

Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge – Mobilitätskonzepte mit Zukunftspotenzial?

Mascha Brost*, Amelie Ewert, Christine Eisenmann, Sylvia Stieler, Katja Gicklhorn

siehe *Autorinnenangaben*

Abstract

Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge (LEV – Light Electric Vehicle) bieten Potenzial für eine nachhaltige Mobilität, sind jedoch heutzutage kaum verbreitet. Der Beitrag gibt eine Übersicht zu verfügbaren Fahrzeugmodellen, technischen Eigenschaften, rechtlichen Rahmenbedingungen der Nutzung und Einsatzmöglichkeiten im Personen- und Wirtschaftsverkehr. Die vorgestellten Ergebnisse zu Chancen und Potenzialen von LEV wurden im Rahmen einer Studie im Auftrag der Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg, e-mobil BW, erarbeitet, die im Herbst 2019 veröffentlicht wird.

Schlagwörter/Keywords:

Light Electric Vehicles (LEV), Klasse L, Leichtfahrzeuge, Mobilitätskonzepte

1. Einleitung mit Fragestellung

Globale Trends, wie das Bevölkerungswachstum und eine zunehmende Motorisierungsrate, führen zu globalen Problemen wie hohen Treibhausgasemissionen. Gleichzeitig nimmt der Anteil der Menschen, die in Städten leben, zu. Hier machen sich Belastungen von Innenstadtbereichen durch Lärm und Schadstoffe sowie ein hoher Anteil von Verkehrsflächen bemerkbar. Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge (LEV) unterhalb der Pkw-Klasse können einen Baustein in nachhaltigen Mobilitätskonzepten im städtischen und ländlichen Raum darstellen. Gleichzeitig sind sie eine Option, individuelle Mobilität zu ermöglichen. Dabei weisen sie für Herstellung und Betrieb einen geringeren Energie- und Ressourcenbedarf als Pkw auf und benötigen weniger Raum im stehenden und fließenden Verkehr. Als Beitrag zu attraktiven Stadtquartieren bieten LEV Potenzial für Mobilitätsketten, die den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und aktive Fortbewegungsmodi wie Fuß- und Radverkehr beinhalten. Damit können sie sowohl als Teil eines modernen ÖPNV, in Sharing-Konzepten wie auch für die individuelle Mobilität eingesetzt werden.

LEV weisen ein sehr günstiges Verhältnis von Fahrzeuggewicht zu Nutzlast (Personen oder Güter) auf und benötigen im Betrieb somit sehr wenig Energie. Ein elektrischer Antrieb ermöglicht eine leise und lokal emissionsfreie Fortbe-

wegung. Batterien von LEV können bei gleicher elektrischer Reichweite wesentlich kleiner ausgelegt werden als bei Pkw, so dass der Verbrauch kritischer Rohmaterialien wie Lithium und Kobalt vergleichsweise gering ist. Somit können LEV sowohl zur Minderung von Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors wie auch zu einer besseren Luftqualität in Städten und einem nachhaltigen Umgang mit kritischen Ressourcen beitragen.

Da LEV bisher nur wenig verbreitet sind, soll hier untersucht werden, inwiefern und in welchem Ausmaß diese Fahrzeuge in zukünftigen Mobilitätslösungen eingesetzt werden können. Als Grundlage hierfür werden zunächst eine Definition der in diesem Artikel betrachteten Fahrzeugarten und ein Überblick zur derzeitigen Marktsituation gegeben. Für diese Studie wurden vorhandene Literatur und Statistiken ausgewertet und mit Expertengesprächen von Vertretern und Vertreterinnen aus Unternehmen und Wissenschaft ergänzt.

2. Definition elektrischer Klein- und Leichtfahrzeuge

Hinter dem Begriff der elektrischen Klein- und Leichtfahrzeuge verbirgt sich eine breite Palette unterschiedlicher Fahrzeugarten. Aktuell haben insbesondere die Mikromobile oder Elektrokleinstfahrzeuge durch die ge-

* Korrespondierende Autorin.

