



Fragen rund um das Elektrofahrzeug: Wie kommen die Angaben über den Stromverbrauch und die Reichweite von Elektrofahrzeugen zustande?

Begleit- und Wirkungsforschung
Schaufenster Elektromobilität

Querschnittsthema Fahrzeug



Grundlagen: Reichweite/Verbrauch

Elektrofahrzeuge begeistern ihre Nutzer. Im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ermöglichen sie ein zügiges Anfahren, sind nahezu geräuschlos, haben dank ihres niedrigen Schwerpunktes eine gute Straßenlage und verfügen über exzellente Beschleunigungswerte. Und beim Bremsen lässt sich sogar die Bewegungsenergie in elektrische Energie für die Batterie zurückverwandeln bzw. rekuperieren, was die Reichweite des Fahrzeugs erhöht. Doch wie kommen eigentlich die Reichweite und der Stromverbrauch von Elektrofahrzeugen zustande und was kann man tun, um diese zu verbessern?

Die theoretische Reichweite eines Elektrofahrzeugs ergibt sich aus der maximal speicherbaren bzw. aktuell verfügbaren Energie der Traktionsbatterie (gemessen in Kilowattstunden kWh) und dem jeweiligen Energieverbrauch des Fahrzeugs (gemessen in kWh pro 100 km). Dabei gilt grundsätzlich:

- Je höher die Kapazität der Batterie, desto höher die theoretische Reichweite in km
- Je höher die gefahrene Geschwindigkeit und Beschleunigung, desto höher der Leistungsbedarf
- Je höher der Leistungsbedarf des Fahrzeugs, desto höher der Stromverbrauch und desto geringer die Reichweite.

Für die Reichweitenmessung wird in Europa die Norm des **Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ)** verwendet, der ursprünglich für Verbrennungsfahrzeuge entwickelt wurde.

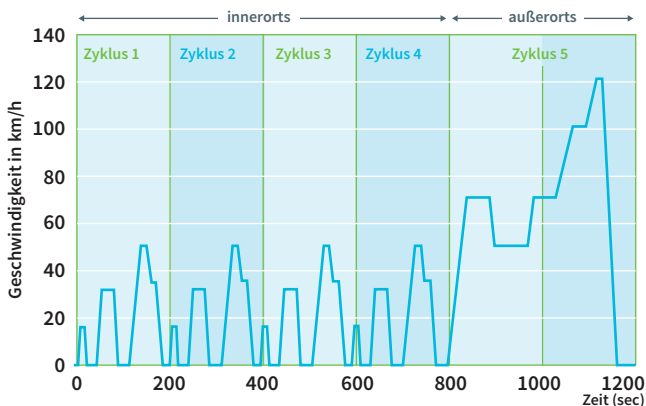


Abbildung 1: Ablauf des Neuen Europäischen Fahrzyklus NEFZ (Quelle: Richtlinie 98/69/EG)

Der NEFZ dauert rund 20 Minuten und findet auf einem Rollenprüfstand statt. Das Fahrzeug durchläuft mehrere definierte Phasen des Beschleunigens, konstant schnellen Fahrens und Bremsens. Die Umgebungstemperatur liegt zwischen 20 und 30 Grad Celsius, die maximale Prüfungsgeschwindigkeit bei 120 Kilometern pro Stunde. Heiz- und Klimaanlage sowie alle anderen potentiellen Nebenverbraucher sind ausgeschaltet und werden bei der Messung nicht berücksichtigt.

Aus diesen zum Teil praxisfernen Bedingungen erklärt sich die oft erhebliche Differenz zwischen dem im NEFZ gemessenen und dem im Alltag tatsächlich erforderlichen Energieverbrauch eines Fahrzeugs.

In der Praxis können der Leistungsbedarf und damit der Verbrauch und die Reichweite eines Fahrzeugs stark schwanken. Sie sind von folgenden Faktoren bzw. Parametern abhängig:

Nutzerspezifische Parameter

Fahrweise des Fahrzeugführers:

- „ECO Driving“ ohne starke Beschleunigungen, mit geringen Geschwindigkeiten, vorausschauendem Fahren und Bremsen im Stadtverkehr hat positiven Einfluss auf den Verbrauch und die Reichweite.
- Sportliches Fahren mit häufigen starken Beschleunigungen und hohen Geschwindigkeiten bspw. auf der Autobahn hat einen negativen Einfluss.

Nutzung von Nebenaggregaten: Heizung, Klimaanlage, Entertainment- und sonstige Komfortfunktionen erhöhen den Verbrauch. Die Nutzung eines Großteils dieser Aggregate ist von der Jahreszeit abhängig.

