

Regulatorischer Anpassungsbedarf bei Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen in Europa

Patrick Plötz, Till Gnann, Peter Kasten, Inia Steinbach, Julius Jöhrens

Der Energieverbrauch von Plug-in Hybrid-Fahrzeugen (PHEV) ist im Realbetrieb deutlich höher als in den Typgenehmigungsverfahren. Eine Auswertung von einer Million Fahrzeugen verdeutlicht diese großen Unterschiede und zeigt Handlungsbedarfe in der EU-Emissionsregulierung auf.

Motivation und Zielsetzung

Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV) tragen für Pkw-Hersteller wesentlich zur Erfüllung der CO₂-Flottengrenzwerte in Europa bei. Allerdings sind ihre realen CO₂-Emissionen dreimal höher als die Typgenehmigungswerte (Plötz & Gnann 2025, EEA 2025).

Gleichzeitig sieht die Europäische Regulierung von PHEV im Rahmen der Flottengrenzwerte eine empirische Überprüfung der realen PHEV-Emissionen und ggf. eine Anpassung der Regulierung auf Basis empirischer Daten vor. Diese empirische Überprüfung der Regulierung steht noch aus. In diesem Kontext wurde auch vorgeschlagen, die anstehenden Anpassungen auszusetzen.

Der vorliegende Policy Brief analysiert den möglichen regulatorischen Anpassungsbedarf bei PHEV anhand empirischer Daten. Insbesondere werden realitätsnahe Werte für den sogenannten Utility Factor (UF) abgeleitet, der den überwiegend elektrischen Fahranteil in Abhängigkeit der elektrischen Reichweite beschreibt. Ziel dieses Policy Briefs ist es, eine evidenzbasierte, bürokratiearme Grundlage für mögliche Anpassungen der PHEV-Regulierung zu schaffen, welche auch die steigende Reichweite moderner Fahrzeuge berücksichtigt.

Analyse realer Fahrdaten von einer Million PHEV

Es werden die Realverbräuche aus dem der On-Board Fuel Consumption Monitoring (OBFCM) der European Environment Agency (EEA) von etwa einer Million PHEV herangezogen, die zwischen 2021 und 2023 in Europa zugelassen wurden. Die Daten umfassen reale Verbrauchsdaten in verschiedenen Betriebsmodi über die bisherige Lebensdauer der Fahrzeuge. Mittels Regressionsanalysen werden realistische Zusammenhänge zwischen tatsächlichem elektrischen Fahranteil und der elektrischen Reichweite bestimmt und mit den aktuellen und regulatorisch geplanten UF-Kurven verglichen. Abschließend werden aktuell diskutierte Maßnahmen zur Verringerung des Verbrauchs analysiert und die CO₂-Auswirkungen verschiedener Regulierungsoptionen für Deutschland quantifiziert.

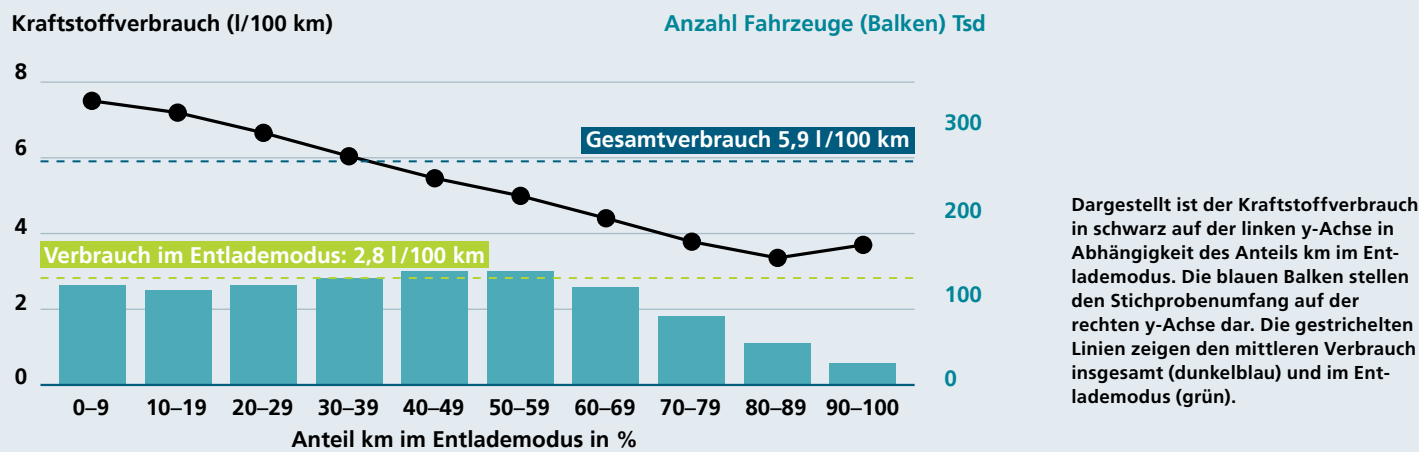
Kraftstoffverbrauch und Emissionen real 300 Prozent zu hoch