E-Mail: mascha.brost@dlr.de (M. Brost)

Abbildung 1: Übersicht über das Segment der LEV

Quelle: DLR unter Verwendung von Grafiken der genannten Hersteller

plante Straßenzulassung an medialer Aufmerksamkeit gewonnen. Als Letzte-Meile-Lösung bieten sie ein Zusatzangebot zu dem vorhandenen Mobilitätsangebot des Umweltverbundes in Innenstädten, welches den Verkehr entlasten soll. Dennoch werfen sie einige Fragen bezüglich der Sicherheit der Fahrzeuge selbst sowie der Sicherheit anderer Verkehrsteilnehmer auf den von ihnen genutzten Verkehrsflächen auf. Neben den Kleinstfahrzeugen bilden Pedelecs ein weiteres Fahrzeugsegment, zu dem auch Lastenräder gehören. Es hängt von den technischen Eigenschaften eines Pedelecs ab, ob ein Versicherungskennzeichen benötigt wird (Nenndauerleistung ≥ 250 Watt und/oder Geschwindigkeit ≥ 25 km/h) oder nicht (Nenndauerleistung ≤ 250 Watt und Geschwindigkeit ≤ 25 km/h). Pedelecs mit Versicherungskennzeichen fallen in die L-Klasse nach europäischer Regulierung (EU-Verordnung Nr. 168/2013).

Für die Mitgliedsländer der EU und damit auch für Deutschland werden Definitionen und Anforderungen für die Typgenehmigung von zwei-, drei- und vierrädrigen Fahrzeugen der sogenannten Klasse L mit der Verordnung Nr. 168/2013 geregelt. Die Klasse L beinhaltet Unterklassen von L1e bis L7e, die sich nach Anzahl der Räder und weiteren Merkmalen unterscheiden. Dreirädrige LEV fallen demnach in die Klassen L2e und L5e und vierrädrige LEV in die Klassen L6e und L7e. Auf dem Markt befindet sich dazu eine Vielzahl von Modellen, welche sowohl Nutzfahrzeuge als auch Fahrzeuge zum Personenverkehr einschließen (vgl. Abbildung 1).

In diesem Artikel werden drei- und vierrädrige Fahrzeuge der Klasse L, also Fahrzeuge unterhalb der Pkw-Klasse, betrachtet, für die der Renault Twizy das bekannteste Beispiel ist.

3. Technische Fahrzeugeigenschaften

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.

Energiebedarf

Durch das geringe Gewicht haben LEV einen sehr geringen Energiebedarf für den Antrieb des Fahrzeugs. 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 dem Energiebedarf eines Elektro-Pkw. Der Smart EQ fortwo als kleiner Vertreter dieser Klasse beispielsweise benötigt laut Hersteller mindestens 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 Zyklen sind in der EU-Verordnung Nr. 134/2014 definiert. Unabhängig von den dort aufgeführten Zyklen geben Hersteller meist eine Spanne zur möglichen Reichweite an und verweisen auf den Einfluss der Nutzungsbedingungen. Häufig ist bei diesen Angaben jedoch nicht ersichtlich, wie die Reichweite bestimmt wurde.

Tabelle 1: Batteriekapazität und Reichweite ausgewählter LEV Modelle

Fahrzeugtyp	Klasse	Batteriekapazität	Reichweite (abhängig vom Fahrprofil)
DXP 4	L2e	4,3 kWh	30 - 100 km
Twike 3	L5e	3,5 kWh	40-80 km
Twike 3	L5e	24,5 kWh	300-600 km
Twizy 45	L6e	6,1 kWh	Bis zu 100 km*
Microlino	L7e	8 / 14,4 kWh	Bis zu 125 / 200 km
Twizy	L7e	6,1 kWh	Bis zu 90 km
Aixam eCity Pack	L6e	6,1 kWh	80-130 km

* nach innerstädtischem Fahrzyklus ECE-15 (Stadtzyklus des NEFZ)

** inkl. Batteriemiete für 8 Jahre, 7.500 km jährlich bei Vertragslaufzeiten von je 48 Monaten

Quellen: (KYBURZ Switzerland AG 2019), (Twike 2019), (Renault Deutschland AG 2018), (Micro Mobility Systems AG 2019), (StromDrive 2017), (Aixam Deutschland 2019)

Batterien und Reichweite

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. Durch den sehr geringen Energiebedarf lassen sich auch mit kleinen Batterien relativ hohe Reichweiten erzielen. Häufig liegen diese im Bereich von um die 100 km. Einige Modelle bieten auch Reichweiten von mehreren 100 km an (Tabelle 1).

Lademöglichkeiten

Die Ladeinfrastruktur ist bei LEV üblicherweise on-Board verbaut. Sie können somit zum Aufladen ohne ein zusätzliches Ladegerät an eine Stromquelle (Ladesäule oder Haushaltssteckdose) angeschlossen werden. Die verbaute Elektronik wandelt dabei die Wechselspannung der Stromquelle in Gleichspannung für die Batterie. Die meisten LEV werden über einen Schuko-Stecker aufgeladen, wie er auch im Haushalt verwendet wird.

Elektromotoren

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, häufig einem Drehstrom-Asynchronmotor, ausgestattet. Laut Expertenangaben sind die Gründe für die Wahl des Antriebs mit einem einzelnen Motor die niedrigeren Kosten im Vergleich zur Verwendung mehrerer Radnabenmotoren und eine geringere Komplexität des Antriebstranges. In Konzeptstudien werden teilweise Radnabenmotoren verwendet. Technisch gesehen sind die dafür benötigten Motoren verfügbar; sie werden beispielsweise in Elektrorollern verbaut. Wie bei

elektrischen Pkw kann ein Elektromotor auch bei LEV bei Bremsvorgängen als Generator zur Aufladung der Antriebsbatterie verwendet werden (Rekuperation).

Die maximal zulässige Nenndauerleistung des Antriebs vierrädriger Fahrzeuge beträgt bei LEV je nach Fahrzeugklasse 4 kW, 6 kW oder 15 kW (Klassen L6e und L7e). 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). Die kurzzeitig abrufbare Spitzenleistung liegt bei Elektromotoren deutlich über der Nenndauerleistung.

Sicherheit von LEV

Mit dem geringen Fahrzeuggewicht von LEV sind Herausforderungen mit Hinblick auf die Sicherheit von Fahrzeuginsassen verbunden. 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 weiteren Themen.

Ein grundlegender Unterschied zur Typzulassung von Pkw ist, dass für LEV keine Crashtests vorgeschrieben sind. Auch andere Sicherheitsanforderungen an LEV sind wesentlich geringer als an Pkw, einige Mindeststandards sind jedoch umzusetzen. So sind Sicherheitsgurte bei drei- und vierrädrigen Fahrzeugen der Klasse L zwingend einzubauen, wenn das Fahrzeuggewicht (ohne Antriebsbatterien) 270 kg überschreitet.

Obwohl in Europa für Kleinfahrzeuge der Klasse L und darunter keine Crashtests gesetzlich vorgeschrieben sind,

testete der Euro NCAP¹ in zwei Versuchsreihen 2014 und 2016 insgesamt acht Kleinfahrzeuge der Klassen L6e und L7e (Benziner und Elektrofahrzeuge) mit speziellen Crashtests. 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 2016).

Bei der Bewertung der Sicherheit von LEV ist relevant, 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 Verkehrsmittel 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). Bei Kollisionen mit Pkw oder Lkw sind LEV mit ihrer geringen Masse schon aufgrund physikalischer Gesetze im Nachteil. Hinzu kommt häufig eine geringe Sicherheitsausstattung.

Das Thema Sicherheit stellt ein zentrales Kauf- bzw. Nutzungskriterium dar. Die Bedeutung von Sicherheitsaspekten von Fahrzeugen variiert allerdings 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 Maximalgeschwindigkeiten nicht begrenzt.

¹ Die Organisation European New Car Assessment Programme (Europäisches Neuwagen-Bewertungs-Programm) führt unabhängig von gesetzlichen Vorgaben Crashtests durch und liefert Informationen über die Sicherheit von Neufahrzeugen. Die durchgeführten Tests dienen der Verbraucherinformation.

Rechtlicher Rahmen zur Nutzung von LEV

Für die Nutzung der Fahrzeuge sind Führerschein-Anforderungen und Bedingungen für eine nötige Versicherungs- und Zulassungspflicht verschiedenartig geregelt. Während sich die Fahrerlaubnisklasse nach Fahrzeugeigenschaften, wie z. B. der Nenndauerleistung oder der Höchstgeschwindigkeit richtet, ist die Versicherungs- und Zulassungspflicht an die Fahrzeugunterklasse gebunden. Diese Differenzen erschweren einen einfachen Einstieg in die Thematik und können eine Hürde für die Nutzung der Fahrzeuge darstellen.

Führerschein-Anforderungen

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.

Für die Nutzung eines L7e-Fahrzeuges ist ausschließlich ein Führerschein Klasse B zugelassen. Für die weiteren Klassen L2e, L5e und L6e sind die Fahrzeugklassen nicht eindeutig den Fahrerlaubnisklassen zuzuordnen. Letztere richten sich vielmehr nach Spezifika des einzelnen Fahrzeugs und beinhalten zum Beispiel unterschiedliche Nenndauerleistungen oder in der Klasse AM ein Gewicht bis 350 kg (ohne Gewicht der Batterien) und eine Geschwindigkeit bis einschließlich 45 km/h. Im Gegensatz zu diesen Werten ist das Gewicht der Klasse L5e auf 1.000 kg limitiert und die Höchstgeschwindigkeit ist gänzlich unbegrenzt. 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-Führer-

Tabelle 2: Fahrerlaubnisklassen, Mindestalter und Bedingungen bezüglich Krafträder mit Elektromotoren

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)

Quelle: eigene Darstellung

schein (M) für Fahrzeuge unter 25 km/h (ohne Treten) ist hingegen bereits ab 15 Jahren verfügbar.

Das Mindestalter für die Fahrerlaubnisklassen und die dazu zugänglichen Fahrzeuge sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die von der EU vorgegebene Altersgrenze kann von den Mitgliedsstaaten zur Verbesserung der Straßenverkehrssicherheit erhöht werden. Ein Herabsetzen ist nur unter „außergewöhnlichen Umständen“ möglich.

Vorschriften für Anmeldung und Versicherung

Für die Zulassung eines Fahrzeuges 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 folgende Aufteilung:

Zulassungsfreies Kraftrad mit Versicherungskennzeichen (hier nur drei- und vierrädrige Fahrzeuge)

- Kleinkraftrad
 - 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 amtlichen Kennzeichen

- Drei- und leichtes vierrädriges Kraftfahrzeug
 - Klasse L5e (dreirädrig, über 45 km/h)

Abbildung 2: BMW Isetta 250 und Microlino



- Klasse L7e (vierrädrig, bis 400 kg Leergewicht Personenbeförderung / 550 kg Leergewicht Güterbeförderung ohne Batterie und bis 15 kW)

4. Verbreitung von LEV

Die anhaltende Motorisierung in Deutschland schlägt sich neben dem zunehmenden Kfz-Bestand auch in stärkeren Motoren und größeren bzw. schweren Fahrzeugen nieder. Insbesondere in den 1950er Jahren machten Krafträder mit einem Anteil von etwas über 50 % noch den Großteil des Fahrzeugbestands aus. Die Kleinwagen mit einer Kabine als Witterungsschutz schlossen die Lücke zwischen günstigen Krafträdern und den damaligen Pkw.

Historie: Kleinwagen früher und heute

LEV zeichnen sich durch ihre geringe Größe und 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 kleinen Preis angeboten werden und befriedigte so die Nachfrage nach wettergeschützten Fahrzeugen trotz der niedrigen wirtschaftlichen Kaufkraft. Zu den bekanntesten Modellen dieser Zeit zählen die BMW Isetta, der Kabinenroller von Messerschmitt und das Goggomobil.

Die in den Jahren von 1956 bis 1962 mit einer Stückzahl von 160.000 verkauften Kleinwagen BMW Isetta 250 und 300 erlebten im Jahr 2018 eine Renaissance durch den elektrisch angetriebenen Microlino, dessen Markteintritt für 2019 angekündigt ist (Rosellen 1977). Und auch andere Fahrzeuge, wie z.B. der estländische elektrisch betriebene Nobe, orientieren sich an dem Fahrzeugdesign aus den 1950er Jahren.



Quellen: BMW Group Archiv, Micro Mobility Systems AG

Erste Anfänge der elektrisch betriebenen Klein- und Leichtfahrzeuge waren unter anderem 1987 und 1989 mit dem City EL oder dem Hotzenblitz zu sehen. Seitdem erschien eine Vielzahl von Modellen auf dem Markt. Ein Vergleich von Konzeptfahrzeugen zeigt eine Bündelung um die Jahre 2010 bis 2012. Fahrzeugkonzepte für wachsende Städte und die Fortschritte der Batterietechnologien im Bereich von Lithium-Ionen-Batterien sowie Aufschwünge der Elektromobilität durch Serienfahrzeuge können als Gründe hierfür genannt werden. Seit 2017 sind wieder einige Konzepte großer Autohersteller, wie z. B. Seat, Citroen, Toyota oder Honda, zu sehen. Sie beschäftigten sich vor dem Hintergrund von Umweltauflagen, wie z. B. die beschränkte Einfahrt in Städte, mit dem Thema. Auch weltweit agierende Automobilzulieferer wie Schaeffler und Bosch entwickeln eigene Fahrzeugkonzepte oder bieten Fahrzeugkomponenten wie Antriebs- und Bremssysteme an. Das bekannteste Serienmodell im Bereich der LEV ist der Renault Twizy. Generell ist erkennbar, dass am Markt darüber hinaus weitestgehend kleine Hersteller oder Start-ups vertreten sind.

Während in den 1950er Jahren eine klare Lücke für eine weitere Fahrzeugkategorie gefüllt wurde, sind die Grenzen heute verschwommen. Während Klein- und Leichtfahrzeuge damals als klare günstige Variante für die alltägliche Mobilität gesehen wurde, nehmen sie heute, insbesondere mit elektrischem Antrieb, eine Marktnische ein.

Verbreitung der LEV heute

Da die nationalen Definitionen und Regulierungen für die Homologation dieser Fahrzeuge sehr unterschiedlich sind, ist ein Überblick über die Marktsituation der LEV auf den Weltmärkten sehr schwierig. Bei den vierrädriigen LEV stellt China jedoch eindeutig den größten Markt dar. Der LEV-Bestand kann aufgrund fehlender Regulierung zwar nur geschätzt werden, allerdings wird im Jahr 2017 von ca. 4 Millionen Fahrzeugen ausgegangen (International Energy Agency

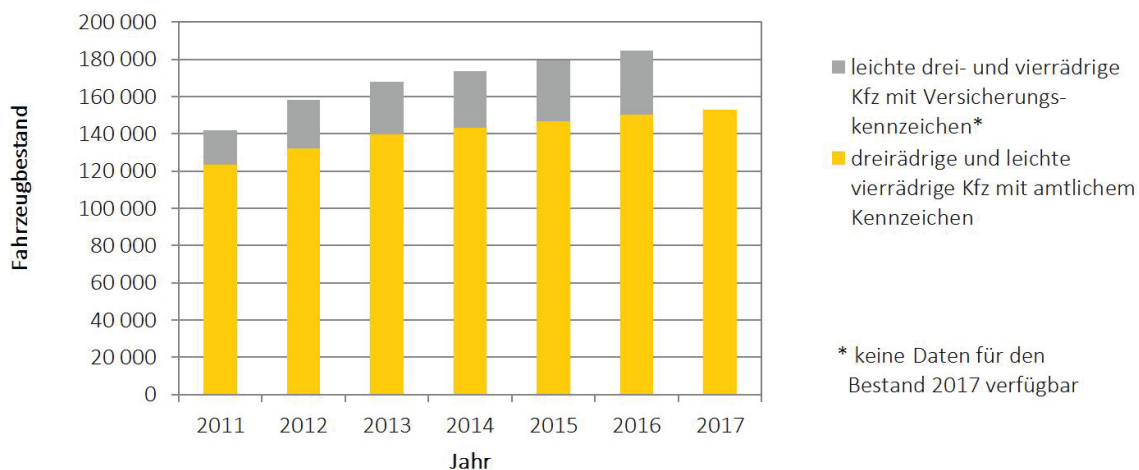
2017). Von den als Tuk-Tuks bekannten dreirädriigen Fahrzeugen sind in Indien im Jahr 2018 ungefähr 1,5 Millionen batterieelektrisch betrieben (Ward und Upadhyay 2018). Mit knapp 500.000 Fahrzeugen (Stand 2011) liegen die USA bei den LEV deutlich darunter (Hurst und Wheelock 2011). Allerdings werden diese Fahrzeuge häufig in abgegrenzten Bereichen wie auf Universitätsgeländen eingesetzt.

In Europa sind die Definitionen durch die europäische Richtlinie zwar einheitlich geregelt, dennoch ist die Datenbasis für eine vergleichende Betrachtung der Mitgliedsstaaten auch hier problematisch. Der Europäische Verband der Motorradhersteller (ACEM) liefert Daten zu vierrädriigen elektrischen LEV, allerdings sind in den Zahlen nur die Verkäufe der Verbandsmitglieder eingeschlossen. Eine Gesamtübersicht der jährlichen Verkaufszahlen zeigt einen stetigen Anstieg auf insgesamt 30.500 LEV im Zeitraum von 2011 bis 2018. Hauptabsatzmärkte sind sowohl für den Twizy als auch für die übrigen vierrädriigen Fahrzeuge Italien, Frankreich, Deutschland und Spanien (ACEM 2019; Groupe Renault 2019).

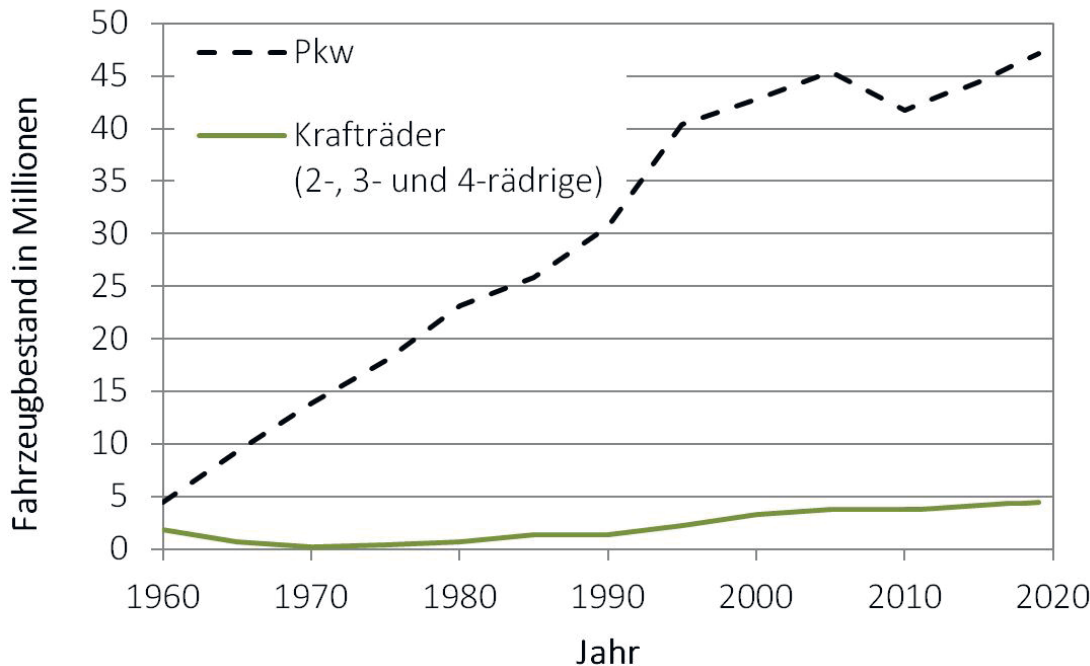
In Deutschland waren im Jahr 2016 rund 180.000 drei- und vierrädriige Fahrzeuge der Klasse L zugelassen. Dieser Bestand beinhaltet sowohl Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor als auch mit Elektroantrieb. Darunter sind rund 35.000 Fahrzeuge mit Versicherungskennzeichen, also ohne amtliches Kennzeichen, wie Pkw es führen müssen (Abbildung 3). Statistische Daten zu elektrischen drei- und vierrädriigen Leichtfahrzeugen ohne amtliches Kennzeichen 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 vierrädriige Fahrzeuge nicht mehr getrennt von zweirädriigen Fahrzeugen ausgewiesen.

Der Bestand an Leichtfahrzeugen nimmt kontinuierlich zu. So hat sich der Bestand an Krafträdern einschließlich der

Abbildung 3: Bestand von drei- und vierrädriigen leichten Fahrzeugen mit amtlichem Kennzeichen und mit Versicherungskennzeichen in Deutschland (Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und Elektroantrieb)



Quelle: DLR, Datenbasis: Statistisches Bundesamt 2017

Abbildung 4: Entwicklung des Fahrzeugbestands von Krafträdern und Pkw in Deutschland von 1960 bis 2019

Quelle: Grafik DLR, Daten: Kraftfahrt-Bundesamt 2019

zwei-, drei- und vierrädrigen Klein- und Leichtfahrzeuge in den letzten 60 Jahren grob verdoppelt. Die in den Daten der Krafträder enthaltenen zweirädrigen Fahrzeuge stellen dabei den größten Anteil dar. Der Bestand von Pkw stieg im gleichen Zeitraum deutlich mehr und hat sich mehr als verzehnfacht. Abbildung 4 zeigt, wie sich das Verhältnis von Pkw zu Krafträdern im Laufe der Jahre verändert hat.

5. Einsatzmöglichkeiten im Personen- und im Wirtschaftsverkehr

Im Personen- und im Wirtschaftsverkehr ergeben sich entlang des Mobilitätsverhaltens von Personen und der Ausübung ihrer privaten und beruflichen Aktivitäten verschiedene Einsatzgebiete von LEV. Diese werden im Folgenden diskutiert.

