

TOTAL COST OF OWNERSHIP ANALYSE FÜR ELEKTROFAHRZEUGE

M. Hackmann, H. Pyschny, R. Stanek

Die derzeit noch **sehr hohen Anschaffungskosten** schrecken viele **Verbraucher vom Kauf eines Elektrofahrzeugs ab**. Dem gegenüber versprechen Elektrofahrzeuge einen **Kostenvorteil** bei den **Betriebskosten**. Um die Kaufentscheidung des Endkunden transparent darzustellen, liefert der TCO-Ansatz (Total Cost of Ownership) einen wesentlichen Erklärungsbeitrag. Die richtige Anwendung dieser Methode für den Vergleich eines batteriebetriebenen Elektrofahrzeugs mit einem konventionellen Verbrennungsmotor (ICE) erfordert allerdings spezielle Kenntnisse.

Hierzu gehören die fixen und variablen Kostenanteile des Fahrzeugbetriebs sowie **die Besonderheiten elektrischer Fahrzeugantriebe** mit dem Schwerpunkt Batterie und Energieverbrauch. Hierfür bietet das **P3 TCO-Kostenmodell** die Möglichkeit einer **Analyse der monatlichen Fahrzeugkosten aus Endkundensicht** für verschiedene **Elektrifizierungsstufen** (u.a. PHEV, BEV).

Vor dem Hintergrund erwarteter Kostenpotenziale bei Batteriesystemen für reine Elektrofahrzeuge (BEV) kann mit Hilfe des Kostenmodells nachgewiesen werden, dass **ab dem Jahr 2018 Elektrofahrzeuge aus Endkundensicht wettbewerbsfähig** gegenüber den jeweiligen **Verbrennerderivaten** sind. Auf Basis der Kennzahlen für 2014 hat das Elektrofahrzeug (BEV) im Vergleich zum Verbrenner (ICE) Kostennachteile bei Wertverlust und Fahrzeugversicherung. Die Kostenvorteile liegen dagegen in niedrigeren Verbrauchs- und Werkstattkosten des Fahrzeugs.

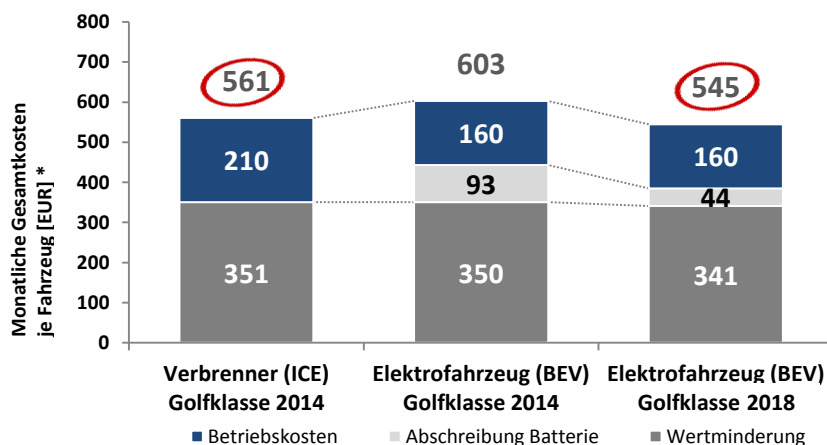
Für die **TCO Rechnung 2018** werden die Ergebnisse der Kostenanalyse für **zukünftige Zellgenerationen** auf Basis der Materialmischungen (u.a. Nickel-Mangan- Cobalt **111** und **622**) und angestrebter Kostenoptimierungen bei **Batteriesystemen** (u.a. Fahrzeugintegrationsaufwand des Batteriesystems, Anstieg der weltweiten Produktionskapazitäten für Batteriezellen) integriert. Sofort zeigt sich, dass die **bislang bestehenden Kostennachteile** vor allem beim **Fahrzeug- und Batterie-Wertverlust** aufgrund nun niedrigerer Anschaffungskosten **ausgeglichen werden können**. **Ab 2018** kann sogar ein **Kostenvorteil des Elektrofahrzeugs gegenüber dem Verbrenner** erzielt werden.