Real liegt der mittlere Kraftstoffverbrauch von PHEV in Europa bei 5,9 l/100 km (Abbildung 1) und damit um ca. 300 Prozent über dem Typgenehmigungsverbrauch. PHEV zeigen damit auf der Straße einen Kraftstoffverbrauch nahe den

Projektpartner



Abbildung 1: Realverbrauch in Abhängigkeit des CD-Mode-Anteils



7,0 l/100 km von neuen Verbrennerfahrzeugen. Den Grund dafür zeigt ein Blick auf den elektrischen Fahranteil laut OBFCM-Daten: Dieser liegt lediglich im Bereich von einem Viertel (Streckenanteil mit abgeschaltetem Verbrennungsmotor im Entladebetrieb und energie-basierter elektrischer Fahranteil: 27–31 Prozent).

der Kraftstoffverbrauch mit im Mittel 7,4 l/100 km allerdings noch deutlich höher.

Messgrößen der Typgenehmigung lassen nicht auf den elektrischen Fahranteil schließen

Regulatorisch wird zwischen Entladebetrieb (engl. Charge Depleting Mode – CD-Mode) und Ladeerhaltungsmodus (engl. Charge Sustaining Mode – CS-Mode) unterschieden.

Häufigeres Laden senkt den Kraftstoffverbrauch nur begrenzt

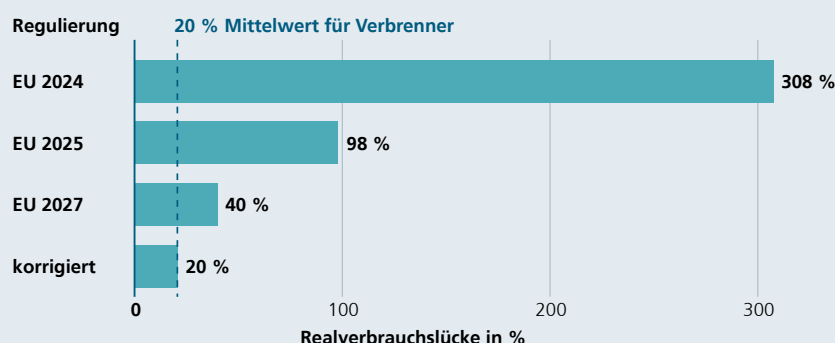
Häufiges Laden galt bisher als wesentlicher Ansatzpunkt zur Steigerung des Klimanutzens von PHEV. Die Realdaten zeigen, wie sich konsequentes Laden der Fahrzeuge (= hoher beobachteter CD-Mode-Anteil) auf den Verbrauch auswirkt: Zwar sinkt durch häufigeres Laden bzw. einen höheren CD-Mode-Anteil der mittlere Kraftstoffverbrauch. Dieser unterschreitet dabei jedoch nie den mittleren realen CD-Mode-Verbrauch von 2,8 l/100 km (Abbildung 1). Aktuelle PHEV verbrauchen also im Flottenmittel nie weniger als 2,8 l/100 km bzw. 65 g CO₂/km, unabhängig davon, wie oft sie geladen werden, da der Verbrennungsmotor nur selten ganz ausgeschaltet ist.

Der CD-Mode ist regulatorisch dadurch definiert, dass über einen WLTP-Zyklus eine bestimmte Mindestmenge der Fahrenergie aus der Batterie stammen muss aber nicht welcher Anteil der Strecke rein elektrisch zurückgelegt werden muss. Dies eröffnet große Spielräume für den Einsatz des Verbrennungsmotors auch im Entladebetrieb. Die OBFCM-Daten ergeben, dass PHEV etwa 40 Prozent ihrer Strecke im CD-Mode unterwegs sind, wobei sie einen realen Verbrauch von im Schnitt etwa 2,8 l/100 km aufweisen (Abbildung 1) und damit deutlich mehr als in der Typgenehmigung. Dies zeigt, dass der Verbrennungsmotor auch in diesem Modus in der Praxis eine erhebliche Rolle spielt. Im CS-Mode liegt

Geplante Verschärfung der Regulierung ist notwendig

Auf Basis der Realdaten wurde für den vorliegenden Policy Brief berechnet, wie stark die Realverbräuche der aktuellen PHEV für

Abbildung 2: Prozentuale Lücke zwischen Nominal- und Realverbrauch von PHEV in Europa nach Regulierung



Dargestellt sind die Mittelwerte der Abweichungen zwischen Typgenehmigungs- und Realverbrauch. Basierend auf den Realverbräuchen sind die verschiedenen Werte Regulierungsvarianten 2024, 2025 und 2027 dargestellt, sowie eine Variante, in der die Regulierung so angepasst würde, dass man die heutige Abweichung von reinen Verbrennerfahrzeugen zwischen Real- und Typgenehmigungsverbrauch von 20 Prozent trifft.

