
1 Das Realproblem: ganzheitliche Nachhaltigkeit von Elektromobilität in der City Logistics

Nicht nur der *öffentliche*, sondern auch der *ökonomische Diskurs* fokussiert sich in den letzten Jahren u. a. auf „glaubwürdige“ Beiträge zur *Nachhaltigkeit*, angesichts des befürchteten und zum Teil auch schon deutlich eingetretenen Klimawandels vor allem zum *Klimaschutz*. Ein bedeutsames Areal dieses Nachhaltigkeits- und insbesondere Klimadiskurses betrifft den *Verkehrssektor*, der nach wie vor erheblich zur Emission von Treibhausgasen, vor allem von Kohlenstoffdioxid (CO₂), führt. Darüber hinaus werden auch gesundheitliche Beeinträchtigungen, wie z. B. Feinstaub- und Lärmemissionen, verursacht. An Innovationen hinsichtlich der Antriebstechnik von Verkehrsmitteln wird die Erwartung geknüpft, die Nachhaltigkeit des Einsatzes von Verkehrsmitteln erheblich verbessern zu können und damit vor allem einen Beitrag zum Klimaschutz leisten zu können.

Obwohl im öffentlichen, vor allem politisch motivierten Diskurs des Öfteren die „Technologieoffenheit“ von strategischen Entscheidungen („Weichenstellungen“) im Verkehrssektor betont wird, verengt sich die Argumentationsperspektive in der Regel auf die innovative Entwicklung von Kraftfahrzeugen mit *Elektroantrieb* und deren Einsatz im Verkehrssektor, im Folgenden kurz als „Elektromobilität“ bezeichnet. Darüber hinaus wird Elektromobilität zumeist mit Kraftfahrzeugen gleichgesetzt, die auf Akkumulatoren („Batterien“) als Energiequellen setzen. Andere technische Optionen für Elektromobilität, wie z. B. Kraftfahrzeuge mit einer Kombination aus Brennstoffzellen und Wasserstoff als Energieträger, werden zurzeit eher selten diskutiert. Zu den wenigen Ausnahmen zählt der Einsatz von Brennstoffzellen und Wasserstoff vor allem für „schwere“ Nutzfahrzeuge (Lastkraftwagen)¹ auf Langstreckentransporten, im öffentlichen Personennahverkehr (z. B. Busse und schienengebundene Regionalverkehre) sowie – als innovative Zukunftsperspektive – im Schiffs- und Luftverkehr. Diese Ausnahmen finden jedoch wegen ihrer derzeit (in Bezug zur o. a. Elektromobilität auf Akkumulatorenbasis) noch relativ geringen „Praxistauglichkeit“ im öffentlichen, insbesondere auch ökonomischen Diskurs kaum Beachtung.

1) Die Bezeichnungen „Nutzfahrzeuge“ und „Lastkraftwagen“ werden in diesem Beitrag synonym verwendet.

Vor diesem Hintergrund setzt sich der vorliegende Beitrag¹ mit dem vorläufig beschriebenen Realproblem auseinander, inwieweit Elektromobilität – auf der Basis von batteriegetriebenen Kraftfahrzeugen – zur Nachhaltigkeit im Verkehrssektor beizutragen vermag. Darüber hinaus wird das Realproblem zwecks Fokussierung der Analyse in dreifacher Hinsicht präzisiert: sowohl im einschränkendem als auch im erweiternden Sinne.

Erstens wird nur der *gewerbliche Güterverkehr* betrachtet, nicht aber der Personenverkehr (und auch nicht der nicht-gewerbliche Güterverkehr). In diesem Zusammenhang ist oftmals von *Green Logistics*² die Rede. Für diese Einschränkung spricht, dass sich insbesondere der gewerbliche Güterverkehr für „rein“ ökonomische, vor allem betriebswirtschaftliche Analysen anbietet. Der Personenverkehr hängt hingegen von einer Vielzahl weiterer Einflussgrößen ab, wie etwa von persönlichen und politischen Präferenzen. Ihre Relevanz wird für den o. a. Nachhaltigkeitsdiskurs hier keineswegs infrage gestellt, übersteigt aber das vornehmlich betriebswirtschaftlich geprägte Erkenntnisinteresse des hier vorgelegten Beitrags. Außerdem besitzt der nicht-gewerbliche Güterverkehr, der sich beispielsweise auf privat durchgeführte Umzugstransporte erstreckt, so geringe volkswirtschaftliche (ökonomische)³ Bedeutung, dass er hier als Realproblem nicht weiter berücksichtigt wird.