LEV im Personenverkehr

Im Personenverkehr könnten LEV wie andere Verkehrsmittel im Privatbesitz, beispielsweise der Pkw, für die Mobilität im Alltag eingesetzt werden. LEV könnten, sofern die Modelleigenschaften dies zulassen, auf gesamten Ausgängen, also z. B. von Zuhause zur Arbeit, danach zum Sport und wieder am Abend nach Hause, genutzt 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 oftmals über einen Wetterschutz

verfügen. Viele LEV-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, so genannten 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 Sharing-Konzepten angeboten werden. Ähnlich wie bei aktuellen Bike-Sharing-Konzepten könnten an Haltestellen des öffentlichen Verkehrs Abstellmöglichkeiten installiert werden, sodass ein einfaches und schnelles Umsteigen in den ÖV gewährleistet ist.

Ein weiteres Einsatzgebiet sind Tourismusverkehre. Gerade in autofreien Tourismusgebieten, z. B. Naturparks, stellen LEV eine Alternative zum Fahrrad oder Auto für die Mobilität von Touristen dar.

LEV im Wirtschaftsverkehr

Im Wirtschaftsverkehr könnten LEV bei Kurier-, Express- und Paketdiensten (KEP-Dienste), Bringdiensten, im Werkverkehr sowie im Serviceverkehr Einsatz finden. Bei den KEP-Dienstleistungen ist eine Anwendung von LEV bei eiligen B2B-Sendungen (Kurier oder Express) denkbar. Ein

Einsatz in der Endkundenzustellung von Paketen ist zwar prinzipiell denkbar, allerdings bieten derzeit nur wenige der verfügbaren LEV, beispielsweise der ALKE ATX, ein ausreichendes Ladevolumen an. Ebenfalls häufiger eingesetzt werden könnten LEV bei Bringdiensten, insbesondere bei der Zustellung von zubereiteten Speisen, da hier 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.

LEV eignen sich auch in Werkverkehren; hierunter sind Verkehre auf größeren Betriebsgeländen oder Wohnanlagen sowie der Transport zwischen verschiedenen Standorten einer Organisation zusammengefasst. Da es sich hierbei häufig um regelmäßige und planbare Ausgänge mit homogenem Güteraufkommen handelt, ließen sich diese 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 das Mitführen von Arbeits- oder Verbrauchsmaterial benötigt. LEV sind gut für Dienstleistungen mit geringem Materialbedarf geeignet, beispielsweise Stadtreinigung und Grünpflege, Hausmeister- und Facility-Services, Techniker oder Pflegedienste.

6. Fazit

Ein hoher Anteil von LEV am motorisierten Verkehr hätte Vor- und Nachteile. Zu den Nachteilen bei der Nutzung zählen derzeit ein geringerer Insassenschutz, eine geringere Flexibilität bezüglich transportierbarer Personenanzahl und Ladevolumen sowie eine geringere Komfortausstattung als bei Pkw. Gesellschaftlich kann je nach Sichtweise negativ bewertet werden, dass LEV auch für Wege genutzt werden, die bislang zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem ÖPNV vorgenommen wurden. Die Gefahr einer Verlagerung dieser Wege auf LEV muss in Überlegungen zu einer Förderung berücksichtigt werden, da diese Umstiege nicht zu einer nachhaltigeren Gestaltung der Verkehrsnachfrage führen. Als Vorteile sind den genannten Nachteilen gegenüber zu stellen, dass LEV in der Herstellung und im Betrieb im Vergleich zum Pkw ressourcensparend und energieeffizient sind. Somit könnten sie einen Baustein zur Erreichung der Klimaziele im Verkehrssektor darstellen. Sie bieten zudem das Potenzial einer lokal emissionsfreien, leisen, individuellen Mobilität und lassen dabei im städtischen Umfeld mehr Platz für andere Nutzungen.

Insbesondere der Blick auf die Verbreitung der LEV in Asien zeigt, dass dieses Fahrzeugsegment einen erheblichen Anteil am Verkehrsaufkommen erbringen kann. Auch in Deutschland sind einige Fahrzeugmodelle verfügbar. Ihre Verbreitung ist jedoch sehr gering. LEV werden seit über

sechs Jahren ohne signifikanten Anteil am Fahrzeugmarkt angeboten. Vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor gibt es bereits seit Jahrzehnten, ihr Marktanteil ist jedoch immer kleiner geworden. Die Entwicklungen der letzten Jahre weisen darauf hin, dass eine stärkere Verbreitung der LEV nicht von selbst geschehen wird. Die im Rahmen der Studie befragten Fachleute machten deutlich, dass aus ihrer Sicht LEV nur mit umfassender Unterstützung, z.B. durch Gesetzgebung, einen nennenswerten Anteil an den Wegen und der Verkehrsleistung erreichen werden und erfolgreich im Verkehrssystem etabliert werden können. Erforderlich wären Änderungen der Rahmenbedingungen im Verkehr mit Maßnahmen in den Handlungsfeldern Fahrzeugtechnik (z. B. der Sicherheit), bei rechtlichen Anforderungen (Vereinfachung der Zulassungsregelungen und der Fahrerlaubnis) sowie bei der Nutzung (reservierte Fahrspuren, Verringerung der Geschwindigkeitsunterschiede zu Pkw, Erleichterungen beim Parken). Dabei sollten bei Fördermaßnahmen ganzheitliche Mobilitätskonzepte den oben genannten Nachteilen entgegenwirken bzw. sie ausgleichen und regulatorische Maßnahmen durch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten unterstützt werden.

