

Chancen und Grenzen der Elektromobilität

Eine AKADS-Publikation

– Ihr Partner für Content jeder Art –

AKADS.DE

Chancen und Grenzen der Elektromobilität

Eine AKADS-Publikation

– Ihr Partner für Content jeder Art –

**Weitere kostenlose E-Books
unter www.akads.de**

Inhaltsverzeichnis

1	ZUKUNFTSGERICHTETE ELEKTROMOBILITÄT	3
2	ÖKOLOGISCHE UND ÖKONOMISCHE ASPEKTE	10
2.1	Fehlenden Alternativen	11
2.2	Machbarkeit	15
3	ÖKOBILANZ DER ELEKTROMOBILITÄT.....	20
	QUELLEN- UND INHALTSVERZEICHNIS	25
	AKADS – GHOSTWRITING NEXT GENERATION.....	29

1 Zukunftsgerichtete Elektromobilität

Die Elektromobilität verändert unsere Umwelt sowie die Mobilität der Menschen und der Wirtschaft grundlegend. Der Umstieg auf batteriegetriebene Fahrzeuge kann daher als tiefgreifender Paradigmenwechsel verstanden werden. Aus heutiger Perspektive kann E-Mobilität einen wichtigen Beitrag für die Zukunftsgestaltung leisten. Die Menschen vertrauen darauf, dass die Wissenschaft, die Industrie und die Politik die „richtigen“ Entscheidungen für eine positive Gestaltung der Zukunft fällen. Die nachhaltige Entwicklung von Wachstum und Ökonomie bestimmt die politischen, gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Diskussionen.

Die Analyse der Erfolge der Wissenschaft und der angewandten Forschung stimmt die Gesellschaft positiv. Die Entkoppelung von Ressourcenverbräuchen und Wohlstand kann von Weizsäcker zufolge gelingen¹. Schon Popper lehrt uns die Ungewissheit der Zukunft, weist aber auch auf die Gestaltungsmöglichkeiten hin². Grundlegende technologische Veränderungen sind immer auch eng mit der Frage nach den Chancen, Grenzen und Risiken verbunden. Auch wenn alle wissenschaftlichen Erkenntnisse heute darauf hindeuten, dass die E-Mobilität der richtige Weg sein kann, ist doch weiterhin ungewiss, ob sich

¹ vgl. von Weizsäcker 2010, S. 1

² vgl. Popper 2003

diese Betrachtung im Nachhinein als richtig erweisen wird. Aus heutiger Sicht ist nicht eindeutig, ob der eingeschlagene Weg der optimale ist oder ob andere Antriebstechniken und Systeme eine bessere Alternative wären. Ein erhebliches Problem stellt die Akzeptanz in der Bevölkerung dar. In der Zukunftsforschung gilt Marktwirtschaft als grundlegende Voraussetzung des Fortschrittsaxioms und erweist sich letztlich neben politischen Entscheidungen als wichtiger Faktor für den Einsatz zukünftiger Technologien.

Elon Musk und sein E-Automobil Tesla galt lange Zeit als Leuchtturmprojekt der E-Mobilität. Doch das Auf und Ab des Unternehmens und die bescheidenden wirtschaftlichen Erfolge zeigen, dass die E-Mobilität noch erhebliche Herausforderungen zu meistern hat, bevor sie als etablierte Technologie in unseren Alltag einzieht. Das Thema E-Mobilität erfreut sich einer hohen medialen Präsenz³. Die E-Fahrzeuge verkörpern die „Versöhnung von Mobilität und Umwelt“, doch schon droht die „Idealisierung des Elektroantriebs“ in eine zu Sackgasse führen. In der Realität und im Alltag des Güterverkehrs ist E-Mobilität längst nicht so weit, wie es die Protagonisten, Verfechter und Lobbyisten der Öffentlichkeit glauben machen wollen.

³ vgl. Beermann 2018

Die vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle aufgelegte E-Auto-Prämie wird kaum nachgefragt. Die Prämie erhalten Käufer für seit dem 18. Mai 2016 erworben erwerbene Fahrzeuge wurden. Die staatlichen Zuschüsse belaufen sich für reine Elektrowagen auf 4.000 Euro und für Hybridautos auf 3.000 Euro. Im Frühjahr 2018 lagen den Behörden weniger als 60.000 Zuschussanträge vor, davon rund 35.000 für und 25.000 für Plug-In-Hybride. Außerdem wird ein geringer Anteil von Brennstoffzellen-Fahrzeugen gefördert.

Bereits im November 2015 hatten namhafte deutsche und österreichische Verkehrsexperten in einem offenen Brief davor gewarnt, dass der simple Austausch des Antriebssystems von Diesel bzw. Benzin auf Strom nicht die Lösung aller ökologischen Probleme sei. Wie Kapitel 4.3 zeigt, verursacht auch der Elektroantrieb Probleme und ist keineswegs als klimaneutral zu betrachten. Es existieren gar Untersuchungen, welche Elektroautos beim Feinstaub, bedingt durch den Abrieb an Reifen und Bremsbelägen und der Straßenabnutzung, eine höhere Schädlichkeit als traditionell angetriebene Autos bescheinigen. Allerdings haben es technische Argumente in der Debatte schwer. Die Informations- und Interessenslagen der verschiedenen Akteure machen eine sachliche Diskussion nahezu unmöglich.