-
- 1) Dieser Beitrag beruht im Wesentlichen auf der Dissertation des erstgenannten Verfassers; vgl. ARNDT (2023), vor allem S. 1 ff., 117 ff. u. 431 ff. Überarbeitungen – insbesondere Aktualisierungen, Ergänzungen und Straffungen – erfolgten durch den erstgenannten Verfasser (vor allem für das Szenario 2030) und den zweitgenannten Verfasser. Diese Überarbeitungen sind in den „grauen“ Arbeitsbericht von ARNDT/ZELEWSKI (2023) eingeflossen, auf dem die hier vorgelegte Publikation in Buchform in nochmals redaktionell überarbeiteter Form beruht.
 - 2) Vgl. zum Thema „Green Logistics“, das in der Fachliteratur oftmals auch als „Green Supply Chain Management“ diskutiert wird, beispielsweise SRIVASTAVA (2007), S. 54 ff.; KUMAR/SHEKHAR (2013), S. 246 ff.; MUTINGI (2013), S. 526 ff., 531 ff. u. 533 ff.; DOHRMANN (2015), passim (bereits im Titel verwendet), insbesondere S. 7 f.; TACHIZAWA/WONG (2015), S. 19 ff.; KLUMPP (2016), S. 1 ff.; UDDIN/ALI/KABIR et al. (2019), S. 734 ff.; ZHU/SUO (2020), S. 447 ff.; YU/ZHU/TIAN (2021), S. 1 ff.; ARNDT (2023), S. 52 ff.; LI/MENG/HUANG et al. (2023), S. 612 ff. Vgl. auch am Rande CINIBULAK/ZELEWSKI (2015), S. 430, 433 u. 443, mit speziellem Bezug auf die Verknüpfung von „E-Logistics“ (Einsatz von Elektronutzfahrzeugen) und Green Logistics im Rahmen der City Logistics.
 - 3) Das Attribut „ökonomisch“ wird hier als Oberbegriff zu den Attributen „betriebswirtschaftlich“ und „volkswirtschaftlich“ aufgefasst. Im Kontext der später vorgestellten erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse erfolgt jedoch eine Fokussierung auf die betriebswirtschaftliche Dimension des Attributs „ökonomisch“.

Zweitens wird der gewerbliche Güterverkehr nur im Hinblick auf Güterverkehre auf der *letzten* oder *ersten* „Meile“ für Ver- bzw. Entsorgungsverkehre¹ im „urbanen Umfeld“ betrachtet. Mit dem urbanen Umfeld, das oftmals unter den Begriff der *City Logistics*² subsumiert wird, sind Güterverkehre in Großstädten sowie in regionalen Agglomerationsgebieten, wie etwa dem Ruhrgebiet, gemeint. Für diese Einschränkung sprechen zumindest zwei Argumente.

Einerseits spielen Güterverkehre auf der letzten und ersten Meile aus der Nachhaltigkeitsperspektive, insbesondere auch aus klimapolitischer Perspektive, eine große Rolle, weil sie in den zurückliegenden Jahren hinsichtlich ihrer Relevanz – gemessen anhand ihres Anteils an den gewerblichen Güterverkehren – stark zugenommen haben. Beispielsweise haben die Covid-19-Pandemie und veränderte Konsumgewohnheiten dazu beigetragen, Güter vermehrt online zu bestellen und sich nach Hause liefern zu lassen. Aber auch Güterverkehre der Entsorgungslogistik, wie etwa im Rahmen des kommunalen Mülltransports, erlangen zunehmend Beachtung, weil die dort traditionell eingesetzten schweren Nutzfahrzeuge mit Dieselantrieb immer mehr als „Umweltsünder“ in den Mittelpunkt kritischer öffentlicher Diskurse rücken.

Andererseits sind Güterverkehre auf der letzten und ersten Meile aus technischer und „pragmatischer“ Perspektive besonders interessant, weil sich Elektromobilität in diesem Umfeld als besonders „praxisnah“ und „erfolgsversprechend“ erweist. Denn bei diesen Güterverkehren, die sich in der Regel auf Touren über Distanzen von durchschnittlich

-
- 1) In der einschlägigen Fachliteratur wird zumeist nur die (metaphorisch gesprochen) *letzte Meile* von innerstädtischen oder „urbanen“ Versorgungsverkehren (synonym: Zustelldiensten) thematisiert. Diese Sichtweise erscheint den Verfassern jedoch als zu eng. Stattdessen sollten in komplementärer Weise ebenso innerstädtische oder „urbane“ Entsorgungsverkehre (synonym: Abholdienste) auf der (metaphorisch gesprochen) *ersten Meile* berücksichtigt werden. Diese Entsorgungslogistik umfasst nicht nur die konventionelle Abfall- oder Müllentsorgung, sondern auch Bereiche, die unter Stichworten wie „Kreislaufwirtschaft“, „Recycling“ und „Remanufacturing“ insbesondere aus der Nachhaltigkeitsperspektive immer stärker an Bedeutung gewinnen. Da in diesem Beitrag die Nachhaltigkeit von gewerblichen Güterverkehren im Fokus steht, werden sowohl Ver- als auch Entsorgungsverkehre gleichberechtigt in die erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse einbezogen.
 - 2) Vgl. zur City Logistics beispielsweise CLAUSEN/SCHAUMANN (2012), 468 f. u. 473 ff.; BRETZKE (2014), S. 375 ff.; TANIGUCHI (2014), S. 311 ff.; STRAUBE/REIPERT/SCHÖDER (2017), 29 ff.; TANIGUCHI/DUPAS/DESCHAMPS et al. (2018), S. 129 ff.; JAMSHIDI/JAMSHIDI/AIT-KADI et al. (2019), S. 5176 ff.; NEG HABADIA/SAMUEL/ESPINOUSE (2019), S. 865 ff.; STRAUBE/GRUNOW/IHLENBURG et al. (2021), S. 182 ff., ARNDT (2023), S. 59 ff.

ca. 80 km und höchstens ca. 150 km pro Tag erstrecken,¹ reicht die aktuell verfügbare Technologie bereits aus, um Nutzfahrzeuge mit Elektroantrieb (im Folgenden kurz als Elektronutzfahrzeuge bezeichnet) im logistischen Alltag mit ähnlichem Leistungsvermögen wie Nutzfahrzeuge mit Dieselantrieb (im Folgenden kurz als Dieselnutzfahrzeuge bezeichnet) einzusetzen.² Daher bietet das urbane Umfeld der City Logistics mit Güterverkehren auf der letzten und ersten Meile ein realistisches und zugleich praktisch

-
- 1) In der einschlägigen Fachliteratur finden sich zu solchen Tourenlängen Angaben mit größeren Schwankungsbereichen. Der Vergleich der einschlägigen Studien wird zusätzlich dadurch erschwert, dass manchmal auf maximale Tourenlängen (vor allem im Zusammenhang mit der „Reichweitenangst“ gegenüber der Elektromobilität), andere Male hingegen auf durchschnittliche Tourenlängen (insbesondere im Kontext von Wirtschaftlichkeitsanalysen) Bezug genommen wird.
- a) zur maximalen Tourenlänge: Beispielsweise geht aus einer Praxisstudie von RAIBER/FELDWIESER/GATTARI et al. – Kooperationspartner war u. a. die DEUTSCHE POST DHL – zum Einsatz von Elektronutzfahrzeugen für die Paketzustellung im KEP-Segment hervor, dass keines der untersuchten Elektronutzfahrzeuge eine tägliche Tourenlänge von mehr als 85 km erreichte (maximale Tourenlänge); vgl. RAIBER/FELDWIESER/GATTARI et al. (2016), S. 19 u. 31 f. BOGDANSKI (2017), S. 38, führt einen ähnlichen Wert von 80 km an, zwar als Mindestreichweite für den Einsatz von Elektronutzfahrzeugen im KEP-Segment, die sich jedoch indirekt als maximale Tourenlänge auffassen lässt. In EMOBILITAET.BUSINESS (2020) findet sich die übereinstimmende Angabe von maximal 80 km für die Tourenlänge. KLUMPP/WITTE/GRIES et al. (2014), S. 144, nennen (indirekt) einen Wert der maximalen täglichen Tourenlänge für „innerstädtische Versorgungsfahrten“ von 100 km. THIELE/JUNK/NIEDERPRÜM (2022), S. 54, führen den relativ hohen Wert von 150 km pro Tag für die maximale Tourenlänge an.
- b) zur durchschnittlichen Tourenlänge: In GRIES/ZELEWSKI (2015), S. 602, und in GRIES/MÜNCHOW-KÜSTER/ZELEWSKI (2016), S. 8, findet sich als Durchschnittswert für die tägliche Tourenlänge von „urbanen Wirtschaftsverkehren“ bzw. für regionale Transportaufgaben auf der „Last Mile“ der indirekt ermittelte Wert von ca. 133 km. Dieser Durchschnittswert erscheint jedoch als relativ hoch gegriffen, weil er auf der Annahme beruht, dass in der Regel zwei Touren pro Tag und Nutzfahrzeug durchgeführt werden. In dem hier vorgelegten Beitrag wird jedoch von der Annahme ausgegangen, dass von einem Lieferfahrzeug im KEP-Segment in der Regel nur eine Tour pro Tag bedient wird. Angesichts dieser Annahme „eine Tour pro Tag pro Nutzfahrzeug“ wäre eher eine durchschnittliche tägliche Tourenlänge pro Nutzfahrzeug von ca. 66,5 km anzusetzen. In dieser Größenordnung liegen auch die Angaben von BOGDANSKI (2015), S. 23: 59,75 km für Nürnberg und 51,12 km für Frankfurt am Main (jeweils als gewichteter Durchschnittswert). Aus DOHRMANN (2015), S. 168, lässt sich auf eine durchschnittliche Tourenlänge von 57 km schließen. RAIBER (2014), S. 20, führt für die durchschnittliche Tourenlänge eine Spanne zwischen 50 km und 100 km an.
- Da die vorgenannten Angaben nicht vollständig miteinander harmonieren, werden in diesem Beitrag „plausible“ Werte für die tägliche Tourenlänge pro Nutzfahrzeug zugrunde gelegt, die sich im Rahmen der vorgenannten Werte bewegen: Es wird von einer täglichen Tourenlänge („Tagesfahrleistung“) je Nutzfahrzeug in der Höhe von *durchschnittlich* 80 km (im Rahmen von Kostenanalysen) und von *höchstens* 150 km (in Bezug auf Reichweitenargumente) ausgegangen. Dies bedeutet angesichts der vorgenannten Werte aus der einschlägigen Fachliteratur eine „großzügige“ Schätzung, die sich tendenziell an den höheren Werten für die durchschnittliche bzw. maximale Tourenlänge je Tag orientiert.
- 2) Vgl. dazu die Reichweitenangaben für Elektronutzfahrzeuge, die für die hier betrachtete City Logistics typisch sind, hinsichtlich einer ununterbrochenen, also mit einer Batterieladung realisierbaren Tour beispielsweise in GRIES/MÜNCHOW-KÜSTER/ZELEWSKI (2016), S. 8 (überwiegend mindestens 170 km mit nur einer Ausnahme von 163 km); SCHWARTZ (2020), S. 3 ff. (mit einigen wenigen Reichweitenangaben unter 150 km und zahlreichen Reichweitenangaben über 150 km). Hinzu kommt, dass aktuell verfügbare Elektronutzfahrzeuge die Reichweitenangaben aus den vorgenannten Quellen, die in den Jahren 2016 bzw. 2020 publiziert wurden, aufgrund der deutlichen Fortschritte in der Batterietechnologie (Batteriekapazitäten) im Allgemeinen überschreiten.

relevantes „Testfeld“ für die Beurteilung des Einsatzes von Elektromobilität als technische Alternative zur konventionellen „Verbrennertechnik“, insbesondere des Einsatzes von Dieselnutzfahrzeugen.

Drittens wird das Realproblem der Nachhaltigkeit von Elektromobilität in der City Logistics für gewerbliche Güterverkehre auf der letzten und ersten Meile aus *wirtschaftlicher* Perspektive wahrgenommen und untersucht. Dies mag zwar prima facie als eine „fragwürdige“ Perspektivenverengung erscheinen. Allerdings wird das weit gespannte Verständnis einer *erweiterten* Wirtschaftlichkeit zugrunde gelegt.¹ Sie umfasst im Sinne der „Triple Bottom Line“ neben ökonomischen Sachverhalten – wie im Untertitel dieses Beitrags angekündigt – vor allem auch ökologische und gesellschaftliche („soziale“) Aspekte. Daher dürfte das Argument einer unnötigen oder sogar unzulässigen Perspektivenverengung ins Leere laufen. Darüber hinaus wird das erweiterte Wirtschaftlichkeitsverständnis im Sinne einer „modernen“, „multiperspektivischen“ Betriebswirtschaftslehre (BWL) in Anlehnung an den „Stakeholder View“ ausgelegt, der eine Vielzahl unterschiedlicher ökonomischer, ökologischer und gesellschaftlicher Interessensgruppen (Stakeholder) würdigt.

1) Es mag auf den ersten Blick befremden, zur Eingrenzung eines Realproblems auch die jeweils eingenommene Analyseperspektive zu rechnen. Denn prima facie könnte die Meinung vertreten werden, dass ein Realproblem „an sich“ unabhängig von seinen Betrachtern (insbesondere „akademischen Analysten“) besteht. Diese naheliegende Sichtweise wird von den Verfassern dieses Beitrags jedoch nicht geteilt. Stattdessen vertreten sie die „gemäßigt konstruktivistische“ Erkenntnisposition, dass ein Realproblem nicht „in der Realität“ schlicht „vorgefunden“ wird, sondern von seinen Betrachtern aus unterschiedlichen „epistemischen Blickwinkeln“ *konstruiert* und mit verschiedenartigen Begriffen *konzeptualisiert* werden kann. Zu dieser perspektivenabhängigen Konstruktion und begrifflichen Konzeptualisierung des hier betrachteten Realproblems gehört auch die Voraussetzung, das Realproblem der Nachhaltigkeit von Elektromobilität in der City Logistics für gewerbliche Güterverkehre im begrifflichen Rahmen einer erweiterten Wirtschaftlichkeit – aus der Perspektive des Konzepts der „Triple Bottom Line“ – wahrzunehmen und zu analysieren. Nur am Rande sei angemerkt, dass es vor dem Hintergrund solcher Konstruktions- und Konzeptualisierungsleistungen „mutig“ erscheinen mag, von einem „Real“-Problem zu sprechen. Die Verfasser akzeptieren diesen potenziellen Einwand, möchten sich jedoch in diesem Beitrag im Interesse der „Anschlussfähigkeit“ ihrer Ausführungen an den etablierten Terminus technicus eines „Realproblems“ halten.

Diese *weit gefasste* BWL-Perspektive erlaubt es einerseits, ökonomische – u. a. auch volkswirtschaftliche¹ – Aspekte zu berücksichtigen, die über eine eng ausgelegte, auf den „Shareholder View“ fokussierte und somit „profitorientierte“, „kapitalmarktorientierte“ oder „kapitalistische“ Betrachtungsweise hinausgehen. Andererseits gestattet es diese weit gefasste BWL-Perspektive ebenso, sowohl ökologische als auch gesellschaftliche Gesichtspunkte in die Problemanalyse einzubeziehen. Dies entspricht weitgehend aktuellen betriebswirtschaftlichen Diskussionen zur „Corporate Social Responsibility“ (CSR) und zu ESG-Kriterien (Environmental, Social, Governance) für die *ganzheitliche* Beurteilung der wirtschaftlichen Unternehmensperformanz.²

Zusammengefasst erstreckt sich das hier betrachtete *Realproblem* auf die Analyse der Nachhaltigkeit von Elektromobilität in der City Logistics für gewerbliche Güterverkehre auf der letzten und ersten Meile im urbanen Umfeld mit Transportdistanzen von in der Regel durchschnittlich ca. 80 km und höchstens 150 km pro Tag aus der Perspektive einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse im CSR- und ESG-Kontext.

-
- 1) In diesem Beitrag wird der Einfachheit halber nicht zwischen einer betriebs- und einer volkswirtschaftlichen Perspektive unterschieden. Stattdessen werden beide Perspektiven im Sinne des Konzepts der „Triple Bottom Line“ unter den Begriff der *ökonomischen Perspektive* subsumiert. Außerdem gestattet es der CSR- und ESG-Kontext, der in Kürze angesprochen wird, zahlreiche volkswirtschaftliche Aspekte in eine *erweiterte* betriebswirtschaftliche (Wirtschaftlichkeits-)Analyse einzubeziehen. Beispielsweise fließen externe Effekte, die im Allgemeinen einer volkswirtschaftlichen Analyse vorbehalten sind („extern“ im Sinne von „außerhalb“ der Unternehmenssphäre, also „jenseits“ des konventionellen betriebswirtschaftlichen Erkenntnishorizonts), in die hier vorgelegte erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse ein, werden also in einer solchen Analyse „betriebswirtschaftlich internalisiert“. Daher wird das Attribut „ökonomisch“ im Folgenden zwar vordergründig im Sinne von „betriebswirtschaftlich“ verwendet (hinsichtlich einer Wirtschaftlichkeitsanalyse). Es schließt aber auch volkswirtschaftliche Aspekte insofern ein, wie betriebliches Entscheidungsverhalten in Bezug auf Investitionen in Nutzfahrzeuge im Rahmen einer *erweiterten* Wirtschaftlichkeitsanalyse auch volkswirtschaftliche Auswirkungen des Entscheidungsverhaltens berücksichtigt. Dazu gehören externe Effekte, die vor allem aus der CSR-Perspektive in eine erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse einfließen können.
 - 2) Auf begriffliche „Feinheiten“ und mögliche Differenzierungen wird hier nicht näher eingegangen. Stattdessen mögen einige wenige Andeutungen ausreichen. Beispielsweise wird der Aspekt „Governance“ aus den ESG-Kriterien in diesem Beitrag nicht näher untersucht, weil er sich nicht unmittelbar in das hier bevorzugte Analysenschema der „Triple Bottom Line“ einfügt. Dennoch wird nicht verkannt, dass der Governance-Aspekt auch im hier diskutierten Realproblemkontext von Interesse sein kann. So lässt sich darüber diskutieren, wie sich Forderungen nach „Good Governance“ im Triple-Bottom-Line-Kontext mit fragwürdigen Praktiken des „Greenwashing“ oder des (instrumentell eingesetzten) „Social Engineering“ vereinbaren lassen. Vgl. zu entsprechender Kritik am „Greenwashing“ beispielsweise WALKER/WAN (2012), S. 227 ff.; CHERRY (2014), S. 282 ff.; LYON/MONTGOMERY (2015), S. 225 ff., 233 ff. u. 239 ff.; KUBIAK (2016), S. 95 ff.; SIANO/VOLLERO/CONTE et al. (2017), S. 27 ff.; JONES (2019), S. 731 ff. u. 741 ff.; NGUYEN/YANG/NGUYEN et al. (2019), S. 1 ff. u. 10 ff.; DE FREITAS NETTO/FALCÃO SOBRAL/BEZERRA RIBEIRO et al. (2020), S. 2 ff.; ARNDT (2023), S. 169 ff.