Die Studie „Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge: Chancen und Potenziale für Baden-Württemberg“ wird im Herbst 2019 von der e-mobil Baden-Württemberg veröffentlicht. Hier in Auszügen wiedergegeben ist ein Überblick über die Fahrzeuge und der Regulierung ihrer Zulassung und Nutzung. In der vollständigen Studie werden diese Inhalte vertieft dargestellt und zusätzlich Nutzungspotenziale und verkehrliche Wirkungspotenziale von LEV anhand der Erhebung Mobilität in Deutschland (MiD) 2017 untersucht sowie die Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale in Baden-Württemberg diskutiert.

Literaturverzeichnis

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

Aixam Deutschland. 2019. „AIXAM eCITY PACK“. AIXAM. Abgerufen 8. Mai 2019 (<https://aixam.de/fahrzeuge/eaixam/ecity-pack/>).

Alkè. 2018. „ATX 320 E Technical Specs“. Abgerufen 8. März 2019 (<https://www.alkè.com/doc/technical-specs-alkè-ATX320E.pdf>).

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

Groupe Renault. 2019. „Ventes Mensuelles – Statistiques commerciales mensuelles du groupe Renault“. Abgerufen

(<https://group.renault.com/finance/informations-financieres/chiffre-cles/ventes-mensuelles>).

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

International Energy Agency. 2017. „World Energy Outlook 2017“, London, UK.

Kraftfahrt-Bundesamt. 2019. „Kraftfahrt-Bundesamt – Fahrzeugklassen und Aufbauarten – Bestand in den Jahren 1960 bis 2019 nach Fahrzeugklassen“. Abgerufen 6. Mai 2019 (https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/FahrzeugklassenAufbauarten/b_fzkl_zeitreihe.html).

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

Micro Mobility Systems AG. 2019. „Microlino: this is not a car!“ Abgerufen 8. März 2019 (<https://www.micro-mobility.com/de/micro-erleben/microlino>).

Renault Deutschland AG. 2018. „Produktbroschüre: Renault Twizy – Preise und Ausstattungen“.

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

Statistisches Bundesamt. 2017. „Kraftrad- und Fahrradunfälle im Straßenverkehr 2017“. Abgerufen 6. März 2019 (https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Publikationen/Downloads-Verkehrsunfaelle/unfaelle-zweirad-5462408177004.pdf?__blob=publicationFile&v=4).

StromDrive. 2017. „Stromdrive | Erhältliche und geplante Elektrofahrzeuge ab Werk“. Abgerufen 30. April 2019 (https://www.stromdrive.de/6-0-AIXAM-eAIXAM.html?id_ecar=65&prototyp=Verkauf).

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=8017dff389ddc04def89da5cd222ee).

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

Autorinnenangaben

Mascha Brost, Dipl.-Ing. MDes.

Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Projektleiterin der vorgestellten LEV Studie
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Fahrzeugkonzepte
Wankelstraße 5, 70563 Stuttgart
mascha.brost@dlr.de

Amelie Ewert, M. Eng.

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Fahrzeugkonzepte
Wankelstraße 5, 70563 Stuttgart
amelie.ewert@dlr.de

Dr.-Ing. Christine Eisenmann

Gruppenleiterin Transformation der Automobilität
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrsforschung
Rutherfordstraße 2, 12489 Berlin
christine.eisenmann@dlr.de

Sylvia Stieler, Diplom-Sozialwirtin und lic. rer. reg.

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
IMU Institut GmbH
Hasenbergstraße 49, 70176 Stuttgart
sstieler@imu-institut.de

Katja Gicklhorn M.A.

Leiterin Industrialisierung und Cluster Elektromobilität Süd-West
Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotiv Baden-Württemberg (e-mobil BW)
Leuschnerstraße 45, 70176 Stuttgart
katja.gicklhorn@e-mobilbw.de