Cloudbasierte Fuhrparkoptimierung für Elektrofahrzeuge

Elektrofahrzeuge besitzen ein großes Potenzial *für den Einsatz in Unternehmensflotten. Um Flottenmanagern die Integration von diesen in den eigenen Fuhrpark zu erleichtern, hat ein Team am Anwendungszentrum KEIM der Hochschule Esslingen eine Software entwickelt, die Flotten analysieren und das Elektrifizierungspotenzial identifizieren kann. Als Ergebnis gibt es eine Liste mit konkreten Vorschlägen, welche Elektrofahrzeuge in den eigenen Fuhrparkbetrieb passen.*

1. Einleitung

Elektrofahrzeuge sind auf dem Vormarsch. Überall liest man über sie und es wird viel darüber diskutiert, welches Potenzial in ihnen steckt, und ob und inwiefern sie dazu beitragen können, unsere Welt etwas sauberer und die Mobilität umweltfreundlicher zu gestalten. Auf dem Markt begegnet diesen Fahrzeugen allerdings auch eine große Skepsis bezüglich deren Alltagstauglichkeit. Privatpersonen sowie Unternehmen finden diese Technik zwar sehr interessant, aber fürchten, dass die Fahrzeuge wegen ihrer relativ knappen Reichweite im Moment noch nicht in der Lage sind, ihre Nutzer durch den Alltag zu befördern. Neben der Reichweite stellt sich auch die Frage nach einer ausreichenden Ladeinfrastruktur.

Diese und andere Fragen müssen sich Interessenten der Elektromobilität stellen, bevor sie ein Elektrofahrzeug erwerben. Trotz der Einschränkungen, die Elektrofahrzeuge heute noch haben, können sie aber sinnvoll und gewinnbringend eingesetzt werden. Großes Potenzial bieten hier die Flotten von Unternehmen, insbesondere solche, die in Pools organisiert sind. Der Vorteil poolorganisierter Flotten ist die flexible Zuteilung von Fahrzeug zu Aufgabe und Person. Es gibt nicht ein Fahrzeug pro Person und deren Aufgaben, sondern eine ausreichende Menge Fahrzeuge für eine Menge von Personen und deren Aufgaben. Viele dieser Aufgaben

und die zugehörigen Fahrten liegen durchaus im Bereich der Möglichkeiten von Elektrofahrzeugen, und dank der losen Zuordnung von Fahrzeug und Person können Elektrofahrzeugen in Pools immer solche Fahrten zugewiesen werden, die zu ihnen passen.

Um diesen Vorteil besser ausnutzen zu können, haben die Autoren zusammen mit ihrem Team am *Anwendungszentrum KEIM* an der *Hochschule Esslingen* den sogenannten *Fleet Optilyzer* entwickelt, welcher in diesem Artikel kurz vorgestellt wird.

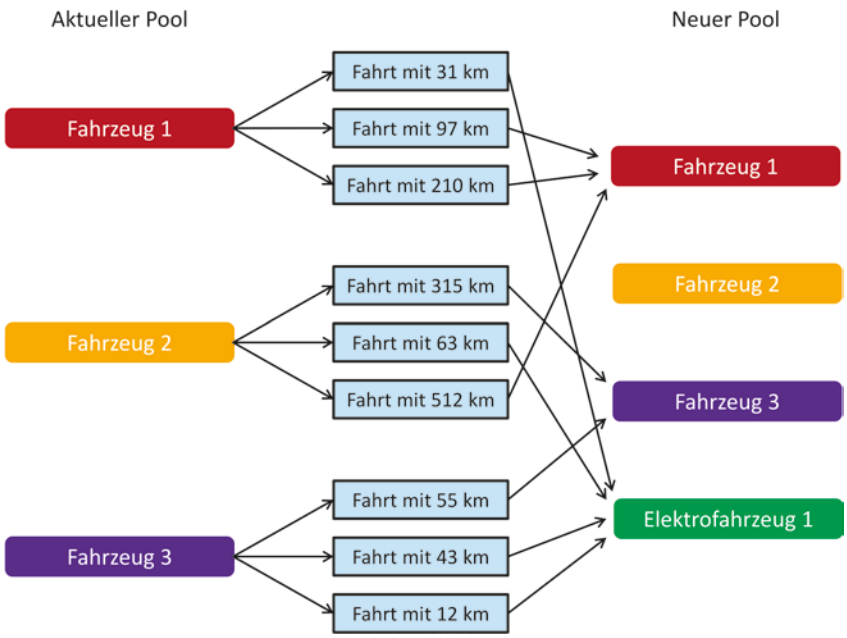


Bild 1: Beispiel einer abgeschlossenen Neuzuweisung von Fahrten zu Fahrzeugen. (Foto: *Ben Oesch*)

2. Was ist der *Fleet Optilyzer?*

Beim *Fleet Optilyzer* handelt es sich um eine cloudbasierte, prototypische Software, die in der Lage ist, das Elektrifizierungspotenzial von Fahrzeugflotten zu erkennen und dementsprechend konkrete Elektrofahrzeuge vorschlägt, die sich in die Flotte integrieren lassen, ohne dass dabei der funktionale Betrieb beeinträchtigt wird.

