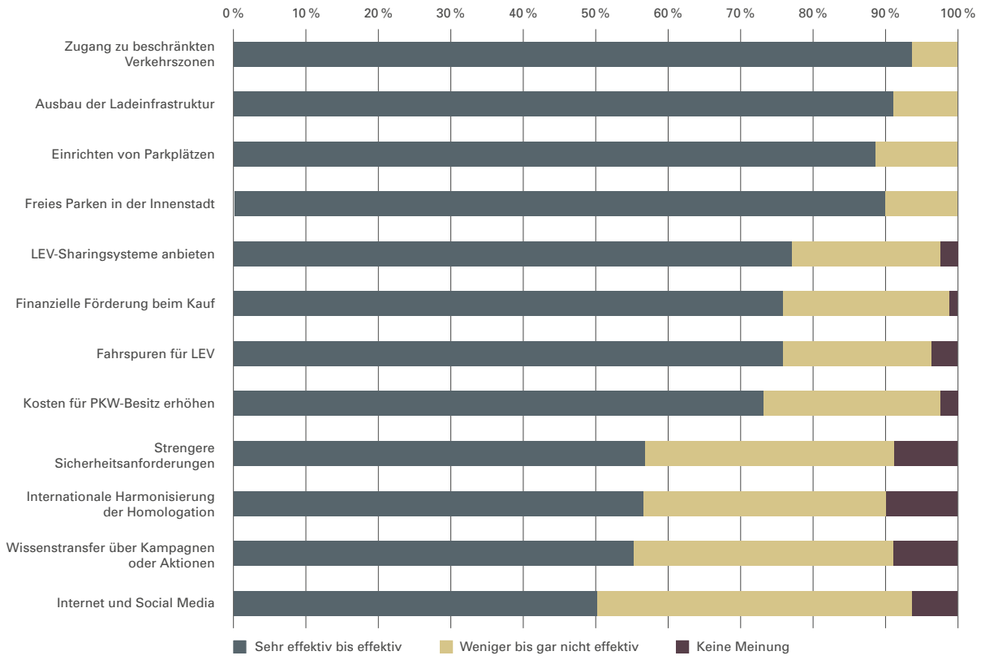
Experteneinschätzung zur Wirksamkeit von Maßnahmen

Innerhalb einer international ausgerichteten Arbeitsgruppe (Task 32) zum Thema Small Electric Vehicles wurde eine Expertenbefragung durchgeführt, um aktuelle Tendenzen und Chancen für den Markt der LEV aufzuzeigen. Der Task entstand im Rahmen der Internationalen Energieagentur mit dem Ziel des Wissensaustauschs zu Technologien und Programmen für Hybrid- und Elektrofahrzeuge.

Durch Expertengespräche und eine unterstützende Umfrage zeigte sich, dass in Bezug auf die Effektivität unterschiedlicher Maßnahmen ein Schwerpunkt im lokalen Handlungsfeld liegt. So wurden insbesondere die Parkraumbewirtschaftung oder das Parkraummanagement sowie die Bevorzugung von LEV im Straßenraum als besonders effektiv eingeschätzt. Weichere Methoden, wie die Förderung des Wissenstransfers, wurden insgesamt als weniger effektiv angesehen. Sie sind jedoch notwendig, weil die Stadtbevölkerung oft wenig Wissen über unterschiedliche Modelle, Nutzung oder gar Existenz dieser Fahrzeuge besitzt. Erste Eindrücke sowie das Fahrerlebnis können auf diese Weise vermittelt werden.

Bei der Implementierung der Maßnahmen ist jedoch besonders wichtig, dass die Anwendung in einem Methoden-Mix erfolgen muss, um eine Wirkung zu erzielen. Während Push-Faktoren die Nutzung von PKW erschweren, bieten Pull-Faktoren gleichzeitig Anreize zur Nutzung von LEV.

Einschätzung zur Wirksamkeit von Maßnahmen zur Förderung von LEV (n = 78)



© eigene Darstellung nach DLR

Abbildung 4-13: Einschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Förderung von LEV



© Paxter AS

05 Anwendungsfälle und Einsatzpotenziale in Deutschland

05

Anwendungsfälle und
Einsatzpotenziale in Deutschland



© OceanProd/AdobeStock

Dieses Kapitel setzt sich mit den Anwendungsfällen für und den Einsatzpotenzialen von LEV in Deutschland auseinander. Zuerst werden die rechtlichen Rahmenbedingungen der Nutzung von drei- und vierrädrigen Fahrzeugen sowie Lastenrädern in Deutschland aufgezeigt. Es folgt eine Diskussion der Einsatzgebiete von LEV im Personen- und Wirtschaftsverkehr sowie der Potenziale der verkehrlichen Wirkungen und Nutzerpotenziale. Zuletzt wird diskutiert, ob sich entlang von LEV Geschäftsmodelle entwickeln lassen.

5.1 Rechtliche Rahmenbedingungen zur Nutzung

Regulierungen zu Führerschein-Anforderungen der unterschiedlichen Fahrzeuge sind in der Richtlinie 2006/126/EG des Europäischen Parlaments verankert. Ländern der EU ist es bei der Implementierung in nationales Recht möglich, im Rahmen des aufgeführten Handlungsspielraums der Richtlinie nationale Vorgaben zu machen, die sich von denen anderer EU-Länder unterscheiden. Dies betrifft z. B. das Mindestalter für verschiedene Fahrerlaubnisklassen.

Die gemäß der EU-Richtlinie optionale Fahrerlaubnisklasse B1 ermöglicht das Fahren von einigen Fahrzeugen bereits ab 16 Jahren. In Deutschland wurde sie jedoch nicht eingeführt, sodass für die Nutzung eines L7e-Fahrzeugs ausschließlich ein Führerschein Klasse B zugelassen ist. Für die Klassen L2e, L5e und L6e sind die Fahrzeugklassen nicht eindeutig den Fahrerlaubnisklassen zuzuordnen. Diese richten sich vielmehr nach Spezifika des einzelnen Fahrzeugs und beinhalten z. B. unterschiedliche Nenndauerleistungen (AM und A1 ≤ 15 kW; A ≥ 15 kW) oder in der Klasse AM ein Gewicht bis 350 kg (ohne Gewicht der Batterien) und eine Geschwindigkeit bis einschließlich 45 km/h. In einigen Fällen sind jedoch mehrere Fahrerlaubnisklassen möglich, da sie andere Klassen einschließen. So sind in einem A-Führerschein auch AM, A1 und A2 enthalten. Der Mofa-Führerschein (M) für Fahrzeuge unter 25 km/h (ohne Treten) ist hingegen bereits ab 15 Jahren verfügbar.

Mindestalter	Fahrerlaubnisklasse, eingeschlossene Klasse	Weitere Bedingungen
15	M	Fahrzeuge unter 25 km/h (ohne Treten)
16	AM	Zweirädrige Kleinkrafträder, Fahrräder mit Hilfsmotor Dreirädrige Kleinkrafträder, vierrädrige Leichtkraftfahrzeuge bis 350 kg (ohne Gewicht der Batterien) bis 45 km/h, Leistung bis 4 kW
16	A1 AM	Leichtkrafträder Bis 11 kW Leistung und bis 0,1 kW Leistung je Kilogramm Dreirädrige Kfz bis 15 kW Leistung
18	A2 AM, A1	Krafträder (beschränkt) Bis 36 kW und bis 0,2 kW Leistung je Kilogramm
20	A AM, A1, A2	Krafträder (unbeschränkt) 2 Jahre Vorbesitz A2, bei Direkteinstieg: Mindestalter 24 Dreirädrige Kfz über 15 kW (Mindestalter: 21)

Tabelle 5-1: Fahrerlaubnisklassen, Mindestalter und Bedingungen bezüglich Krafträdern mit Elektromotoren

© eigene Darstellung

Das **Mindestalter** für die Fahrerlaubnisklassen und die damit zugänglichen Fahrzeuge sind in Tabelle 5-1 aufgeführt. Die von der EU vorgegebenen Altersgrenzen können von den Mitgliedsstaaten zur Verbesserung der Straßenverkehrssicherheit erhöht werden. Ein Herabsenken ist nur unter „außergewöhnlichen Umständen“ möglich.

Vorschriften für Anmeldung und Versicherung

Für die Zulassung eines Fahrzeugs gilt das nationale Recht durch die Fahrzeug-Zulassungsverordnung (FZV). Demnach sind dreirädrige Krafträder mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit über 45 km/h oder einer Nenndauerleistung über 4 kW zulassungspflichtig. Dasselbe gilt für vierrädrige Leichtkraftfahrzeuge mit einer Leermasse über 350 kg und einer Höchstgeschwindigkeit von über 45 km/h oder einer maximalen Nenndauerleistung von 4 kW.

Gemäß dem Pflichtversicherungsgesetz sind alle zulassungsfreien Kraftfahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von über 6 km/h versicherungspflichtig und benötigen somit ein Versicherungskennzeichen. LEV, die hingegen eine Zulassungsbescheinigung benötigen, müssen ein amtliches Kennzeichen führen.

Das KBA verwendet nachfolgende Aufteilung.

Zulassungsfreies Kraftrad mit Versicherungskennzeichen

- Kleinkraftrad
  - Klasse L1e (zweirädrig, bis 45 km/h oder 4 kW)
  - Klasse L2e (dreirädrig, bis 45 km/h oder 4 kW)
- Leichtkraftfahrzeug
  - Klasse L6e (vierrädrig, unter 350 kg Leergewicht ohne Batterie und bis 45 km/h)

Zulassungspflichtiges Kraftrad mit amtlichem Kennzeichen

- Drei- und leichtes vierrädriges Kraftfahrzeug
  - Klasse L5e (dreirädrig, über 45 km/h)
  - Klasse L7e (vierrädrig, bis 400 kg Leergewicht Personenbeförderung/550 kg Leergewicht Güterbeförderung ohne Batterie und bis 15 kW)

Zusätzlich sind in der Aufteilung des KBA zweirädrige Fahrzeuge mit Beiwagen enthalten, die jedoch in dieser Studie nicht betrachtet werden.

Besondere Regelungen zu E-Lastenrädern

Die nationalen Regelungen zum Betrieb **elektrisch betriebener Lastenräder** stimmen nicht gänzlich mit den Parametern der Zulassungsklassen nach EU-Recht überein. Gemäß der EU-Verordnung Nr. 168/2013 werden alle zweirädrigen Lastenräder über 250 Watt in die Klasse L1e eingeordnet. Bei drei- und vierrädrigen Lastenrädern wird nach der Nenndauerleistung unterschieden: zwischen 250 und 1.000 Watt gehören sie zur Klasse L1e, ansonsten zu höheren Klassen. Nach deutschem Recht wurden weitere Typen definiert, nach denen sich Helm- und Versicherungspflicht sowie eine Führerschein- bzw. Fahrerlaubnispflicht richten (vgl. Tabelle 5-2).

In Deutschland werden Räder mit Tretunterstützung als **Pedelecs** eingestuft. Als reine Pedelecs werden Lastenräder mit einer Nenndauerleistung bis 250 Watt und einer Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h bezeichnet, sie können ohne Versicherungskennzeichen und ohne Führerschein gefahren werden. Als **S-Pedelecs** werden Räder mit einer maximalen Nenndauerleistung von 500 Watt sowie einer Geschwindigkeit von bis zu 45 km/h bezeichnet.

Die Kategorie der **E-Bikes** umfasst hingegen Lastenräder mit elektrischem Antrieb und mit Bedienung über einen Drehgriff oder Schaltknopf, also ohne Treten. Dabei wird nach verschiedenen Höchstgeschwindigkeiten und Nenndauerleistungen kategorisiert.

5.2 Einsatzgebiete

Im Personen- und im Wirtschaftsverkehr ergeben sich entlang des Mobilitätsverhaltens von Personen und der Ausübung ihrer privaten und beruflichen Aktivitäten verschiedene Einsatzgebiete von LEV. In der Verkehrsforschung werden verschiedene Begrifflichkeiten zur Beschreibung des Mobilitätsverhaltens verwendet. Eine Definition findet sich in der folgenden Infobox.

Typ	Höchstgeschwindigkeit (km/h)	Max. Nenndauerleistung (W)	Helmpflicht	Fahrberechtigung bzw. Führerschein	Versicherungskennzeichen	Einordnung nach EU-VO Nr. 168/2013
Pedelecs						
Pedelec	25 mit Treten* 6 ohne Treten*	250	Nein	Nein	Nein	–
S-Pedelec	45 mit Treten*	500	Ja	AM	Ja	L1e-A
E-Bikes						
Leichtmofa	20 ohne Treten	500	Nein	M	Ja	L1e-A
Mofa	25 ohne Treten	1.000	Ja	M	Ja	L1e-A
Kleinkraftrad	45 ohne Treten	4.000	Ja	AM	Ja	L1e-B

Tabelle 5-2: Rechtliche Einordnung von Pedelecs und E-Bikes

© eigene Darstellung auf Basis von (BMVI 2017)

*Mit elektrischer Unterstützung, durch reine Muskelkraft auch schneller.

Begriffe zur Beschreibung des Mobilitätsverhaltens

- **Etappe:**
  Abschnitt eines Weges, der mit einem Verkehrsmittel oder zu Fuß zurückgelegt wird. Je nach Untersuchungsgegenstand können die Verkehrsmittel zusammengefasst werden. Das reicht vom Wechsel eines Fahrzeugs innerhalb eines Verkehrsmittels bis hin zur Zusammenfassung zu Modi.

- **Weg:**
  Ortsveränderung einer Person von einem Ausgangspunkt (Quelle) zu einem Ziel zur Ausübung einer bestimmten Aktivität (außer Haus), bei Benutzung von Verkehrsmitteln (einschließlich Zu- und Abgang) und/oder durch Fußwege. Ein Weg ist eine Ortsveränderung zwischen zwei Aktivitäten, die mindestens eine Grundstücksgrenze überschreitet und aus mindestens einer Etappe besteht.

- **Ausgang:**
  Abfolge von Wegen, die an einem Ort (häufig zu Hause) beginnen und dort wieder enden.

Etappe und Weg

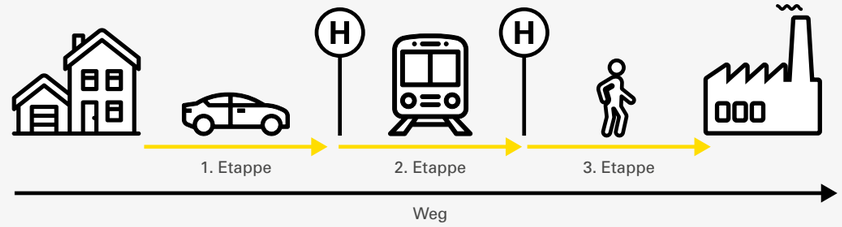


Abbildung 5-1: Beispielhafte Darstellung von Etappen und eines Weges

Ausgang

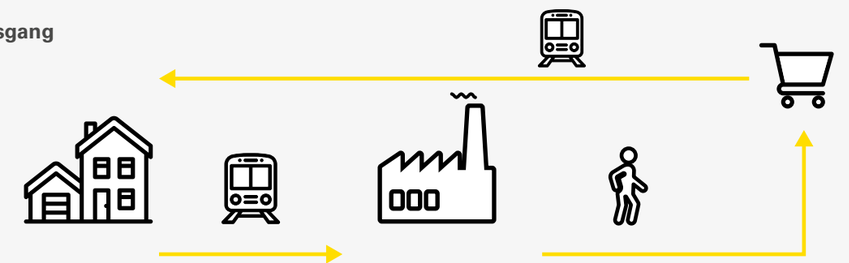


Abbildung 5-2: Beispielhafte Darstellung eines Ausgangs

© eigene Darstellung nach KIT-IfV

LEV im Personenverkehr

Im Personenverkehr könnten LEV auf unterschiedliche Weise zum Einsatz kommen. So könnten sie wie andere Verkehrsmittel in Privatbesitz, beispielsweise der PKW, für die Mobilität im Alltag genutzt werden. Sofern die Modelleigenschaften dies zulassen, können sie auf gesamten Ausgängen, z. B. von zu Hause zur Arbeit, danach zum Sport und am Abend zurück nach Hause, eingesetzt werden. Besonders auf kürzeren Ausgängen stellen LEV eine wetter- und topografieunabhängige Verkehrsmittellösung dar, da sie, anders als beispielsweise das Fahrrad, nicht durch pure Muskelkraft betrieben werden und insbesondere vierrädrige LEV oftmals über einen Wetterschutz verfügen. Viele Modelle bieten zudem die Möglichkeit, Güter zu transportieren, wodurch sie auch für (kleinere) Einkäufe geeignet sind. Aufgrund des im Vergleich zum PKW geringeren Flächenverbrauchs sind LEV auch in Stadtbereichen mit niedriger Parkplatzverfügbarkeit eine interessante Verkehrsmittelalternative.

Außerdem könnten LEV im Personenverkehr auch auf Teilabschnitten von Wegen, sogenannten Etappen, genutzt werden. Dies ist beispielsweise auf der ersten oder letzten Meile eines Weges mit dem öffentlichen Verkehr möglich, d. h. auf der Etappe zwischen der Haltestelle des öffentlichen Verkehrs und dem Start- oder Zielort des Weges. Bei einem solchen Einsatzgebiet wäre es denkbar, dass LEV in Sharingkonzepten angeboten werden. Ähnlich wie bei aktuellen Bikesharing-Konzepten könnten an Haltestellen des öffentlichen Verkehrs Abstellmöglichkeiten installiert werden, sodass ein einfaches und schnelles Umsteigen in den öffentlichen Verkehr gewährleistet ist.

Ein weiteres Einsatzgebiet sind Tourismusverkehre. Gerade in autofreien Tourismusgebieten, z. B. Naturparks, stellen LEV eine Alternative zu Fahrrad oder Auto für die Mobilität von Touristen dar. Beispielsweise bieten Tourismusveranstalter auf den kanarischen Inseln Teneriffa und Lanzarote geführte Touren mit Renault Twizys an und auch Touristen des New Forest National Park im Süden Englands haben die Möglichkeit, Renault Twizys zu entleihen (eGo Excursions S.L. o. J.; Niki and Dan 2018). Ebenso können in urbanen Gebieten LEV für Tourismusangebote interessant sein. Ein Beispiel hierfür ist Amsterdam, wo Fahrzeuge der Firma Birò Netherlands tageweise angemietet werden können. Die Preise hierfür starten bei 75 € pro Tag (Amsterdam City Tours 2019).

LEV im Wirtschaftsverkehr

Im Wirtschaftsverkehr lassen sich die Einsatzgebiete von LEV in vier Kategorien gliedern: Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP-Dienste), Bringdienste, Werkverkehr und Serviceverkehr.

Bei den KEP-Dienstleistungen ist eine Anwendung von LEV für eilige B2B-Sendungen (Kurier oder Express) denkbar. Zweirädrige zulassungsfreie Lastenräder haben hier gegebenenfalls noch einen zusätzlichen Vorteil, wenn sich der Zustellpunkt an verkehrlich schwer zugänglichen oder staubelasteten Orten befindet. Ein Einsatz in der Endkundenzustellung von Paketen ist zwar prinzipiell denkbar, allerdings bieten derzeit nur wenige der verfügbaren LEV, wie beispielsweise der Alkè ATX, ausreichendes Ladevolumen. Es sind aber viele Konzepte in der Entwicklung, die gezielt auf den Logistikbereich abzielen, wie z. B. das e-Cargobike von ONO.

Größere Aufmerksamkeit könnten LEV bei Bringdiensten erfahren, insbesondere in der Zustellung von zubereiteten Speisen, für die nur eine geringe Transportkapazität benötigt wird. Spezialisierte Einzelhändler könnten Auftraggeber von Bringdiensten werden, die eine Zeitfensterzustellung (etwa innerhalb von zwei Stunden) zum Endkunden via LEV anbieten.

Werkverkehr bezeichnet Verkehre auf größeren Betriebsgeländen oder Wohnanlagen, aber auch den Transport zwischen verschiedenen Standorten einer Organisation. Da es sich hier häufig um regelmäßige und planbare Touren mit homogenem Güteraufkommen handelt, ließen sich solche Touren gut an die begrenzten Reichweiten und Ladekapazitäten von LEV anpassen.

Serviceverkehre oder Personenwirtschaftsverkehre sind eine heterogene Kategorie, bei der nicht die Raumüberwindung eines Gutes, sondern die Ausführung einer Dienstleistung am Zielort im Vordergrund steht. Für diese Dienstleistung wird eine Möglichkeit zum Mitführen von Arbeits- oder Verbrauchsmaterial benötigt. LEV sind gut für Dienstleistungen mit geringem Materialbedarf geeignet, beispielsweise Stadtreinigung und Grünpflege, Hausmeister- und Facility-Services, Technik- oder Pflegedienste. Die genauen Einsatzgebiete von LEV sind von den Fahrzeugeigenschaften abhängig, wie beispielsweise Höchstgeschwindigkeit, Wetterschutz, Reichweite und Transportmöglichkeit, die zwischen den verschiedenen Modellen variieren.

Für eine umfassende Bewertung wurde für zwölf LEV-Modelle analysiert, inwieweit diese im Personen- und Wirtschaftsverkehr in Deutschland Anwendung finden könnten. In Tabelle 5-3 findet sich eine Zusammenfassung der Fahrzeug- und Nutzungseigenschaften der im Folgenden betrachteten Modelle.