Als „Achillesferse elektrisch angetriebener Fahrzeuge“ gilt die Batterie. Aktuelle Batterien erzielen eine Energiedichte von 700

Wattstunden pro Liter. Forscher prognostizieren für die kommenden Jahre eine Steigerung von 900 Wattstunden. Hier hinkt die Batterie fossilen Treibstoffen um Längen hinterher. Zum Vergleich: Ein Liter Diesel bringt es auf 10.000 Wattstunden. Geht man davon aus, dass Elektromotoren die Energie dreimal so effektiv nutzen als Verbrennungsmotoren, wird dennoch deutlich, vor welchen enormen Herausforderungen die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen noch stehen. Als ein weiteres bislang ungelöstes Problem gilt der alltagstaugliche Ladevorgang. Ein herkömmlicher Verbrenner kann innerhalb weniger Minuten für Reichweiten von 1000 Kilometern und mehr betanken werden. Bei E-Autos beansprucht selbst unter optimalen Rahmenbedingungen ein Ladevorgang von Batterien ein Vielfaches an Zeit und erzielt Reichweiten von nur einigen Hundert Kilometern.

Daher konzentrieren sich die aktuellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten primär auf Batteriegeneration; aber selbst optimistische Prognosen erwarten einen Durchbruch erst im kommenden Jahrzehnt. Das Hauptproblem scheint in der verwendeten Speichertechnologie zu liegen: Aktuelle Akkusysteme basieren auf der in den 70er-Jahren entwickelten Lithium-Ionen-Technologie. In der Regel kommen Mischoxide von Lithium, Kobalt, Nickel und Mangan zur Anwendung, allerdings handelt es sich dabei um seltene Metalle. Welcher Bedarf an Sondermetallen zu decken ist, zeigt das Beispiel des Akkus eines Tesla

Model S, der über eine Leistung von 90 Kilowattstunden verfügt. Bei diesem Typ werden knapp 80 Kilogramm hochreines Lithium verbaut. In einem Smartphones-Akku ist weniger als ein Gramm enthalten. Problematisch gestalten sich auch die Förderung und die Verarbeitung von Lithium, die als aufwendig gilt. Die weltweite Produktion liegt bei rund 43.000 Tonnen pro Jahr⁴.

Schenkt man verschiedenen Prognosen Glauben, sollen im Jahr 2030 weltweit 40 Millionen E-Autos vom Band rollen. In 2017 sollen es 97 Millionen Pkws, Lkws und Busse gewesen sein⁵. Für das prognostizierte Produktionsvolumen werden bis zu drei Millionen Tonnen des Leichtmetalls benötigt. Doch schon heute ist absehbar, dass die Produktion nicht so schnell hochgefahren werden kann. Während der Lithium-Engpass die Batterienproduktion signifikant begrenzt, fallen die Engpässe bei Kobalt noch dramatischer aus. Geologen vermuten zwar ausreichende Ressourcen in der Erdkruste, da aber Kobalt bislang lediglich in geringen Mengen verarbeitet wurde, fehlt es an den notwendigen Förder- und Infrastrukturen.

Ein weiteres Problem belastet den hohen Kobaltbedarf: Über 50 Prozent der bekannten Rohstoffreserven befinden sich im politisch instabilen afrikanischen Staat Kongo, wo unter höchst

⁴ vgl. Statista 2018

⁵ vgl. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers 2018

problematischen Bedingungen gefördert wird. Umweltzerstörung und Kinderarbeit sind Begleiterscheinungen. Zwar gibt es Bestrebungen, die Abhängigkeiten zu reduzieren, doch noch gibt es keine Lösung für die Problematik. Man geht heute davon aus, dass sich die Nachfrage bis 2030 mindestens verzehnfachen wird. Beermann zufolge haben die meisten Minenbetreiber zwischenzeitlich langfristige Lieferverträge mit Händlern aus Asien geschlossen; westliche Kunden gehen bei dem Wettlauf um das seltene Element leer aus⁶. Auch der weltgrößte Automobilhersteller VW ist im Herbst 2017 mit dem Versuch gescheitert, seinen Bedarf für die kommenden Jahre zu sichern.

Selbst wenn es den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen kurzfristig gelingen sollte, das Batterieproblem zu lösen, blieben verschiedene Herausforderungen zu überwinden. Bislang existieren keinerlei Lösungsansätze, wie der Energiebedarf gedeckt werden könnte, der für einen Umbau auf Elektroantrieb notwendig ist. Wollte man die rund 40 Millionen konventionell betriebenen Autos in Deutschland klimaneutral ersetzen, wäre hierfür die Energieleistung von 35.000 zusätzlichen Windrädern notwendig. Das entspricht in etwa dem zweifachen Wert der bereits existierenden Windräder. Und selbst dann, wenn diese neuen Windräder gebaut und in Betrieb genommen wären, stünde die Industrie und die Kunden vor einem weiteren Problem: Das ak-

⁶ vgl Beermann 2018

tuelle Leitungsnetz wäre nicht in der Lage, die gewaltigen Mengen an Elektrizität punktgenau zu liefern. Notwendig wäre in Zukunft ein engmaschiges Netz an schnellladenden Stromtankstellen. Dazu wäre eine kosten- und zeitintensive Nachrüstung notwendig, für die bislang weder von Seiten der Politik noch von der Industrie geeignete Konzepte vorliegen.