Gewichtszuladung: Anzahl der Beifahrer und des Gepäcks. Durch zusätzliches Gewicht wird, wie beim Verbrenner auch, der Rollwiderstand erhöht.

Fahrzeugspezifische Parameter

Größe, Gewicht und Design des Fahrzeugs beeinflussen verschiedene Widerstandsgrößen des Fahrzeugs und damit dessen Verbrauch und Reichweite:

- Luftwiderstand → Ist abhängig von der Beschaffenheit des Fahrzeugs (cw-Wert, Stirnfläche) und steigt im Quadrat zur Fahrgeschwindigkeit an.
- Rollwiderstand → Ist durch elastische Verformung der Reifen und Fahrbahn bedingt und gewichtsabhängig.
- Steigungswiderstand → Ist durch Steigungen auf der Strecke bedingt.
- Beschleunigungswiderstand → Tritt bei positiver Geschwindigkeitsänderung auf.

Darüber hinaus sind die Traktionsbatterien von Elektrofahrzeugen relativ schwer, so dass die Fahrzeuge in der Regel ein höheres Leergewicht als Verbrenner haben. Das liegt unter anderem an den aktuell noch optimierbaren Energiedichten der Batteriezellen und an dem Heiz- und Kühlaggregat, das dem Batteriesystem eingebaut ist, um dessen Leistung und Lebensdauer unter verschiedenen Belastungen und Jahreszeiten zu gewährleisten.

Umgebungsspezifische Parameter

Witterungsbedingungen: Sie beeinflussen bei Regen zum Beispiel den Rollwiderstand, an kalten oder warmen Tagen den Heiz- und Kühlbedarf der Traktionsbatterie und des Innenraums und damit den gesamten Energiebedarf des Fahrzeugs. Im Gegensatz zu Verbrennern können Elektrofahrzeuge keine Motor-Abwärme energetisch für den Betrieb von Nebenaggregaten nutzen, da die Wärmeentwicklung durch den Elektromotor gering ausfällt. Dafür haben Elektrofahrzeuge den Vorteil des schnelleren Heizens, da ihre Heizaggregate meist nach dem Prinzip eines Föhns arbeiten und schnell für warme Luft sorgen. Darüber hinaus gibt es Modelle, die schon an der Ladesäule rasch vorgeheizt werden können.

Streckenprofil: Dazu zählen zum Beispiel Streckenzustand, Topografie (Steigung, Gefälle, Kurven), Verkehrsaufkommen und Geschwindigkeitsbegrenzungen.

- Innerorts → Geringe Geschwindigkeiten, mehr Energierückgewinnung durch häufiges Bremsen
- Außerorts → Mittlere Geschwindigkeiten und Energierückgewinnung
- Autobahn → Hohe Geschwindigkeiten, wenig Bremsbedarf und folglich geringe Energierückgewinnung bei gleichzeitig hohen Widerständen

Reichweiteneinfluss von Nebenaggregaten

Die folgende Tabelle 1 stellt die wesentlichen Nebenaggregate eines Elektrofahrzeugs und ihren jeweiligen Leistungsbedarf dar. Zur Berechnung ihres Reichweiteneinflusses wird ein Fahrzeug mit einer 30 kWh Batterie und einer Reichweite von 200 km bzw. einem Verbrauch von 15 kWh pro 100 km (bei durchschnittlich 100 km/h) angenommen:

Nebenaggregat	Leistungsbedarf in kw	Reduzierte Reichweite in km/%
Heizung	bis 4,5	bis 46 km/23 %
Klimaanlage	1,5	18 km/9 %
Sitzheizung	0,3	4 km/2 %
Heckscheibenheizung	0,3	4 km/2 %
Innenraum Lüftung	bis 0,4	bis 5 km/3 %
Scheibenwischer	0,15	2 km/1 %
Scheinwerfer	0,15	2 km/1 %
Navigationssystem, Radio, Außenspiegel, Nebelscheinwerfer, Fensterheber	je 0,1	1 km/0,5 %
Nebelschlussleuchte	0,04	0,5 km/0,3 %

Tabelle 1: Leistungsbedarf verschiedener Nebenverbraucher und ihr Einfluss auf die Reichweite (Angaben aus e-auto.tv)

Wie zu sehen ist, sind Heiz- und Kühlaggregate die wesentlichen Zusatzverbraucher, zumal diese je nach Nutzerverhalten und umgebungsspezifischen Parametern über eine längere Zeit betrieben werden als andere Verbraucher wie Scheibenwischer oder Fensterheber.