	EVT Trike	**Aixam eCity Pack**	**Renault Twizy** (45 km/h)	**Cleanmotion Zbee**	**Opel RAK e**	**Piaggio APE Calessino Elektro**
						
Alltagsreichweite (km)*	70	75	71	56	70	53
Anzahl Sitzplätze	2	2	2	3	2	4
Gütervolumen (l)	Ca. 10	700	31	50	Nein	Ladefläche
Maximalgeschwindigkeit (km/h)	45	45	45	45	120	69
Führerscheinklasse**	AM, A1, A2, A, B	AM, A1, A, B	AM, A1, A2, A, B	AM, A1, A2, A, B	B	A, A1, A2, B
Wetterschutz	Nein	Ja	(Ja)	Ja	Ja	(Ja)
Vorwiegende Nutzung	Personenverkehr	Personenverkehr	Personenverkehr	Personenverkehr	Personenverkehr	Personenverkehr

	Renault Twizy (80 km/h)	**Micromobility Systems Microlino**	**Riese & Müller Packster 80 HS**	**KYBURZ DXP 4**	**Radkutsche Musketier**	**Alkè ATX 320E**
						
Alltagsreichweite (km)*	71	140	63	50	68	52
Anzahl Sitzplätze	2	2	1	1	1	2
Gütervolumen (l)	31	300	135	Variabel***	Variabel***	Variabel***
Maximalgeschwindigkeit (km/h)	80	90	45	45	25	44
Führerscheinklasse	B	B	AM, A1, A2, A, B	AM, A1, A2, A, B	Nein	B
Wetterschutz	(Ja)	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja
Vorwiegende Nutzung	Personenverkehr	Personenverkehr	Personen- und Wirtschaftsverkehr	Wirtschaftsverkehr	Wirtschaftsverkehr	Wirtschaftsverkehr

Tabelle 5-3: Fahrzeug- und Nutzungseigenschaften verschiedener LEV-Modelle

*Auf Basis von Herstellerinformationen geschätzt. ** Benötigte Fahrerlaubnisklasse in Deutschland. *** Je nach Ausstattung von Transportbox und Aufbauten

© eigene Darstellung unter Verwendung von Grafiken der genannten Hersteller

5.3 Verkehrliche Wirkung und Nutzerpotenziale

Eine Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen und Nutzerpotenziale von LEV erfolgt mittels einer Analyse der Mobilitätserhebung Mobilität in Deutschland (MiD) 2017.
Um die verkehrlichen Wirkungs- und Nutzerpotenziale von LEV in Deutschland abzuschätzen, werden folgende Fragen anhand des Datensatzes der MiD 2017 untersucht:

- Welcher Teil des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung im Personen- und Wirtschaftsverkehr könnte maximal mit LEV zurückgelegt werden?
- Auf welchen Wegen könnten LEV genutzt werden?
- Wie groß ist der Kreis potenzieller Nutzer von LEV?
- Welche Personengruppen sind die potenziellen Nutzer von LEV?

Mobilität in Deutschland (MiD) 2017

Die MiD ist eine bundesweite, umfassende Erhebung zum Mobilitätsverhalten und zur Verkehrsnachfrage der deutschen Wohnbevölkerung. Die Erhebung wurde nach 2002 und 2008 zuletzt 2017 durchgeführt.

Die MiD ist eine Stichtagserhebung, d. h., jede teilnehmende Person hat ihre Mobilität an einem vorgegebenen Tag, dem Erhebungstag, berichtet. Die Feldphase der MiD 2017 fand zwischen Mai 2016 und September 2017 statt. Die Erhebungsteilnehmerinnen und -teilnehmer konnten sich in einem mehrstufigen Verfahren schriftlich, telefonisch oder online beteiligen. Insgesamt nahmen 316.361 Personen aus 156.420 Haushalten an der MiD 2017 teil und berichteten 960.619 Wege für ihre jeweiligen Erhebungstage.

Die MiD 2017 besteht aus verschiedenen Stichproben, die integriert in einem Datensatz vorliegen. Eine Bundesstichprobe wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) in Auftrag gegeben. Dieser Bundesstichprobe haben sich über 60 regionale Auftraggeber angeschlossen, um die Ergebnisse zur Alltagsmobilität regional zu vertiefen. In Baden-Württemberg sind beispielsweise die Landesregierung Baden-Württemberg, die Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB), der Verkehrsverbund Rhein-Neckar GmbH (VRN), der Verband Region Rhein-Neckar (VRRN) und die Stadt Ludwigsburg regionale Auftraggeber. Dies führt dazu, dass aus verschiedenen Regionen Baden-Württembergs hinreichend große und repräsentative Stichproben vorliegen, die regionalspezifische Analysen erlauben. Die Erhebung MiD 2017 bietet verschiedene Ebenen der Datenauswertung. Zentraler Bestandteil ist der Wegedatensatz, in dem alle Wege der Personen am Erhebungstag enthalten sind. Dieser Datensatz beinhaltet beispielsweise Informationen zu Start- und Ankunftszeit, Zweck, genutzten Verkehrsmitteln, der zurückgelegten Strecke und Begleitung durch weitere Personen zu jedem Weg am Erhebungstag. Wenn Personen aufgrund ihres Berufs regelmäßige berufliche Wege tätigen (z. B. Briefträger, Handwerker, Busfahrer), wurden Informationen zu diesen Wegen in einem geringeren Detaillierungsgrad erhoben (beispielsweise nur die am Erhebungstag auf regelmäßigen beruflichen Wegen insgesamt zurückgelegte Strecke). Ein kleiner Teil der Erhebungsteilnehmer hat seine Mobilität am Erhebungstag sehr detailliert in einzelnen Etappen erfasst. Für diese Teilstichprobe liegen Informationen zu allen Etappen der Wege am Erhebungstag vor (zurückgelegte Strecke, Dauer, Verkehrsmittel).

In der MiD wurde die Mobilität von Personen am Erhebungstag detailliert erfasst. Hieraus können keine Rückschlüsse auf das Mobilitätsverhalten von Einzelpersonen über längere Zeiträume gezogen werden. Folglich sind anhand der MiD-Informationen keine Rückschlüsse über regelmäßige LEV-Nutzungspotenziale von Einzelpersonen möglich (Nobis und Kuhnimhof 2018).

Ermittlung des maximal möglichen Potenzials von LEV

Es wurden anhand der Fahrzeugeigenschaften der betrachteten LEV-Modelle (Tabelle 5-3) Eigenschaften von Ausgängen festgelegt, für die LEV genutzt werden können. Wenn ein Ausgang alle diese Eigenschaften erfüllt, wird angenommen, dass auf dem Ausgang ein LEV verwendet werden könnte. Durch dieses Vorgehen wird das **maximal mögliche Potenzial von LEV** ermittelt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass dieses Potenzial nicht vollständig ausgeschöpft werden kann. Dies liegt daran, dass selbst bei einem großen Angebot von LEV nicht jede Person für alle ihre Ausgänge, die sie mit einem LEV zurücklegen könnte, auch ein LEV nutzen wird. Weitere Aspekte wie persönliche Verkehrsmittelpräferenzen oder individuelle Kaufbereitschaft haben auch Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl. Beispielsweise könnten viele Verkehrsteilnehmer mit kurzen Pendelwegen mit dem Fahrrad zur Arbeit fahren, tun dies aber aufgrund von persönlichen Präferenzen nicht. Diese Aspekte wurden in der MiD 2017 nicht thematisiert und können deshalb auch nicht in die Analyse dieser Studie einfließen.

Da Fahrzeuge für regelmäßige berufliche Wege (z. B. KEP-Dienste oder ambulante Pflege) häufig vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellt werden, werden LEV zur privaten Nutzung (Personenverkehr) und LEV zur regelmäßigen beruflichen Nutzung (Wirtschaftsverkehr) getrennt betrachtet. Datengrundlage für die Analyse der Wege mit privatem Wegezweck bildet das Wegetagebuch der MiD. Datengrundlage für die Analyse im Wirtschaftsverkehr ist die weniger detaillierte Abfrage der regelmäßigen beruflichen Wege (rbW).

Um Ausgänge zu bestimmen, für die LEV eingesetzt werden könnten, werden verschiedene Aspekte differenziert für jeden einzelnen Ausgang im MiD-Datensatz untersucht. Nur wenn alle Aspekte zutreffen, wird angenommen, dass auf diesem Ausgang ein LEV genutzt werden könnte.

- Ist die **elektrische Reichweite** des LEV ausreichend für die zurückgelegte Strecke?
- Falls die Person von anderen Personen begleitet wird: Bietet das LEV **weitere Sitzplätze?**
- Falls Einkäufe stattfinden und diese transportiert werden müssen: Hat das LEV Transportmöglichkeiten, die einen **Transport von Gegenständen** zulassen?
- Ist die **zulässige Maximalgeschwindigkeit** des LEV ausreichend, um auch die Straßeninfrastruktur nutzen zu können, die auf dem Ausgang genutzt wurde? (Abschätzung anhand der Durchschnittsgeschwindigkeit auf dem längsten Weg des Ausgangs)
- Falls ein **Führerschein** zum Führen des LEV benötigt wird: Verfügt der Erhebungsteilnehmer über die entsprechende Fahrerlaubnis?
- Verfügt das LEV über einen ausreichenden **Wetterschutz,** der die Nutzung auch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen ermöglicht?

Für die verschiedenen LEV-Modelle erfolgt jeweils eine separate Analyse. Da die Datenerhebung der regelmäßigen beruflichen Wege weniger detailliert ist, können für den Wirtschaftsverkehr nur die ersten beiden Fragen untersucht werden. Zudem wird berücksichtigt, dass Ausgänge mindestens 800 m lang sein sollten, da kurze Ausgänge die Rüst- und Abstellzeiten von LEV nicht rechtfertigen.

5.3.1 Wege mit privatem Wegezweck

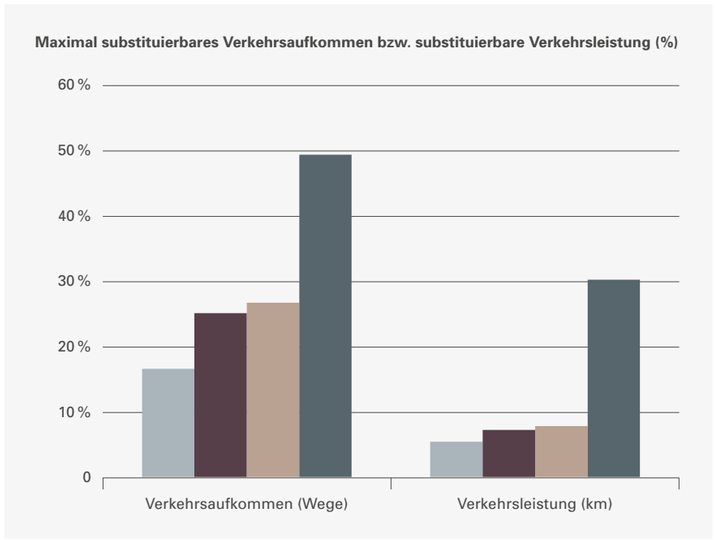
Um die verkehrlichen Potenziale von LEV zu untersuchen, wird analysiert, welcher Anteil des **Verkehrsaufkommens** (das ist die Anzahl der Wege) und der **Verkehrsleistung** (das ist die zurückgelegte Strecke, gemessen in Kilometern) ersetzt werden könnten. Da sich die Substitutionspotenziale verschiedener LEV-Modelle mit ähnlichen Fahrzeugeigenschaften (siehe Tabelle 5-3) gleichen, werden hier nur Ergebnisse für die LEV-Modelle EVT Trike, Riese & Müller Packster 80 HS, Aixam eCity Pack (ähnliche Eigenschaften wie Renault Twizy (45 km/h) und Cleanmotion Zbee) und Micromobility Systems Microlino (ähnliche Eigenschaften wie Renault Twizy (80 km/h)) dargestellt.

Je nach Modell liegt das maximale Substitutionspotenzial für LEV beim Verkehrsaufkommen (= Wegen) zwischen 17 % und 49 % sowie bei der Verkehrsleistung (= Strecke) zwischen 6 % und 30 %. Insbesondere die elektrische Reichweite und die Maximalgeschwindigkeit schränken hier die Substitutionspotenziale ein.

Auf welchen Wegen könnten LEV genutzt werden?

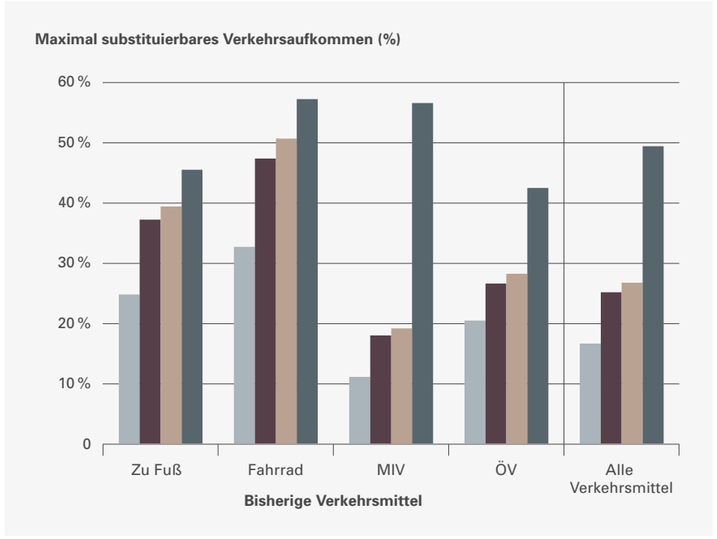
LEV mit höheren Reichweiten und Geschwindigkeiten sind insbesondere auf Arbeitswegen und zum Einkaufen eine Alternative: Der Microlino könnte auf 57 % aller Arbeitswege und auf 59 % aller Einkaufswege eingesetzt werden. Abbildung 5-4 zeigt, für welchen Teil der Wege LEV eingesetzt werden können, die bisher zu Fuß, mit dem Fahrrad, dem motorisierten Individualverkehr (MIV) oder dem öffentlichen Verkehr (ÖV) durchgeführt wurden. Damit stellen sie eine gewisse Konkurrenz zu den Verkehrsmodi des Umweltverbunds dar. LEV mit niedrigeren Reichweiten und Maximalgeschwindigkeiten haben das Potenzial, vor allem aktive Verkehrsmodi zu ersetzen: So könnte das EVT Trike für ein Viertel aller Wege zu Fuß und ein Drittel aller Wege mit dem Fahrrad eingesetzt werden. Hingegen könnte das EVT Trike nur 11 % der Wege des MIV und ein Fünftel aller Wege mit dem ÖV ersetzen. LEV mit größeren elektrischen Reichweiten und Maximalgeschwindigkeiten, wie das Microlino, sind hingegen besser geeignet, auch MIV-Wege zu ersetzen: Immerhin 57 % der MIV-Wege und 42 % der ÖV-Wege könnten auch mit dem Microlino zurückgelegt werden. Aber auch dieses Fahrzeug stellt eine Konkurrenz zu den aktiven Modi dar, es könnte für 46 % der Fußwege und 57 % der Fahrradwege genutzt werden. Ein wesentlicher Grund dafür, dass LEV nicht auf mehr Fuß- oder Fahrradwegen eingesetzt werden, ist die

Führerscheinpflicht für manche der betrachteten LEV. Nicht alle Personen, die zu Fuß oder mit dem Fahrrad am Erhebungstag unterwegs waren, verfügen über den entsprechenden Führerschein. Damit liegen zwar Wege mit aktiven Modi meist innerhalb der elektrischen Reichweite von LEV, aber es ist keine höhere rechnerische Substituierbarkeit möglich, weil häufig ein Führerschein für die Nutzung der LEV benötigt wird oder Ausgänge zu Fuß kürzer als 800 m sind.



© eigene Darstellung nach DLR

Abbildung 5-3:
Anteil des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung an Wegen mit privatem Wegezweck, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial)



© eigene Darstellung nach DLR

Abbildung 5-4:
Anteil der Wege mit privatem Wegezweck, differenziert nach bisherigen Verkehrsmitteln, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial)

Wie groß ist der Kreis potenzieller Nutzer von LEV?

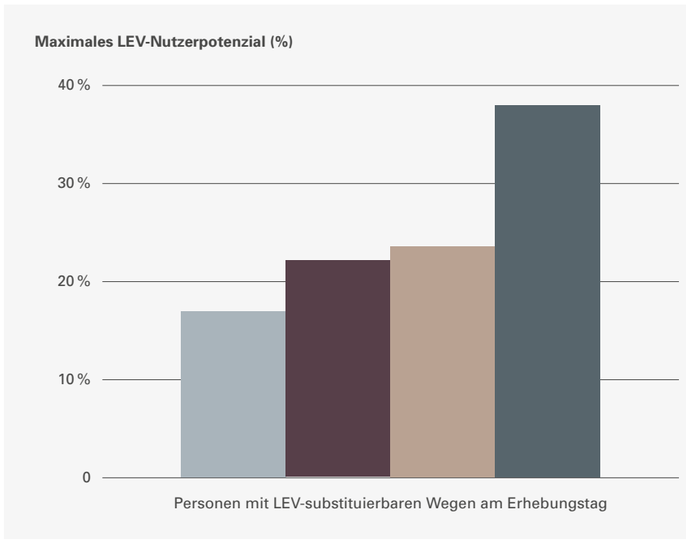
Neben den verkehrlichen Wirkungspotenzialen von LEV stellt sich die Frage, welche Personengruppen in ihrer Mobilität im Alltag LEV nutzen könnten und wie groß die potenzielle Nutzergruppe ist. Hierzu wird anhand der MiD 2017 analysiert, welcher Teil der Bevölkerung am Erhebungstag Ausgänge durchführt, für die auch ein LEV genutzt werden könnte, und wie diese Bevölkerungsgruppen charakterisiert sind.

Aus Abbildung 5-5 geht hervor, dass zwischen 16 % und 38 % der Erhebungsteilnehmerinnen und Erhebungsteilnehmer der MiD 2017 am Erhebungstag ein LEV hätten benutzen können. Auch diese Werte sind die theoretisch maximale Nutzung ohne eine Einbeziehung persönlicher Präferenzen. Es zeigt sich hier, dass LEV-Modelle mit höherer elektrischer Reichweite und Maximalgeschwindigkeit ein höheres Potenzial haben, auf privaten Wegen genutzt zu werden.

Welche Personengruppen sind die potenziellen Nutzer von LEV?

In allen Altersgruppen ab 18 Jahren sind Nutzerpotenziale für LEV vorhanden, wobei die Nutzerpotenziale der Altersgruppen ab 30 Jahren höher sind als bei den 18- bis 29-Jährigen (Abbildung 5-6). In der Abbildung sind nur Personen ab 18 Jahren dargestellt, da die Abfrage des Führerscheinbesitzes bei der MiD keine Differenzierung nach unterschiedlichen Führerscheinklassen vornimmt und so Führerscheinklassen mit einem Mindestalter unter 18 Jahren nicht erfasst werden.

Bei älteren Personengruppen ab 60 Jahren sind die Nutzerpotenziale der kleineren LEV etwas höher, beispielsweise hätten 32 % dieser Altersgruppe am Erhebungstag den Aixam eCity Pack nutzen können. Dies trifft bei den 18- bis 29-Jährigen lediglich auf 22 % der Erhebungsteilnehmer zu.



© eigene Darstellung nach DLR

Abbildung 5-5:
Personen, die am Erhebungstag LEV für ihre privaten Wegezwecke hätten nutzen können, differenziert nach verschiedenen LEV-Modellen (maximales Potenzial)

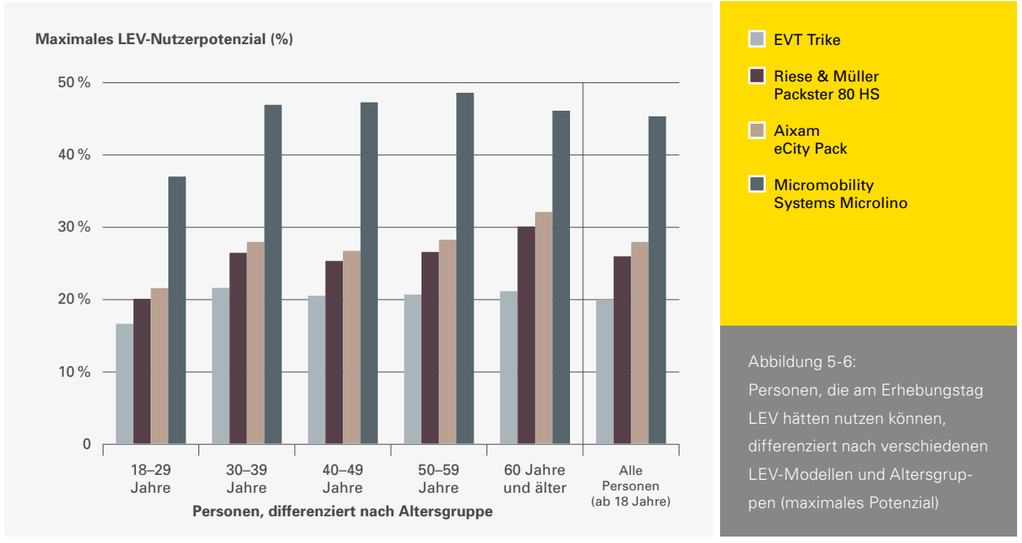


Abbildung 5-6:
Personen, die am Erhebungstag LEV hätten nutzen können, differenziert nach verschiedenen LEV-Modellen und Altersgruppen (maximales Potenzial)

Bezogen auf die räumliche Struktur des Wohnorts zeigt sich: Je größer die Stadt, desto höher das Potenzial, dass ein LEV genutzt werden könnte (Abbildung 5-7). Während in Metropolen beispielsweise 21 % der Erhebungsteilnehmer das EVT Trike nutzen könnten, sind es in kleinstädtischen, dörflichen Räumen lediglich 13 %. Dies liegt daran, dass die Einwohner kleinstädtischer, dörflicher Räume oftmals längere Distanzen zur Durchführung ihrer Aktivitäten (z. B. Einkauf, Arztbesuch) zurücklegen müssen. Bei LEV-Modellen mit höherer elektrischer Reichweite und Maximalgeschwindigkeit, wie dem Microlino, würden sich auch unter den Einwohnern in Metropolen (39 %) etwas mehr potenzielle Nutzer finden. Die Differenz gegenüber Einwohnern von kleinstädtischen, dörflichen Räumen (36 %) ist bei diesem Fahrzeug nicht groß.