Basis für die Analyse und Optimierung sind dabei die Daten über den jeweiligen Fuhrpark, das heißt die Liste von Fahrzeugen, zusammen mit deren Kosten, Kraftstoffverbrauch und Emissionen, sowie deren Fahrtenbücher, also die Art und Weise, wie die Fahrzeuge aktuell genutzt werden. Mithilfe einer Katalogdatenbank von echten Verbrenner- und Elektrofahrzeugen werden die Fahrten dann neu zugeordnet, und zwar so, dass dabei möglichst viele Fahrten von passenden Elektrofahrzeugen absolviert werden. Dies können Elektrofahrzeuge aus dem bereits bestehenden Pool sein, oder neue, die dann quasi zum Pool hinzugefügt werden. Verbrennerfahrzeuge, die in diesem Prozess obsolet werden, stehen dann frei zum Verkauf. Insgesamt entsteht dabei ein neuer Pool, der weiterhin dieselbe Menge an Fahrten absolvieren kann (siehe **Bild 1**).

Grundsätzliche Motivation des *Fleet Optilyzers* ist, den Emissionsausstoß einer Flotte durch die Integration von Elektrofahrzeugen zu reduzieren. Da die Anschaffung neuer Fahrzeuge aber auch ein finanzieller Kraftakt ist und Unternehmen der Wirtschaftlichkeit verpflichtet sind, werden die Kosten der neuen Fuhrparkkonstellationen während der Optimierung im Blick behalten.

Kosten und Emissionen bilden in diesem Zusammenhang zwei unterschiedliche Ziele, die zum Teil konkurrieren und deshalb während der Optimierung gegeneinander abgewogen werden müssen. Um das eine Ziel nicht auf Kosten des anderen aus dem Blick zu verlieren, wurde ein Optimierungsprinzip gewählt, bei dem sich die Gewichtung beider Ziele durch einen einzigen Parameter einstellen lässt.

3. Vorgehen bei der Optimierung

Das Ganze funktioniert folgendermaßen: Der Optimierungsalgorithmus betrachtet einen Pool von Fahrzeugen und die Liste ihrer vergangenen Fahrtenbucheinträge und wirft diese Einträge in einen Topf. Wie bereits vorhin kurz erklärt, versucht er dann, sie in chronologischer Reihenfolge den Fahrzeugen neu zuzuweisen. Dabei greift er nicht nur auf bereits bestehende Fahrzeuge innerhalb des Pools zurück, sondern versucht eben auch, neue Elektro- und Hybridfahrzeuge aus der Katalogdatenbank hinzuzunehmen. Pro Fahrtenbucheintrag ergeben sich damit verschiedene Möglichkeiten, diesen Eintrag einem Fahrzeug zuzuweisen.

Für jede dieser Möglichkeiten rechnet der Algorithmus anschließend eine Bewertung aus, basierend auf den Emissionen und den Kosten, die durch diese bestimmte Zuweisung von Fahrt und Fahrzeug entstehen, und dem vorhin erwähnten Gewichtungsparameter für diese beiden Größen.

Ein Beispiel: Eine Fahrt von 150 km muss einem Fahrzeug zugeordnet werden. Eine Möglichkeit wäre, ein bereits vorhandenes Fahrzeug zu übernehmen (meist ein Verbrenner). Von diesen wählt der Algorithmus nun das sauberste aus. Um die Bewertung für diese Möglichkeit der Fahrtzuweisung auszurechnen, berechnet der Algorithmus nun wie viele Emissionen von diesem Fahrzeug auf dieser Strecke in etwa ausgestoßen werden. Hinzu kommen die Kosten für den Kraftstoff, der auf dieser Strecke verbraucht wird. Wird diesem Fahrzeug zum ersten Mal im Optimierungsprozess eine Fahrt zugeordnet, was im Prinzip bedeutet, dass dieses Fahrzeug neu zu denen gezählt wird, die übernommen werden, dann kommen neben den Emissionen und Kraftstoffkosten noch die laufenden Kosten hinzu, die das Fahrzeug selbst ohne Nutzung verursacht. Aus diesen drei Werten berechnet sich nun die Bewertung für diese Möglichkeit der Fahrt-Fahrzeug-Zuweisung.

Eine weitere Möglichkeit wäre, ein neues Elektrofahrzeug zu verwenden, statt ein bereits vorhandenes Fahrzeug zu nutzen. Auch hier werden die Emissionen berechnet, allerdings nun nicht auf Basis der Emissionen des Fahrzeugs, da Elektrofahrzeuge keine lokalen Emissionen erzeugen, sondern auf Basis der Emissionen des Energiemixes, mit dem das Fahrzeug geladen wurde. Hier kann ein Nutzer des *Fleet Optilyzers* die genauen gCO_2/kWh des Energieversorgers festlegen, bei dem er seinen Strom bezieht. Die Kosten werden ebenfalls auf Basis des individuellen Strompreises berechnet. Hinzu kommen auch hier noch die laufenden Kosten des Fahrzeugs, die auch ohne irgendeine Nutzung entstehen.

Nun gibt es schon zwei verschiedene, alternative Fahrt-Fahrzeug-Zuweisungen, und die Möglichkeiten sind damit bei weitem nicht erschöpft. Wird die nächste Fahrt betrachtet, wiederholt der Algorithmus diesen Ablauf und baut dabei auf vorherigen Entscheidungen auf, sodass dabei ein baumartiges Gebilde von Möglichkeiten entsteht, die unterschiedlich bewertet sind.

Sind dann irgendwann alle Fahrten einem passenden Fahrzeug zugewiesen, ist die Optimierung abgeschlossen. Aus den vielen Möglichkeiten, die sich im Laufe der Optimierung ergeben haben, und die zu einem größeren Baum gewachsen sind, wählt der Algorithmus nun diejenige Kette von Fahrt-Fahrzeug-Zuweisungen aus, deren Bewertungen in Summe am besten sind.

Gewichtung der Ziele

Wie bereits erwähnt, können bei der Berechnung der Bewertungen im Laufe der Optimierung die Emissionen und die Kosten unterschiedlich gewichtet werden. Je nach Gewichtung resultiert ein Ergebnis, das Elektrofahrzeuge stark bevorzugt (wenige Emissionen) oder darauf achtet, hohe Kosten zu vermeiden (wenige Kosten). Bei ersterem werden wesentlich mehr Elektrofahrzeuge gegenüber Verbrennern vorgezogen, was allerdings die Investitionskosten für die Umstellung des Fuhrparks in die Höhe treibt. Bei letzterem werden mehr von den bestehenden Verbrennern genutzt. Die Emissionen reduzieren sich dabei erwartungsgemäß in geringerem Maße.

Für den Anwender der Software gestaltet sich das dann so, dass der Optimierungsalgorithmus einfach gleich für eine ganze Bandbreite von Gewichtungen die Ergebnisse berechnet, anstatt jeweils neu für einen bestimmten Wert. Der Nutzer muss also nur einmal optimieren und kann die Ergebnisse für verschiedene Gewichtungen anschließend direkt vergleichen.

4. Kosten- und Emissionsmodell

Angesichts des regen Diskurses über die Nützlichkeit und Umweltfreundlichkeit von Elektrofahrzeugen drängt sich sicherlich die Frage auf, wie die Elektrofahrzeuge zum Zwecke der Optimierung im *Fleet Optilyzer* betrachtet werden. Sowohl die Kosten als auch die Emissionen, die ein Fahrzeug im Laufe seines Nutzungszeitraums verursacht, sind in der Regel nicht so leicht zu beschreiben, und beide machen eine umfangreiche und präzise Bewertung der Möglichkeiten, Elektrofahrzeuge sinnvoll in einen Fuhrpark zu integrieren, äußerst komplex.

Um im feinsten Detailgrad über diese Dinge zu entscheiden, braucht es sehr präzise und umfangreiche Daten, nicht nur über die Fahrzeuge, die auf dem Markt sind, sondern auch über die Art und Weise, wie sie im Unternehmen genutzt werden. Bei der Optimierung im *Fleet Optilyzer* gibt es deswegen einige grundsätzliche Einschränkungen.

4.1 Kostenmodell

Während der Entwicklung des *Fleet Optilyzers* wurde intensiv nach der Kostenstruktur von Fahrzeugen und insbesondere Elektrofahrzeugen recherchiert. Aus dieser Recherche folgt nun ein kurzer Auszug:

Im Groben lassen sich die Kosten in folgende Punkte unterteilen:

- Anschaffungskosten
- Fixkosten (Kraftstoff, Kfz-Steuer, Versicherung, Werkstatt, Wertverlust)
- Sonstige einmalige Kosten (Überführung)
- Resultierende Kosten (z. B. für Ladeinfrastruktur)

Im Vergleich mit passenden Verbrennern sind Elektrofahrzeuge zwar bei der Anschaffung teurer, jedoch

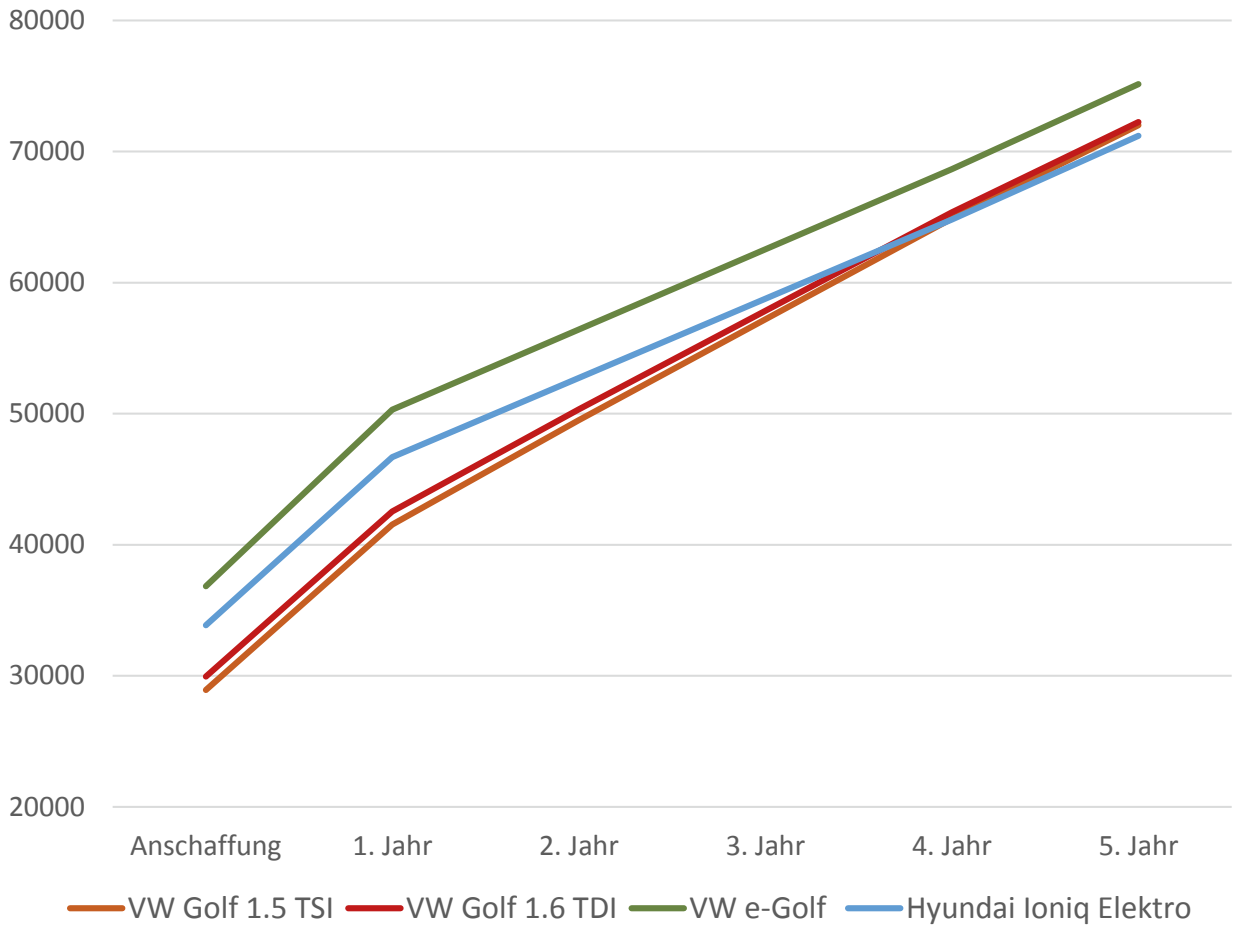


Bild 2: Betrachtung des TCO bei einer Jahreskilometerleistung von 30.000 km. (Berechnung: *Di Hu*)

fallen dafür die Betriebskosten der Elektrofahrzeuge aufgrund geringerer Energie- und Wartungskosten oft niedriger aus. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, dass die sogenannten Total Cost of Ownership (TCO) eines Elektrofahrzeugs, also die gesamten Kosten, die innerhalb des gesamten Nutzungszeitraums anfallen, durchaus geringer ausfallen können als bei vergleichbaren Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor.

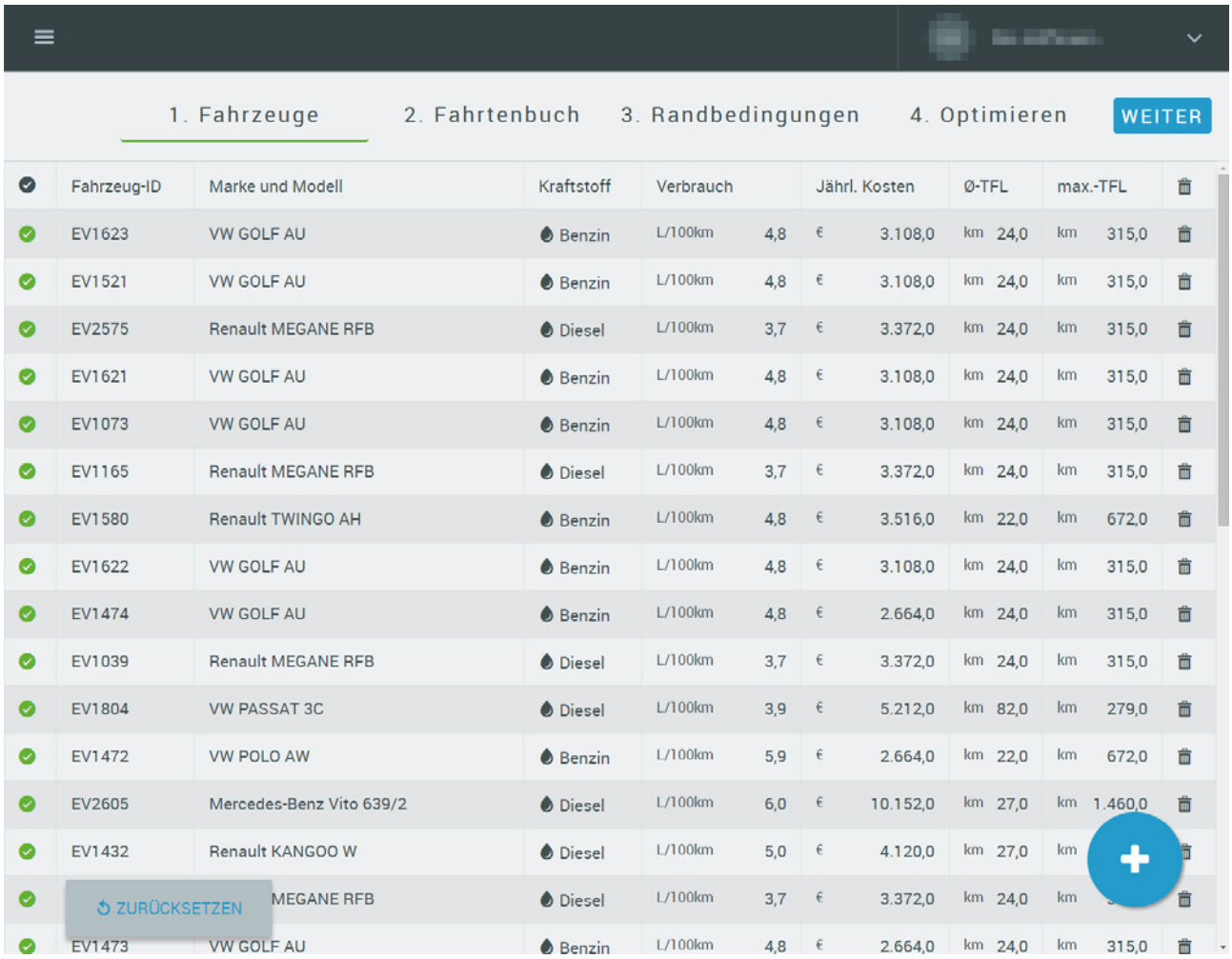
Entscheidender Faktor ist dabei eine hohe Auslastung der Elektrofahrzeuge. Dies zeigt folgendes Beispiel, in dem einige ausgewählte Fahrzeuge der Kompaktklasse mit ähnlichen Ausstattungen verglichen werden:

- *VW Golf 1.5 TSI* (Listenpreis: 28.920 Euro)
- *VW Golf 1.6 TDI* (Listenpreis: 29.945 Euro)
- *VW e-Golf* (Listenpreis: 36.835 Euro, ohne Umweltprämie)
- *Hyundai Ioniq Electric* (Listenpreis: 33.860 Euro, ohne Umweltprämie) [1]

Die Daten des Kraftstoffs, Kfz-Steuer, Versicherung und Werkstattkosten stammen aus der ADAC-Datenbank [1]. Der Wertverlust wird für alle Fahrzeuge geschätzt unter der Annahme, dass dieser im ersten Anschaffungsjahr ca. 25 % und danach jährlich ca. 6 % beträgt [2], wobei von einem geringeren Wertverlust bei Elektrofahrzeugen ausgegangen wird [3]. Der Wertverlust dient lediglich als grobe Schätzung und gibt nicht den tatsächlichen Wiederverkaufspreis wieder.

Bild 2 zeigt die TCO-Kurve der Fahrzeuge bei 30.000 km Jahresfahrleistung. Der *Hyundai Ioniq Elektro* überholt die beiden Verbrennerfahrzeuge schon während des dritten Betriebsjahres, der *e-Golf* kann die Kostendifferenz zum Ende des Betrachtungszeitraums in etwa halbieren, im Vergleich zum Anschaffungszeitpunkt.

Bei der Berechnung der Kostenentwicklung wurden möglichst viele Aspekte berücksichtigt. Ein Punkt, der noch nicht in die Berechnung eingeflossen ist, ist die Lebensdauer des Fahrzeugakkus. Wird diese nämlich überschritten, muss ein neuer, recht kostenintensiver Akku eingebaut werden, was einen Sprung in der Kurve bedeuten würde. Mit der Perspektive, dass die Kosten für Batterien aber in Zukunft weiter sinken und die Energiedichte steigt [4], [5], sodass Elektrofahrzeuge im Laufe ihres Lebens größere Distanzen zurücklegen



Fahrzeug-ID	Marke und Modell	Kraftstoff	Verbrauch	Jährl. Kosten	Ø-TFL	max.-TFL
EV1623	VW GOLF AU	Benzin	L/100km 4,8	€ 3.108,0	km 24,0	km 315,0
EV1521	VW GOLF AU	Benzin	L/100km 4,8	€ 3.108,0	km 24,0	km 315,0
EV2575	Renault MEGANE RFB	Diesel	L/100km 3,7	€ 3.372,0	km 24,0	km 315,0
EV1621	VW GOLF AU	Benzin	L/100km 4,8	€ 3.108,0	km 24,0	km 315,0
EV1073	VW GOLF AU	Benzin	L/100km 4,8	€ 3.108,0	km 24,0	km 315,0
EV1165	Renault MEGANE RFB	Diesel	L/100km 3,7	€ 3.372,0	km 24,0	km 315,0
EV1580	Renault TWINGO AH	Benzin	L/100km 4,8	€ 3.516,0	km 22,0	km 672,0
EV1622	VW GOLF AU	Benzin	L/100km 4,8	€ 3.108,0	km 24,0	km 315,0
EV1474	VW GOLF AU	Benzin	L/100km 4,8	€ 2.664,0	km 24,0	km 315,0
EV1039	Renault MEGANE RFB	Diesel	L/100km 3,7	€ 3.372,0	km 24,0	km 315,0
EV1804	VW PASSAT 3C	Diesel	L/100km 3,9	€ 5.212,0	km 82,0	km 279,0
EV1472	VW POLO AW	Benzin	L/100km 5,9	€ 2.664,0	km 22,0	km 672,0
EV2605	Mercedes-Benz Vito 639/2	Diesel	L/100km 6,0	€ 10.152,0	km 27,0	km 1.460,0
EV1432	Renault KANGOO W	Diesel	L/100km 5,0	€ 4.120,0	km 27,0	km
	MEGANE RFB	Diesel	L/100km 3,7	€ 3.372,0	km 24,0	km
EV1473	VW GOLF AU	Benzin	L/100km 4,8	€ 2.664,0	km 24,0	km 315,0

Bild 3: Screenshot der Fahrzeugansicht im *Fleet Optilyzer*. (Screenshot: *Ben Oesch*)

Bild 4: Screenshot der Ergebnisübersicht im *Fleet Optilyzer*. (Screenshot: *Ben Oesch*)

können, lässt sich die These trotzdem aufrechterhalten, dass Elektrofahrzeuge über die Zeitdauer der Nutzung durchaus günstiger sein können als Verbrennerfahrzeuge, selbst wenn sie in der Anschaffung teurer sind. Dies beruht auf der Annahme, dass Fahrzeugbatterien in Zukunft 1.000–1.500 Ladezyklen überstehen, und eine Reichweite von ca. 200–300 km pro Ladung überbrücken können, sodass eine Lebensfahrleistung von 200.000 bis 300.000 km für einen Akku vorstellbar ist [4].

Um die komplexe Kostenstruktur von Fahrzeugen im *Fleet Optilyzer* zu vereinfachen und greifbar zu machen, wurde ein sehr allgemeines Kostenmodell gewählt, welches sich aus den folgenden drei Bestandteilen zusammensetzt:

- Einmalige Kosten (z.B. Kaufpreis)
- Laufende Kosten (z.B. Leasingrate, Steuer, Versicherung, etc.)
- Restwert bestehender Fahrzeuge (falls nicht geleast)

Je nachdem, ob ein Fahrzeug geleast oder gekauft ist, werden die spezifischen Kosten unterschiedlich auf diese drei Bestandteile zerlegt. Beim Kauf fallen die einmaligen Kosten sehr hoch aus, beim Leasing sehr gering oder sind sogar gleich null. Beim Leasing sind dafür die laufenden Kosten relativ hoch, da die Leasingrate dort mit eingerechnet werden muss.

Einfluss auf die Optimierung im *Fleet Optilyzer* nehmen aber lediglich die laufenden Kosten. Der Grund dafür ist die Annahme, dass die laufenden Kosten eine höhere Priorität haben als die einmaligen Kosten, da diese bei Abstoßung des Fahrzeugs unter Umständen zum Teil wieder hereingeholt werden können. Unerheblich sind die einmaligen Kosten nicht, aber der *Fleet Optilyzer* konzentriert sich bei der Optimierung auf die Identifikation und Präsentation von Elektrifizierungspotenzialen und präsentiert keine ultimativen Optimierungslösungen zur Fuhrparkumgestaltung.

Um eine umfangreiche wirtschaftliche Bewertung mit Empfehlung abgeben zu können, müsste man noch eine zeitliche Hochrechnung, ähnlich wie im Auszug aus der Kostenrecherche, über den Nutzungszeitraum durchführen. Für diese Aufgabe ist der *Fleet Optilyzer* zum diesem Zeitpunkt nicht ausgestattet und verzichtet deswegen darauf.

4.2 Emissionsmodell

Zu den Emissionen eines Fahrzeugs gehören – neben den Emissionen, die bei der Fahrt ausgestoßen werden – auch diejenigen, die bei der Herstellung und dem Recycling der Fahrzeuge und all der Komponenten entstehen. Letztere beiden stellen für sich bereits sehr komplexe Fragestellungen dar und können leider nicht im *Fleet Optilyzer* berücksichtigt werden. Für eine umfangreiche Bewertung der Umweltfreundlichkeit von Fahrzeugen wäre dies noch ein wichtiger Bestandteil.

AUTOREN VITA

Ben Oesch, B. Eng.

2012–2017 Bachelorstudium Softwaretechnik und Medieninformatik, Hochschule Esslingen

Seit 2017 Masterstudium Angewandte Informatik, Hochschule Esslingen

Technischer Angestellter am Anwendungszentrum KEIM, Hochschule Esslingen

Kontakt
Hochschule Esslingen
University Of Applied Sciences
Fakultät Informationstechnik
Flandernstr. 101
73732 Esslingen
E-Mail: ben.oesch@hs-esslingen.de

Daniel Hardjono, B. Eng.

2013–2017 Bachelorstudium Softwaretechnik und Medieninformatik, Hochschule Esslingen

2017–2018 Technischer Angestellter am Anwendungszentrum KEIM, Hochschule Esslingen

Seit 2017 Masterstudium Angewandte Informatik, Hochschule Esslingen

Kontakt E-Mail: hardjono.daniel@gmail.com

Di Hu, B. Eng.

2013–2016 Bachelorstudium Mechatronik, Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) Stuttgart

Seit 2017 Masterstudium Angewandte Informatik, Hochschule Esslingen

Seit 2018 Technischer Angestellter am Anwendungszentrum KEIM, Hochschule Esslingen

Kontakt
Hochschule Esslingen
University Of Applied Sciences
Fakultät Informationstechnik
Flandernstr. 101
73732 Esslingen
E-Mail: di.hu@hs-esslingen.de

Ein weiterer Punkt, der Emissionen betrifft, ist die Art von Emissionen, die ausgestoßen wird. Hier beschränkt sich der *Fleet Optilyzer* lediglich auf CO_2-Emissionen. Andere Schadstoffe, wie beispielsweise NO_x oder Feinstaub, werden im *Fleet Optilyzer* nicht berücksichtigt.