Vergleich Elektro- versus Verbrennungsfahrzeug

Die folgende Tabelle 2 vergleicht die Reichweiten- bzw. Verbrauchsangaben ausgewählter Elektro- und Verbrennungsfahrzeug-Klassen gemäß NEFZ mit durchschnittlichen Praxiswerten privater Fahrzeugnutzer:

		NEFZ Reichweite /Verbrauch	Ø Praxis- Reichweite /Verbrauch	Differenz
Elektrofahrzeug	Oberklasse (85 kWh)	502 km/ 17 kWh pro 100 km	394 km/ 21,6 kWh pro 100 km	27 %
	Kompaktklasse (24 kWh)	199 km/ 15 kWh pro 100 km	135 km/ 17,8 kWh pro 100 km	19 %
	Kleinwagen (16 kWh)	160 km/ 12,5 kWh pro 100 km	103 km/ 16 kWh pro 100 km	28 %
Verbrenner	Oberklasse (80 l Tank)	879 km/ 9,1 l pro 100 km	656 km/ 12,2 l pro 100 km	34 %
	Kompaktklasse (50 l Tank)	943 km/ 5,3 l pro 100 km	769 km/ 6,5 l pro 100 km	23 %
	Kleinwagen (45 l Tank)	957 km/ 4,7 l pro 100 km	714 km/ 6,3 l pro 100 km	34 %

Tabelle 2: Vergleich der Verbräuche von Elektro- und Verbrennungsfahrzeugen im NEFZ und in der Praxis (Verbrauchsdaten privater Nutzer aus Spritmonitor.de)

Tipps zur Reichweitenoptimierung

- Vorausschauendes Fahren
- Das Fahrzeug mehr „segeln“ und außerdem im Generator-Betrieb zur Rekuperation rollen lassen
- Mittlere gleichmäßige Geschwindigkeit einhalten
- Sitzheizung vor Innenraumheizung einsetzen (effizienter)
- Nutzung von Nebenaggregaten (wenn möglich) reduzieren
- Unnötiges Gewicht im Fahrzeug vermeiden
- Nicht gebrauchte Aufbauten (Fahrradträger, Dachträger etc.) abmontieren
- Reifendruck regelmäßig prüfen
- Das Fahrzeug an der Ladesäule vorheizen
- Eigene Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen machen und selbst „rechnen“

Fazit

Die tatsächliche Reichweite eines Elektrofahrzeugs ergibt sich in der täglichen Fahrpraxis aus dem Zusammenspiel verschiedener Einflussgrößen. Das erklärt die zum Teil großen Abweichungen von den Verbrauchsangaben des normierten NEFZ.

Aufgrund der Vielzahl von Parametern ist es jedoch schwierig, ein geeignetes Testverfahren zu entwickeln, welches einen realitätsnahen Energieverbrauch ermitteln kann. Eine bessere Annäherung an die Praxisverbräuche wird aber sicherlich der für eine weltweit einheitliche Verbrauchsermittlung und ab 2017 EU-weit geplante WLTP-Zyklus (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) erbringen, der neben dem Zyklus selbst auch die Messprozedur standardisiert. Für den generellen Vergleich zwischen unterschiedlichen Fahrzeugtypen und -marken ist der im NEFZ ermittelte Verbrauchswert aber durchaus geeignet.

Jeder Interessent sollte Elektrofahrzeuge selbst ausprobieren und erleben. Denn Elektromobilität passt heute schon in den Alltag! Fakt ist: Statistisch gesehen können Elektrofahrzeuge schon heute rund 86 Prozent der täglichen Fahrten vom Wohnort zur Arbeitsstätte und zurück abdecken, wenn sie eine Reichweite von mindestens 100 Kilometern haben.

Zukunftsperspektiven

- Sinkende Batteriekosten und steigende Energiedichten werden in naher Zukunft zu einer besseren Wirtschaftlichkeit und einer breiteren Marktdiffusion der Elektromobilität führen.
- Die Verbesserung von vorhandenen wie auch die Entwicklung von neuen Batteriespeichertechnologien und -komponenten werden in absehbarer Zeit zu höheren Elektrofahrzeug-Reichweiten und Batterielebensdauern führen.
- Antriebskomponenten und Nebenaggregate werden hinsichtlich ihres Energieverbrauchs optimiert, was die Reichweite auch verlängern wird.

Kontakt

Ehsan Rahimzei – VDE e.V.

Begleit- und Wirkungsforschung

Schaufenster Elektromobilität

ehsan.rahimzei@vde.com

www.schaufenster-elektromobilitaet.org

Erstellt durch die Begleit- und Wirkungsforschung der
Schaufenster Elektromobilität beauftragt durch die
Bundesministerien BMWi, BMVI, BMUB und BMBF.

Konsortialpartner



Menschen Methoden Lösungen

■ www.bridging-it.de



■ www.dialoginstitut.de



■ www.vde.com

Gefördert durch:



Die
Bundesregierung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages