

Ein Total Value-of-Ownership Modell zur Bewertung elektrifizierter Fahrzeugflotten

Thomas Görzen, Christian Meier, Dennis Kundisch

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Information Management & E-Finance

Universität Paderborn

Warburger Str. 100

33098 Paderborn

Thomas.Goerzen@wiwi.uni-paderborn.de

Christian.Meier@wiwi.uni-paderborn.de

Dennis.Kundisch@wiwi.uni-paderborn.de

Abstract: Elektromobilität nimmt als zukünftige Form der Mobilität eine zentrale Rolle ein. Dabei existieren allerdings einige Hürden die eine Verbreitung dieser Mobilitätsform gegenüberstehen. Gewerbliche Fahrzeugflotten bieten in diesem Zusammenhang die Möglichkeit eine zunehmende Verbreitung zu unterstützen, da ihre Rahmenbedingungen teilweise schon jetzt den Einsatz von Elektrofahrzeugen begünstigen. Um eine ökonomische Bewertung des Elektrifizierungspotenzials zu ermöglichen, wird auf Basis bereits vorhandener ökonomischer Bewertungsmodelle aus der Literatur ein integriertes Modell zur umfassenden Berücksichtigung von Kosten- und Nutzenparametern resultierend aus dem Einsatz von Elektrofahrzeugen in gewerblichen Flotten entwickelt. Weiterführend stellt dieses Modell die Basis für die Entwicklung eines webbasierten Entscheidungsunterstützungssystems dar, welches Betreiber gewerblicher Flotten bei der Bewertung des Elektrifizierungspotenzials unterstützen soll.

1 Motivation

„Die Zukunft gehört dem, der als erster die Kraft der Sonne in den Tank packt, mit Wasserstoff überholt oder CO₂-frei vorankommt.“

(Horst Köhler)

Elektromobilität als neue Form der Fortbewegung ist bereits im Zentrum der gesellschaftlichen Diskussion über Alternativen zur zukünftigen Mobilität angekommen. Die Gründe für die Suche nach Alternativen zu konventionell betriebenen Verbrennerfahrzeugen liegen vor allem in den stetig steigenden Preisen für fossile Kraftstoffe einhergehend mit einem absehbaren Ende deren Vorrats. „Die Elektrifizierung der Antriebe ist eine ganz wesentliche Stellschraube für eine zukunftsfähige Mobilität. Sie bietet die Chance, die Abhängigkeit vom Öl zu reduzieren, die Emissionen zu minimieren und die Fahrzeuge besser in ein multimodales Verkehrssystem zu integrieren.“ [Ne09, S.6]. Neben elektrisch unterstützten Zweirädern

befinden sich mittlerweile verschiedene batteriebetriebene Elektrofahrzeuge (BEV) auf dem Markt, die bereits in ersten Serien produziert werden. BEV stellen im Gegensatz zu Hybridfahrzeugen eine Form der Mobilität dar, die für den Antrieb gänzlich auf den Einsatz von fossilen Kraftstoffen verzichtet und somit eine langfristige Lösung darstellt.¹ Hinzu kommt vor allem auch in Deutschland ein erhöhtes Bewusstsein des weltweiten klimatischen Wandels, hervorgerufen durch den weltweit steigenden Ausstoß von Kohlenstoffdioxid und Feinstaub [DOK12], [Un98]. Laut Ergebnissen der Studie „Trend beim Autokauf 2013“ schreiben 75% der Befragten dem Elektroauto am ehesten die Fähigkeit zu, in den nächsten zehn Jahren am meisten für den Umweltschutz zu leisten. Der flächendeckenden Verbreitung der BEV stehen jedoch einige zu überwindende Hürden gegenüber. So antworteten 85% der Teilnehmer der Studie, dass ihr nächstes Fahrzeug voraussichtlich wieder mit einem Diesel- oder Ottomotor angetrieben werden wird [A13]. Lediglich 1% der Befragten zog ein elektrisch betriebenes Fahrzeug für den nächsten Kauf in Erwägung. Als Gründe dafür sind neben einer bisher nicht ausreichend vorhandenen Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge häufig die im Vergleich zu konventionell betriebenen Fahrzeugen mangelnde Reichweite sowie der deutliche höhere Anschaffungspreis zu identifizieren [EY11], [Te12].

In Anbetracht die ser Schwierigkeiten stellen gewerblich betriebene Flotten in diesem Zusammenhang kurz- und mittelfristig die „*vorrangig relevante Nutzergruppe dar*“ [NPE10, S.33f.]. Gewerbliche Flotten haben einen Anteil von über 13 % am gesamten mobilisierten Individualverkehr in Deutschland [MiD08] und machen ca. 30% des Neuwagenmarktes aus [P113]. Durch Fahrprofile mit einem hohen Anteil an planbaren, mit den Reichweiten aktueller BEV zu bewältigenden Routen können diese Hürden potenziell verringert werden [P113]. Jedoch bestehen aus Sicht gewerblicher Flottenbetreiber bei einer Einführung von BEV in den Betriebsalltag immer noch ökonomische Unsicherheiten. Um diese Unsicherheiten zu reduzieren und das Potenzial elektrisch betriebener Fahrzeuge im gewerblichen Flotteneinsatz ökonomisch bewerten zu können, werden umfassende ökonomische Modelle zur Erfassung der verschiedenen Kostenkategorien benötigt. Zu diesem Zweck wurden bereits zahlreiche Total-Cost-of-Ownership (TCO), Life-Cycle-Costing (LCC) sowie Total Value-of-Ownership (TVO) Modelle in der Literatur vorgeschlagen [DRD05], [E195], [FP02], [HW04]. Die vorgeschlagenen Modelle sind in der Lage, über die reinen Anschaffungskosten hinaus eine Vielzahl von Kostenkategorien über den gesamten Lebenszyklus (meist eines einzelnen Fahrzeugs) abzubilden. Jedoch reicht die reine kostenseitige Betrachtung zur umfassenden ökonomischen Bewertung nicht aus, da vor allem die Vorteile die potenziell aus der Nutzung der neuen Technologien (z.B. Netzunterstützungsleistungen) den momentan noch substanziell höheren Anschaffungskosten im Vergleich zu konventionell betriebenen Fahrzeugen noch nicht umfassend gegenübergestellt werden können. Zwar werden diese Nutzenpotenziale in der Literatur bereits isoliert betrachtet, allerdings ist den Autoren aktuell kein umfassendes ökonomisches Bewertungsmodell über alle Phasen des Lebenszyklus bekannt, welches umfänglich sowohl Kosten als auch aus dem Einsatz der neuen Technologien resultierende Nutzenpotenziale in gewerblichen Fahrzeugflotten berücksichtigen kann. Der vorliegende Beitrag verfolgt

¹ Aus diesem Grund werden im Rahmen dieser Arbeit rein elektrisch betriebene Fahrzeuge fokussiert, das resultierende Bewertungsmodell jedoch ist durch seine modulare Struktur ebenfalls zur Bewertung von Hybridfahrzeugen geeignet.

damit das Ziel, diese Forschungslücke zu schließen, indem er die folgende Forschungsfrage adressiert: Wie sollte ein integriertes Modell zur ökonomischen Bewertung von elektrifizierten gewerblichen Fahrzeugflotten unter umfassendem Einbezug relevanter Kosten- und Nutzenkategorien gestaltet werden?

Im Rahmen eines gestaltungsorientierten Forschungsparadigmas [He04] wird zur Beantwortung dieser Frage ein Artefakt in Form eines Modells entwickelt. Dieses Modell wird zukünftig als Basis für die Entwicklung eines webbasierten Entscheidungsunterstützungssystems für Flottenbetreiber dienen und im Rahmen des öffentlich geförderten interdisziplinären Forschungsprojektes Pfl eg!E-mobil², gemeinsam mit einem Flottenbetreiber parametrisiert, instanziiert und evaluiert.

2 Anforderungen an ein integriertes Kosten-Nutzenmodell der Elektromobilität und Stand der Forschung

Die Kostenbetrachtung von Elektrofahrzeugen stellt einen zentralen Aspekt bei der Beurteilung der Eignung von Elektromobilität für den Einsatz in gewerblichen Fahrzeugflotten dar. Im Gegensatz zu privaten Nutzern, die bei der Kaufentscheidung eines Fahrzeugs auch Wert auf Aspekte wie Marke, Design oder spezifische Fahrleistungen legen, spielen bei gewerblichen Haltern insbesondere der Anschaffungspreis und darüber hinaus die Gesamtkosten des Fahrzeugs eine zentrale Rolle bei der Kaufentscheidung [HA11]. Gerade im Bereich des Anschaffungspreises liegen elektrisch betriebene Fahrzeuge aktuell noch deutlich über konventionell betriebenen Fahrzeugen. Für einen BEV-Kleinwagen beispielsweise, können die Anschaffungskosten bis zu 40% über denen eines vergleichbaren konventionell betriebenen Dieselfahrzeugs liegen [PI13]. Im Gegensatz dazu sind die Betriebskosten bei BEV potentiell geringer. Aus diesem Grund ist eine Gesamtkostenbetrachtung für eine fundierte Bewertung notwendig. Die Betrachtung der Gesamtkosten von Gütern stellt allgemein keinen neuen Ansatz dar. Bereits 1928 wurde die Bedeutung der Kostenbetrachtung über den eigentlichen Kaufpreis hinaus hervorgehoben [Ha28]. Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Ansätze der Gesamtkostenbetrachtung, z.B. in Form von Total-Cost-of-Ownership Modellen entwickelt, welche seither auch ein stetiger Diskussionsgegenstand der Wirtschaftsinformatik sind [Ge09a].

In der Vergangenheit wurde eine Vielzahl verschiedener allgemeiner und kontextspezifischer Bewertungsmodelle in der Literatur vorgeschlagen ([DRD05], [El93], [FP02], [WH00], [NPE11], [Bi11]). Die vorliegenden Ansätze unterscheiden sich in ihrem grundsätzlichen Aufbau und in der Bestimmung der relevanten Kostentreiber sowie deren Kategorisierung teils deutlich, so dass diese verschiedenen Modelle zu differierenden Ergebnissen führen können [Kr07]. Um eine Basis für eine fundierte und vergleichbare ökonomische Bewertung elektrifizierter Fahrzeugflotten treffen zu können, ist es daher notwendig, die bestehenden Modelle auf die Anforderungen hin zu

² Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitforschung im Projekt Pfl eg!E-mobil wird sowohl eine technische, soziologische als auch ökonomische Untersuchung durchgeführt. Das Projekt wird im Rahmen des Ziel2.NRW Programms durch das Land Nordrhein-Westfalen sowie durch die Europäische Union gefördert.

überprüfen, die aus den besonderen Charakteristika elektrifizierter Fahrzeuge im Flotteneinsatz entstehen. Im Folgenden werden diese Anforderungen aus der einschlägigen Literatur sowie auf Basis von Interviews mit den Projektpartnern und Betreibern gewerblicher Fahrzeugflotten³ argumentativ-deduktiv abgeleitet. Anschließend werden bestehende Modelle aus der Literatur anhand dieser Anforderungen bewertet.

2.1 Ableitung der Anforderungen an ein integriertes Bewertungsmodell der Elektromobilität in gewerblichen Flotten

Durch die Nutzung von (Elektro-)Fahrzeugen entstehen unterschiedliche Arten von Kosten. Neben den einmalig anfallenden Anschaffungskosten (im Falle eines Kaufs) sind typischerweise Steuern und Versicherungsgebühren zu entrichten. Diese Kosten sind üblicherweise nutzungsunabhängig, das heißt sie variieren nicht mit der Intensität des Gebrauchs. Dem gegenüber stehen zum Beispiel Betriebs- und Wartungskosten, welche stark von der Intensität der Nutzung abhängig sind. Da sich BEV innerhalb dieser Kategorien teils stark von konventionell betriebenen Fahrzeugen unterscheiden [P113], ist es nicht zuletzt aus Transparenzgründen notwendig, dass ein Bewertungsmodell in der Lage ist, zwischen diesen fixen und variablen Kosten zu unterscheiden.

Anforderung A1: Ein Bewertungsmodell der Elektromobilität in gewerblichen Flotten muss eine Differenzierung in fixe und variable Kosten erlauben.

Bereits vor der Kaufentscheidung für einen bestimmten Fahrzeugtypen fallen Kosten (z.B. für die Selektion eines geeigneten Fahrzeugs) an. Weiterhin fallen nach der Nutzungszeit ggf. Entsorgungskosten an. Da diese Kosten aufgrund des unterschiedlichen Angebots und den unterschiedlichen Maßen an Vertrautheit mit den jeweiligen Technologien bei BEV und konventionell betriebenen Fahrzeugen potenziell variieren können, sollte ein umfassendes Bewertungsmodell in der Lage sein diese Kosten berücksichtigen zu können. Daraus leitet sich die Anforderung ab, dass ein umfassendes Bewertungsmodell alle Phasen, von der Beschaffung bis zur Entsorgung, abbilden kann. Da ein Bewertungsmodell für die Nutzung im Kontext von Fahrzeugflotten erstellt werden soll, werden dabei an dieser Stelle explizit Kosten für die Produktion (im Verständnis von LCC Modellen) ausgeklammert⁴.

Anforderung A2: Ein Bewertungsmodell der Elektromobilität in gewerblichen Flotten muss in der Lage sein, alle Phasen des Nutzungszyklus abzubilden.

Bei der Anschaffung von konventionell betriebenen Fahrzeugen betrifft die Anschaffungsentscheidung meist nur das Fahrzeug selbst, da Ladeinfrastruktur typischerweise in Form einer öffentlichen Tankstelleninfrastruktur verfügbar ist. Anders

³ Es wurden im Rahmen des öffentlich geförderten Projektes drei semistrukturierte Leitfadenterviews mit dem Geschäftsführer eines ambulanten Pflegedienstes, einem Fuhrparkmanager eines weiteren ambulanten Pflegedienstes, sowie einem Fuhrparkmanager eines regionalen Energieversorgers geführt.

⁴ Wir nehmen vereinfachend an, dass derartige Produktions- und Entwicklungskosten aus Sicht des in dieser Untersuchung stehenden Flottenbetreibers bereits im Anschaffungspreis Berücksichtigung finden.

verhält es sich aktuell für BEV. Hier müssen die Ladeinfrastruktur sowie eventuelle Abrechnungssysteme ebenfalls bei der Bewertung Berücksichtigung finden. Aus diesem Grund reicht eine singuläre Betrachtung des reinen Fahrzeugs nicht aus.

Anforderung A3: Ein Bewertungsmodell der Elektromobilität in gewerblichen Flotten muss in der Lage sein, alle Infrastrukturkomponente, die für den Betrieb einer Fahrzeugflotte notwendig sind, abbilden zu können.

Fahrzeuge dienen in gewerblichen Flotten dem Zweck, eine Produkt- oder Dienstleistungserbringung zu ermöglichen (z.B. Lieferdienstfahrten). Fallen ein oder mehrere Fahrzeuge (oder Teile der benötigten Infrastruktur) aus, so entstehen neben den direkten Kosten für Instandsetzung oder Ersatzbeschaffung auch indirekte Kosten durch den Ausfall des Fahrzeugs. Nach dem TCO-Modell der Gartner-Group werden die indirekten Kosten als effizienzhemmende Vorgänge im Rahmen der Nutzung des jeweiligen Produkts verstanden [WH00]. Beispielsweise kann aus dem Ausfall eines benötigten Fahrzeugs bei einem innerstädtischen Pflegedienst eine nicht erbrachte Dienstleistung und somit eine Schmälerung der Erlöse (vllt. sogar verbunden mit Strafzahlungen) resultieren.

Anforderung A4: Ein Bewertungsmodell der Elektromobilität in gewerblichen Flotten muss sowohl direkte als auch indirekte⁵ Kosten berücksichtigen können.

Neben der Ermöglichung der Dienstleistungserbringung in gewerblichen Flotten können Fahrzeuge auch sekundären Zwecken dienen. So ist es z.B. vorstellbar, dass das Fahrzeug als Werbeträger sogar Einnahmen generieren kann. Im Falle von BEV kommt zudem die Möglichkeit der Bereitstellung von Systemdienstleistungen für Energieversorgungsunternehmen in Betracht (Netzunterstützungsleistungen)[QZB09]. Die Bereitstellung einer Flotte von mobilen Energiespeichern kann unter Umständen den ökonomischen Effekt des höheren Anschaffungspreis im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen abschwächen. Diese und mögliche weitere Potenziale zur Wertgenerierung sollten in eine Bewertung ebenfalls mit einbezogen werden, um ein umfassendes Bild der ökonomischen Potenziale darstellen zu können.

Anforderung A5: Ein Bewertungsmodell der Elektromobilität in gewerblichen Flotten muss die Möglichkeit bieten, sowohl umfassende Kosten- als auch Erlöskategorien zu berücksichtigen.

2.2 Vergleich der Anforderungen mit bestehenden Modellen

Um einen Vergleich verschiedener Ansätze aus der Literatur anzustellen, wurde in kumulativer Forschungstradition eine Bewertung 20 verschiedener Modelle von [Ge09b] herangezogen. Aufbauend auf dem umfassenden Vergleich von branchenspezifischen und branchenunabhängigen TCO und LCC Modellen wurden für den weiteren Verlauf dieser Arbeit die geeignetsten Modelle aus [Ge09b] ausgewählt und im Rahmen einer Literaturrecherche um branchenspezifische Modelle speziell für die Elektromobilität

⁵ Im Sinne von indirekten Kosten als effizienzhemmende Vorgänge

ergänzt. Dabei wurden diejenigen Modelle aus [Ge09b] von der weiteren Untersuchung ausgeschlossen, die aufgrund ihres Branchenfokus nicht hinreichend generalisierbar sind. Von den verbleibenden, allgemein formulierten Modellen in der Literatur wurden für die weitere Betrachtung im Rahmen dieser Arbeit die Modelle von [DRD05] und [EI93] ausgewählt, da sie in Bezug auf die Vollständigkeit sowie die weiteren von [Ge09b] angelegten Kriterien den höchsten Zielerreichungsgrad aufweisen. Zudem wurden die branchenspezifischen Modelle von [FP02] und [WH00] in die weitere Betrachtung mit aufgenommen, da sie eine umfangreiche Aufschlüsselung empirisch erhobener Kostenkategorien aufweisen [FP02] bzw. trotz Branchenfokus den höchsten Zielerreichungsgrad [WH00] der Kriterien von [Ge09b] erreicht haben und hinreichend generalisierbar sind. Diese vier Modelle wurden um im Rahmen einer Literaturrecherche ermittelte spezifische Ansätze zur Bewertung von Elektrofahrzeugen erweitert. Es werden dabei auf Basis einer Vorab-Begutachtung durch die Autoren ebenfalls die beiden umfangreichsten und vielversprechendsten Modelle ([NPE11], [Bi11]) in dieser Arbeit berücksichtigt. Tabelle 1 stellt die Erfüllungsgrade der definierten Anforderungen tabellarisch dar. Die Bewertung der jeweiligen Ansätze im Hinblick auf die Erfüllungsgrade wurde durch die Autoren des Beitrags vorgenommen. Dabei bewerteten die Autoren die aus der Literatur extrahierten Modelle jeweils unabhängig voneinander anhand der identifizierten Anforderungen und teilten sie bezüglich der Erfüllungsgrade dieser ein. Anschließend wurden unterschiedliche Einschätzungen diskutiert und die Ergebnisse zusammengefasst.

Tabelle 1: Erfüllungsgrade der definierten Anforderungen

	Anf. 1		Anf. 2	Anf. 3		Anf. 4	Anf. 5
	Fix	Variabel	Verschiedene Nutzungsphasen	Direkt	Indirekt	Gesamte Infrastruktur	Erlöse
[DRD05]	X	o	X	o	o		
[EI93]	X	o	o	o	o		o
[FP02]	X	o	o	o	o	X	o
[WH00]	X	o		X	X	o	
[NPE11]	o	o					o
[Bi11]	X	X	o			o	X

Legende: X: Explizit im Modell vorgesehen

o : Nicht explizit im Modell vorgesehen, aber grundsätzlich im Modell umsetzbar

Die Analyse der Ansätze im Hinblick auf die definierten Anforderungen zeigt, dass die vorhandenen Modelle in Summe bereits viele der Anforderungen explizit oder implizit erfüllen können. Die verschiedenen Modelle legen dabei unterschiedliche Schwerpunkte und variieren im Hinblick auf die Granularität der definierten Kostenkategorien und konkreten Kostentreiber teils stark. Am ehesten ist das Modell von [Fe02] in der Lage, die definierten Anforderungen umfänglich zu erfüllen. Jedoch finden die Anforderung nach Berücksichtigung variabler Kostenarten, verschiedener Nutzungsphasen im Lebenszyklus, direkte und indirekte Kosten sowie die Berücksichtigung von Erlösen nur implizit Einzug im Modell [FP02]. Das bedeutet, dass zum Beispiel Opportunitätskosten (als eine Ausprägung indirekter Kosten) im Model berücksichtigt werden. Jedoch wird keine explizite Unterscheidung zwischen direkten und indirekten Kosten vorgenommen.

Eine strukturierte, explizite Darstellung der verschiedenen Anforderungen ist aus unserer Sicht jedoch nicht nur hilfreich, sondern auch notwendig, um den Nutzer eines solchen Bewertungsmodells bestmöglich bei der Identifikation und der Bewertung der konkreten Kosten in den einzelnen Kostenarten zu unterstützen. Im Folgenden wird daher auf Basis der Stärken der bestehenden Modelle ein integriertes Modell zur ökonomischen Bewertung für den Einsatz von Elektrofahrzeugen in gewerblichen Flotten entwickelt. Das Modell übernimmt Komponenten und Konzepte der bereits vorhandenen Modelle und überführt diese in ein Gesamtmodell mit dem Anspruch, alle definierten Anforderungen explizit um umfassend adressieren zu können.

3. Entwicklung eines integrierten TVO-Modells

Verschiedene Nutzungsphasen und Betrachtung der gesamten der Infrastruktur

Die grundlegende Struktur des Modells orientiert sich an dem Modell nach [DRD05]. Im Unterschied zu den rein kostenorientierten Modellen des LCC und TCO umfasst das integrierte Modell ebenso mögliche Erlöskategorien die bei der Elektrifizierung einer Fahrzeugflotte auftreten können. Für das Modell wird eine Matrix der einzelnen Kostenkategorien erstellt, die in den Spalten die verschiedenen Nutzungsphasen der Betrachtungsobjekte umfasst (vgl. Abbildung 1). Die Phasen in den Spalten umfassen die Beschaffung, den Empfang, den Besitz, die Nutzung und die Entsorgung der Betrachtungsgegenstände. Somit kann die Anforderung 2 erfüllt werden, alle relevanten Nutzungsphasen der Betrachtungsobjekte zu erfassen. In den Zeilen werden die fünf relevanten Betrachtungsobjekte aufgeführt, die notwendig sind, um eine Elektromobile Infrastruktur zu betreiben. Diese stellen neben dem Fahrzeug auch die Energie (Energieversorgung, Tarif etc.), die Ladeinfrastruktur, die Batterie und die für die Abrechnung der Energie benötigte Infrastruktur (z.B. handybasiertes Ladesystem, RFID Lösung etc.) dar.

Fixe und variable Kosten

Die einzelnen Kosten- und Erlöskategorien des Modells werden, Anf. 1 folgend, in fixe und variable Kategorien unterteilt (vgl. [BK11]). Dabei wird neben der Unterscheidung nach fixen (Anschaffungskosten pro Fahrzeug, Ladeinfrastrukturkomponente etc.) und variablen Kosten (Betriebskosten für Fahrzeug, nutzungsabhängige Wartungskosten, etc.) noch eine weitere Kategorie, die der flottenfixen Kosten, eingeführt. Fixe Kosten oder Erlöse fallen pro Betrachtungsgegenstand in feststellbarer, fixer Höhe an. Variable Kosten und Erlöse sind abhängig von der Nutzungsintensität des bzw. der Betrachtungsobjekte und variieren mit deren Nutzung (z.B. Treibstoff- oder Energiekosten). Im Unterschied zu privaten Nutzern, die einzelne Betrachtungsobjekte wie z.B. die Ladeinfrastruktur nur für ein Fahrzeug nutzen, können Flottenbetreiber bestimmte Betrachtungsobjekte für mehrere Fahrzeuge nutzen wodurch diese Kategorie (weitestgehend) unabhängig von der Nutzungsintensität ist. Daher ist die Differenzierung dieser Kategorie im Modell sinnvoll um Flottenbetreibern bei der ökonomischen Betrachtung diese Kosten nachvollziehbar aufzeigen zu können.

Indirekte und direkte Kosten

Da gerade bei der Betrachtung einer gewerblichen Flotte auch Kosten relevant sind, die durch ungeplante Ausfälle der Fahrzeuge und der Infrastrukturkomponenten entstehen können, wurde das Modell in Anlehnung an das bestehende TCO-Modell der Gartner Group [WH00] um direkte und indirekte Kosten erweitert (vgl. Anf. 4). Dabei werden unter direkten Kosten solche verstanden, die zur Bereitstellung der Leistung direkt den einzelnen Betrachtungsobjekten zugeordnet werden können [WH00]. „Die direkten Kosten können mit einem relativ hohen Genauigkeitsgrad bestimmt werden und größtenteils auch durch Belege oder Rechnungen in ihrer Höhe schriftlich erfasst werden“ [WH00, S.11]. Beispiele für direkte Kosten sind Anschaffungskosten oder Leasinggebühren für einzelne Betrachtungsobjekte. Indirekte Kosten können als Wertverzehr definiert werden, „*der aus effizienzhemmenden Vorgängen im Rahmen der Nutzung einer bestimmten Technologie entstehen*“ [WH00, S.11]. Diese indirekten Kosten umfassen typischerweise Opportunitätskosten durch Produktivitätseinbußen und können dem Ausgangsmodell entsprechend in zwei Teile gegliedert werden. Zum einen sind dies Kosten, die durch Zeiten entstehen, in denen die einzelnen Betrachtungsobjekte, wie z.B. die Elektrofahrzeuge oder die Ladeinfrastruktur, nicht genutzt werden können. Dazu zählen vor allem Ausfall- oder Wartungszeiten aber auch Verzögerungszeiten bei der Bereitstellung der Betrachtungsobjekte. Der andere Teilbereich der indirekten Kosten umfasst Kosten, die durch nicht produktiv verbrachte Arbeitszeit der Nutzer verursacht werden. Dazu gehören Zeiten, die für das Erlernen des Umgangs mit den Betrachtungsobjekten, z.B. den Fahrzeugen oder der Ladesäule, benötigt werden. In diesen Zeiten, die für das Lernen am Arbeitsplatz, Schulungen oder Peer-to-Peer Support (z.B. fachfremde Hilfestellung von Mitnutzern) aufgewendet werden, können die Mitarbeiter ihrer eigentlichen Tätigkeit nicht nachgehen wodurch (Opportunitäts-)Kosten entstehen.

Integration potenzieller Erlösfaktoren

Um die Anforderung nach einer Betrachtung der möglichen Erlösfaktoren zu erfüllen, und um die geäußerte Kritik an Modellen mit reinem Kostenfokus [HW04] aufzugreifen, wird das Modell um potenziell relevante Erlösfaktoren erweitert. Im Kontext der Elektromobilität stellen diese „revenue-enhancing-effects“ [HW04], also jene Effekte, die zu möglichen Erlösen durch die Nutzung eines bestimmten Gutes führen können, vor allem Netzunterstützungsleistungen der Elektrofahrzeuge (Vehicle-to-Grid) dar [Bi11]. Insbesondere bei gewerblichen Fahrzeugflotten besitzen diese Erlösfaktoren aufgrund der Anzahl an Fahrzeugen sowie den planbaren Fahr- und Standzeiten ein relevantes Potenzial [QZB09]. Somit wird das rein kostenorientierte TCO-Modell in ein kosten- und nutzenorientiertes Total Value-of-Ownership Modell überführt.

Parametrisierung der Kategorien

Um eine umfangreiche und komplette Parametrisierung des erstellten Modells zu gewährleisten wurde eine Dokumentation der einzelnen Kosten- und Erlöskategorien erstellt. Dabei wurde für jede Kategorie ein Steckbrief erstellt, der die wichtigsten Informationen jeder einzelnen Kategorie enthält. Zunächst wird der einzelne Kosten-

oder Erlöstreiber sowohl der Phase als auch dem Betrachtungsobjekt zugeordnet. Beispielhaft ist in Tabelle 2 die Kostenkategorie „Anschaffungskosten“ des Betrachtungsobjekts „Fahrzeug“ dargestellt, welche innerhalb des TVO-Modells der Phase „Beschaffung“ zuzuordnen ist. Die Definition der Kostenkategorie stellt sicher, dass mögliche Unklarheiten, die anhand einer reinen Betrachtung des Steckbrieftitels entstehen könnten, ausgeräumt werden. Die „Art“ gibt an, ob es sich bei der betrachteten Kosten- bzw. Erlöskategorie um einen variablen, fixen oder flottenfixen Betrag handelt. Die „Berechnungsvorschrift“ beschreibt die Grundlage der monetären Quantifizierung der Kosten- oder Erlöse. Dabei wird definiert, wie die Höhe dieser festzulegen bzw. zu ermitteln ist. Häufig stellt der Wert die Anschaffungskosten des Betrachtungsobjekts dar, in Einzelfällen (z.B. für die Ermittlung der der Energie- oder Wartungskosten pro Fahrzeug) wird jedoch eine spezifische Berechnungsvorschrift benötigt, um eine möglichst genaue Ermittlung der Kosten oder Erlöse zu bestimmen.

Die Zeile Parametrisierung enthält eine Angabe zur monetären Höhe des Betrachtungsobjekts, welche mittels der Berechnungsvorschrift bestimmt werden kann. Die materialistische Grenze beschreibt eine bestimmte (und im Projektverlauf noch empirisch zu bestimmende) monetäre Größe die ein Betrachtungsgegenstand überschreiten muss, um als relevanter Faktor für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung angesehen zu werden. Wird diese Grenze nicht überschritten, so fließt diese Kosten-bzw. Erlöskategorie nicht in die ökonomische Betrachtung ein, wird aber zur möglichst vollständigen Betrachtung aufgeführt. Als Beispiel können die Zahlungskosten (bspw. für eine Überweisung anfallende Bankgebühren) der einzelnen Betrachtungsobjekte, die in der Phase „Beschaffung“ anfallen, angeführt werden. Im letzten Teil des Steckbriefs wird erläutert ob die Kosten- oder Erlöskategorie elektrofahrzeug-spezifisch ist, d.h. nur im Kontext der Elektromobilität auftritt oder auch für vergleichbare, konventionell angetriebene Fahrzeuge entsteht. Dieser Aspekt ist von Relevanz, da dadurch ein Vergleich zwischen den Kosten- und Erlösfaktoren von Elektro- und konventionell angetriebenen Fahrzeugen vereinfacht wird bzw. Unterschiede verdeutlicht werden können.

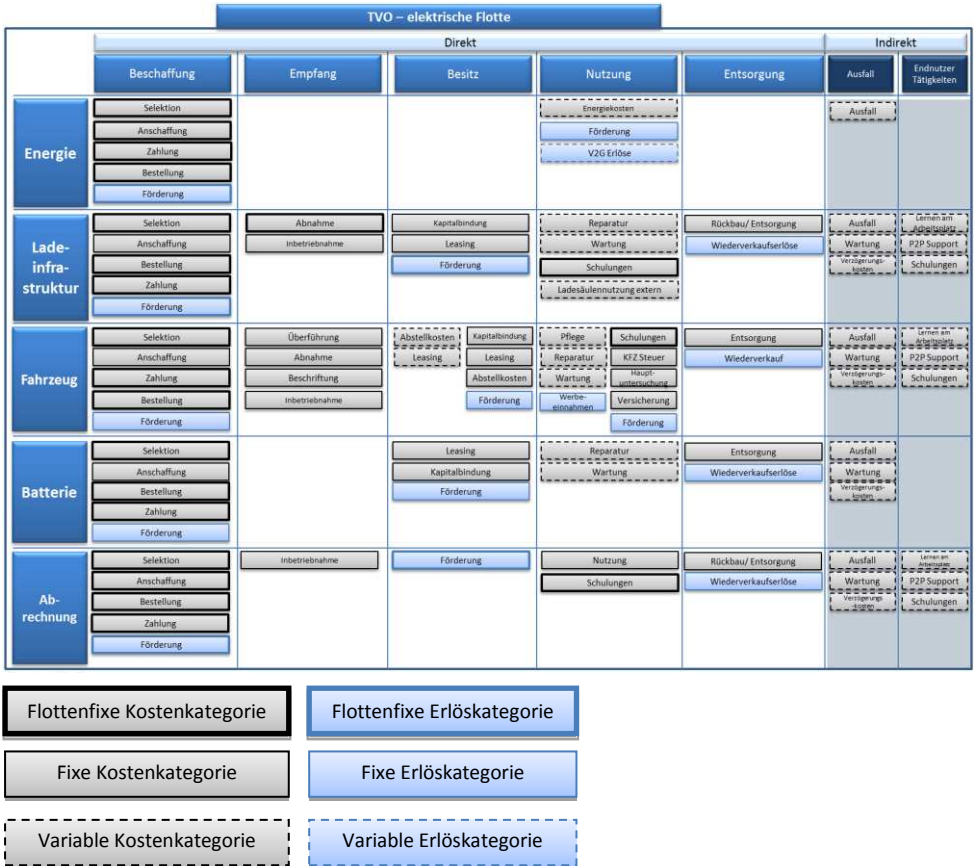
Tabelle 2: Steckbrief der Kosten- und Erlöskategorien

	Fahrzeug/Beschaffung/Anschaffungskosten
Definition	Die Anschaffungskosten für ein Fahrzeug bestehen aus dem Kaufpreis. Die Kosten werden hier ohne Kauf der Batterie betrachtet.
Art	Fix
Berechnungsvorschrift	Anschaffungskosten = Kaufpreis
Parametrisierung	Durchschnittlicher Nettolistenpreis DIESEL Kleinwagen: 12.592 € Durchschnittlicher Anschaffungspreis BEV Kleinwagen: 20.020€ Quelle: [P113]
Materialistische Grenze überschritten	Ja
Elektroauto-spezifische Kostenkategorie	Nein

Das konzeptionelle Gesamtmodell ist in Abbildung 1 dargestellt. Eine vollständige und umfangreiche Dokumentation der konkreten Kostentreiber innerhalb der dargestellten Kostenkategorien (in Form der Darstellung von Tabelle 2) wird im Rahmen der

Zwischen- und Abschlussberichte des öffentlich geförderten Forschungsprojektes, im Rahmen dessen dieses Modell erarbeitet wurde, veröffentlicht und ist somit nicht Teil des vorliegenden Beitrags. Die Spalten der Abbildung stellen die verschiedenen Nutzungsphasen dar, während die Zeilen das jeweilige Betrachtungsobjekt referenziert.

Abbildung 1: Integriertes TVO-Modell



4. Zusammenfassung und Ausblick

Elektromobilität ist eines der dominierenden Themen bei der Betrachtung zukünftiger Mobilitätskonzepte und bereits im Zentrum der gesellschaftlichen Diskussion angekommen. Dabei konnte diese Form der Mobilität allerdings bisher noch nicht die (auch durch die Bundesregierung im [Ne09] formulierte) angestrebte Verbreitung erreichen. Gewerbliche Fahrzeugflotten besitzen das Potenzial, eine wichtige Rolle bei der Verbreitung dieser Form der Mobilität einzunehmen, da sie aufgrund ihrer Eigenschaften (wie z.B. planbaren Routen mit Streckenlängen, die auch mit bestehenden Batterien bereits bewältigt werden können) und ihrer hohen Marktrelevanz als vielversprechende Erstnutzer in Frage kommen. Um eine differenzierte und vollständige

ökonomische Bewertung der Elektrifizierung einer gewerblichen Fahrzeugflotte zu ermöglichen, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein integriertes Kosten-Erlös-Modell für diesen Kontext entwickelt und konzeptionell dargestellt. Zu diesem Zweck wurden im ersten Schritt spezielle Anforderungen zur Elektrifizierung gewerblicher Fahrzeugflotten definiert. Im Folgenden wurden bestehende Bewertungsansätze aus der Literatur identifiziert und deren Eignung für den Einsatz zur Bewertung des Elektrifizierungspotenzials evaluiert. Auf Basis der wertvollen Ansätze der Literatur wurde ein integriertes Kosten-Nutzen-Modell entwickelt, welches in der Lage ist die definierten Anforderungen umfangreich zu erfüllen. Das resultierende Modell der Elektromobilität zielt darauf ab, Betreiber gewerblicher Flotten strukturiert bei der Identifikation und Bewertung der Elektrifizierungspotenziale zu unterstützen. Das Modell umfasst fünf Nutzungsphasen und ist in der Lage neben der Bewertung des Fahrzeugs ebenso die benötigten Infrastrukturkomponenten (Ladeinfrastruktur, Abrechnungsinfrastruktur etc.) zu berücksichtigen. Des Weiteren werden neben direkten Kosten auch indirekte Kosten resultierend aus effizienzhemmenden Vorgängen (Fahrzeugausfall etc.) einbezogen. Zudem können aus den spezifischen Charakteristika aus der Elektromobilität resultierende Erlöspotenziale (Netzunterstützungsleistung etc.) mit in die Bewertung einbezogen werden. Das in dieser Arbeit vorgestellte konzeptionelle Modell wird im Rahmen eines öffentlich geförderten Forschungsprojektes gemeinsam mit einem gewerblichen Flottenbetreiber parametrisiert und im Zuge dessen zur Bewertung des Elektrifizierungspotenzials einer konkreten gewerblichen Flotte eingesetzt. Auf Basis des umfangreichen Modells wird weiterhin zukünftig ein webbasiertes Entscheidungsunterstützungssystem entwickelt, welches Flottenbetreiber in Form eines „Quick-Checks“ sowie eines vollständigen Systems bei der Bestimmung des Elektrifizierungspotenzials ihrer konkreten Flotte unterstützen soll.

Literaturverzeichnis

- [BK11] Brickert, S.; Kuckshinrichs, W: Electromobility as a Technical Concept in an Ecological Mobility Sector? An Analysis of Costs. In Proceedings of the 9th International Conference of the European Society for Ecological Economics (ESEE 2011), Istanbul, Turkey, 2011; Verfügbar online: http://www.esee2011.org/registration/fullpapers/esee2011_54ff9e_2_1307627504_8295_2080.pdf
- [DRD05] Degreave, Z.; Roodhooft, F.; van Doveren, B.: The use of total cost of ownership for strategic procurement: a company-wide management information system. In Journal of Operational Research Society 56, 2005, S. 51-59.
- [DOK12] Dijk, M.; Orsato, R.; Kemp, R.: The emergence of an electric mobility trajectory. In Energy Policy 52, 2012, S. 135-145.
- [EY11] Ernst Young: European Automotive Survey, 2011, S. 16.
- [EI95] Ellram, L.M.: Total cost of ownership: An analysis approach for purchasing. In International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 25 (8), 1995, S. 4-23.
- [FP02] Ferrin, B.G.; Plank, R.E.: Total Cost of Ownership Models: An Exploratory Study. In Journal of Supply Chain Management 38 (2), 2002, S.18-29.
- [Ge09a] Geissdörfer, K.: Total Cost of Ownership (TCO) und Life Cycle Costing (LCC). Einsatz und Modelle: Ein Vergleich zwischen Deutschland und USA. 1. Aufl. Münster, Westf: LIT.

- [Ge09b] Geissdörfer, K.; Gleich, R.; Wald, A: Standardisierungspotentiale lebenszyklusbasierter Modelle des strategischen Kostenmanagements. In Zeitschrift für Betriebswirtschaft 79, 2009, S. 693–715.
- [Ha28] Harriman, N.F.: Principles of Scientific Purchasing. New York: McGraw-Hill, 1928.
- [He04] Hevner, A.R.; March, S.T.; Park, J.; Ram, S.: Design science in information systems research. MIS quarterly 28 (1), 2004, S. 75-105.
- [HW04] Hurkens, W.; Wynstra, F.: The Concept ‘Total Value of Ownership’: A Case Study Approach, Erasmus Research Institute of Management, Rotterdam, 2004: S. 51- 62.
- [Kr07] Krämer, S.: Total Cost of Ownership. Konzept, Anwendung und Bedeutung im Beschaffungsmanagement deutscher Industrieunternehmen. Saarbrücken: VDM Verl. Dr. Müller, 2007.
- [MiD08] Mobilität in Deutschland 2008, Tabellenband, S. 113 ff. http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mobilitaet-in-deutschland.de%2Fpdf%2FMiD2008_Tabellenband.pdf&ei=Y6pnU4-0GIWiO5e1gagB&usq=AFQjCNEq3VYlo_eJrhEgX1vJsHLfzaVQ-A&sig2=dSGJwcWpaXJk0iYQ6trHPg&bvm=bv.65788261,d.ZWU. Letzter Abruf: 05.05.14.
- [NPE10] Zwischenbericht der nationalen Plattform Elektromobilität, 30. November 2010. Letzter [http://www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/zwischenberic-hte-der-nationalen-plattform-elektromobilitaet/?tx_ttnews\[backPid\]=708](http://www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/zwischenberic-hte-der-nationalen-plattform-elektromobilitaet/?tx_ttnews[backPid]=708) Letzter Abruf: 05.05.14.
- [NPE11] Nationale Plattform Elektromobilität: Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität. 2011 Anhang. Hg. v. Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung. Berlin. Online verfügbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bericht_emob_2.pdf, Letzter Abruf 08.05.14
- [Ne09] Nationaler Entwicklungsplan der Elektromobilität der Bundesregierung, 2009. Online verfügbar unter: www.bmbf.de/pubRD/nationaler_entwicklungsplan_elektromobilitaet.pdf, Letzter Abruf 08.05.14
- [Pl13] Plötz, P.; Gnnann, T.; Kühn, A.; Wietschel, M: Markthochlaufszszenarien für Elektrofahrzeuge. Fraunhofer ISI, 2013.
- [Un98] United Nations: Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1998; Online verfügbar unter: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>. Letzter Abruf 06.04.14
- [Ha11] Hacker, F.: Öko-Institut e.V.: Betrachtung der Umweltentlastungspotenziale durch den verstärkten Einsatz von kleinen, batterieelektrischen Fahrzeugen im Rahmen des Projekts „E-Mobility Berlin“, Status-Seminar Elektromobilität Berlin-Brandenburg, 2011, Öko-Institut: Berlin
- [QZB09] Quinn, C.; Zimmerle, D.; Bradley, T.-H.: The effect of communication architecture on the availability, reliability, and economics of plug-in hybrid electric vehicle-to-grid ancillary services. In Journal of Power Sources 195 (5), 2009, S.1500-1509.
- [A13] Aral Studie: Trend beim Autokauf 2013. www.aral.de/content/dam/aral/pdf/Brosch%C3%BCren/aral_studie_trends_beim_autokauf_2013.pdf, Letzter Abruf: 05.05.14.
- [Te12] Teichmann, GA; Trützscher, J; Hahn, C; Schäfer, PK; Hermann, A; Höhne, K: Elektromobilität Normen bringen die Zukunft in Fahrt. 2012; http://www.pwc.de/de_DE/de/offentliche-unternehmen/assets/studie_normung.pdf. Letzter Abruf 15.04.14
- [WH00] Wild, M.; Herges, S.: Total Cost of Ownership (TCO) - Ein Überblick. Mainz: Arbeitspapiere WI, Universität Mainz, 2000.