Kauf/Wertverlust pro Monat	Verbrenner (ICE) Golfklasse 2014	Elektrofahrzeug (BEV) Golfklasse 2014	Elektrofahrzeug (BEV) Golfklasse 2018
Listenpreis Netto	20.630 €	29.328 €	25.228 €
Sonderausstattung	2.899 €	1.063 €	1.063 €
Mehrwertsteuer	4.471 €	5.774 €	4.995 €
Verkaufspreis Fahrzeug	28.000 €	36.165 €	31.286 €
Restwert Fahrzeug in %	45,4%	42,7%	42,7%
Wertverlust Gesamt	16.849,21 €	21.258,16 €	18.463,15 €
Wertverlust pro Monat	351 €	443 €	385 €
Kraftstoff pro Monat*	99 €	44 €	44 €
Steuern pro Monat	6 €	0 €	0 €
Versicherung pro Monat	51 €	66 €	66 €
Werkstatt- /Reifenkosten pro Monat	54 €	50 €	50 €
TCO pro Monat - SUMME	561 €	603 €	545 €
Kauf/Wertverlust pro km	0,28 €	0,35 €	0,31 €
Laufende Kosten pro km	0,17 €	0,13 €	0,13 €

Tabelle1. Kostenaufstellung TCO für verschiedene Fahrzeugtypen (ohne Förderung oder Rabatte)

*Annahmen: Strompreis = 0,28 €/kWh, Benzinpreis = 1,56 €/L (Basisjahr 2014)

Monatliche Fahrzeugkosten aus Endkundensicht (EUR/Monat)



*Annahmen: Fahrzeugkauf, 48 Monate Haltedauer, 15 Tsd. km/Jahr Laufleistung, Restwertentwicklung des Batteriesystems analog zum Fahrzeug

Aktueller Hintergrund und Ausblick

Durch den starken Abfall der Benzinpreise zu Beginn 2015 sinken die **Kraftstoffkosten** des Verbrenners. Dies kann bei einem anhaltenden Preis von derzeit **1,25 EUR/l** dazu führen, dass der Verbrenner 2018 minimal preisgünstiger sein wird als das Elektrofahrzeug. Dabei **sinken die Kraftstoffkosten pro Monat von 99 € auf 80 €**, womit ein **Fahrzeug mit Verbrennungsmotor (ICE) bei ca. 542 € monatliche Kosten im Jahr 2015 liegen würde**.

Detailierung Batteriekapazität, Reichweite und Systemkosten

Batterie- und Fahrzeugkriterien	Verbrenner (ICE)	Elektrofahrzeug (BEV)	
	Golfklasse 2014	Golfklasse 2014	Golfklasse 2018
Batteriegröße (kWh)	-	ca. 25	ca. 32
Erwartete Reichweite (km)	500	120 - 150	200 - 250
Batteriesystemkosten (€/kWh)	-	ca. 300	ca. 150
Restwert Fahrzeug/Batteriesystem nach 4 Jahren (%)	-	42,7	42,7

Tabelle2. Zusammenstellung einzelner Rechengrößen für betrachtete Batteriesysteme

Batteriegröße (kWh)

Die Batteriegrößen sind entsprechend dem steigenden Energieinhalt der Li-Ionen Zellen aufgrund der optimierten Materialmischungen bestimmt. Hierbei wird ab 2018 ein weiterer Sprung durch den vollständigen Umstieg auf die NMC 622 Technologie erwartet, welcher großflächig für verschiedene Zelltypen (Pouch, Prismatisch) erfolgen kann.

Erwartete Reichweite (kWh)

Die Reichweite der Fahrzeuge ist mittels des Energieverbrauchs in kWh/100km errechnet. Dabei wird in der TCO Rechnung mit NEFZ-Werten zur besseren Vergleichbarkeit mit den Kraftstoffverbräuchen der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor gerechnet. Die Reichweite von E-Fahrzeugen in 2018 steigt primär durch die Erhöhung der Energiedichte des Batteriesystems (bis zu 500Wh/l auf Zellebene) und das im Verhältnis zur Batteriekapazität sinkende Batteriegewicht (Wh/kg). Die Betrachtung von PHEV-Fahrzeugen erfolgt mit kombinierten Verbräuchen (Strom, Benzin). Für weiterführende Analysen kann die Betrachtung um fahrerindividuelle Streckenprofile ergänzt werden.

Batteriesystemkosten (€/kWh)

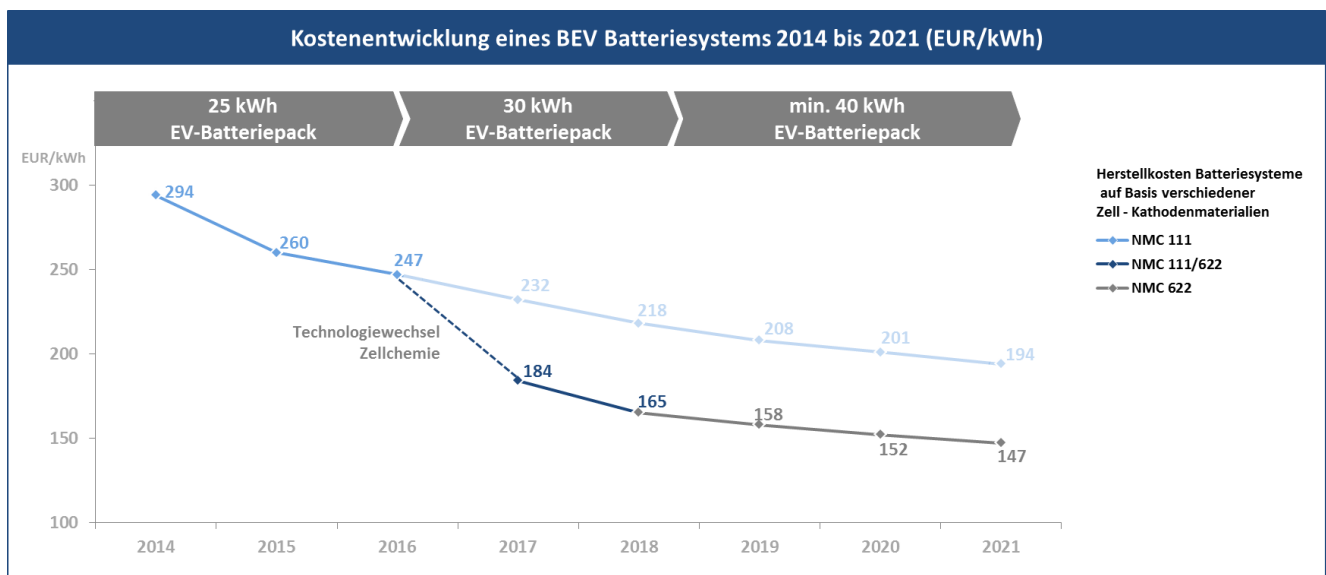
Für 2014 wurde ein bestehendes Batteriedesign auf Basis eines Conversion Design Fahrzeugs gewählt mit ca. 300 €/kWh an Batteriesystemkosten. Für 2018 wird zum einen durch die Optimierung der Zellchemie und zum anderen durch eine optimierte Integration des Batteriesystems in das Fahrzeug (z.B. durch Plattformlösungen der OEMs) ein Kostensatz von ca. 150 €/kWh erreicht. Eine Detaillierung hierzu findet sich in nachfolgender Grafik.

Restwert Fahrzeug/Batterie (%)

Die Restwerte der Fahrzeuge wurden anhand der Erfahrungswerte und Datenbanken bestehender Industriestandards ermittelt. Die Restwerte des Batteriesystems sind unter Berücksichtigung der aktuellen Garantiezeiträume und Gewährleistungsvereinbarungen der OEMs analog zum Fahrzeug ermittelt worden.

Batteriesystemkostenverlauf für Lithium-Ionenbasierte Systeme

Für die Berechnung der TCO-Analyse wurden die notwendigen Kosteninformationen mit dem von der P3 entwickelten Kostensimulations-Tool erstellt. Dieses Tool kann sowohl die technische Machbarkeit als auch die Herstellkosten für Batteriesysteme simulieren. Hierzu werden u.a. die Energiedichte- und Leistungsdaten der Batteriezellen einbezogen.



Darstellung2: Kostenverlauf Li-Ionen Batteriesystem mit Pouch-Zellen-Design

KONTAKT

Master of Engineering

Markus Hackmann

Geschäftsleitung Kompetenzbereich Elektromobilität

E-Mail : markus.hackmann@p3-group.com



Dipl.-Kfm.

Hermann Pyschny

Senior Consultant Schwerpunkt TCO Analyse



Dipl.-Kfm. techn.

Robert Stanek

Senior Consultant Schwerpunkt Batteriekosten



In Kooperation mit **electrive.net**

electrive.net ist das Leitmedium für die Macher der Elektromobilität im deutschsprachigen Raum. Der tägliche Newsletter liefert seit April 2011 jeden Werktag gegen 8 Uhr das aktuelle Branchen-Geschehen in die Postfächer von rund 9.000 Fach- und Führungskräften (Stand Februar 2015).

This document and all information contained herein is the sole property of P3. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of P3. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

P3 automotive GmbH

Heilbronner Straße 86

70191 Stuttgart

Germany

Fon: +49 (0)711 700 - 26460

Fax: +49 (0)711 709 - 360

www.p3-group.com