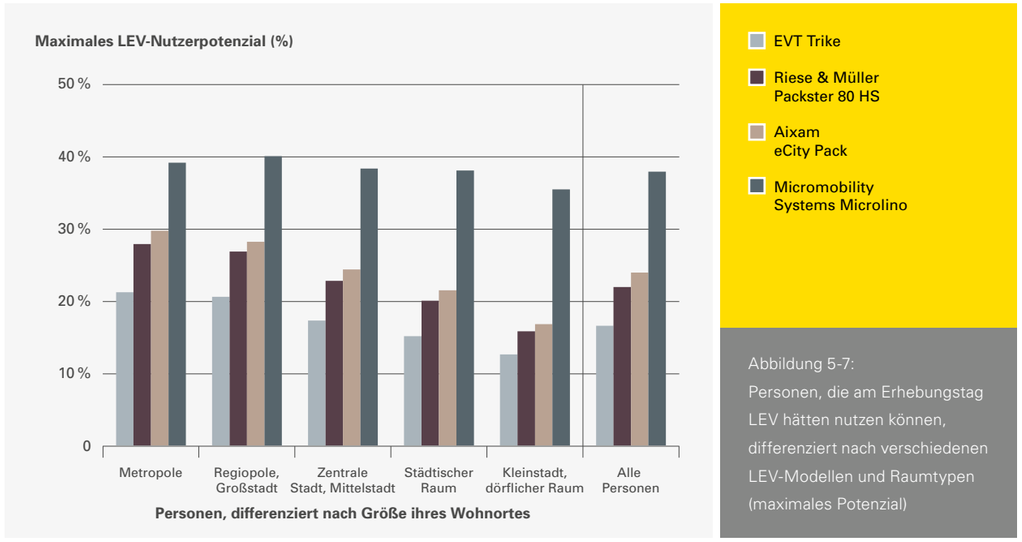


Abbildung 5-7:
Personen, die am Erhebungstag LEV hätten nutzen können, differenziert nach verschiedenen LEV-Modellen und Raumtypen (maximales Potenzial)

5.3.2 Etappen mit privatem Wegezweck

Neben der möglichen Substitution von Ausgängen stellt sich die Frage, ob LEV eine Verkehrsmittelalternative auf der ersten und letzten Meile von ÖV-Wegen sind. Sie könnten beispielsweise eine Verkehrsmittelalternative auf der Etappe zwischen Wohnung und ÖV-Haltestelle darstellen. Zur Beantwortung dieser Frage wurden in der MiD 2017 berichtete Zu- und Abgangsetappen des ÖV analysiert (Abbildung 5-8).

Mehr als 80 % der Etappen zu und von ÖV-Haltestellen werden zu Fuß zurückgelegt. Weiterhin sind die meisten dieser Etappen relativ kurz: Ein Drittel der Etappen ist unter 500 m lang und ein weiteres Viertel ist kürzer als 1 km. Es gilt: Je kürzer eine Etappe ist, desto häufiger wird zu Fuß gegangen. Bei längeren Etappen, die jedoch nicht so häufig auftreten, stellen das Fahrrad und der MIV Verkehrsmittelalternativen dar. Beispielsweise werden auf Etappen zwischen 2 und 5 km jeweils ein Viertel der Etappen mit dem Fahrrad und dem MIV zurückgelegt.

Bezogen auf LEV bedeutet dies: Die meisten Etappen sind so kurz, dass die Nutzung von LEV keine Zeitvorteile bringt. Außerdem würde eine Verlagerung aktiver Modi auf LEV nicht zu einer nachhaltigeren Gestaltung des Verkehrssystems beitragen.

Mit einem LEV-Sharingangebot könnte der ÖV in städtischen Randlagen und im suburbanen Raum mit einem weniger dichten ÖV-Netz an Attraktivität gewinnen, weil ein schnellerer Zugang zu den Haltestellen möglich wird. Jedoch mag es aus Betreibersicht aufgrund der Siedlungsdichte und der Nachfragestrukturen nicht lukrativ sein, in diesen Gebieten Sharingkonzepte aufzubauen.

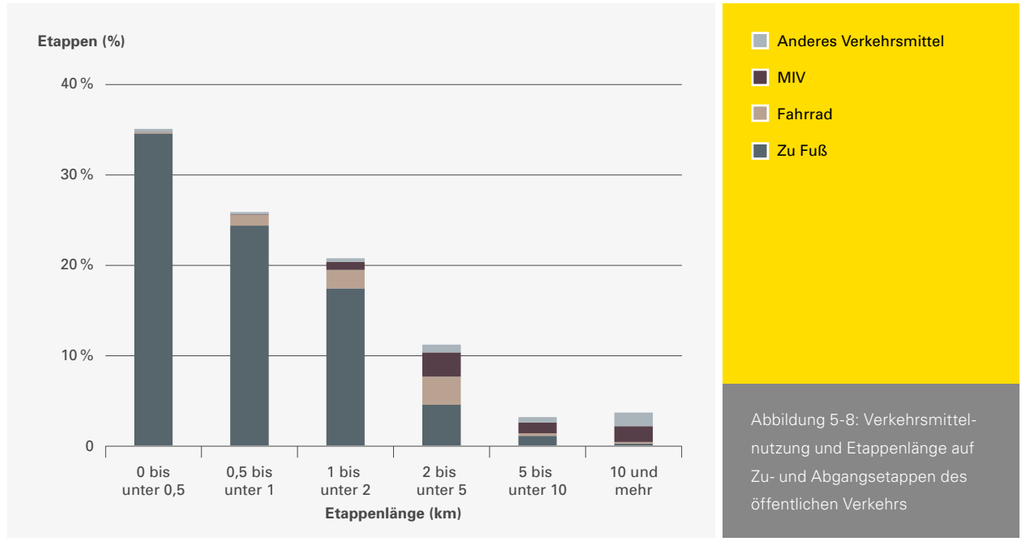


Abbildung 5-8: Verkehrsmittelnutzung und Etappenlänge auf Zu- und Abgangsetappen des öffentlichen Verkehrs

5.3.3 Wege mit beruflichem Wegezweck

In der MiD werden die sogenannten „regelmäßigen beruflichen Wege“ erhoben. Diese Datengrundlage ermöglicht eine Annäherung an die (Maximal-)Potenziale von LEV im Wirtschaftsverkehr und kann als Grundlage für eine detailliertere Potenzialbewertung gesehen werden, bei der noch eine Reihe an weiteren branchen- oder unternehmensspezifischen Kriterien (etwa zu beförderndes Gütervolumen) berücksichtigt werden müssen.

„Regelmäßige berufliche Wege“ (rbW) werden in der MiD wie folgt definiert: „Hierzu gehören alle regelmäßig von Personen durchgeführten Wege, die während der Arbeitszeit aufgrund ihres Berufs anfallen. Typische Berufsgruppen mit regelmäßigen beruflichen Wegen sind Handwerker, Busfahrer, Postboten, Vertreter und Lieferanten. Der Weg zur Arbeit gehört nicht zu den regelmäßigen beruflichen Wegen.“ (Nobis und Kuhnimhof 2018)

Etwa 6 % der Erhebungsteilnehmer berichten einen regelmäßigen beruflichen Weg am Erhebungstag. Personen mit rbW legen am Erhebungstag im Mittel 5,2 solcher Wege und 100 km Fahrleistung zurück. Hinter einer heterogenen Sammelkategorie mit diversen Wegezwecken, die 34 % der rbW ausmachen, sind die häufigsten Tätigkeiten bei regelmäßigen beruflichen Wegen „Besuch, Besichtigung, Besprechung“ (24 %), gefolgt von „Kundendienst, Erledigung“ (16 %) und „Transport, Abholung, Zustellung von Waren“ (16 %). Auf zwei weitere Kategorien entfallen deutlich weniger der rbW: „Sozialdienst, Betreuung“ mit 7 % und „Personenbeförderung“ mit 3 % der rbW. Bei der Verkehrsmittelnutzung auf regelmäßigen beruflichen Wegen dominiert derzeit der PKW mit 57 % aller Wege. Jeder zehnte rbW wird zu Fuß, 7 % werden mit dem öffentlichen Verkehr und 5 % mit dem Fahrrad durchgeführt. Etwa jeder fünfte rbW wird mit einem anderen Verkehrsmittel (etwa Fernzug oder Flugzeug) zurückgelegt.

Im Folgenden wird das auf rbW maximal mögliche Substitutionspotenzial dargestellt, gegliedert nach vier (auch) für den Wirtschaftsverkehr ausgerichteten und tauglichen LEV-Modellen: Riese & Müller Packster, Radkutsche Musketier, KYBURZ DXP 4 und Alkè ATX (siehe Tabelle 5-3). Es ist zu beachten, dass auch andere LEV-Modelle, wie der Renault Twizy, für Wege mit beruflichem Wegezweck eingesetzt werden können. So können beispielsweise für Wege zu Besprechungen oder im Bereich des Pflegedienstes auch LEV gut eingesetzt werden.

Die Abbildung 5-9 zeigt, dass ein LEV auf rund 34 % bis 56 % der regelmäßigen beruflichen Wege eingesetzt werden könnte. Aufgrund der Heterogenität von rbW kann allerdings nur rund ein Zehntel der Fahrleistung ersetzt werden. Die Werte des KYBURZ fallen im Verhältnis zu den anderen drei LEV-Modellen deutlich geringer aus. Dieser Wert stellt einen Durchschnitt dar, branchenabhängig können die Anteile wesentlich höher sein, wie etwa bei der Postzustellung.

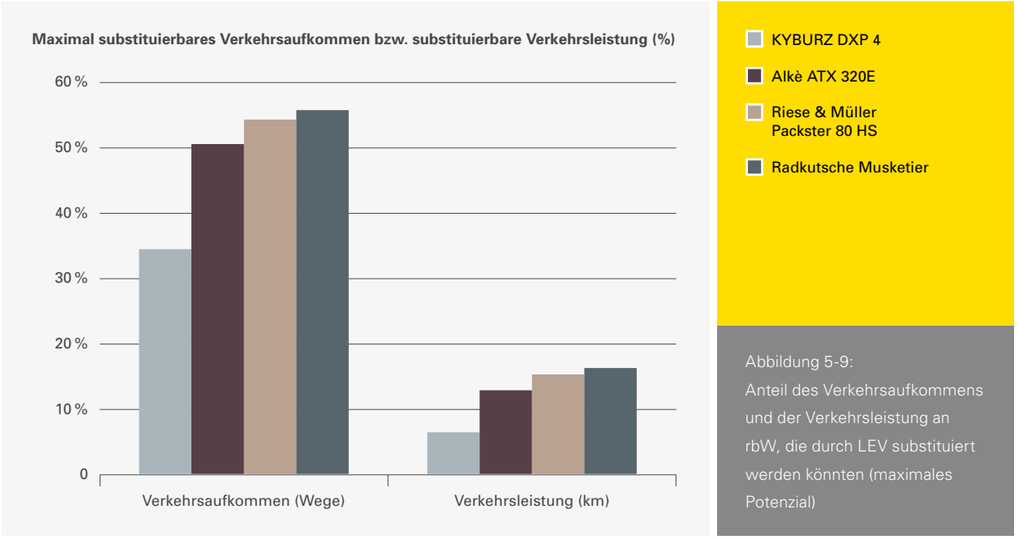


Abbildung 5-9:
Anteil des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung an rbW, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial)

Auf welchen Wegen könnten LEV genutzt werden?

Bei einer weiteren Differenzierung des maximal substituierbaren Verkehrsaufkommens nach Wegezwecken lassen sich tendenziell die höchsten Werte für verschiedene Dimensionen von Serviceverkehren ermitteln (vgl. Abbildung 5-10). Beim Wegezweck „Sozialdienst und Betreuung“ (bezogen auf die ähnlich abschneidenden „besten“ drei LEV-Modelle) können maximal 80 % durch LEV ersetzt werden, beim Wegezweck „Kundendienst, Erledigung“ 60 % und bei „Besuchen, Besichtigungen und Besprechungen“ 50 %. Der Wegezweck „Transport, Abholung, Zustellung von Waren“ ist vergleichbar mit den Einsatzformen KEP-Dienste und Bringdienste und weist eine potenzielle Maximalsubstitutionsrate von etwa 40 % auf. Insbesondere beim Gütertransport muss erneut auf die eingeschränkte Datengrundlage verwiesen werden: Eine Berücksichtigung des zu befördernden Volumens würde aller Voraussicht nach eine weitere Differenzierung etwa zwischen den beiden unterschiedlich dimensionierten Lasten-Pedelecs Musketier (Dreirad) und Packster (Zweirad) ergeben. Für die Personenbeförderung steht aufgrund der Fahrzeugbauweise nur das LEV Alkè ATX zur Verfügung, aufgrund des geringen Substitutionspotenzials dürfte eine Nutzung für diesen Einsatzzweck aber weitgehend auf Orte wie Flughäfen oder Messegelände beschränkt sein.

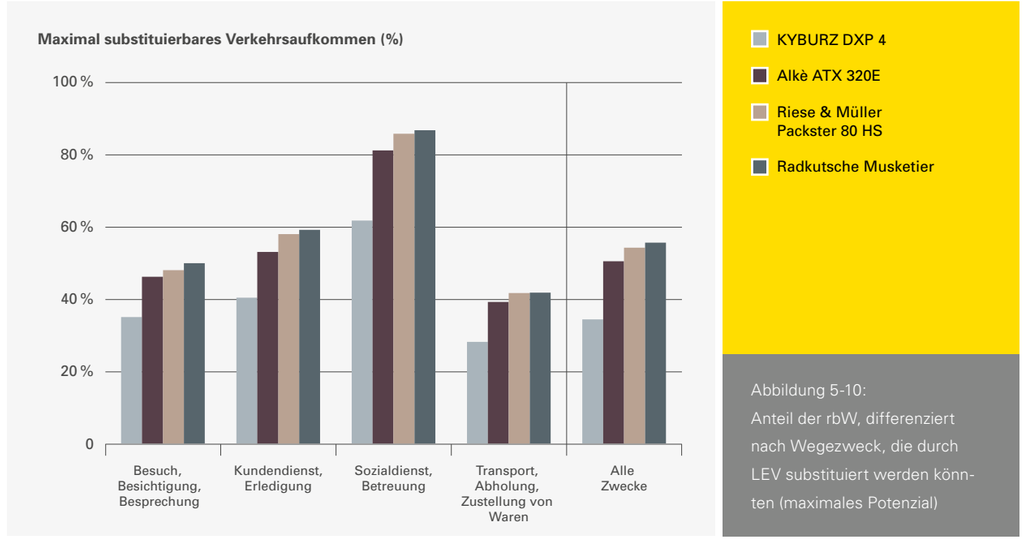


Abbildung 5-10:
Anteil der rbW, differenziert nach Wegezweck, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial)

5.4 Geschäftsmodelle für ergänzende Mobilitätsdienstleistungen

Zur Entwicklung von Geschäftsmodellen für die Produktion, den Vertrieb und die Nutzung von LEV stehen dabei das Nutzen- und Wertangebot für den Kunden sowie die Markt- und die Unternehmensseite im Zentrum. Auf Marktseite steht im Fokus, wer die Kunden sind und welche Kundenbeziehungen über welche Kanäle aufgebaut werden. Auf der Unternehmensseite ist zu betrachten, welche Schlüsselaktivitäten mit welchen Ressourcen und welchen möglichen Business-Partnern angeboten werden. Schlussendlich sind einem Ertragsmodell die Erlöse und die Kosten eines möglichen Geschäftsmodells gegenüberzustellen (Osterwalder und Pigneur 2010; Wirtz 2013).

Im Folgenden werden Geschäftsmodelle von ergänzenden Mobilitätsdienstleistungen betrachtet. Der Verkauf von LEV wird mit Bezug auf Baden-Württemberg in Kapitel 6.2 thematisiert.

Geschäftsmodell im Personenverkehr: Sharingflotten

Ein mögliches Geschäftsmodell im Personenverkehr ist der Einsatz von LEV in Sharingflotten. Potenzielle Nutzerinnen

und Nutzer können LEV so unverbindlich testen und kennenlernen. In einigen europäischen Städten sind derartige Konzepte bereits installiert. Die Ausgestaltung dieser Sharingkonzepte ist unterschiedlich. Teilweise werden ausschließlich LEV angeboten (z. B. Citélib by Ha:mo, Re.volt), teilweise stehen neben den LEV auch andere Fahrzeugkategorien zur Verfügung (z. B. PKW oder Nutzfahrzeuge). So können die Nutzerinnen und Nutzer je nach Wegezweck und Bedürfnissen zwischen verschiedenen Fahrzeugkategorien wählen. Dadurch wird eine flexible Mobilität ermöglicht. Hersteller als Sharingbetreiber wollen dabei oft die Nutzung und den Bekanntheitsgrad der eigenen Fahrzeugmodelle in der Bevölkerung erhöhen. Weitere mögliche Akteure bei der Einrichtung und dem Betrieb von Sharingflotten sind Kommunen, Energieversorger, öffentliche Verkehrseinrichtungen, Carsharing-Anbieter oder Start-ups. Unter deutschen Sharinganbietern wurde während der Recherchen für diese Studie nur bei dem Forschungsprojekt Ruhrauto ein LEV im Angebot gefunden; Tabelle 5-4 gibt einen Überblick über LEV-Sharingkonzepte in weiteren europäischen Städten.

	Region	Name	Betreiber	Weitere Informationen
	Metropolregion, städtisch (Grenoble, FR)	Citélib by Ha:mo	Toyota, Metropolregion, Kommune (Grenoble), Energieversorger, Carsharing-Unternehmen	Pilotphase (3 Jahre) mit 35 COMS und 35 i-Road, 120 Ladepunkte
	Städtisch (Paris, Clichy, FR)	Moov'in. Paris by Renault	Renault, ADA	Nach Beendigung Autolib Carsharing, 20 Twizys für je 0,29 €/min und 100 Zoés für je 0,39 €/min
	Metropolregion, städtisch (Ruhr, D)	RUHRAUTO	Forschungseinrichtung, ÖV, Hersteller, Kommunen	Forschungsprojekt mit großer Fahrzeugpalette, Twizy ist ein Teil davon
	Städtisch (div. Standorte, I)	Share'ngo	Carsharing-Unternehmen	Inzwischen in mehreren Städten Italiens vertreten
	Städtisch (Biel, CH)	ENUU	Start-up, Kooperation mit Kommune	Die ersten drei Fahrten am Tag kostenlos, Finanzierung durch App und Werbeflächen auf Fahrzeug
	Städtisch (Prag, CZ)	Re.volt		In der Flotte sind LEV und Motorräder, derzeit Testphase

Tabelle 5-4: Verschiedene Sharingkonzepte in Europa

© eigene Darstellung unter Verwendung von (Drive-CarSharing GmbH 2012; Mathew 2018, Enuu, Ltd. 2018, Johnston 2018, Toyota Europe 2014)

Außerdem sind auch einzelne Anbieter von Sharingflotten mit Lastenrädern auf dem Markt. Ein Beispiel hierfür ist carvelo2go der Mobilitätsakademie AG des TCS und des Förderfonds Engagement Migros. carvelo2go ist in über 50 Städten und Gemeinden in der Schweiz verfügbar (Mobilitätsakademie 2018, 2019).