Aus heutiger Perspektive erscheint daher ein Übergangskonzept sinnvoll, E-Mobilität insbesondere im urbanen Bereich weiterzuentwickeln, statt die flächendeckende E-Mobilität zu fokussieren. Bislang weisen lediglich leichte und leistungsgedrosselte Fahrzeuge eine akzeptable Ökobilanz auf. Insbesondere der Dieselmotor kommt in der öffentlichen Diskussion nicht gut weg. Doch zu Unrecht, denn Diesel enthält 10 Prozent mehr Energie als Benzin, generiert aber einen 15 Prozent geringeren CO₂-Ausstoß. Inzwischen sind auch Technologien verfügbar, die eine deutlich bessere Abgasreinigung als aktuelle Filtertechniken erzielen. Die Preise für derart neue Filter bewegen sich unter dem als für den Einbau von Elektroantrieben. Das Geschäft mit Automobilen wird bis auf Weiteres ein schwieriges bleiben, weil viele Akteure die Entwicklung beeinflussen wollen. Der einzige Shooting-Star Elon Musk und sein vielbeachteter Ausflug in die Welt der E-Mobilität könnten am Ende desaströs enden. Musk: „Das Auto-Geschäft ist die Hölle“⁷.

⁷ Focus 2018

2 Ökologische und ökonomische Aspekte

Elektromobilität ist keineswegs eine neue Erfindung, sondern kann auf eine lange Tradition zurückblicken. In 1900 gab es gar mehr Elektroautos als Verbrenner⁸. Lange Zeit galt der Elektroantrieb als die technisch elegantere Lösung. Doch damals wie heute scheiterte man an dem Energiespeicher. Im 20. Jahrhundert setzte sich wegen fallender Kraftstoffpreise die Verbrennungstechnik durch. Auch die Ölkrise 1973 konnte seinen Siegeszug nicht bremsen. Zwar bauten verschiedene Automobilhersteller immer wieder elektrische Kleinserien wie beispielsweise VW mit dem Golf CityStromer, doch der große Durchbruch gelang der Technik nicht.

Mit Angela Merkel als Umweltministerin wurde 2000 das Ziel formuliert, dass 10 Prozent der Neuzulassungen Elektroautos sein sollten. Das Ziel wurde indes nie erreicht. Dabei hätte man frühzeitig gegensteuern können, denn der E-Auto-Großversuch von 1992 bis 1995 auf Rügen offenbarte die eklatanten Schwächen, an denen heutige Fahrzeuge immer noch kranken: Die Batterien erwiesen sich als zu schwach und zu teuer⁹. Außerdem war der CO₂-Ausstoß auf den zugrundeliegenden Kraftwerkmix zu hoch. Als Tiefpunkt der automotiven Elektrifizierung gilt das

⁸ vgl. Lottsiepen 2014, S. 74

⁹ vgl. Patyk, Reinhardt 1998, S. 369

Jahr 2007, als lediglich acht batteriebetriebene Fahrzeuge zugelassen wurden.

2.1 Fehlenden Alternativen

Der Klimawandel und das gestiegene Bewusstsein für die Relevanz des Klimaschutzes sowie die begrenzten Vorkommen fossiler Brennstoffe sind die wesentlichen Treiber für die Suche nach Alternativen zu Benzin und Diesel. Für eine gewisse Zeit galt Erdgas als vielversprechende Alternative, weil es sauberer verbrennt und signifikant weniger Emissionen erzeugt. Prinzipiell werden beim Einsatz von Erdgas deutlich weniger gesundheitsschädigende Abgase erzeugt, aber genauso viel CO₂ wie bei der Dieselerbrennung. Dabei ist man nicht notgedrungen auf Erdgas angewiesen, sondern kann auch zu Gas greifen, das aus Biomasse erzeugt wird. Die Produktion gilt als deutlich einfacher als bei flüssigen Kraftstoffen.

Um die Jahrtausendwende galt die Brennstoffzelle als vielversprechende Alternative zur Stromerzeugung in Fahrzeugen. Bei diesem Verfahren macht man sich die Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff zur Stromproduktion zunutze. Als einer der ersten Hersteller kündigte Daimler für 2004 die Serienproduktion an, zu der es bis heute nie gekommen ist. In der Folge wurden immer wieder neue Treibstoffkonzepte aus der Taufe gehoben. Insbesondere Biokraftstoffe konnten immer wieder eine hohe

mediale Aufmerksamkeit erzielen, wohl auch wegen der unterstellten Nachhaltigkeitsaspekte.

All diesen Konzepten ist eines gemein: Sie sind aus der öffentlichen und wissenschaftlichen Diskussion verschwunden, weil die Notwendigkeit zur CO₂-Reduzierung als der wichtigste politische Treiber betrachtet wird. Allerdings zeigt sich bei genauerer Betrachtung, dass die Endlichkeit fossiler Brennstoffe signifikant nach hinten verschoben werden kann. Neue Technologien und Fördertechniken wie Fracking bzw. die Kohleverflüssigung wirken der drohenden Ölknappheit entgegen^{10 11}. Zwar ist mit einem signifikanten Anstieg der Treibstoffkosten in den kommenden Jahren zu rechnen, doch ist nicht mit einem kurzfristigen Wegbrechen fossiler Energieträger zu rechnen.