Beides, sowohl eine komplette Bewertung hinsichtlich der Emissionsmenge als auch der Art von Emissionen, wären sehr wünschenswerte Features. Jedoch ist die Erörterung der Fragestellung nach den Emissionen bei der Herstellung und Entsorgung von Elektrofahrzeugen und deren Batterien sehr komplex und auf Basis der, für das Projekt verfügbaren, Daten leider nicht sinnvoll möglich. Letzteres gilt auch für die Rücksichtnahme auf andere Schadstoffe als CO_2.

5. Benutzeroberfläche, Usability und User Experience

Für eine Software, die komplexe Sachverhalte darstellen muss, ist eine einfache aber überschaubare Benutzeroberfläche zwingend erforderlich. Dazu zählt nicht nur Usability (die Bedienbarkeit), sondern auch User Experience (das Nutzererlebnis), welches oft auch als UX abgekürzt wird. Usability bemüht sich darum, dass die Software insgesamt einfach und intuitiv zu bedienen, und die Art und Weise, wie sie bedient werden muss, leicht zu verstehen ist. User Experience spielt ebenfalls eine große Rolle, sie versucht dem Anwender der Software von Beginn bis zum Ende, Freude bei der Nutzung zu bereiten. In **Bild 3** und **Bild 4** sind zwei Screenshots der Benutzeroberfläche zu sehen.

Um dies im *Fleet Optilyzer* zu verwirklichen, wurde an einer Benutzeroberfläche gearbeitet, die schrittweise durch die Optimierung führt, angefangen bei der Sammlung der erforderlichen Daten, bis hin zur Präsentation der Ergebnisse. Außerdem wurde versucht, dem Nutzer auch dann eine Optimierung zu ermöglichen, wenn er nur minimale Daten eingeben kann oder möchte. Die fehlenden Daten werden dann durch Referenzdaten ergänzt, die in einer Datenbank hinterlegt sind.

Des Weiteren ist es möglich, eine Flotte von Fahrzeugen inklusive Fahrprofil sowohl händisch per Mausklick in der Benutzeroberfläche zusammenzubauen, als auch einfach eine (lange) Liste von Fahrzeugen und eine (lange) Liste von Fahrtenbucheinträgen per CSV-Datei zu importieren. Der *Fleet Optilyzer* ist also sowohl mit wenigen als auch mit sehr umfangreichen Daten verwendbar. Grundsätzlich gilt dabei: Je mehr Daten vom Nutzer beigesteuert werden, desto aussagekräftiger werden die Ergebnisse.

6. Fazit

Um der Skepsis gegenüber der Nützlichkeit von Elektrofahrzeugen zu begegnen, versucht der *Fleet Optilyzer* eine Lücke zu schließen, indem er die softwaregestützte Analyse von Flotten bezüglich des Elektrifizierungspotenzials erlaubt. Diese Analyse versucht so genau wie möglich zu sein, leidet aber trotzdem unter einigen Einschränkungen, die zum aktuellen Zeitpunkt aufgrund mangelnder Daten und Ressourcen noch nicht überwunden werden konnten. Da es sich beim *Fleet Optilyzer* aber erst einmal nur um einen Prototyp handelt, bleiben diese Einschränkungen zunächst bestehen. Eventuell wird es einer weiterentwickelten Version in Zukunft möglich sein, diese hinter sich zu lassen.

Danksagung

Der *Fleet Optilyzer* wurde innerhalb des Verbundprojekts *eMobility-Scout* im Förderprogramm „IKT für Elektromobilität III“ entwickelt, welches in einem Konsortium aus dem *Fraunhofer IAO*, der *in-integrierte informationssysteme GmbH*, der *Berliner Verkehrsbetriebe* (*BVG*), der *TU Dresden* unter der Konsortialführung der *Carano Software Solutions GmbH* durchgeführt wurde. Die *Hochschule Esslingen* hat dabei im Unterauftrag des *Fraunhofer IAO* mitgewirkt. Gefördert wurde das Projekt vom *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie* unter dem Förderkennzeichen 01ME15006D.

Quellen

[1] ADAC: www.adac.de/infotestrat/autodatenbank/autokatalog (Zugriff am 07.02.2019).

[2] Allianz: www.allianz.de/auto/kfz-versicherung/wertverlust-auto/; Zugriff am 31.01.2019.

[3] Schwacke: www.schwacke.de/neuigkeiten/auto-bild-und-schwacke-kueren-die-wertmeister-2018 (Zugriff am 30.01.2019).

[4] Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung: www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/lib/GRM-ESEM.pdf (Zugriff am 07.02.2019).

[5] Statista: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/534429/umfrage/weltweite-preise-fuer-lithium-ionen-akkus (Zugriff am 06.02.2019).