Sharingflotten mit LEV sind derzeit noch ein Nischenmarkt. Der Erfolg auf der Nachfrageseite hängt von verschiedenen Faktoren ab: So spielen die Attraktivität des Angebots, die Nutzungskosten, die lokale Angebotsverfügbarkeit und auch Unkompliziertheit der Benutzung eine Rolle. Die Schaffung einer signifikanten Nachfrage ist von grundlegender Bedeutung für die Schaffung eines finanziell erfolgreichen Geschäftsmodells. Weiterhin ist bei der Auswahl der LEV-Modelle im Sharingeinsatz darauf zu achten, dass diese robust in der Benutzung und gegenüber Schäden von außen sind, sodass die Wartungs- und Instandhaltungskosten überschaubar bleiben. Auch der Wiederverkauf und der Restwert von LEV aus Sharingflotten im Zweitmarkt determinieren den Erfolg des Geschäftsmodells. Zurzeit können keine Aussagen zur Wirtschaftlichkeit dieses Geschäftsmodells getroffen werden. Sharingangebote der Automobilhersteller mit PKW-Flotten zielen derzeit vor allem darauf, eigene Mobilitätsdienstleistungen anzubieten, die Bindung zum eigenen Kundenstamm zu festigen und damit die Konkurrenz anderer Fahrdienstleister abzuwehren (z. B. (Zeit Online 2019)). Außerdem erweckt das starke Wachstum der Kundenzahlen bei Sharingdiensten den Eindruck eines großen Nachfragewachstums. Es gibt jedoch Studien, die das Zielkundensegment vor allem in Großstädten sehen. Hier wären nach den Studien nur etwa 20 % der potenziellen Verbraucherinnen und Verbraucher an Sharing interessiert (Krämer; Bongaerts 2019). Insofern ergänzen Sharingangebote das Mobilitätsspektrum, können aber für die nahe Zukunft nicht ohne Weiteres als wesentlicher Baustein einer künftigen Mobilität gesehen werden.

Toyota City

In der japanischen Stadt Toyota City, wohl am meisten für den dort ansässigen Automobilhersteller Toyota bekannt, wird die Vision einer Smart Community als nachhaltige Gesellschaft umgesetzt. Dieses Ziel wird von verschiedenen Seiten angegangen. So werden erneuerbare Energien lokal genutzt und Projekte zur städtischen Nahrungsmittelproduktion durchgeführt, Smart Homes sind mit intelligenten Energiemanagementsystemen ausgestattet und es werden Demonstrationsprojekte zur Förderung eines „smarten Bewusstseins" durchgeführt. Elektromobilität spielt bei der Entwicklung dieser Smart City eine entscheidende Rolle. Neben der emissionsarmen Mobilität dienen die Batterien als Speicher für die vernetzte Energieversorgung und können die dynamische Steuerung der Stromnachfrage erleichtern. Außerdem kann Elektromobilität das bisherige Verkehrssystem ergänzen und über vernetzte Fahrzeuge zur besseren Steuerung des Verkehrs beitragen. Selbstfahrende Fahrzeuge können mit dem Integrated Traffic Control System (ITCS) verbunden werden und durch den Transport auf der ersten und letzten Meile den Aufbau eines multimodalen Netzwerks unterstützen. Das von Toyota entwickelte LEV i-Road, das in Toyota City als Sharingkonzept angeboten wird, ist hier auch ein wichtiger Bestandteil. Das Konzept i-Road verbindet die Vorteile von Motorrädern bei kompaktem Design und Wendigkeit mit der Stabilität und dem Komfort von Elektroautos (Bierau 2015; Toyota Motor Corporation o. J.).

Geschäftsmodelle im Wirtschaftsverkehr:
Leasingmodelle

Für den Wirtschaftsverkehr wird das Leasingangebot als ein geeignetes Geschäftsmodell angesehen. Aus vorangegangenen Lastenrad-Forschungsprojekten (bspw. „Ich entlaste Städte") ist bekannt, dass viele kleine Unternehmen Interesse daran haben, alternative Fahrzeugtechnologien kennenzulernen. Ein wichtiger Aspekt für einen Umstieg ist das Vermeiden der Parkplatzsuche sowohl am Unternehmensstandort als auch beim Kunden. Insofern wird erwartet, dass bei kleinen Unternehmen auch ein Interesse besteht, LEV kennenzulernen. Neben der Nutzung von Testangeboten ist das gegenüber dem Fahrzeugkauf risikoärmere Leasing eine geeignete Möglichkeit, neue Technologien wie LEV erstmals zu nutzen. Forschungsprojekte zum Einsatz von Elektro-PKW im Wirtschaftsverkehr haben gezeigt, dass vielfach Unsicherheiten bezüglich der technologischen Entwicklungen und der tatsächlichen Lebenszykluskosten der Fahrzeuge bestehen. Durch Leasingangebote wird ein Kennenlernen dieser Fahrzeugkategorie mit verringertem Risiko ermöglicht.

Leasing ist eine Option für lokale Produktionsunternehmen, um zusätzliche Absatzsegmente für ihre Produkte (hier LEV) zu schaffen. Des Weiteren kann durch Leasing zusätzliche Wertschöpfung im Dienstleistungssektor für lokal ansässige Leasingunternehmen, die Dienstleistungen für Flottenbetreiber anbieten, generiert werden.

Der Leasingmarkt in Deutschland umfasst insgesamt ein Investitionsvolumen von rund 70 Mrd. € pro Jahr. Das PKW- und Nutzfahrzeug-Leasing hat einen Anteil von 77 % am gesamten Leasingvolumen in Deutschland. Wichtige Kunden für die Leasingunternehmen sind Dienstleistungsunternehmen (37 %), das verarbeitende Gewerbe (19 %) und der Handel (11 %). Über die Hälfte der Leasingverträge im Mobilien-Leasing erfolgen direkt über Hersteller und Händler (56 %). Sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite ist das Leasinggeschäft für Flottenfahrzeuge durch den Mittelstand geprägt: Rund 90 % der Leasingnehmer sind mittelständische Unternehmen. Auch die Leasingwirtschaft selbst ist mittelständisch: Zwei Drittel der Gesellschaften haben weniger als 50 Mitarbeitende (BDL 2018).

Für Fuhrparks und Flottenbetreiber hat das Leasing von Fahrzeugen eine hohe Bedeutung: 55 % der Fuhrparks in Deutschland leasen ihre Fahrzeuge und der Anteil der Leasingfahrzeuge im Flottenbestand beträgt 49 %.

In Recherchen zur Studie konnten noch keine kommerziellen Leasingangebote für LEV identifiziert werden. Aufgrund der Bedeutung, die Fahrzeugflotten im Wirtschaftsverkehr spielen, wird aber vermutet, dass das Leasing von LEV ein großes Entwicklungspotenzial in Deutschland hat. Um entsprechende Leasingmodelle erfolgreich zu entwickeln, sind diese mit Informationskampagnen zu bewerben. Beispielsweise ist knapp 40 % der Flottenbetreiber das Fahrradleasing noch unbekannt. Insgesamt ist Leasing jedoch ein wichtiges Instrument der Finanzierung der Flotten in deutschen Unternehmen. Das Angebot der Leasingunternehmen muss dem Bedarf der Fuhrparkleitung und den Nutzerinnen und Nutzern gerecht werden, die flexible Angebote bezüglich Servicekomponenten, Mobilitätsdienstleistungen und Antriebskonzepten erwarten (Flotte Medien 2017).

Für Flottenbetreiber erscheint das Leasing von LEV als eine interessante Option, da sich das Marktumfeld in diesem Sektor dynamisch entwickelt und im Zuge eines zurückgehenden Vertrauens in Diesel- und Verbrennerfahrzeuge zunehmend alternative Mobilitätskonzepte im Wirtschaftsverkehr benötigt werden. LEV können bedeutende Anteile der Mobilitäts- und Transportbedürfnisse abdecken.

Es wird auch für LEV-Leasingangebote von Bedeutung sein, umfassende Servicepakete für Nutzerinnen und Nutzer anzubieten (u. a. Wartung, Reparatur, Ladeinfrastruktur). Um einen Kostenvergleich mit anderen Fahrzeugtypen und -kategorien zu erlauben, sind beispielsweise Leasingangebote auf Basis von km-Kosten geeignet.

Für produzierende Unternehmen bieten Leasingangebote eine Möglichkeit, den eigenen Kundenstamm zu erweitern. Wie die Strukturen des Leasingmarktes zeigen, sind Leasingangebote der Produzenten und Händler verbreitet und akzeptiert. Für die Entwicklung entsprechender Angebote steht ein breites Netzwerk an Leasingunternehmen zur Verfügung.

Als Kundengruppen können Flottenmanager in mittelständischen Unternehmen des Dienstleistungssektors und des produzierenden Gewerbes anvisiert werden. Der Nutzen für die Leasingnehmer – die kostengünstigere und nachhaltigere Gestaltung der betrieblichen Mobilität und der Transportaufgaben – muss kommuniziert werden.

Leasingunternehmen können die Angebote von unterschiedlichsten Fahrzeugangeboten bündeln und Flottenbetreibern eine individuelle Beratung zur Auswahl von passenden Fahrzeugen in Bezug auf Größe, Reichweite und Zuladung anbieten.

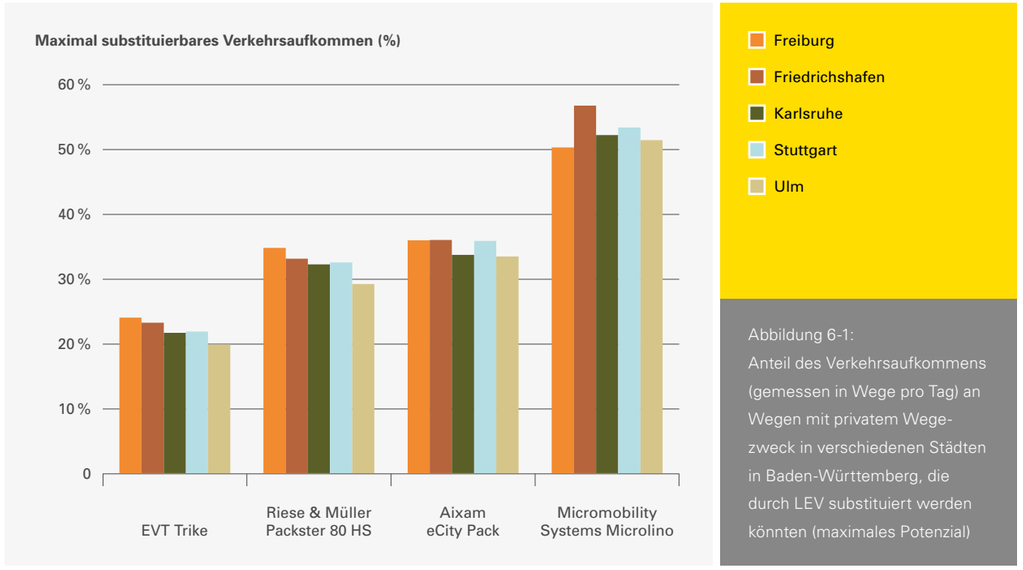
Insgesamt wird geschätzt, dass es einen Markt für das Leasing von LEV in Deutschland gibt. Dies begründet sich damit, dass für das Leasing von PKW- und Nutzfahrzeugen ein ausgeprägter und entwickelter Markt besteht und die Flottenbetreiber somit entsprechende Angebotsformen kennen und auch akzeptieren. Damit sich der Leasingmarkt für LEV entwickeln kann, sind aber noch Hürden zu nehmen. Zum einen brauchen Flottenbetreiber Informationen zu den technologischen Möglichkeiten von LEV und zu Leasingmöglichkeiten. Dies leitet sich aus den obigen Aussagen zum Markt für Elektrofahrzeuge und Fahrräder/Lastenräder ab. Hinzu kommt, dass speziell der PKW-Leasingmarkt von Fahrzeugen deutscher Hersteller geprägt ist. Entsprechend wird erwartet, dass Unternehmen auch für das Leasing LEV aus deutscher oder auch europäischer Herstellung bevorzugen werden. Ein weiteres Hindernis stellt wie bei Elektro-PKW der bisher fehlende Gebrauchtwagenmarkt dar. Leasinganbieter werden nur dann gewinnbringend operieren, wenn sie Fahrzeugrückläufer sicher auf einem Gebrauchtwagenmarkt anbieten können. Hier könnte die schnelle technologische Entwicklung, die auch noch bei Elektro-PKW zu beobachten ist, eine Hürde darstellen, da aktuelle Fahrzeugmodelle schnell als veraltet gelten können und Gebrauchtfahrzeuge somit keine Käufer finden. Zusammenfassend wird eine Nachfrage nach Leasingangeboten für LEV erwartet, auf Anbieterseite stehen dem aber Hürden für ein Geschäft mit positiven Margen gegenüber.

06

Chancen für Baden-Württemberg

© filrom/istockphoto

06 Chancen für Baden-Württemberg



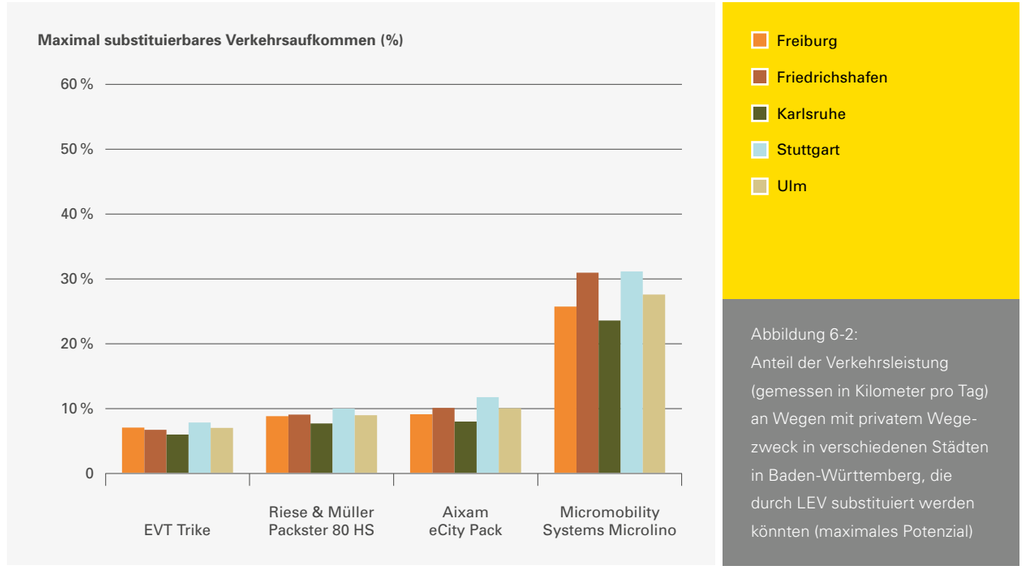
© eigene Darstellung nach DLR

Abbildung 6-1:
Anteil des Verkehrsaufkommens (gemessen in Wege pro Tag) an Wegen mit privatem Wegezweck in verschiedenen Städten in Baden-Württemberg, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial)

Die verkehrlichen Wirkungen und Nutzerpotenziale von LEV in Deutschland wurden im fünften Kapitel analysiert. Da auch für baden-württembergische Städte Erhebungsdaten aus der MiD 2017 vorliegen, können die Untersuchungsfragen im folgenden Kapitel für fünf Städte im Südwesten beantwortet werden (Kapitel 6.1). Für alle betrachteten Städte – Freiburg, Friedrichshafen, Karlsruhe, Stuttgart und Ulm – liegt eine MiD-Stichprobe von mehr als 1.000 Personen vor, weshalb die Ergebnisse als hinreichend belastbar und repräsentativ für die Untersuchung dieser Fragestellung angesehen werden können. Im zweiten Teil des Kapitels (6.2) wird die wirtschaftliche Bedeutung der LEV für Baden-Württemberg dargestellt und abgeschätzt, wie hoch das Markt- und das Beschäftigungspotenzial bei einer Ausweitung ihrer Nutzung sein könnten.

6.1 Einsatzgebiete, verkehrliche Wirkung und Nutzerpotenziale

Ähnlich wie bei den Ergebnissen für Deutschland könnte der Microlino sowohl beim Verkehrsaufkommen (Zahl der Wege) als auch bei der Verkehrsleistung (km) den meisten Verkehr substituieren. Dies liegt insbesondere an seiner im Vergleich zu den anderen Fahrzeugen hohen Reichweite. In Abbildung 6-1 ist das maximal mögliche Potenzial des durch verschiedene LEV-Konzepte substituierbaren Verkehrsaufkommens in Baden-Württemberg dargestellt, das aufgrund der Eigenschaften der Ausgänge möglich wäre. Die Methodik zur Berechnung der maximal möglichen Substitutionspotenziale ist in Kapitel 5.3 beschrieben. Die Substitutionspotenziale der einzelnen LEV-Konzepte unterscheiden sich (wie auch in der



© eigene Darstellung nach DLR

Abbildung 6-2:
Anteil der Verkehrsleistung (gemessen in Kilometer pro Tag) an Wegen mit privatem Wegezweck in verschiedenen Städten in Baden-Württemberg, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial)

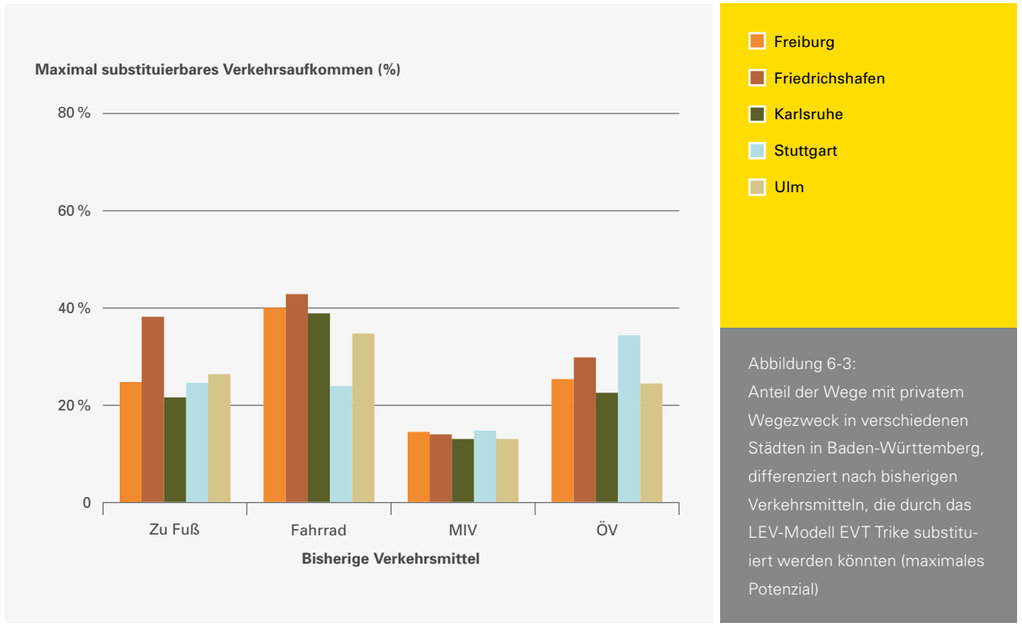
zuvor gezeigten Analyse für Deutschland) untereinander, aber im Vergleich der Städte ist das Niveau weitgehend ähnlich. Es zeigt sich, dass in Ulm das Substitutionspotenzial bezogen auf das Verkehrsaufkommen von EVT Trike (20 % aller Wege) und Riese & Müller Packster 80 HS (29 % aller Wege) etwas niedriger liegt als in anderen betrachteten Städten wie beispielsweise Freiburg (24 % bzw. 35 % aller Wege). Bezogen auf die Verkehrsleistung ist das Substitutionspotenzial von EVT Trike, Riese & Müller Packster 80 HS und eCity Pack in den betrachteten Städten ähnlich.

LEV-Potenzial am Verkehrsaufkommen

Es stellt sich die Frage, für welche Verkehrsmodi die verschiedenen betrachteten LEV-Konzepte in den einzelnen Städten eine Alternative darstellen. Abbildung 6-3 und Abbildung 6-4 zeigen beispielhaft, welche Anteile aller Wege, die mit verschiedenen Verkehrsmodi bisher zurückgelegt wurden, durch die LEV-Konzepte EVT Trike und Microlino substituiert werden könnten.

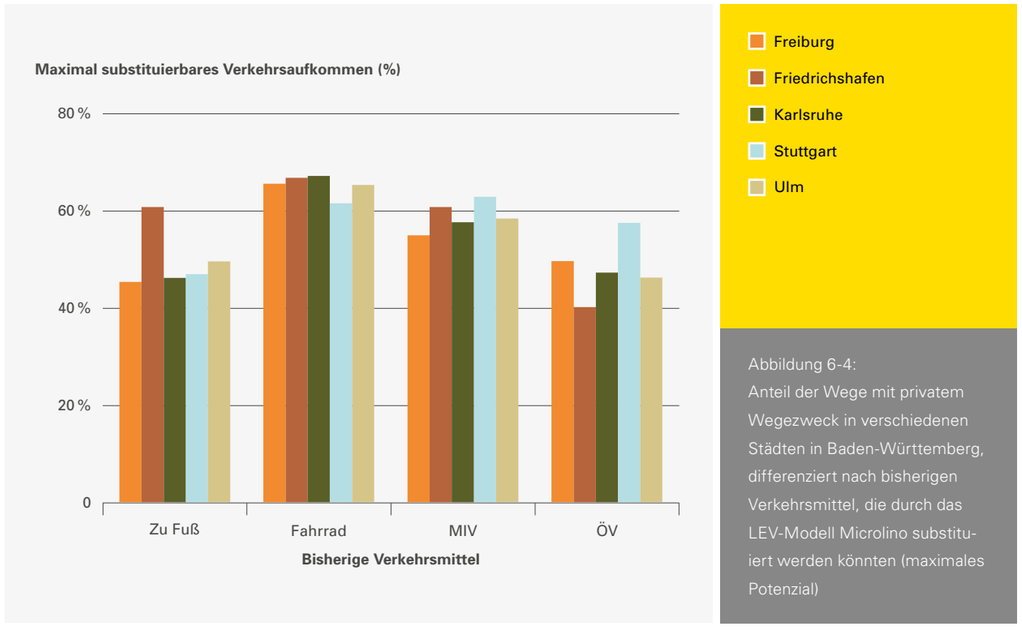
Mit dem EVT Trike lässt sich in allen Städten ein ähnlicher Anteil MIV-Wege ersetzen: zwischen 13 % und 15 %. LEV-Modelle mit einer größeren elektrischen Reichweite und Maximalgeschwindigkeit, wie der Microlino, sind in allen betrachteten Städten in Baden-Württemberg geeignet, um mehr als 50 % der MIV-Wege zu substituieren. In Städten, in denen die Einwohner häufig das Fahrrad nutzen, z. B. Freiburg, Friedrichshafen und Karlsruhe, stellt das EVT Trike eine gewisse Konkurrenzsituation zum Fahrrad dar. Von den Bewohnern Friedrichshafens könnten deutlich mehr Fußwege sowohl durch den EVT Trike als auch durch den Microlino ersetzt werden als in den anderen betrachteten Städten.

Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass die Verkehrsmittelnutzung in den jeweiligen Städten auch die Verlagerungspotenziale beeinflusst, z. B. konkurriert das EVT Trike in Stuttgart seltener mit dem Fahrrad und häufiger mit dem ÖV als in den anderen Städten.



© eigene Darstellung nach DLR

Abbildung 6-3:
Anteil der Wege mit privatem Wegezweck in verschiedenen Städten in Baden-Württemberg, differenziert nach bisherigen Verkehrsmitteln, die durch das LEV-Modell EVT Trike substituiert werden könnten (maximales Potenzial)

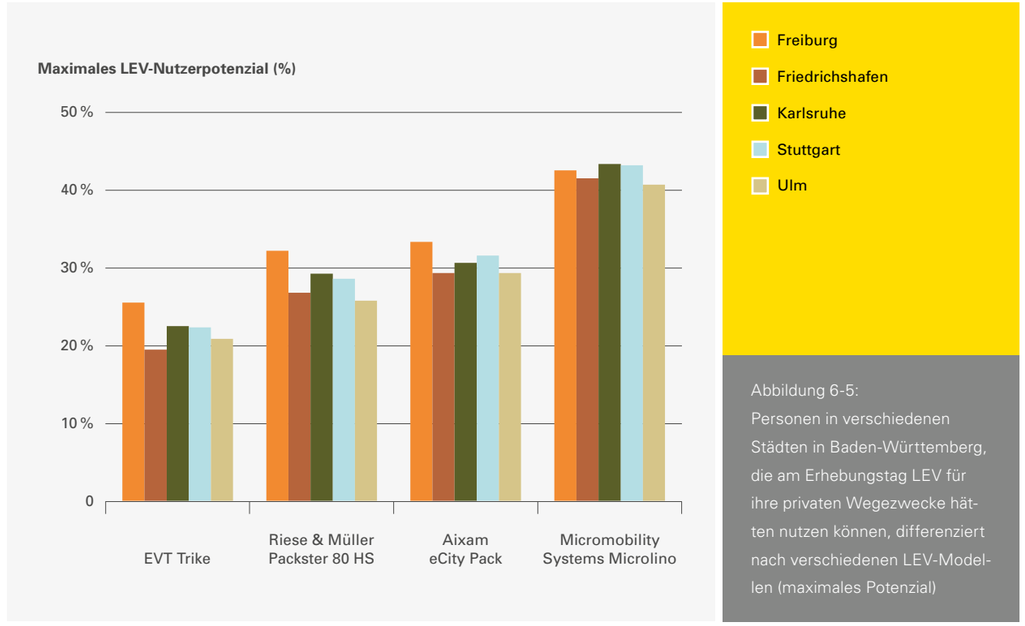


© eigene Darstellung nach DLR

Abbildung 6-4:
Anteil der Wege mit privatem Wegezweck in verschiedenen Städten in Baden-Württemberg, differenziert nach bisherigen Verkehrsmitteln, die durch das LEV-Modell Microlino substituiert werden könnten (maximales Potenzial)

Nutzungspotenzial von LEV in Baden-Württemberg

Wie in der Analyse zu den Nutzungspotenzialen von LEV in Deutschland wird an dieser Stelle untersucht, welcher Anteil der Einwohnerinnen und Einwohner verschiedener baden-württembergischer Städte am Erhebungstag Wege und Ausgänge unternommen hat, auf denen sie auch ein LEV hätten nutzen können, oder – anders ausgedrückt – wie groß die maximalen Nutzungspotenziale sind.



© eigene Darstellung nach DLR

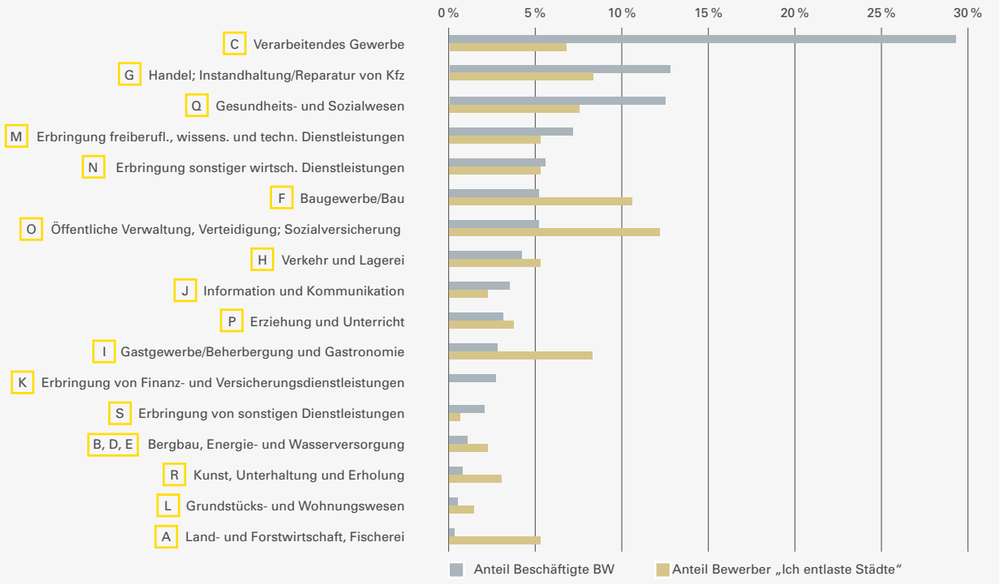
Abbildung 6-5:
Personen in verschiedenen Städten in Baden-Württemberg, die am Erhebungstag LEV für ihre privaten Wegezwecke hätten nutzen können, differenziert nach verschiedenen LEV-Modellen (maximales Potenzial)

Die maximalen Nutzungspotenziale liegen je nach LEV-Modell und Stadt zwischen 19 % und 43 %. Im Vergleich zu den maximalen Nutzerpotenzialen in Deutschland (je nach LEV-Modell zwischen 17 % und 38 %) liegen sie in den betrachteten baden-württembergischen Städten etwas höher. Bei den LEV-Konzepten EVT Trike, Riese & Müller Packster 80 HS und eCity Pack fällt auf, dass Freiburg den höchsten Anteil bei den Einwohnerinnen und Einwohnern hat, die für diese Konzepte passende Ausgänge an den jeweiligen Erhebungstagen getätigt haben.

Potenziale im Wirtschaftsverkehr

Hilfreich für die Bewertung von Chancen einer gewerblichen Nutzung von LEV in Baden-Württemberg ist das laufende Projekt „Ich entlaste Städte“ des Bundesumweltministeriums (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) 2019), bei dem sich Unternehmen und öffentliche Einrichtungen für einen dreimonatigen Zeitraum diverse Lasten-Pedelecs zum gewerblichen Test ausleihen können, unter anderem zweirädrige Long Johns wie das Riese & Müller Packster oder dreirädrige Schwertransporter wie das Radkutsche Musketier. Das DLR-Institut für Verkehrsforschung leitet das bundesweite Projekt und begleitet es wissenschaftlich. Am Lastenradtest interessierte Gewerbetreibende reichen beim DLR ihre Bewerbung ein, hiervon stammt etwa jede zehnte aus Baden-Württemberg. Damit steht das Bundesland auf Rang 5 der 16 Bundesländer.

Für die folgende Auswertung wurden die 117 Bewerbungen aus Baden-Württemberg nach Wirtschaftszweig (entsprechend der Klassifikation WZ 2008) strukturiert und der Verteilung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Land gegenübergestellt (Statistisches Landesamt Baden-Württem-



© eigene Darstellung nach DLR

Abbildung 6-6: Verteilung von baden-württembergischen Bewerbern im DLR-Projekt "Ich entlaste Städte" (n=117) und Anteil sozialversicherungspflichtiger Beschäftigter in Baden-Württemberg nach Wirtschaftszweigen

berg 2019b), Abbildung 6-6. Deutliche Abweichungen in der relativen Bedeutung von Bewerber- zu Beschäftigtenanteilen eines Wirtschaftszweigs können als Indiz für ein größeres oder geringeres Interesse an LEV aus den jeweiligen Branchen interpretiert werden.

In der Abbildung sind die Wirtschaftszweige nach ihrem Beschäftigtenanteil sortiert. Hierbei wird die hohe Bedeutung des verarbeitenden Gewerbes (Wirtschaftszweig C) deutlich. Im Verhältnis hierzu ist das Interesse an einer Nutzung von Lastenrädern deutlich unterrepräsentiert. In den darauf folgenden, nach ihrem Beschäftigtenanteil ebenfalls sehr bedeutenden Wirtschaftszweigen G (Handel), Q (Gesundheitswesen), M (Freiberufler u. a.) und N (sonstige Unternehmensdienstleister), auf die in Summe knapp 40 % der Beschäftigten des Landes entfallen, ist der Bewerberanteil ähnlich hoch oder etwas geringer. In anderen Wirtschaftszweigen wiederum ist ein deutlich überproportionales Interesse am Lastenradtest des Projekts „Ich entlaste Städte" festzustellen, hierzu gehört die Baubranche (F), zu der auch zahlreiche Gewerke des Handwerks gezählt werden (Beispiel für Bewerber: Maler, Dielenmanufaktur, Holzbau, Schornsteinfeger). Überproportional vertreten ist auch das Gastgewerbe (I), darunter Bringdienste und Restaurants mit Heimzustellung. Auffällig ist zudem das hohe Interesse seitens der öffentlichen Verwaltung (Wirtschaftszweig O), also von Stadtverwaltungen und Landratsämtern, konkret etwa Abteilungen für Umwelt oder Verkehrsplanung, Bauhöfe oder Stadtgärtnereien. Eine Nutzung von LEV im kommunalen Werk- oder Serviceverkehr kann als sinnvoller Impulsgeber und gutes Beispiel betrachtet werden. Abschließend sei die Landwirtschaft als beschäftigungsproportional kleinster Wirtschaftszweig (A) in Baden-Württemberg genannt, aus der aber über 5 % der Bewerbungen im Projekt „Ich entlaste Städte" stammen, bspw. kleine Ökohöfe, Imkereien oder Produzenten von Gemüsekisten für die Heimzustellung.

6.2 Wirtschaftliche Bedeutung

Die LEV werden in dieser Studie als ein mögliches Fahrzeugsegment einer zukünftigen, nachhaltigeren Mobilität betrachtet. So stand bei der Auswertung der MiD-Daten (Kapitel 5.3 und 6.1) die Frage im Vordergrund, welcher Anteil an PKW-Fahrten durch LEV ersetzt werden könnte. Außerdem orientiert sich die Einschätzung ihrer wirtschaftlichen Bedeutung an den Wertschöpfungssegmenten der Automobilindustrie mit der Entwicklung und Herstellung der Fahrzeuge, ihrem Handel und Vertrieb, der Instandhaltung und Wartung sowie ergänzenden Transport- und Beförderungsdienstleistungen einschließlich Sharingangeboten. Aufgrund der geringen wirtschaftlichen Bedeutung des Fahrzeugsegments werden Versicherungs- und Finanzdienstleistungen hier nicht extra betrachtet. Ebenfalls außen vor bleiben der Bau und der Betrieb von Verkehrsinfrastruktur.

In Baden-Württemberg gibt es ein weltweit führendes Cluster der Automobilproduktion mit großen Herstellern des Premiumsegments und großen Automobilzulieferern. Bei den LEV tritt das Land dagegen weder in der Nutzung noch als Entwicklungs- bzw. Produktionsstandort in Erscheinung. Einige Leichtfahrzeughersteller gibt es in Frankreich (Aixam, Ligier einschließlich Microcars (nur Verbrennungsmotoren), Chatenet, Voltaire, Citycom/CityEL). Der italienische Hersteller Piaggio ist in diesem Fahrzeugsegment für die Ape bekannt, deren elektrisch angetriebene Version der Ape Calessino allerdings nur in einer limitierten Auflage hergestellt wurde. Die Produktion des Microlino wird im Frühjahr 2019 von Italien nach Delbrück in Nordrhein-Westfalen verlegt und startet dort Mitte 2019. In Deutschland wie in Baden-Württemberg gibt es derzeit nur sehr wenige Unternehmen, die LEV entwickeln und zum Teil in Kleinserien fertigen. Vertreten ist auch ein Importeur des französischen Herstellers Aixam. Dazu gehören beispielsweise (baden-württembergische Unternehmen hervorgehoben) in der Fahrzeugentwicklung und -herstellung

- Riese & Müller (Lastenräder) in Mühltal bei Darmstadt,
- Twike in Rosenthal bei Marburg,
- **ELFIT** in Ostfildern,
- Artega GmbH (Produktionsstart Microlino 2019) in Delbrück-Hagen,
- Gobax Cargo-Bike, zum 1.8.2018 übergegangen in die **PRO AKTIV Reha-Technik GmbH** in Dotternhausen bei Balingen,

sowie beim Fahrzeugvertrieb bzw. als Importeur

- **Leichtmobile** in Kenzingen.

Einige der Unternehmen bieten Ersatzteile sowie die Wartung und Reparatur der Fahrzeuge an. Um auch Erfahrungen aus Sharingflotten aufzunehmen, wurde ergänzend mit einem Vertreter von **ID Bike** gesprochen, der das zweirädrige ELMOTO entwickelt und in Stuttgart produziert hat und der die Betreuung und Verwaltung der Sharingflotten der EnBW mit dem ELMOTO und der Stadtwerke Stuttgart mit dem Elektroroller (Stella) geleitet hat.

Die Hersteller greifen zum Teil auf Fahrradkomponenten zurück, die sie von baden-württembergischen Unternehmen wie dem Bremsenhersteller Magura nahe Mössingen beziehen. Außerdem liefern einige große Kfz-Zulieferer Komponenten für LEV: So bietet der Kfz-Zulieferer MAHLE mit Sitz in Stuttgart Elektromotoren für den Twizy und Elektroroller sowie Ladelösungen für Parkplätze an (chargeBIG). Außerdem hat der Konzern ein Konzeptfahrzeug für den Stadtverkehr entwickelt – den MEET – der jedoch vor allem zur Präsentation der MAHLE-Komponenten gedacht ist. Bosch produziert Antriebsstränge für Pedelecs, die in Lastenfahrrädern eingesetzt werden.

In Baden-Württemberg befindet sich die Hauptverwaltung der eBike Systems, hier werden die Motoren, Batterien und Displays sowie weitere Fahrradkomponenten wie Antiblockiersysteme entwickelt und vermarktet. Produziert wird in Ungarn für den europäischen Markt, außerdem gibt es in den USA und in China zwei weitere regionale Einheiten. Zudem werden in einem anderen Unternehmen des Bosch-Konzerns Antriebe aus dem asiatischen Markt in Elektroscootern verbaut. Auch ZF Friedrichshafen beteiligt sich seit 2018 mit drei weiteren Unternehmen an dem Gemeinschaftsunternehmen Sachs Micro Mobility Solutions GmbH, das Antriebs- und Bremssysteme für Pedelecs und E-Bikes entwickelt und anbietet.

MAHLE und Bosch stellen die Elektromotoren und weitere Komponenten nicht in Deutschland her. Mit den Standorten der Bosch eBike Systems zeichnet sich ähnlich wie in der Kfz-Industrie eine Ausdifferenzierung der Weltmärkte mit spezifischen Produkten ab: Während auf dem chinesischen Markt die Elektroscooter den Großteil der elektrischen Kleinfahrzeuge ausmachen, sind der europäische bzw. der deutsche Markt stärker auf das Fahrrad und die elektrifizierten Varianten des Pedelecs bzw. des E-Bikes ausgerichtet. Letztere machen mittlerweile fast ein Viertel des jährlichen Fahrradabsatzes in Deutschland aus (2018 knapp 900.000 von 4,2 Mio. Fahrrädern).

Theoretisch bilden die in Baden-Württemberg ansässigen Unternehmen die gesamte Wertschöpfungskette ab – von der Fahrzeugentwicklung über die Produktion bis hin zum Vertrieb und zur Wartung. Darüber hinaus gibt es ergänzende Dienstleistungen wie Sharingangebote für Lastenräder. Auf-

grund der geringen wirtschaftlichen Bedeutung dieses Fahrzeugsegments fehlt jedoch eine regionale Branchenkonzentration als zentrales Merkmal eines ausdifferenzierten Wirtschaftsclusters (Scheuplein 2002). Bei den Unternehmen liegen Entwicklung, Produktion und Vertrieb häufig zusammen, es gibt kaum Unternehmen, die sich auf einzelne Segmente der Wertschöpfungskette spezialisiert haben. Zudem bestehen zwischen den Unternehmen derzeit nur vereinzelte Lieferbeziehungen, es gibt keine engere Zusammenarbeit beispielsweise bei gemeinsamen Forschungsthemen oder einer Kooperation beim Vertrieb.

6.2.1 Fahrzeugentwicklung und -produktion

Bezüglich der Fahrzeugentwicklung zeigten sich in den 14 Expertengesprächen Besonderheiten der LEV. Drei Experten kamen über elektrisch angetriebene Krankenfahrstühle zu den LEV. Bei ihnen ist der elektrische Antrieb seit Jahrzehnten Standard, und die befragten Experten wollten mit diesem bewährten Antrieb ein neues Fahrzeugkonzept entwickeln, das weitere Einsatzmöglichkeiten bietet und andere Nutzergruppen anspricht. Dabei zielte das „ELFIT" – eine Abkürzung für „Elektro-Fit" – ursprünglich noch auf Personen mit gesundheitlichen beziehungsweise motorischen Einschränkungen, während das ELMOTO als Zweirad die Gruppe der 20- bis 50-Jährigen ansprechen soll. Die Fahrzeuge von KYBURZ sind dagegen vorrangig als kleine Lieferfahrzeuge konzipiert, die in einer individuellen Ausstattung auch für motorisch eingeschränkte Personen angeboten werden.

Alle befragten Experten sehen in dem elektrischen Antrieb die Option, Verbrennungsmotoren zu ersetzen und so eine nachhaltigere Mobilität zu ermöglichen. Daraus entstanden unterschiedliche Fahrzeugkonzepte: von einem dreirädrigen Pedelec mit einer Ladefläche über ein mopedähnliches Zweirad bis hin zu einem dreirädrigen Kleinfahrzeug, das über die jeweiligen Aufbauten als Kleinsttransporter und für die Personenbeförderung geeignet ist. Es wurden sowohl neue Fahrzeugkonzepte entwickelt als auch die Anbindung an ein sehr vertrautes Fahrzeug (Moped) gesucht. Als anderer Weg zu LEV kann der Ansatz dargestellt werden, aus der Kompetenz in der Kfz-Entwicklung heraus ein LEV zu entwickeln. Diesen Ansatz hat Renault mit dem Twizy zur Serienreife gebracht, Toyota plant diese Fahrzeuge in der „Toyota City" und setzt sie in verschiedenen Sharingprojekten ein (vgl. Kapitel 5.4). In Baden-Württemberg hat MAHLE so das Konzept des MEET entwickelt, mit dem die Anwendung von Komponenten des Konzerns gezeigt werden soll, für das jedoch keine Serienproduktion geplant ist. Dagegen hat Schaeffler den Bio-Hybrid als deutscher Automobilzulieferer entwickelt und will ihn in Serie produzieren.

Elektrische Antriebe wurden von den befragten Experten als Stand der Technik gesehen. Gerade mit dem niedrigeren Gewicht der LEV bieten sie den Vorteil einer hohen Energieeffizienz. Sie sind allerdings durch einen deutlich höheren Preis, in erster Linie durch Kosten für die Antriebsbatterie, im Vergleich zu Verbrennungsmotoren insbesondere für die private Nutzung unattraktiv. So kostet der Aixam eCity Pack laut der offiziellen Preisliste mit Verbrennungsmotor 11.290 €, mit elektrischem Antrieb 14.390 €. Ähnliche Preisunterschiede in Höhe von 3.000 bis 4.000 € werden auch für die anderen Modelle genannt (Aixam Deutschland 2019).

Als Verbesserungspotenzial der Fahrzeuge beziehungsweise als derzeitiges Problem für eine breitere Nutzung sehen die Experten vor allem die Sicherheit, die bei der Teilnahme mit einem LEV im normalen Verkehr als unzureichend empfunden wird. Hier wären verbindliche Crashtests, wie sie beispielsweise in Südkorea vorgeschrieben sind, eine Möglichkeit, die Sicherheit der Fahrzeuge zu verbessern. Gleichzeitig verwiesen alle Experten darauf, dass eine Einführung solcher Tests die kleinen Unternehmen finanziell überfordern würden. Gerade bei den niedrigen Stückzahlen der Fahrzeuge würden sich verbindliche Sicherheitstests spürbar in einem höheren Preis niederschlagen. Dies würde die Nachfrage auf diesem kleinen Markt verschlechtern. Ein Markt wird eher für ergänzende Sicherheits- und Assistenzsysteme wie ABS gesehen. Diese werden beispielsweise von Bosch und ZF für Fahrräder mit elektrischem Antrieb entwickelt und könnten auch in LEV eingesetzt werden.

Das Gleiche gilt für den Elektroantrieb und dessen Steuerung. Hier setzen die Hersteller auf konventionelle Antriebe. Neue Formen wie z. B. Radnabenmotoren werden als interessante Option gesehen, können aber aufgrund der höheren Stückzahl und -kosten nicht in die derzeit gefertigten drei- und vierrädrigen LEV übernommen werden. Außerdem sehen sie für diese neuen Antriebskonzepte noch hohen Entwicklungsaufwand, den nur große Hersteller wie beispielsweise ZF oder Bosch leisten können. Die Beispiele ELMOTO, KYBURZ, Microlino und ELFIT zeigen, dass eine Produktion in Deutschland beziehungsweise Baden-Württemberg möglich ist. Allerdings wird in allen Beispielen lediglich das Fahrzeug hier (beziehungsweise im Fall KYBURZ in der Schweiz) montiert. Die zugekauften Teile bzw. Komponenten werden bevorzugt von Lieferanten in der Nähe bezogen. Es ist heute nicht möglich, ein LEV allein mit baden-württembergischen oder deutschen Teilen herzustellen. Die Batteriezellen für die elektrischen Antriebe beziehen alle befragten Unternehmen aus asiatischer Produktion, es werden die gleichen Zellen wie bei PKW oder elektronischen Konsumgütern verwendet. Auch für alle anderen Teile stehen die Hersteller vor der Wahl, sie von regionalen Zulieferern oder insbesondere von asiatischen Anbietern zu beziehen.

Eigen- oder Fremdbezug von Teilen und Komponenten

Unternehmen stehen regelmäßig vor der Frage, ob und mit welcher Fertigungstiefe sie benötigte Teile selbst herstellen oder von Zulieferern beziehen. Die Entscheidung darüber wird oft anhand der Kosten getroffen: Ist es günstiger, die Teile selbst zu fertigen oder sie von spezialisierten Unternehmen zuzukaufen? Da davon die Fertigungs- bzw. Wertschöpfungstiefe im eigenen Unternehmen, Arbeitsabläufe und Beschäftigung sowie die unternehmensspezifischen Kompetenzen betroffen sind, hängen diese Entscheidungen eng mit der Unternehmensstrategie zusammen. Bei der Abwägung zwischen den Kosten und dem Nutzen eines Fremdbezugs müssen zahlreiche **Aspekte** betrachtet werden: Neben den Kosten für den Bezug der Teile und Leistungen entsteht bei einer Fremdvergabe Aufwand für Abstimmungen, gegebenenfalls Reiseaufwand oder erhöhter Personalaufwand im eigenen Unternehmen für die Behebung von Fehlern und Problemlösungen. Dem gegenüber stehen bei einer eigenen Fertigung Personal-, Raum- und Maschinenkosten, Materialkosten und Deckungsbeiträge der Wertschöpfung für indirekte Kosten.

Bei der Entscheidung, woher Teile oder Komponenten zugekauft werden, wird zwischen der Verfügbarkeit der Teile, dem Preis sowie dem Aufwand für die Teileauswahl bzw. für eine Abstimmung bei Störungen abgewogen. Aus den Expertengesprächen lässt sich folgende Praxis ableiten:

- Bevorzugt werden Zulieferer in der Nähe, weil Abstimmungen mit ihnen schnell und ohne hohen Aufwand möglich sind. Da die Fahrzeuge der baden-württembergischen Hersteller bislang in sehr niedrigen Stückzahlen gefertigt werden, überwiegt dieser Vorteil zunächst die günstigeren Kosten asiatischer Anbieter. Insbesondere der hohe Reiseaufwand wird als gravierender Nachteil für Zulieferer aus Asien genannt.
- Manche Teile und Fahrzeugkomponenten (Batteriezellen, aber beispielsweise auch Fahrradteile) werden in Europa praktisch nicht mehr produziert, sodass diese Komponenten zwingend aus Asien bezogen werden müssen.
- Bei höheren Stückzahlen oder der Verwendung von kostengünstigeren Standardteilen wird von asiatischen Anbietern zugekauft.

Die befragten Hersteller der LEV montieren die Fahrzeuge in Deutschland beziehungsweise Baden-Württemberg. Alle befragten Experten verwiesen allerdings darauf, dass hohe Kosten hier auch zu verhältnismäßig hohen Fahrzeugpreisen führen und dies mit Blick auf eine Ausweitung des Absatzes kritisch ist. Die betrachteten Fahrzeuge fangen preislich bei etwa 5.000 € an, vergleichbare Fahrzeuge asiatischer Anbieter seien für etwa 2.000 € zu haben. Günstiger und damit vielleicht wirtschaftlich auch bei niedrigeren Fahrzeugpreisen wird eine hoch automatisierte Produktion, die jedoch bei den heutigen LEV-Absatzzahlen von einigen Tausend Stück in Deutschland beziehungsweise Baden-Württemberg nicht umsetzbar ist. Hierfür müssten Absatzzahlen ab 100.000 Stück erreicht werden.

Ausgehend von der Fahrzeugidee werden zunächst einige Prototypen zusammengebaut. Eine erste „Nullserie“ mit wenigen Fahrzeugen wird dann ausführlich getestet und zur ersten Serienfertigung entwickelt. In dieser Zeit wird außerdem geklärt, welche Teile von welchen Lieferanten bezogen werden. Dann kann die erste Losgröße produziert werden, mit der das Fahrzeug anschließend am Markt präsent ist. Bei den befragten Herstellern dauerte die Zeit von der Idee bis zur Fertigung der ersten Serie ungefähr zwei Jahre. Auffällig ist bei den Expertengesprächen, dass sich weder die Entwickler noch die Hersteller der Fahrzeuge auf Marktanalysen stützen, sondern dass sie von anderen Motiven (attraktiveres elektrisches Fahrzeug, Klimaschutz) angetrieben werden.

6.2.2 Vertrieb und Aftersales bei LEV

Neben der Fahrzeugproduktion gehören auch der Vertrieb (Handel) sowie der Service mit planbaren Wartungen und Unfall- bzw. Verschleißreparaturen zur Wertschöpfungskette bei Fahrzeugen (Aftersales). Das schließt den Markt mit Ersatzteilen und Zubehör (Aftermarket) ein. Im Kfz-Gewerbe macht der Neu- und Gebrauchtwagenhandel etwa 80 % des Umsatzes aus, auf das Service- bzw. Werkstattgeschäft entfällt knapp ein Fünftel, das sich derzeit in etwa aufteilt in ein Drittel für Wartungstätigkeiten, etwas weniger für Verschleißteile und gut 40 % für die Unfallinstandsetzung. Bei elektrischen Antrieben werden die Anteile für Wartungsarbeiten und insbesondere für Verschleißteile deutlich geringer ausfallen (Dispan 2017; e-mobil BW 2014), sodass sich die Anteile bei den LEV zur Unfallinstandsetzung verschieben würden.

Der Vertrieb der LEV erwies sich laut zwei der befragten Experten als sehr schwierig: Nachdem bereits die Entwicklung und die Herstellung der Fahrzeuge aufwändig waren und viel Zeit erfordert haben, hat der schwierige Vertrieb die Hersteller ernüchtert. Trotz der hohen Präsenz auf Messen und Veranstaltungen wurden und werden nur verhältnismäßig wenige Fahrzeuge verkauft. Bei einem der Hersteller hat das zur Geschäftsaufgabe bzw. zum Verkauf des Unternehmens geführt, der zweite muss sich aktuell noch für die Fortsetzung der Herstellung und gegebenenfalls für eine Erhöhung der Stückzahl entscheiden. Dazu wären aber genauere Daten zum möglichen Absatz und zum Vertriebsaufwand erforderlich, die das Unternehmen aus eigener Kraft nicht erheben kann.

Die befragten Hersteller bieten auch Wartung und Reparaturen für ihre Fahrzeuge an. Dieses Service- oder Aftersales-Geschäft kann genauso zum Unternehmensumsatz beitragen wie der Verkauf der produzierten Fahrzeuge. Allerdings ist im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren der Wartungsaufwand bei Elektrofahrzeugen aus der Erfahrung von zwei Experten deutlich niedriger: Bis zu einem Drittel könnte die Beschäftigung wegfallen. Gleichzeitig bieten Wartungsverträge im Wirtschaftsverkehr eine Ergänzung zur Produktion und zum Verkauf der Fahrzeuge. Gewerbliche Nutzer betrachten nicht allein den Fahrzeugpreis, sondern auch Folgekosten wie Wartungs- und Energiekosten – bis hin zur Entsorgung (der sogenannte „TCO-Ansatz“: Total Cost of Ownership). Beispielsweise ist die Kombination eines Chassis aus Aluminium und der Verkleidung aus Kunststoff nicht rostanfällig. Aixam bietet für die Modelle ab Baujahr 1997 noch alle Ersatzteile an, es gibt in Baden-Württemberg Fahrzeuge mit Laufleistungen von über 100.000 km. Ein Experte schätzt die durchschnittliche Lebensdauer der Fahrzeuge auf zehn Jahre. Das ist ein großer Unterschied zu den günstigeren Anbietern aus Asien und kann insbesondere im Wirtschaftsverkehr als Wettbewerbsvorteil gesehen werden. So verkauft KYBURZ beispielsweise seine Fahrzeuge mittlerweile weltweit an Postunternehmen.

6.3 Wertschöpfung und Beschäftigung

In welchem Umfang LEV heute zur Wertschöpfung und zur Beschäftigung in Baden-Württemberg beitragen, kann nur grob abgeschätzt werden. Ähnlich wie bei den Daten zum Fahrzeugbestand werden beispielsweise der Umsatz oder die Beschäftigung für diese Fahrzeugklasse nicht gesondert statistisch erfasst und veröffentlicht (siehe Infokasten „Verfügbarkeit statistischer Daten).

Verfügbarkeit statistischer Daten

In der Gliederung der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008) und im Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken (GP 2009) werden auch in der detailliertesten Gliederung (die „5-Steller“ der WZ 2008 sowie die „9-Steller“ der Produktionsstatistik) keine Daten speziell für die in dieser Studie betrachteten LEV erfasst. Die Fahrzeuge werden nach Auskunft des Statistischen Bundesamts am ehesten im Wirtschaftszweig 30.9 „Fahrzeuge anders nicht genannt“ aufgeführt, hierzu gehört die Herstellung von Krafträdern, Fahrrädern, Behindertenfahrzeugen und sonstigen Fahrzeugen. Teile für diese Fahrzeuge oder die verwendeten Komponenten fallen in zahlreiche andere Kategorien wie die Kunststoffverarbeitung (WZ 22.29), die Herstellung von Schmiede-, Press-, Zieh- und Stanzteilen, gewalzten Ringen und pulvermetallurgischen Erzeugnissen (WZ 25.5), die Herstellung von sonstigen Metallwaren (WZ 25.9) sowie die Herstellung von Elektromotoren, Generatoren, Transformatoren, Elektrizitätsverteilungs- und -schalteinrichtungen (WZ 27.1).

Deshalb sind beispielsweise zur Wertschöpfung oder zur Beschäftigung auf Bundesebene oder für Baden-Württemberg keine quantifizierten Aussagen, sondern nur Schätzungen auf Basis der Expertenaussagen und begründeter Annahmen möglich.

Insgesamt muss von eher marginalen Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten für Baden-Württemberg ausgegangen werden. Mangels statistischer Daten kann der Wertschöpfungsumfang nur grob über Fahrzeugzahlen geschätzt werden.

- Die LEV müssen zum Teil ein amtliches Kennzeichen führen und sind dann beim Kraftfahrtbundesamt (KBA) gemeldet, teils reicht ein Versicherungskennzeichen (z. B. bei Fahrzeugen mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 45 km/h).

- Vom Renault Twizy (80 km/h bzw. amtliches Kennzeichen) sind beim KBA in Deutschland rund 4.800 Stück gemeldet. Über Modelle aller Hersteller und inklusive versicherungsfreier Fahrzeuge wird hier von einem Bestand von ungefähr 10.000 LEV in Deutschland ausgegangen.

- Wird für Baden-Württemberg eine ähnliche Verteilung wie beim Twizy zugrunde gelegt, dann entfallen von den LEV ungefähr 19 % auf Baden-Württemberg. Damit ergibt sich ein Bestand von **rund 2.000 LEV.** (Der Fahrzeuganteil Baden-Württembergs liegt mit 19 % etwas über dem Bevölkerungsanteil von 13 %. Auch der PKW- und der Kraftradbestand liegen höher als der Bundesdurchschnitt (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2018).

- Im Vergleich zum PKW-Bestand von 6,4 Mio. Fahrzeugen im Jahr 2017 (davon ca. 11.000 Elektrofahrzeuge) hätten die LEV damit einen Anteil von 0,3 Promille.

- Dagegen sind LEV insbesondere in Asien ein Massenprodukt, hier produzieren einzelne Hersteller Stückzahlen, die dem gesamten europäischen Markt entsprechen. In Europa und vor allem in Baden-Württemberg haben die Herstellerfirmen eher Manufakturcharakter.

Die verfügbaren Daten ergeben als jährliche Verkaufszahlen der vierrädrigen LEV in der Europäischen Union für die Jahre 2015, 2017 und 2018 ca. 3.300 Fahrzeuge (vgl. Kapitel 4.1), im Jahr 2012 wurden 6.750 und im Jahr 2016 7.167 Fahrzeuge verkauft. Auf Deutschland entfällt hiervon ein Anteil von ungefähr 14 % (nur im Jahr 2014 lag er mit gut 30 % deutlich höher). Damit werden in Deutschland jährlich etwa 460 Fahrzeuge verkauft; 2012 und 2016 waren es etwa 950 Fahrzeuge. Wird analog zum Fahrzeugbestand auf Baden-Württemberg ein Anteil von rund einem Fünftel übertragen, entspräche das einem Umfang von 90 Neufahrzeugen im Jahr, 2012 und 2016 könnten es auch circa 190 Neufahrzeuge gewesen sein. Bei einem Fahrzeugpreis von rund 10.000 € läge der Jahresumsatz bei ca. 1 bis 2 Mio. €. Werden auch die Herstellung von Teilen und Komponenten sowie das Aftersalesgeschäft berücksichtigt, könnte der Branchenumsatz bei bis zu 5 Mio. € liegen. Zum Vergleich: 2017 lag das Bruttoinlandsprodukt Baden-Württembergs bei 493.265 Mio. €. Die Beiträge aus dem Export sind eher gering, denn die befragten großen Kfz-Zulieferer produzieren zentrale Teile wie den Elektromotor außerhalb Deutschlands und die verbauten Batteriezellen stammen alle aus Asien. Der Gesamtumsatz für LEV wird also in einem niedrigen sechsstelligen Bereich liegen.

Von einem ähnlich geringen Umfang muss bei der Beschäftigung ausgegangen werden: Im Wirtschaftszweig 30.9 „Fahrzeuge anders nicht genannt“ waren 2018 rund 2.360 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Baden-Württemberg gemeldet, das sind 0,05 % aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten des Landes. Davon machen die mit LEV befassten Unternehmen nur einen Teil aus. Auch die Expertengespräche weisen auf sehr geringe Beschäftigungsumfänge hin, die befragten Hersteller hatten Beschäftigtenzahlen von ca. 100 Beschäftigten. In der Produktion des Twizy in Valladolid mussten aufgrund der geringen Produktionszahlen Beschäftigte entlassen werden, sodass letztlich nur noch 33 Personen beschäftigt waren. Mit dem Umzug nach Korea werden von Renault höhere Absatzzahlen erhofft, in diesem Falle könnte sich die Beschäftigtenzahl erhöhen (Palacios 2018).

Wird das Aftersales-Geschäft berücksichtigt, erhöht sich die Beschäftigung noch einmal leicht. Das Kfz-Gewerbe in Baden-Württemberg hat etwa 40 % der Beschäftigung der Fahrzeugindustrie. Übertragen auf das LEV-Segment liegen die Beschäftigungseffekte in Baden-Württemberg bei höchstens einigen Hundert Beschäftigten.

6.4 Zukünftige Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale

Annahmen zu einem zukünftigen Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzial können nicht aus dem derzeitigen Fahrzeugbestand hochgerechnet werden, weil dieser sehr gering und nur anhand weniger verfügbarer Daten abschätzbar ist. Zudem sahen die Experten für eine deutliche Ausweitung der LEV-Nutzung in den nächsten Jahren keine Anzeichen. Deshalb ist unter den aktuellen Voraussetzungen nicht damit zu rechnen, dass sich Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale in näherer Zukunft merklich erhöhen. Die Bedeutung politischer Regulation für Änderungen im Mobilitätsverhalten betonen bereits Studien von Ernst & Young zur Produktion und zum Markt von LEV (Ernst & Young 2013a, 2013b, 2013c). Sie formulieren die Sicherung individueller Mobilität als politische Steuerungsaufgabe, die zur Einhaltung klimaschutzpolitischer Ziele auch über LEV erreicht werden kann. Auf politische Maßnahmen würden dann die Hersteller mit einem Angebot an emissionsfreien LEV reagieren (Ernst & Young 2013a).

Die Situation ist jedoch für Personen- und Wirtschaftsverkehr unterschiedlich zu bewerten: Experten schätzten Nutzungspotenziale im Personenverkehr als eher gering ein; im Wirtschaftsverkehr und hier insbesondere in der innerstädtischen Logistik sind die Nutzungspotenziale höher, weil beispielsweise durch Fahrverbote die Unternehmen zu einem klimaneutralen Verteilverkehr gezwungen werden. Hier gibt es allerdings kein produzierendes Unternehmen in Baden-Württemberg (drei- und vierrädrige LEV), einzig der Importeur hat seit Anfang 2019 einen kleinen Transporter im Angebot, der auch auf eine gewerbliche Nutzung ausgerichtet ist.

Um trotzdem eine Größenordnung für ein rechnerisch mögliches Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzial zu erhalten, wird dies über das Substitutionspotenzial der LEV auf Basis der MiD-Analyse (Kapitel 5.3) abgeschätzt. Zugrunde gelegt wird hier der Microlino, der in der Analyse das maximale Substitutionspotenzial erreicht. Theoretisch könnte derzeit ein Anteil von knapp 50 % des Verkehrsaufkommens (der Wegezahl) und ein Anteil von etwa 30 % bei der Verkehrsleistung (km) mit dem Microlino durchgeführt werden. Die Analyse der MiD-Daten hat gezeigt, dass LEV neben PKW-Fahrten auch Fußwege und Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln ersetzen könnten. Aber am jeweiligen Erhebungstag hätten über 50 % der MIV-Fahrten (motorisierter Individualverkehr) ersetzt werden können. Auch hätten gut 35 % der Nutzerinnen und Nutzer am Erhebungstag einen Microlino für ihre Ausgänge nutzen können. Daher wird für die Abschätzung zukünftiger Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale angenommen, dass bis zu einem Viertel der Verkehrsleistung statt mit einem PKW auch mit einem LEV gefahren werden könnte. Auch im Wirtschaftsverkehr ergab sich beim Verkehrsaufkommen ein Substitutionspotenzial von ungefähr 50 %, bei der Verkehrsleistung könnte mit 15 % ein deutlich niedrigerer Anteil als im Personenverkehr theoretisch auch mit LEV erbracht werden.

Für das Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzial wird anhand des maximalen Substitutionspotenzials abgeschätzt, welcher Anteil der Verkehrsleistung auch mit LEV gefahren werden könnte. Hier wird nicht weiter zwischen Personen- und Wirtschaftsverkehr unterschieden, weil bei der Verkehrsleistung durch PKW die Personenbeförderung im Vordergrund steht. Die Abschätzung von Substitutionseffekten im Gütertransport ist nicht möglich, weil dazu keine Angaben aus der MiD zur Verfügung stehen. Die Jahresfahrleistung von PKW in Baden-Württemberg betrug im Jahr 2016 80 Mrd. km, davon entfielen 61 Mrd. km auf andere Straßen als Autobahnen. Mit der hypothetischen Annahme, dass sich die Rahmenbedingungen für LEV drastisch ändern und viele potenzielle Nutzerinnen und Nutzer diese Fahrzeuge tatsächlich verwenden, könnte ein Viertel der Nicht-Autobahn-Fahrten mit einem LEV wie dem Microlino gefahren werden. Das entspräche immerhin einer Verkehrsleistung von etwa 15 Mrd. km im Jahr. Zur Abschätzung der Wertschöpfung kann dieser Anteil von einem Viertel auf die PKW-Neuzulassungen in Baden-Württemberg übertragen werden. Im Jahr 2016 betrug die Anzahl der Neuzulassungen 459.441 Fahrzeuge. Etwa ein Viertel ergäbe – als extrem optimistische Annahme – einen möglichen Markt von etwa 115.000 LEV im Jahr. Bei einem Fahrzeugpreis um 10.000 € entspräche das einem rechnerisch möglichen Umsatz von ca. 1,1 Mrd. €.

Wenn diese Fahrzeuge aus baden-württembergischer Produktion kommen, dann kann aus dem Umsatz über die Personalquote eine Größenordnung der möglichen Beschäftigung abgeschätzt werden. Bei Kfz-Zulieferern liegt die Personalquote zwischen 20 und 25 % der Gesamtleistung (die für eine grobe Abschätzung mit dem Umsatz gleichgesetzt werden kann) (Commerzbank 2017; IKB – Deutsche Industriebank 2019). Bei einem Personalaufwand von rund 275 Mio. € und durchschnittlichen Bruttoarbeitsentgelten in Baden-Württemberg von ca. 61.000 € läge das Beschäftigungspotenzial durch LEV für Baden-Württemberg bei etwa 4.500 Beschäftigten.

07

Handlungsfelder und Fazit

© alphaspirit/
shutterstock

07 Handlungsfelder und Fazit

Die Analyse der MiD-Daten zeigt, dass LEV theoretisch einen deutlichen Verkehrsanteil übernehmen könnten. Aufgrund ihrer Fahrzeugeigenschaften könnten LEV in Abhängigkeit vom jeweiligen Modell auf rund einem Fünftel bis rund der Hälfte aller Wege mit privatem Wegezweck eingesetzt werden. Im Wirtschaftsverkehr könnte man auf einem Drittel bis der Hälfte der regelmäßigen beruflichen Wege LEV nutzen.

Ob diese Substitutionspotenziale auch generiert werden können, hängt vom Gesamtnutzen des Gebrauchs von LEV ab. Um den Gesamtnutzen von LEV zu erhöhen und damit eine stärkere Verbreitung anzuregen, ist ein ganzheitliches Konzept für Förderungen bzw. Änderungen derzeitiger Rahmenbedingungen notwendig.

Ein hoher Anteil von LEV am motorisierten Verkehr hätte Vor- und Nachteile. Mit einer höheren Verbreitung von LEV könnte die Verkehrssicherheit sinken, da LEV über einen geringeren Insassenschutz verfügen. Ökonomisch könnte eine Verschiebung hin zu mehr LEV am Verkehr negative Auswirkungen sowohl auf Verkehrsleistung und Kosten als auch auf Wertschöpfung und Beschäftigung haben. Die Produktion von LEV ist mit einer geringeren Wertschöpfung in Deutschland verbunden. Es kann je nach Sichtweise negativ bewertet werden, dass LEV auch für Wege genutzt werden, die bislang zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem ÖPNV zurückgelegt werden. Die potenzielle Verlagerung dieser Wege auf LEV sollte in Überlegungen zu einer Förderung berücksichtigt werden, da die nachhaltigere Gestaltung der Verkehrsnachfrage ein vorrangiges Ziel ist.

Als Vorteile sind den genannten Nachteilen gegenüberzustellen, dass LEV in der Herstellung und im Betrieb im Vergleich zum PKW ressourcensparend und energieeffizient sind. Sie bieten zudem das Potenzial einer lokal emissionsfreien, leisen, individuellen Mobilität. Würden LEV mit einem höheren Automatisierungsgrad und in ähnlichen Stückzahlen wie PKW produziert, könnten sie kostengünstiger hergestellt werden und würden somit eine bezahlbare individuelle Mobilität ermöglichen. Falls LEV einen deutlich höheren Anteil am motorisierten Verkehr erreichen sollen, wird dies nach Experteneinschätzungen keinesfalls ohne Änderungen der derzeitigen Rahmenbedingungen umzusetzen sein. Dabei sollten im Falle von Fördermaßnahmen ganzheitliche Mobilitätskonzepte den oben genannten Nachteilen entgegenwirken bzw. sie ausgleichen und regulatorische Maßnahmen sollten durch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten unterstützt werden.

Die nachfolgend genannten Handlungsempfehlungen zeigen eine breite Spanne von Maßnahmen auf, was die Komplexität des Themas und die Notwendigkeit eines umfassenden Handelns zeigt. Im Folgenden werden Optionen in drei Handlungsfeldern formuliert:

a) Fahrzeugtechnik
b) rechtlicher Rahmen und Nutzung
c) Wertschöpfung und Beschäftigung

1. Handlungsfeld Fahrzeugtechnik

In der Fahrzeugtechnik setzen die Entwickler und Hersteller größtenteils auf bewährte Technik – beispielsweise beim Batteriesystem und beim Elektromotor oder bei Komponenten des Rahmens bzw. des Fahrgestells. Hinsichtlich neuer Technologien verweisen sie darauf, dass sich bei den kleinen Stückzahlen der derzeitigen Fertigung eine Entwicklung neuer Komponenten wie Radnabenmotoren nicht lohne bzw. dies Volumenherstellern z. B. aus der Kfz-Zulieferindustrie vorbehalten bliebe. Aus diesem Zwiespalt lassen sich Handlungsoptionen für die Verbesserung der Fahrzeugtechnik ableiten.

- Sicherheit verbessern: Crashtests sind in Deutschland bislang für Fahrzeuge der L-Klasse nicht vorgeschrieben. Ein Zwang zu ihrer Durchführung wird von den Experten sehr skeptisch gesehen, weil die in geringen Stückzahlen hergestellten Fahrzeuge dadurch teurer und schwerer werden. Gleichzeitig sehen sie die Notwendigkeit, die Sicherheit dieser Fahrzeuge zu erhöhen. Forschungsprojekte zu Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit könnten hier eine Lücke schließen.

- Ähnlich könnten auch Forschungen zu Assistenzsystemen die Fahrzeugsicherheit erhöhen. Eine Möglichkeit könnten dabei günstige Technologien wie Kameras sein, mit denen die Preise der Fahrzeuge nur moderat ansteigen.

- Kostengünstige Produktionsprozesse weiterentwickeln

- Modellvielfalt erhöhen, Fahrzeuge speziell für Sharing-Anwendungen

- Das Recycling von Batteriezellen und weiterer kritischer Rohstoffe der Elektromobilität muss etabliert und verbessert werden.

2. Handlungsfeld Rechtlicher Rahmen und Nutzung

Die rechtlichen Regelungen zu Altersgrenzen, Führerscheinpflicht, Versicherungs- und Zulassungspflicht sind von Varianz gepägt. So ist beispielsweise der Twizy mit der Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h zulassungsfrei, während das gleiche Fahrzeug mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h zulassungspflichtig ist. Die zweite Ausführung des Twizy darf auf Autobahnen und Kraftfahrstraßen fahren, die erste nicht. Der Aixam ähnelt in den Abmessungen und im Aussehen einem kleinen PKW, kann jedoch ab 16 Jahren und mit einem „Mopedführerschein", Fahrerlaubnisklasse AM, gefahren werden. Ob dreirädrige Lastenfahrräder auf dem Radweg fahren dürfen, hängt von der Spurweite und nicht allein von der Zahl der Räder ab.

Hier könnte eine stärkere Öffentlichkeitsarbeit der Hersteller für diese Fahrzeuge eine verstärkte Wahrnehmung fördern und interessierten Nutzerinnen und Nutzern Orientierung bei der Kaufentscheidung geben.

Änderungen im Verkehrsverhalten ergeben sich oft bei Änderungen der Lebenssituation: ein Umzug, Kinder, Beginn einer Berufsausbildung oder eines Studiums, Aufnahme oder Wechsel der Erwerbsarbeit. In dieser Situation sollten LEV präsent sein und als Option in den Entscheidungen berücksichtigt werden. Kommunen könnten in Willkommenspaketen auf die Förderung dieser Fahrzeuge hinweisen. Ein Beispiel ist der der BW-e-Gutschein des Verkehrsministeriums in Baden-Württemberg, der bei höherem Bekanntheitsgrad häufiger in Anspruch genommen werden könnte.

Es ist außerdem einhellige Meinung der Experten, dass eine Förderung der LEV auch einen deutlichen Umbau der Verkehrsinfrastruktur erfordert. In Betracht kommen dabei alle verkehrssteuernden Eingriffe wie Durchfahrtsverbote, reservierte Fahrspuren und Parkflächen, limitierte Zufahrten oder nach Fahrzeuggrößen differenzierte Gebühren. Hierbei müssen die unterschiedlichen Eingriffsmöglichkeiten auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene berücksichtigt werden: Absperrungen, Gebühren oder Maut, Durchfahrtsverbote (vgl. EC 2017). Fördermaßnahmen für LEV sind wahrscheinlich billiger als ein weiterer Infrastrukturausbau für PKW. Das Verkehrsministerium Baden-Württemberg könnte die Fahrradstrategie um LEV erweitern.

Konkrete Handlungsoptionen aus den Expertengesprächen bezogen sich in diesem Handlungsfeld auf

- Pilotversuche mit Testfeldern bis hin zu größeren Verkehrszonen, in denen beispielsweise durch eine Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h die langsameren LEV die gleiche Straßeninfrastruktur nutzen;

- die Ausweisung von Parkflächen nur für diese Fahrzeuge einschließlich der Lastenfahrräder;

- die Angleichung der Höchstgeschwindigkeit für LEV an die für PKW (50 km/h im Stadtverkehr statt 45 km/h);

- breitere Information/Klärung der Einsatzzwecke (Radweg, Führerschein etc.) und eventuell eine Änderung bzw. Herabsenkung der Führerscheinanforderungen beispielsweise beim Alter oder beim Prüfungsaufwand, um eine breitere Nutzergruppe zu erhalten.

3. Handlungsfeld Wertschöpfung und Beschäftigung

Während LEV für eine breitere Nutzung deutliches Potenzial haben, fallen die damit verbundenen Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale für Baden-Württemberg eher gering aus. Selbst bei einer Ausschöpfung des verkehrlich möglichen Potenzials entsteht ein Markt mit einem Branchenumsatz im einstelligen Milliardenbereich, durch den rechnerisch eine Beschäftigung für ungefähr 4.500 Personen entstehen könnte. Im Verhältnis zur Bruttowertschöpfung im Land von über 490 Mrd. € und gut 4,3 Mio. sozialversicherungspflichtig Beschäftigten wirken beide wirtschaftlichen Größen sehr klein.

Für OEM als Anbieter von LEV gibt es den Hinweis auf eine „portfolio rationalization" (Ernst & Young 2013a). Wenn die Automobilhersteller dieses Marktsegment für sich erschließen, geraten die kleinen Unternehmen in einen erheblichen Konkurrenzdruck. Günstigere Fahrzeuge in Verbindung mit Exportchancen könnten dann aber zu größeren Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenzialen führen.

Sollen die Fahrzeuge jedoch wegen ihres Beitrags zu einer nachhaltigen individuellen Mobilität gefördert werden, sind die Entwickler und Hersteller von LEV ein wichtiger Baustein im baden-württembergischen Automobilcluster. Aufgrund der starken Konkurrenz asiatischer Anbieter ist es im Wettbewerb um Marktanteile wichtig, den Standort Baden-Württemberg und die ansässigen Unternehmen zu stärken. Folgende Maßnahmen wurden aus den Expertengesprächen abgeleitet.

- Als Basis für die Weiterentwicklung der Fahrzeuge könnten genauere Marktanalysen die Frage beantworten, mit welchem Fahrzeugkonzept hier das größte Substitutionspotenzial und damit ein größerer Markt entsteht. Die Auswertung der MiD-Daten in dieser Studie zeigt, dass weiterführende Erkenntnisse erwartet werden können. Dies kann dann beispielsweise bei der Entwicklung im Fahrzeugdesign berücksichtigt werden.
- Im Wirtschaftsverkehr bestehen für Hersteller größere Chancen als im Personenverkehr. Hier könnte neben den Pilotprojekten in den KEP-Diensten auch erprobt werden, ob LEV im Sozialdienst oder in ähnlichen Branchen reguläre PKW ersetzen könnten. Darüber hinaus könnten – ähnlich wie beim Jobrad – Steuererleichterungen den LEV eine bessere Verbreitung im betrieblichen Mobilitätsmanagement verschaffen. Einer finanziellen Förderung beispielsweise bei der Anschaffung von Fahrzeugen standen die befragten Experten allerdings überwiegend skeptisch gegenüber, weil sie darin die zeitlich befristete Schaffung eines größeren Marktes sehen, der nach Ende der Förderung wieder zusammenbricht.
- Die Förderung von Geschäftsmodellen (z. B. Sharingkonzepte), mit denen Nutzer von LEV bei Bedarf (große Strecken bzw. große Lasten) unkompliziert größere Fahrzeuge nutzen können, könnte vorangetrieben werden.

Neben der Frage, wie die Nutzung und damit der Markt für LEV angeregt werden könnte, gab es auch Handlungsempfehlungen, wie die Unternehmen dieses Fahrzeugsegments im Innovationsprozess besser unterstützt werden können:

- Förderung von Netzwerk- und Clusteraktivitäten in diesem Marktsegment, um Wissenstransfer zu fördern.
- Förderung von Verbundprojekten mit Fokus auf Industrialisierungsprozesse und Ressourceneffizienz.
- Die komplexen Regelungen bei der Zulassung sind ebenfalls eine Herausforderung für kleine und mittlere Unternehmen. Eine Beratungsstelle könnte hier gerade Start-ups mit neuen Fahrzeugideen bei deren Typ- bzw. Serienzulassung helfen.

Handlungsebene	Exemplarische Maßnahmen
EU	- Berücksichtigung im CO_2-Flottenzielwert, Vereinfachung der Einteilung der Fahrzeuge der Klasse L (EU Nr. 168/2013)
Bund	- Stärkere Berücksichtigung der CO_2-Emissionen in der Kfz-Steuer
Land Baden-Württemberg	- Initiativen zur Änderung des Bundesrechts, Rahmenregelungen für Kommunen, Förderung von Fahrzeuganschaffungen und Radschnellwegen
Kommunen	- Konkrete Maßnahmen der Flächennutzung: Umgang mit Parkflächen, Ausweisung von Zonen für „Verkehr light", Öffnung von Radschnellwegen für S-Pedelecs und Lastenräder - Ergänzung des eigenen Fuhrparks mit LEV - Berücksichtigung in Lärmaktionsplänen und Luftreinhalteplänen, Berücksichtigung bei zukünftiger City-Maut mit reduziertem Tarif - Umwidmung von Verkehrsflächen (ruhender oder fließender Verkehr) zur Nutzung für LEV

Tabelle 7-1: Exemplarische Handlungsoptionen der öffentlichen Hand

© eigene Darstellung

Fazit

Eine zukünftige breitere Nutzung der LEV ist derzeit unsicher.

- Sie können eine attraktive und nachhaltige Ergänzung der Verkehrsmittel sein und sie könnten zur Erreichung der Klimaschutzzielen des Verkehrssektors beitragen.
- Ein hoher Anteil von LEV im Straßenverkehr bietet neben Vorteilen auch Nachteile, z. B. im Bereich der Sicherheit durch den geringeren Insassenschutz als bei PKW.
- Falls eine große Verbreitung von LEV gesellschaftlich bzw. politisch gewünscht ist, müssen LEV aktiv und mit einem umfassenden Maßnahmenpaket, das Push- und Pull-Faktoren beinhaltet, gefördert werden. Es ist nicht abzusehen, dass die Fahrzeuge ohne Fördermaßnahmen bzw. Änderung von Rahmenbedingungen einen signifikanten Marktanteil in Deutschland erreichen.
- Ohne Unterstützung baden-württembergischer Firmen ist derzeit nur von einem sehr geringen Wertschöpfungsanteil in Baden-Württemberg auszugehen.
- Mit Blick auf ökologische Effekte bieten LEV ein grundsätzliches Potenzial, das weiter untersucht werden sollte.

Die Studie konnte darlegen, dass LEV mit ihrer Energieeffizienz, geringerem Flächenverbrauch und geringeren Lärmessionen einen Beitrag zu nachhaltigerem Verkehr leisten können. Deshalb lohnt es sich, sich mit den verkehrlichen und wirtschaftlichen Potenzialen auseinanderzusetzen und über die Stärkung baden-württembergischer Unternehmen in diesem Bereich nachzudenken.

Literaturverzeichnis

ACEM. 2018. „Registrations of motorcycles in the European Union". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.acem.eu/registrations-of-motorcycles-in-the-european-union-increased-by-9-9-in-2018).

ACEM. 2019. „Motorcycle, Moped and Quadricycle Registrations in the European Union – 2010–2018".

ADAC. 2018. „Autos ab 16: Ellenator, Aixam & Twizy im Test". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/autos-ab-16/).

ADFC Bundesverband e.V. 2018. „ADFC – Rechtliche Rahmenbedingungen". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.adfc.de/artikel/rechtliche-rahmenbedingungen/).

ADFC NRW. 2015. „Elektrofahrräder – ADFC NRW – Stadtverband Bielefeld e.V." adfc Stadtverband Bielefeld e.V. Abgerufen 8. März 2019 (https://www.adfc-nrw.de/kreisverbaende/kv-bielefeld/technik/elektrofahrraeder.html).

Aixam Deutschland. 2019. „Gesamtpreisliste".

Amsterdam City Tours. 2019. „Electric car Biro rental in Amsterdam – Amsterdam City Tours". Abgerufen 14. Mai 2019 (https://www.amsterdamcitytours.com/tours/private-tours/electric-car-biro-rental-in-amsterdam/).

Artega GmbH. 2019. „Produktion – Artega". Abgerufen 14. Januar 2019 (https://www.artega.de/de/produktion/).

BDL. 2018. „Jahres- und Strukturdaten". Bundesverband Deutscher Leasing-Unternehmen. Abgerufen 8. März 2019 (https://bdl.leasingverband.de/zahlen-fakten/leasing-in-deutschland/jahres-und-strukturdaten/).

bestmile. 2019. „Bestmile Teams with StreetDrone to Add Autonomous & Connected Vehicle Management to Xenos Platform – Bestmile". Abgerufen 8. März 2019 (https://bestmile.com/bestmile-teams-streetdrone-add-autonomous-connected-vehicle-management-xenos-platform/).

Bierau, Frauke. 2015. „Elektromobilität in Japan – Leben in der Smart Community (VDI/VDE Innovation + Technik GmbH)". Berlin, 17. September 2015.

BMVI. 2017. „Rechtliche Einordnung der Elektrofahrräder". Forschungs-Informations-System. Abgerufen 24. April 2019 (https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/355098/).

BMVI. 2018. Entwurf einer Verordnung über die Teilnahme von Elektrokleinstfahrzeugen am Straßenverkehr und zur Änderung weiterer straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften.

Commerzbank. 2017. Automobilzulieferer in Deutschland. Branchenreport.

Da-sol, Kim. 2019. „(Feature) Amid labor dispute, falling sales, Renault Samsung marks gloomy 20th year". The Korea Herald. Abgerufen 25. April 2019 (http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20190423000656).

Davies, Huw, Christophe Bastien, Paul Nieuwenhuis und Simon Bailey. 2016. „Challenges and Opportunities for Improving the Safety of Lightweight Vehicles". Barcelona.

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). 2017. „NGC Safe Light Regional Vehicle". Abgerufen 8. März 2019 (https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/ngc-slrv).

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). 2019. „Ich entlaste Städte". Abgerufen 5. März 2019 (https://www.lastenradtest.de/).

Dispan, Jürgen. 2017. Branchenanalyse Kraftfahrzeug-Gewerbe. Strukturwandel und Beschäftigungstrends in Autohäusern und Kfz-Werkstätten. Düsseldorf.

Dispan, Jürgen. 2018. „Qualifikation und Arbeitsschutz im Bereich der Elektromobilität". in Schröder; Urban 2018.

Drive-CarSharing GmbH. 2012. „RUHRAUTOe". Abgerufen 2. August 2018 (http://www.ruhrauto-e.de/ueber-ruhrautoe/projektvorstellung/).

e.GO Mobile AG. 2019. „e.GO Life | e.GO Mobile AG". Abgerufen 8. März 2019 (https://e-go-mobile.com/de/modelle/e.go-life/).

e-mobil BW. 2014. Entwicklung der Beschäftigung im After Sales. Effekte aus der Elektromobilität. Stuttgart.

e-mobil BW, Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), IMU Institut und bridging IT. 2019. „Strukturstudie BW® mobil 2019 – Transformation durch Elektromobilität und Perspektiven der Digitalisierung".

Enuu, Ltd. 2018. „ENUU" Abgerufen 2. August 2018 (https://www.enuu.ch).

Ernst & Young, Hrsg. 2013a. „Eight Mega Trends Shaping the Global Light Vehicle Industry". 4.

Ernst & Young. 2013b. „Mega Trends Shaping the Chinese Light Vehicle Industry".

Ernst & Young. 2013c. „Megatrends Shaping the Latin American Light Vehicle Market". The Market 4.

Euro NCAP. 2016a. „Euro NCAP | 2016 Sicherheit von Leichtkraftfahrzeugen". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.euroncap.com/de/fahrzeugsicherheit/sicherheitskampagnen/2016-sicherheit-von-leichtkraftfahrzeugen/).

Euro NCAP. 2016b. „Euro NCAP | Bewertung von Vierrad-Leichtkraftfahrzeugen". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.euroncap.com/de/bewertungen-u-auszeichnungen/bewertung-von-vierrad-leichtkraftfahrzeugen/).