In der Vergangenheit wurde immer wieder Kritik an politischen Entscheidungen geäußert. Die Kritik entzündet sich insbesondere an ordnungspolitischen Schlingerkursen und an von der Industrie lancierten Ankündigungen¹². Die Analyse der Entwicklung der Vorgaben bzgl. der CO₂-Reduzierungen zeigt, dass diese immer wieder verschleppt und aufgeweicht wurden. Die Durchsetzung der „Supercredits“ für Elektroautos in 2013 und den für 2020 beschlossenen CO₂-Grenzwerte belegen die Zurückhaltung der politischen Führung. Zurecht werden derlei

¹⁰ vgl. Jackson et al. 2014, S. 327

¹¹ Markewitz, Robinius 2018, S. 16

¹² vgl. Lottsiepen 2014, S. 76

Verwässerungen als Rechentricks kritisiert. Selbst dann, wenn im Jahr 2020 das politisch anvisierte Ziel von einer Million E-Autos erreicht würde, stünden diesen 40 Millionen Verbrenner gegenüber.

Die Ambivalenz von politischen Reden und Handel hat sich in der Vergangenheit als größtes Hindernis erwiesen. Durch die Klassifizierung von Plug-in-Hybriden und Range Extendern als Elektroautos wird die Statistik einmal mehr geschönt. Diese Autotypen werden teilweise elektrisch betrieben und sind in der Lage, 20 bis 80 Kilometer elektrisch getrieben zu fahren. Genügt die Batterieleistung nicht mehr, schaltet sich der Verbrennungsmotor ein. Bei dieser Mischform profitieren die Autofahrer von einer Reichweite, die mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren vergleichbar ist. Gleichzeitig sind die Batterien deutlich kleiner und damit kostengünstiger. Stammt der Strom aus regenerativer Stromerzeugung, kann man von Niedrig-Emissions-Fahrzeugen sprechen.

Als technologisches Hindernis der E-Mobilität ist zu betrachten, dass die Automobilhersteller sich weitgehend auf den Austausch des Antriebsstranges konzentrieren. Gerade für den urbanen Sektor wären indes kleine und leichte Fahrzeuge von Vorteil. Doch dazu wären weitere Forschungsanstrengungen bzgl. des Einsatzes anderer Materialien im Fahrzeugbau notwendig. Dass Strom indes sehr effizient im Antriebskontext eingesetzt werden

kann, zeigt das Beispiel Schiene. In modernen Zügen und Straßenbahnen kommen verstärkt Elektroantriebe zum Einsatz. Auch der Boom der Elektrofahrräder zeigt, dass bei der Bevölkerung das notwendige Umweltbewusstsein existiert, allerdings ist für eine nachhaltige Mobilität der Ausbau von geeigneten Netzen notwendig¹³.

Ungeachtet des medialen Hypes mangelt es bei Privat- und Firmenkunden an der notwendigen Akzeptanz. Der VW Golf gilt in Deutschland als das beliebteste Fahrzeug. Seit 2014 können Kunden diesen auch in einer elektrifizierten Variante erwerben. Doch dem e-Golf ist bis heute der Durchbruch verwehrt geblieben¹⁴. Vielmehr ist sein Misserfolg stellvertretend für das Dilemma, in dem die E-Mobilität steckt: Die Automobilbauer halten an „Erfolgsmodellen des letzten Jahrhunderts“ fest¹⁵. Als Konsequenz daraus ergeben sich weiterhin hohe Kosten für E-Autos, die deutlich über den Kosten für herkömmlich betriebene Fahrzeuge liegen. Dabei könnten ideal auf die urbanen Anforderungen abgestimmte Fahrzeuge mit deutlich geringer Akkuleistung auskommen¹⁶. Doch noch sind ein Effizienzschub und ein Preisverfall, wie man ihn bei Computern und anderen High-

¹³ vgl. Hemmerling 2011, S. 48

¹⁴ vgl. Radgen 2018, S. 588

¹⁵ Lottsiepen 2014, S. 78

¹⁶ vgl. Kleine-Möllhoff 2012

Tech-Geräten verfolgen kann, nicht absehbar¹⁷. Auch am Beispiel von Mitsubishi's E-Kleinwagen i-MieV verdeutlicht das Dilemma. Seit der Markteinführung haben die Japaner den Preis um rund ein Drittel gesenkt. Nicht, weil die Abnahme entsprechend hoch ist, sondern weil sich nicht genügend Käufer finden.

Unabhängig von der Umweltverträglichkeit und möglicher Einsparungen klima- und umweltgefährdenden Emissionen krankt die E-Mobilität an den langen Ladezeiten. Doch gerade in urbanen Güterverkehr werden belastbare Fahrzeuge benötigt. Die Automobilindustrie schießt aus diesem Grund auf den Zweitautomarkt, der weniger kritische Anforderungen an die Verfügbarkeit und Belastbarkeit stellt¹⁸. Selbst Interessensverbände wie der Automobilclub VCD raten eher vom Erwerb eines batteriegetriebenen Fahrzeugs für den privaten Gebrauch ab.

2.2 Machbarkeit

Die Diskussion um E-Mobilität konzentriert sich auf die Umweltaspekte, doch neben technischen Fragen, die bislang ungeklärt sind, bedarf es der Lösung verschiedener weiterer Probleme. Seit geraumer Zeit ist in der persönlichen Mobilität ein grundlegender Wandel zu verzeichnen, der sich auch auf den Güter- und Wirtschaftsverkehr auswirkt. Die Zahl jungen Erwachsener, die

¹⁷ vgl. Döring 2012, S. 570

¹⁸ vgl. Lottsiepen 2014, S. 79

ein eigenes Auto und einen Führerschein besitzen, ist seit Jahren rückläufig. Dieser Trend verstärkt sich insbesondere in urbanen Räumen. Während im bundesdeutschen Durchschnitt rund 500 Fahrzeuge pro 1000 Bewohner ermittelt werden, besitzt in Berlin nur jeder Dritte ein Fahrzeug¹⁹. Dieser Wandlungsprozess bleibt nicht ohne Wirkung auf urbane Verkehrskonzepte und den Fahrzeugbau. Schramm zufolge wirken diese Entwicklungsprozesse radikaler als alle anderen Prozesse, die sich jemals in der Geschichte des Automobils vollzogen haben²⁰. Von dieser Entwicklung sind wesentliche Schlüsseltechnologien betroffen, insbesondere die Fahrzeugtechnik, die Technologien für die Energiegewinnung und den Energietransport sowie die Informations- und Kommunikationstechnologie.

Als eines der größten Hindernisse in einer von der intermodalen Mobilität geprägten Zukunft werden neben der Machbarkeit die Schnittstelle zwischen Menschen und technischem Angebot betrachtet. Ein weiteres Hemmnis stellt das heutige Mobilitätsverhalten der Menschen dar, das sich über Jahrzehnte entwickelt und im Bewusstsein der Menschen zementiert hat. Für welchen Fahrzeugtyp sich Privatpersonen und Unternehmen entscheiden, wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Neben der Entwicklung der Kraftstoffpreise und der TCO (Total Cost of Ow-

¹⁹ vgl. ifmo 2011

²⁰ vgl. Schramm 2016, S. 54

nership) von Kraftfahrzeugen stellen bei Individualverkehrsmitteln die Stellplatzverfügbarkeit und das Image des jeweiligen Verkehrsmittels wesentliche Entscheidungskriterien dar. Auch die Flexibilität der Verkehrsmittel und der Wandel der Wohnumwelt wie die zunehmende Urbanisierung beeinflussen die Kaufentscheidungen.

Experten heben die Bedeutung des Paradigmenwechsels in der Mobilität hervor. Der Verbrennungsmotor hat als einhundert Jahre den Individualverkehr bestimmt – ohne ernsthafte Konkurrenz –, doch nun zeichnet sich sein Ende ab. In der Übergangsphase werden Plug-in Fahrzeuge das Bild des urbanen Verkehrs bestimmen. Der VDE schätzt, dass bis 2020 bzgl. der Ladeinfrastruktur und Ladezeit signifikante Fortschritte erzielt werden²¹. Jüngere Schätzungen gehen davon aus, dass im Jahr 2030 Schnellladetechniken eine 20 kWh-Fahrzeuggatterie deutlich unter 20 Minuten aufladen werden.

Doch alle bisher vorliegenden Kalkulationen und Schätzungen lassen erkennen, dass das primäre Ziel zukünftiger Entwicklungsprozesse die weitere Reduzierung des Energieverbrauchs sein muss. Konkret lässt sich dieses Ziel durch den Einsatz innovativer Leichtbaulösungen erreichen. Grundlegende Änderungen werden sich bei der Sicherheit, den Fahrerassistenzsys-

²¹ vgl. Hesse et al. 2012, S. 91

temen und den Bedienkonzepten ergeben. Jüngere Studien gehen davon aus, dass umfassende Assistenzsysteme bis 2030 zur Serienausstattung der Kompaktklasse gehören. Auch aktive Systeme werden eine hohe Verbreitung finden, genauso wie Sicherheitssysteme, Technologien zur Umgebungserkennung, die über ein differenziertes Umfeldwissen verfügen. In Teilen geht man davon aus, dass derlei Systeme bei Neuzulassungen verbindlich vorgeschrieben sind. Neue Fahrzeuge werden ab 2020 über (kommunikationsbasierte) Kreuzungsassistenten verfügen²². Ab 2020 ist mit der zunehmenden Verbreitung von Fußgänger-Intentionserkennung zu rechnen.

Mit signifikanten Verbesserungen für den urbanen Verkehr ist ab 2025 zu rechnen, wenn Kollisionsvermeidungs- und Platooning-Funktionen eingeführt werden. Beim Platooning wird ein Fahrzeugkonvoi bestehend aus einem Führungsfahrzeug mit einem Berufsfahrer und mehreren Fahrzeugen erzeugt, die in kurzen Abständen folgen²³. Zunehmende Verbreitung wird das autonome bzw. hochautomatisierte Fahren ab 2025 erfahren; allerdings wird sich dies in der Startphase auf spezielle Anwendungsfälle beschränken. Bis 2030 wird dem Fahrer das eigene Fahren in verschiedenen Situationen schrittweise abgenommen. Verschiedene Experten prognostizieren das Ende der Verbrennungstechnik für 2030 und gehen davon aus, dass die Zukunft

²² vgl. von Eichhorn et al. 2013, S. 3

²³ vgl. Reinische et al. 2010, S. 478

der Mobilität nach 2030 durchgehend elektrisch, informations-technisch vernetzt und hochautomatisiert sein wird²⁴. Doch bis dahin sind noch beträchtliche Entwicklungsanstrengungen und Investitionen in den Schlüsseltechnologien Fahrzeugtechnik, Energiegewinnung und -transport sowie Informations- und Kommunikationstechnik notwendig.

²⁴ vgl. Schramm 2016, S. 66

3 Ökobilanz der Elektromobilität

Vieles spricht für den Einsatz elektrisch angetriebener Lieferfahrzeuge im urbanen Umfeld. E-Mobilität wird in den Medien und von der Politik gerne als Allheilmittel gegen den Treibhauseffekt dargestellt. Tatsächlich belegen einige Studien, dass mit signifikanten Reduzierungen von Treibhausgasen und CO₂-Emissionen zu rechnen ist. Die Voraussetzung dazu: Es muss auf allen Ebenen Ökostrom eingesetzt werden, also auch bei der problematischen Herstellung und Entsorgung von Batterien. Auch die Lebensdauer und Auslastung der Speichermedien nehmen erheblichen Einfluss auf die Ökobilanz. Muss eine Batterie ein oder gar mehrfach gewechselt werden, hat dies dramatische negative Auswirkungen auf die Ökobilanz²⁵.

Experten sehen das Potenzial von elektrisch betriebenen Fahrzeugen im urbanen Raum primär in der Wechselwirkung, die sich durch die E-Mobilität und die Spezifika des innerstädtischen Verkehrs ergeben. Der technologische Fortschritt wird dafür sorgen, dass die Vorteile elektrischer Antriebe gegenüber konventionellen Verbrennungstechniken positiv zum Tragen kommt. Dank der zunehmenden Digitalisierung elektrisch betriebener Fahrzeuge können Probleme in der Routenplanung kompensiert oder gar umgangen werden.

²⁵ vgl. Aichinger 2014, S. 13

Aus der technischen Perspektive spricht für elektrische Antriebe die deutlich höhere Effizienz²⁶. In Verbindung mit Rückspeicherungsmöglichkeiten der Brems- und Rotationsenergie lassen sich hohe Wirkungsgrade erzielen. Dies ist insbesondere im innerstädtischen Stop-and-go-Verkehr hochinteressant. Aus urbaner Perspektive sprechen die erhebliche Reduzierung von Lärm und Schadstoffen für den Einsatz elektrisch betriebener Fahrzeuge.

Bei einer globalen Betrachtung fällt die Bewertung weit weniger positiv auf. Zwar werden beim lokalen Einsatz elektrisch betriebener Fahrzeuge kaum Schadstoffe emittiert, doch entstehen bei der Stromerzeugung und primär beim Laden von Batterien vergleichbar hohe ökologische Belastungen. Wichtige Ergebnisse liefert hier eine Untersuchung des Heidelberger Instituts für Energie und Umweltforschung (IFEU), das mit dem Forschungsprojekts „UMBReLA“ die Umweltbilanzen gängiger Fahrzeugtypen untersucht. Laut dem IFEU ergeben sich bzgl. der Klimawirkungen keine nennenswerten Unterschiede zwischen batterie-elektrischen und konventionell angetriebenen Fahrzeugen. Das Ergebnis: Die Fahrzeuggröße ist irrelevant²⁷. Hinzukommen produktionsspezifische Umwelteffekte. Insbesondere die Herstellung von Batterien ist sehr energieintensiv

²⁶ vgl. Hesse et al. 2012, S. 91

²⁷ vgl. Institut für Energie- und Umweltforschung 2014

und die resultierenden Emissionen liegen über denen konventionell betriebener Fahrzeuge. Das IFEU kommt außerdem zu dem Ergebnis, dass die durch die Fahrzeugwartung und -entsorgung anfallenden Emissionen in etwa auf dem gleichen Niveau liegen.

Betrachtet man lediglich den Aspekt Wirtschaftsverkehr, ermitteln die Heidelberger Forscher bei leichten elektrisch betriebenen Fahrzeugen eine bessere Umweltbilanz als bei Verbrennern. Bis 100.000 gefahrene km ergibt sich ein um vier Prozent besserer Wert, bei 200.000 km sogar ein Plus von 13 Prozent. Soweit es den Schwertransport betrifft, ergeben sich bei kurzen Strecken, wie sie beispielsweise in Containerhäfen zu bewältigen sind, noch deutlich bessere Werte für die Elektrifizierung. Anzumerken ist, dass diese Berechnung auf dem aktuell verfügbaren Strommix basieren. Der weitere Umstieg auf erneuerbare Energie führt zu einer Steigerung der klimarelevanten Vorteile. Aufgrund der noch unzureichenden Reichweiten gelten Routen von 50 bis 100 km als das prädestinierte Einsatzfeld elektrisch betriebener Güterfahrzeuge²⁸.

Die Diskussion bzgl. der Elektromobilität im Güter- und Wirtschaftsverkehr wird von zwei zentralen Aspekten bestimmt: Während sich öffentliche Akteure auf die Vorzüge konzentrieren, bekunden Unternehmen der Branche zwar die Bereitschaft

²⁸ vgl. Schäfer 2014, S. 28

für einen Umstieg, scheuen aber die horrenden Kosten, die mit der Anschaffung und dem Betrieb verbunden sind. Beide Betrachtungsweisen gehen indes davon aus, dass entsprechende Fahrzeuge verfügbar sind, doch dem ist nur in Teilen so. In diesem Kontext ist die Auseinandersetzung mit den verschiedenen Fahrzeugklassen sinnvoll. Wie eine Recherche im Branchenmagazin Transport zeigt, befinden sich 2018 bei namhaften Herstellern von Nutzfahrzeugen entsprechende Modelle in der Test- und Entwicklungsphase²⁹.

Prinzipiell unterscheidet man im Güterverkehr zwischen leichten Nutzfahrzeugen (N1), leichten Lkws (N1), schweren nicht mautpflichtigen Lkws (N2), Fahrzeugklasse N3 und Sattelzugmaschinen (N3)³⁰. Parallel zum Wachstum im Straßengüterverkehr ist ein Anstieg der Nutzfahrzeuge zu verzeichnen. Letztlich bestimmt die Wirtschaftlichkeit, wie die Fahrzeugflotten der Unternehmen aussehen. Prinzipiell kann die Dynamik, in der Güterverkehrsbranche dazu genutzt werden, den Umstieg auf Elektromobilität zu fördern. Allerdings fehlt es an langfristigen Anreizen und Förderprogrammen; auch die Unsicherheit auf Seiten der Unternehmen ist groß. Hier erscheinen strategische Entscheidungen auf Bundes- und europäischer Ebene hilfreich, damit Unternehmen die notwendige Planungssicherheit gegeben wird.

²⁹ vgl. Transport – die Zeitung für Güterverkehr 2018

³⁰ vgl. Kraftfahrt Bundesamt 2017

Experten gehen davon aus, dass insbesondere bei den leichten Nutzfahrzeugen zu erwarten ist, dass es in naher Zukunft konkurrenzfähige, elektrisch betriebene Fahrzeuge geben wird. Ob indes ein Umstieg von konventionell zu elektrisch betriebenen Fahrzeugen für Unternehmen sinnvoll ist, hängt primär von den Anschaffungs- und Betriebskosten der Fahrzeuge ab. Die größten Kostenfaktoren sind der Batteriepreis, die Fahrleistung und die Entwicklung des Öl- bzw. Strompreises. Bzgl. des Batteriepreises hat die Unternehmensberatung Roland Berger einen Preisrückgang von 580 EUR/kWh pro Jahr in 2010 auf 260 EUR/kWh in 2020 prognostiziert³¹.

Das Forschungsprojekt „Urbaner Logistischer Wirtschaftsverkehr“ des Fraunhofer IAO gelangt zu der Erkenntnis, dass die fallenden Batteriepreise für den Einsatz in elektrischen Lieferfahrzeugen sich gar als Kostenvorteil erweisen werden³². Da die Fahrtenprofile und Anforderungen bei KEP-Lieferungen als typisch für den innerstädtischen Güterverkehr betrachtet werden können, ist auf lange Sicht damit zu rechnen, dass diese zu einem weiteren Preisverfall bei Batterien führen und sich diese Entwicklung auch auf andere Mobilitätsbereiche positiv auswirkt.

³¹ vgl. Roland Berger Strategy Consultants 2011

³² vgl. Fraunhofer IAO 2018

Quellen- und Inhaltsverzeichnis

- Aichinger, W. (2014). Elektromobilität im städtischen Wirtschaftsverkehr. Internationales Verkehrswesen, 66(3).
- Beermann, Matthias (2018) Warum die Elektromobilität Grenzen hat. RP Online. Online: https://rp-online.de/leben/auto/alternative-antriebe/elektroauto/elektroautos-oder-verbrenner-die-grenzen-der-elektromobilitaet_aid-19904187 (Zugriff: 05.10.2018)
- Döring, T. (2012). Hat die Elektromobilität eine Zukunft?. Wirtschaftsdienst, 92(8), 563-571. Online: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10273-012-1420-1.pdf> (Zugriff: 06.10.2018)
- Focus (2018): Musk richtet Schlaflager bei Tesla ein. Online: https://www.focus.de/finanzen/news/wirtschaftsticker/auto-geschaeft-ist-die-hoelle-musk-richtet-schlaflager-bei-tesla-ein_id_8704879.html (Zugriff: 05.10.2018)
- Fraunhofer IAO (2018): Urbaner Logistischer Wirtschaftsverkehr. Online: <https://www.muse.iao.fraunhofer.de/de/ueber-uns/projekte/urbaner-logistischer-wirtschaftsverkehr.html> (Zugriff: 19.10.2018)
- Hemmerling, A. (2011): Lösungsansätze für ein zukunftsweisendes Verkehrs- und Elektromobilitätskonzept mit Bezug auf das Saarland. Online: http://www.izes.de/sites/default/files/publikationen/sonstiges/Bachelorarbeit_Elektromobilit%C3%A4tskonzept_Andreas_Hemmerling.pdf (Zugriff: 06.10.2018)
- Hesse, B., Hiesgen, G., Koppers, M., & Schramm, D. (2012). Einfluss verschiedener Nebenverbraucher auf Elektrofahrzeuge. In: Zukünftige Entwicklungen in der Mobilität (pp. 91-104). Gabler Verlag.

- ifmo (2011). *Mobilität junger Menschen im Wandel – multimodaler und weiblicher*. München, Institut für Mobilitätsforschung
- International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (2018): 2017 Production statistics. Online: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2017-statistics/> (Zugriff: 05.10.2018)
- Institut für Energie- und Umweltforschung (2014): *UMBReLA – Batterieelektrische Pkw*. Online: <http://www.ifeu.de/Umbrella/index.php/projektergebnisse/gesamtbilanzen/batterieelektrische-pkw/> (Zugriff: 19.10.2018)
- Jackson, R. B., Vengosh, A., Carey, J. W., Davies, R. J., Darrah, T. H., O'sullivan, F., & Pétron, G. (2014). The environmental costs and benefits of fracking. *Annual Review of Environment and Resources*, 39, 327-362.
- Kleine-Möllhoff, P., Benad, H., Beilard, F., Esmail, M., & Knöll, M. (2012). *Die Batterie als Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität der Zukunft: Herausforderungen-Potenziale-Ausblick (No. 2012-03)*. Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing & Management.
- Kraftfahrt Bundesamt (2017). *Verzeichnis zur Systematisierung von Kraftfahrzeugen und ihren Anhängern Stand: Juli 2017*. Online: https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/SV/sv1_2017_07_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=19 (Zugriff: 19.10.2018)
- Lottsiepen, G. (2014). Raus auf die Straße. Chancen von E-Mobilität und Elektroautos. *Politische Ökologie*, 32, 74-80. Markewitz, P., & Robinius, M. (2018). *Technologiebericht 2.1 Zentrale Großkraftwerke innerhalb des Forschungsprojekts TF_Energiewende*. Online: https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7048/file/7048_Grosskraftwerke.pdf (Zugriff: 06.10.2018)

- Patyk, A., & Reinhardt, G. (1998). Vergleichende Ökobilanz: E-Mobile versus konventionelle Fahrzeuge. In 20 Jahre ifeu-Institut (pp. 369-382). Vieweg+ Teubner Verlag, Wiesbaden. Online: https://www.researchgate.net/profile/Mario_Schmidt3/publication/292976224_20_Jahre_ifeu-Institut_Engagement_fur_die_Umwelt_zwischen_Wissenschaft_und_Politik/links/56b329eb08ae56d7b06d9b82/20-Jahre-ifeu-Institut-Engagement-fuer-die-Umwelt-zwischen-Wissenschaft-und-Politik.pdf#page=358 (Zugriff: 06.10.2018)
- Popper, K. R. (2003). Das Elend des Historizismus. Studienausgabe (Vol. 4). Mohr Siebeck.
- Radgen, P. (2018). Von der Schwierigkeit, nicht nur im Kopf umzuparken– Ein Selbstversuch zur Elektromobilität. In Bausteine der Energiewende (pp. 587-607). Springer VS, Wiesbaden.
- Reinisch, P., Zahn, P., & Schramm, D. (2010). Using a Reaction Time Model for Determining a Collision Avoidance System's Brake Timing. IFAC Proceedings Volumes, 43(7), 477-482.
- Roland Berger Strategy Consultants (2011): The Li-Ion Battery Value Chain – Trends and implications, Stuttgart.
- Schramm, D. (2016). Herausforderungen für die Technik: Technische Machbarkeit der intermodalen urbanen Mobilität. In Elektrofahrzeuge für die Städte von morgen (pp. 53-67). Springer Gabler, Wiesbaden.
- Statista (2018): *Minenproduktion von Lithium nach den wichtigsten Ländern im Jahr 2017*. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/159929/umfrage/minenproduktion-von-lithium-nach-laendern/> (Zugriff: 05.10.2018)

Transport – die Zeitung für Güterverkehr (2018): Elektromobilität. Online:
<https://www.transport-online.de/Transport-Thema/verschlagwortung-transportthemen-und-rubriken/Elektromobilitaet> (Zugriff:
19.10.2018)

von Eichhorn, A., Zahn, P., & Schramm, D. in: J. Fischer-Wolfarth, G. Meyer
(Eds.), *Advanced Microsystems for Automotive Applications*
2013, Springer International Publishing, 2013, pp. 3–12.

von Weizsäcker, C. C. (2010). Chancen und Grenzen der Zukunftsgestaltung
durch Forschung. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 12.

AKADS – Ghostwriting Next Generation



AKADS ist **Spezialist für hochwertigen Content!** Hinter AKADS verbirgt sich eine Handvoll **routinierte Akademiker, Autoren und Journalisten**, die in den vergangenen 25 Jahren mehrere Hundert Buchtitel und mehrere Tausend Zeitschriftenartikel publiziert haben. AKADS **unterstützt Unternehmen und Privatpersonen** beim Verfassen und der Veröffentlichung beliebiger Dokumente.

Mit der eigens entwickelten Plattform „**Ghostwriting NG**“ arbeiten Autoren im Team, und zwar in Echtzeit. Kunden können sich jederzeit in das System einloggen, das im Saarbrücker Rechenzentrum betrieben wird, den Autoren über die Schulter gucken und per Chat, E-Mail oder Telefon mit dem Team in Kontakt treten. „Ghostwriting NG“ nutzt **agile Projektmanagementmethoden**.

Die Ergebnisse können sich sehen lassen: Arbeiten können deutlich schneller verfasst werden. Wichtiger noch: Die **Qualität bewegt sich auf hohem wissenschaftlichem Niveau.**

Im Unterschied zu anderen Agenturen vergibt AKADS keine Aufträge an externe Autoren. Alle Inhalte werden von unseren Spezialisten verfasst. Außerdem zeigt AKADS seinen Kunden, wie sie den Aufwand für eine **Publikation refinanzieren.** Die unabhängige Website „Ghostwriter-Report.de“ bewertet **AKADS als besten Anbieter auf dem Markt.**

Sie benötigen Hilfe bei einer Publikation, dem Erstellen von Web-Content, von Handbüchern oder wissenschaftlichen Arbeiten? Dann kontaktieren Sie uns!

AKADS.DE

Cecilienstr. 10

66111 Saarbrücken

Tel: +49 681 91 04 55 88

E-Mail: info@akads.de

Web: www.akads.de