Euro NCAP. 2016c. „Euro NCAP | Die Bewertungen von Vierrad-Leichtkraftfahrzeugen erläutert". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.euroncap.com/de/fahrzeugsicherheit/die-bewertungen-von-vierrad-leichtkraftfahrzeugen-erlaeutert/).

FGSV. 2017. „Multi- und Intermodalität: Hinweise zur Umsetzung und Wirkung von Maßnahmen im Personenverkehr. Teilpapier 1: Definitionen. Unter Mitarbeit von Martin Kagerbauer, Till Ackermann, Volker Blees, Michael Boßhammer, André Bruns, Bastian Chlond et al."

FGSV. 2019. „1.8.4 Konzeption und Einsatz von Verkehrsnachfragemodellen zur Berechnung des Wirtschaftsverkehrs."

Flotte Medien. 2017. „Dataforce-Leasinganalyse 2017". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.flotte.de/artikel/113/12390/dataforce-leasinganalyse-2017.html).

GM China. 2017. „Chevrolet EN-V 2.0 Vehicle Sharing Pilot Program Concludes". Abgerufen 4. Januar 2019 (https://media.gm.com/media/cn/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/cn/en/2017/May/0505_Chevrolet-EN-V.html).

Groupe Renault. 2012a. „Renault Twizy – Behind the scenes in Valladolid". Abgerufen 10. Januar 2019 (https://www.youtube.com/watch?v=JyPoVUXUtEs).

Groupe Renault. 2012b. „Renault Twizy: behind the scenes at the Valladolid plant". Abgerufen 10. Januar 2019 (https://group.renault.com/en/news/blog-renault/renault-twizy-behind-the-scenes-at-the-valladolid-plant/).

Groupe Renault. 2019a. „Valladolid bodywork-assembly plant". Abgerufen 10. Januar 2019 (https://group.renault.com/en/our-company/locations/our-industrial-locations/valladolid-bodywork-assembly-plant-2/).

Groupe Renault. 2019b. „Ventes Mensuelles – Statistiques commerciales mensuelles du groupe Renault". Abgerufen 6. März 2019 (https://group.renault.com/finance/informations-financieres/chiffre-cles/ventes-mensuelles).

Honey, Emilio, Hojin Lee und In-Soo Suh. 2014. „Future Urban Transportation Technologies for Sustainability with an Emphasis on Growing Mega Cities: A Strategic Proposal on Introducing a New Micro Electric Vehicle Segment". World Technopolis Review 3(3):139–52.

Hurst, David, und Clint Wheelock. 2011. Neighborhood Electric Vehicles – Low-Speed Electric Vehicles for Consumer and Fleet Markets. Research Report. Boulder, Colorado: PikeResearch.

Hyun-woo, Nam. 2018. „Renault to produce Twizy EV at Busan plant". The Korea Times. Abgerufen 6. März 2019 (http://m.koreatimes.co.kr/pages/article.asp?newsIdx=260549).

IKB – Deutsche Industriebank. 2019. Automobil-Zulieferindustrie. Düsseldorf.

International Energy Agency. 2019. Global EV Outlook 2019: Scaling-up the Transition to Electric Mobility. OECD.

JATO Dynamics Ltd. 2016. „Global Car Market. New-Car Sales".

Johnston, Raymond. 2018. „Electric carsharing service starts" Abgerufen 2. August 2018 (https://prague.tv/en/s72/Directory/c218-Technology/n15413-Electric-carsharing-service-starts).

Kraftfahrt-Bundesamt. 2019. „Bestand nach Herstellern und Handelsnamen (FZ 2)". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz2_b_uebersicht.html?nn=1146130).

KYBURZ Switzerland AG. 2014. Ing. Büro M. KYBURZ AG: Der Weg zum Branchenleader für Transport-Scooters. Freienstein, Schweiz: Divers.

KYBURZ Switzerland AG. 2019. „DXP 4 – Das wendige Zustellfahrzeug | KYBURZ". Abgerufen 7. März 2019 (https://kyburz-switzerland.ch/de/dxp4).

KYBURZ Switzerland AG. o. J. a „Bildergalerie | KYBURZ". Abgerufen 14. Mai 2019 (https://kyburz-switzerland.ch/de/bilder).

KYBURZ Switzerland AG. o. J. b „Werksführung". Abgerufen 14. Januar 2019 (https://kyburz-switzerland.ch/de/fuehrung).

Mathew, Manju. 2018. „Survey Says Consumers Prefer Carsharing Due to Convenience". Tires & Parts News. Abgerufen 3. August 2018 (https://tiresandparts.net/news/parts/survey-says-consumers-prefer-carsharing-due-convenience/).

McKinsey & Company. 2019. „Pressemitteilung: Verkehr in Innenstädten: Mikromobilität in Europa mit 150 Mrd. Dollar Marktpotential". Abgerufen (https://www.mckinsey.de/news/presse/2019-01-30-micromobility).

Microcar GmbH. 2017. „Microcar die besten Leichtkraftfahrzeuge für Autofahren ab 15 Jahren | Microcar-Ligier Österreich". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.microcar.cool/microcar-ligier-die-besten-leichtkraftfahrzeuge-autofahren-ab-15-jahren/).

Mobilitätsakademie. 2018. „Medienmitteilung ‚Happiness to go' Das Schweizer eCargo-Bike Sharing ‚carvelo2go' mit Rekordjahr".

Mobilitätsakademie. 2019. „carvelo2go – Die Schweizer Sharingplattform für eCargo-Bikes". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.carvelo2go.ch/de/).

Morche, Dirk, Fabian Schmitt, Klaus Genuit, Olaf Elsen, Achim Kampker und Bernd Friedrich. 2013. „Fahrzeugkonzeption für die Elektromobilität". S. 149–234 in Elektromobilität, herausgegeben von A. Kampker, D. Vallée und A. Schnettler. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Muljar, Roman. 2018. „MyNobe". Abgerufen 20. Dezember 2018 (https://www.mynobe.com/).

Nobis, Claudia, und Tobias Kuhnimhof. 2018. Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin.

Of, Andreas und Bernd Conrad. 2019. „Microlino: Elektro-Isetta ab Herbst 2019 in Deutschland". Auto, Motor und Sport. Abgerufen 6. März 2019 (https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/startups/microlino-elektroauto-im-isetta-look-retro-mit-stecker/).

Osterwalder, Alexander, und Yves Pigneur. 2010. Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers.

Palacios, Jorge. 2018. „Renault Twizy EV Assembly Moving to Korea". Wards Auto. Wards Auto. Abgerufen 4. März 2019 (https://www.wardsauto.com/alternative-propulsion/renault-twizy-ev-assembly-moving-korea).

Renault Deutschland AG. 2018a. „Produktbroschüre: Renault Z.E. ZOE & TWIZY – Zubehör".

Renault Deutschland AG, Hrsg. 2018b. „Produktbroschüre Twizy: Individuell, gemeinsam, Spaß, Freiheit: Twizy, 100 % elektrisch". 15.

Renault Group. 2018. „Twizy Monthly Sales 2011–2018".

RESOLVE. 2016. „Resolve Project". Abgerufen 19. September 2018 (http://www.resolve-project.eu/).

riversimple. 2018. „riversimple – The Car". Abgerufen 18. Dezember 2018 (https://www.riversimple.com/the-design-of-the-rasa/).

Rosellen, Hanns Peter. 1977. Deutsche Kleinwagen nach 1945, geliebt, gelobt und unvergessen ... Gerlingen: Bleicher Verlags-KG.

Santucci, Mario, Marco Pieve und Marco Pierini. 2016. „Electric L-Category Vehicles for Smart Urban Mobility". Transportation Research Procedia 14:3651–60.

Schär, Thomas. 2019. „Küsnacht: Der City-Flitzer rollt vom Band – Meilen". Zürichsee-Zeitung, 9. Januar.

Scheuplein, Christoph. 2002. „Identifizierung und Analyse von Produktionsclustern". Raumforschung und Raumordnung.

Stadt Graz. 2017. Stadtgebiet Tempo 30 ausgenommen Vorrangstraßen. Bd. GEMRE_ST_60101_A10_1_063198_2016_0013.

Statistisches Bundesamt. 2017. „Kraftrad- und Fahrradunfälle im Straßenverkehr 2017". Abgerufen 6. März 2019 (https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/UnfaelleZweirad.html).

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. 2017. „Länge der täglichen Arbeitswege seit 2004". Abgerufen 29. April 2019 (https://www.statistik-bw.de/Pendler/Ergebnisse/Wegelaenge.jsp).

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. 2018. „Verkehr in Baden-Württemberg 2016".

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. 2019a. „Bestand an Kraftfahrzeugen". Abgerufen 24. April 2019 (https://www.statistik-bw.de/Verkehr/KFZBelastung/LRt1503.jsp).

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg. 2019b. „Statistisches Landesamt Baden-Württemberg". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.statistik-bw.de/).

StreetDrone. 2018. „StreetDrone One". Abgerufen 8. März 2019 (https://streetdrone.com/wp-content/uploads/2018/04/1-png-300x228.png).

StreetDrone. 2019. „StreetDrone Configurator". Abgerufen 8. März 2019 (https://streetdrone.com/configurator/).

Toyota Europe. 2014. „CITÉ LIB by HA:MO Launch". Abgerufen 2. August 2018 (https://www.toyota-europe.com/world-of-toyota/articles-news-events/2014/citelib-by-hamo-launch).

Toyota Motor Corporation. o. J. „Personal Mobility | TOYOTA i-ROAD". Abgerufen 8. März 2019 (https://www.toyota-global.com/innovation/personal_mobility/i-road/).

Twike. 2016. „Der Akku".

Twike. 2019. „TWIKE – Twike 5 und Twike 3 im Vergleich". Abgerufen 8. März 2019 (http://twike.com/de/detail.html?tx_news_pi1%5Bnews%5D=101&cHash=8017dffb389ddc04def89da5cd2222ee).

United Nations. 2018. „World Urbanization Prospects: The 2018 Revision".

U.S. Department of Transportation. 2012. Operation of Neighborhood Electric Vehicles (NEVs) on Roadways with a Maximum Speed Limit of 40 Mph (64 Kph): Fuel Consumption Savings and Safety Ramifications. Report to Congress. Washington, D.C.: Office of the Secretary U.S. Department of Transportation Washington, D.C.

Vinckx, Luc. 2016. „Regulatory Framework for Tricycles, Quadricycles and Small Passenger Cars: Opportunities and Challenges for Small Electric Vehicles. A Case Study in the European Union". S. 6 in International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium. Montréal.

Vogt, Agnes. 2019. „Amnon Shashua: Mobileye nimmt es mit allen auf". Automobilwoche. Abgerufen 8. März 2019 (https://www.automobilwoche.de/article/20190215/HEFTARCHIV/190219972/amnon-shashua-mobileye-nimmt-es-mit-allen-auf).

Wang, Hua, und Chris Kimble. 2012. „The Low Speed Electric Vehicle – China's Unique Sustainable Automotive Technology?" in springerprofessional.de. Bd. Sustainable Automotive Technologies 2012. Berlin Heidelberg: Springer.

Ward, Jill, und Anindya Upadhyay. 2018. „India's Rickshaws Outnumber China's Electric Vehicles". Bloomberg. Abgerufen 12. Februar 2019 (https://www.bloomberg.com/news/features/2018-10-25/india-s-rickshaws-outnumber-china-s-electric-vehicles).

Weevil. 2018. „WEEVIL – Safety." Abgerufen 26. Februar 2019 (http://www.weevil-ev.eu/benefits/safety/).

Wirtz, Bernd W. 2013. Business Model Management – Design – Instrumente – Erfolgsfaktoren von Geschäftsmodelen. Gabler Verlag.

Yaying, Chen, und Xu Ming. 2018. „Low-Speed Electric Vehicles: Collision Course". Pressreader 5.

Zeit Online. 2019. „Carsharing: BMW und Daimler stecken Milliardenbetrag in Mobilitätsfirma | ZEIT ONLINE". Abgerufen 30. April 2019 (https://www.zeit.de/mobilitaet/2019-02/carsharing-bmw-daimler-investition-mobilitaetsfirma-elektroautos).

ZIV. 2018a. „Pressemitteilung: Zahlen – Daten – Fakten zum deutschen E-Bike-Markt 2017: E-Bikes mit Rekordzuwächsen".

ZIV. 2018b. „Zahlen – Daten – Fakten zum Fahrradmarkt in Deutschland 2017". Vortrag, gehalten auf der ZIV Wirtschaftspressekonferenz am 13. März 2018 in Berlin.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Zukunftsvision eines nachhaltigen, urbanen Quartierskonzepts mit elektrischen Klein- und Leichtfahrzeugen ... 13
Abbildung 2-1: Übersicht über das Segment der LEV ... 16
Abbildung 2-2: SLRV ... 18
Abbildung 2-3: Rasa, Riversimple ... 18
Abbildung 3-1: Auswahl diverser LEV Serien- und Konzeptfahrzeuge von 1987 bis 2019 ... 24
Abbildung 3-2: Beispiele für E-Lastenräder ... 26
Abbildung 3-3: Bauformen von Lastenrädern ... 27
Abbildung 3-4: Flächenverbrauch von LEV und PKW auf Parkplätzen ... 27
Abbildung 3-5: Lastenrad mit Wetterschutz ... 29
Abbildung 3-6: Verschiedene Unternehmenstypen auf dem Markt ... 31
Abbildung 3-7: Vision automatisierter LEV ... 32
Abbildung 3-8: Expertenumfrage zu Erfolgsaussichten für automatisierte LEV ... 32
Abbildung 3-9: Technischer Aufbau des Twizy von Renault ... 34
Abbildung 3-10: Technischer Aufbau des DXP 4 von KYBURZ ... 34
Abbildung 3-11: Zulieferer von Fahrzeugkomponenten des Renault Twizy ... 39
Abbildung 3-12: Produktionshalle in Freienstein ... 40
Abbildung 4-1: Verkaufszahlen elektrischer Leichtfahrzeuge ... 47
Abbildung 4-2: Verkaufszahlen des Renault Twizy in Europa von 2012 bis 2017 ... 48
Abbildung 4-3: Kumulierte Verkaufszahlen vierrädriger LEV in Europa ... 48
Abbildung 4-4: BMW Isetta 250 ... 49
Abbildung 4-5: Microlino ... 49
Abbildung 4-6: Messerschmitt Kabinenroller 200 (1954–1956) ... 49
Abbildung 4-7: Goggomobil (1955–1969) ... 50
Abbildung 4-8: Nobe ... 50
Abbildung 4-9: Bestand von drei- und vierrädrigen leichten Fahrzeugen mit amtlichem Kennzeichen und mit Versicherungskennzeichen (Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und Elektroantrieb) ... 50
Abbildung 4-10: Bestand des Renault Twizy (80 km/h) in Deutschland, jeweils am Jahresende ... 51
Abbildung 4-11: Verkaufszahlen des Renault Twizy in Deutschland ... 51
Abbildung 4-12: Jährliche Verkaufszahlen von vierrädrigen elektrischen Leichtfahrzeugen in Deutschland ... 52
Abbildung 4-13: Einschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Förderung von LEV ... 54
Abbildung 5-1: Beispielhafte Darstellung von Etappen und eines Weges ... 61
Abbildung 5-2: Beispielhafte Darstellung eines Ausgangs ... 61
Abbildung 5-3: Anteil des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung an Wegen mit privatem Wegezweck, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial) ... 66
Abbildung 5-4: Anteil der Wege mit privatem Wegezweck, differenziert nach bisherigen Verkehrsmitteln, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial) ... 66

Abbildung 5-5: Personen, die am Erhebungstag LEV für ihre privaten Wegezwecke hätten nutzen können, differenziert nach verschiedenen LEV-Modellen (maximales Potenzial) 67
Abbildung 5-6: Personen, die am Erhebungstag LEV hätten nutzen können, differenziert nach verschiedenen LEV-Modellen und Altersgruppen (maximales Potenzial) 68
Abbildung 5-7: Personen, die am Erhebungstag LEV hätten nutzen können, differenziert nach verschiedenen LEV-Modellen und Raumtypen (maximales Potenzial) 68
Abbildung 5-8: Verkehrsmittelnutzung und Etappenlänge auf Zu- und Abgangsetappen des öffentlichen Verkehrs 69
Abbildung 5-9: Anteil des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung an rbW, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial) 70
Abbildung 5-10: Anteil der rbW, differenziert nach Wegezweck, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial) 71
Abbildung 6-1: Anteil des Verkehrsaufkommens (gemessen in Wege pro Tag) an Wegen mit privatem Wegezweck in verschiedenen Städten in Baden-Württemberg, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial) 78
Abbildung 6-2: Anteil der Verkehrsleistung (gemessen in Kilometer pro Tag) an Wegen mit privatem Wegezweck in verschiedenen Städten in Baden-Württemberg, die durch LEV substituiert werden könnten (maximales Potenzial) 79
Abbildung 6-3: Anteil der Wege mit privatem Wegezweck in verschiedenen Städten in Baden-Württemberg, differenziert nach bisherigen Verkehrsmitteln, die durch das LEV-Modell EVT Trike substituiert werden könnten (maximales Potenzial) 80
Abbildung 6-4: Anteil der Wege mit privaten Wegezweck in verschiedenen Städten in Baden-Württemberg, differenziert nach bisherigen Verkehrsmittel, die durch das LEV-Modell Microlino substituiert werden könnten (maximales Potenzial) 80
Abbildung 6-5: Personen in verschiedenen Städten in Baden-Württemberg, die am Erhebungstag LEV für ihre privaten Wegezwecke hätten nutzen können, differenziert nach verschiedenen LEV-Modellen (maximales Potenzial) .. 81
Abbildung 6-6: Verteilung von baden-württembergischen Bewerbern im DLR-Projekt "Ich entlaste Städte" (n=117) und Anteil sozialversicherungspflichtiger Beschäftigter in Baden-Württemberg nach Wirtschaftszweigen 82

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Anforderungen zur Typzulassung nach Verordnung (EU) Nr. 168/2013 21
Tabelle 3-1: Vor- und Nachteile von Lastenrädern 30
Tabelle 3-2: Vergleich der Anforderungen für Automatisierungskomponenten von PKW und LEV 31
Tabelle 3-3: Beispielhafte Abschätzung des Anteils der Batteriekosten am Fahrzeugpreis bei LEV 35
Tabelle 3-4: Motorleistung von drei- und vierrädrigen LEV-Modellen 36
Tabelle 4-1: Hemmnisse auf unterschiedlichen Ebenen, die sich auf die Verbreitung von LEV auswirken 53
Tabelle 5-1: Fahrerlaubnisklassen, Mindestalter und Bedingungen bezüglich Krafträdern mit Elektromotoren 59
Tabelle 5-2: Rechtliche Einordnung von Pedelecs und E-Bikes 60
Tabelle 5-3: Fahrzeug- und Nutzungseigenschaften verschiedener LEV-Modelle 63
Tabelle 5-4: Verschiedene Sharingkonzepte in Europa 72
Tabelle 7-1: Exemplarische Handlungsoptionen der öffentlichen Hand 94

Abkürzungsverzeichnis

ACEM	European Association of Motorcycle Manufacturers (Europäischer Verband der Motorradhersteller)
BEV	Battery Electric Vehicle
FZV	Fahrzeug-Zulassungsverordnung
KBA	Kraftfahrtbundesamt
KEP	Kurier-, Express und Paketdienste
Kfz	Kraftfahrzeug
LEV	Light Electric Vehicle
OEM	Original Equipment Manufacturer – Kfz-Hersteller
PKW	Personenkraftwagen
SLRV	Safe Light Regional Vehicle
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
VKM	Verbrennungskraftmaschine
ZFZR	Zentrales Fahrzeugregister

Impressum

Herausgeber
e-mobil BW GmbH – Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg

Autorinnen und Autoren
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. –
Institut für Fahrzeugkonzepte:
Mascha Brost, Amelie Ewert, Stephan Schmid

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. –
Institut für Verkehrsforschung:
Christine Eisenmann, Johannes Gruber, Jens Klauenberg

IMU Institut:
Sylvia Stieler

Redaktion und Koordination der Studie
e-mobil BW GmbH
Katja Gicklhorn, Simon Hoffmann, Isabell Knüttgen

Layout/Satz/Illustration
markentrieb
Die Kraft für Marketing und Vertrieb

Umschlag
www.studio-schell.com

Fotos
Die Quellennachweise aller Bilder befinden sich auf der jeweiligen Seite im Bild.

Druck
Karl Elser Druck GmbH
Kißlingweg 35
75417 Mühlacker

Auslieferung und Vertrieb
e-mobil BW GmbH
Leuschnerstraße 45
70176 Stuttgart
Telefon +49 711 892385-0
Fax +49 711 892385-49
info@e-mobilbw.de
www.e-mobilbw.de

Oktober 2019

© Copyright liegt bei den Herausgebern
Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Für die Richtigkeit der Herstellerangaben wird keine Gewähr übernommen.



www.e-mobilbw.de

e-mobil BW GmbH
Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und
Automotive Baden-Württemberg

Leuschnerstraße 45 | 70176 Stuttgart
Telefon +49 711 892385-0 | Fax +49 711 892385-49
info@e-mobilbw.de

MIX
Papier aus verantwortungsvollen Quellen
FSC® C110650
www.fsc.org

klimaneutral gedruckt
www.klima-druck.de
ID-Nr. 1980442
bvdm.