Tabelle 1: Skalierungsparameter und Verbrauchslücken nach Utility-Faktoren

Utility-Faktor-Kurven-Ansatz	d_n [km]	Mittlere Verbrauchslücke %
EU-Regulierung bis 2024	800	> 300
EU-Regulierung 2025–2026	2.200	ca. 100
EU-Regulierung ab 2027	4.260	ca. 40
Empirisch korrigierter UF	7.200	ca. 20
Weitere Realdaten-UF-Ansätze	4.700–5.900	ca. 25–35

Der Utility Factor (UF) gewichtet im Typgenehmigungsverfahren die beiden Fahrmodi (Charge Depleting [CD] = Batterie entladend und Charge Sustaining [CS] = Batterieladung erhaltend) in Abhängigkeit der elektrischen Reichweite zueinander. Ein hoher Wert bedeutet, dass viel elektrisch gefahren wird, eine hohe elektrische Reichweite begünstigt zudem einen höheren UF. Die Gewichtung der Modi hängt wesentlich von einem Skalierungsfaktor d_n ab. Je größer dieser Wert ist, desto geringer ist der angenommene elektrische Fahranteil bei gegebener Reichweite.

unterschiedliche Ausgestaltungen der Regulierung von den Typgenehmigungswerten abweichen würden. Abbildung 2 zeigt die Lücke zwischen realen und nominalen Kraftstoffverbräuchen der PHEV nach der bislang gültigen Regulierung sowie aktuellen Anpassungen. Zusätzlich wurde berechnet, wie die Regulierung angepasst werden müsste, damit PHEV im Mittel nur noch 20 Prozent mehr als nach Typgenehmigung verbrauchen, so wie rein verbrennungsmotorische Fahrzeuge heute. Diese Lücke zwischen Real- und Nominalverbrauch würde im Mittel noch ca. 100 Prozent betragen, wenn die Fahrzeuge nach der 2025er-Anpassung zugelassen worden wären und noch 40 Prozent nach der für 2027 geplanten Anpassung. Damit die Lücke auf ca. 20 Prozent sinkt, müsste der in der Regulierung angepasste Skalierungsparameter von $d_n=2.200$ km für 2025 und $d_n=4.260$ km für 2027 weiter auf $d_n>5.000$ km steigen. Es besteht gewisse Unsicherheit in der Berechnung der Verbrauchslücke unter einer geänderten Regulierung, aber alle empirischen Ansätze zeigen die Notwendigkeit einer Verschärfung der Regulierung über die für 2027 geplante Änderung hinaus, um die Realverbrauchslücke weiter zu senken (Tabelle 1).

Geringe Emissionsenkung durch Display-Transparenz und erzwungenes Laden

Aktuell diskutierte Maßnahmen wie „Display-Transparenz“ (Darstellung des elektrischen Fahranteil im Fahrzeugmenü) oder ein erzwungenes Laden alle 500 km („Inducement“), können die Realemissionen von PHEV höchstwahrscheinlich nur geringfügig senken. Die Maßnahmen reichen bei Weitem nicht aus, die Lücke zwischen Real- und Nominalemmissionen relevant zu senken. Dies verdeutlicht die Wichtigkeit der vorgesehenen Anpassungen an der UF-Kurve in der Regulierung.

Abschließend wurden die Emissionswirkungen der diskutierten Maßnahmen wie auch einer Aussetzung der Verschärfung der Regulierung analysiert. Bei einer rückwirkenden Aussetzung der Verschärfung für das Jahr 2025 würden kumulierte THG-Mehremissionen bis zum Jahr 2045 von ca. 23–25 Mt CO₂-Äq entstehen. Bei der Aussetzung der Anpassung des Skalierungsparameters im Jahr 2027 steigen die Mehremissionen kumuliert auf insgesamt auf 7 Mt CO₂-Äq. Diese Bewertungen wurden unter der Prämisse eines CO₂-Reduktionsziels von 100 Prozent für Neuwagen ab 2035 vorgenommen. Angesichts des derzeit auf EU-Ebene diskutierten Ziels von 90 Prozent ist davon auszugehen, dass diese Zahlen deutlich steigen würden.

Emissionsberechnung von PHEV an Realität anpassen

Es wird deutlich, dass sich aus den Realverbrauchsdaten evidenzbasierte Regulierung bestimmen lässt. Hiermit kann die Realverbrauchs-Abweichung von PHEV auf ein ähnliches Niveau wie bei reinen Verbrennerfahrzeugen abgesenkt und damit ein fairer Vergleich zwischen den Antrieben hergestellt werden. Eine solche Anpassung sollte auf Basis der kontinuierlich erhobenen OBFCM-Daten zukünftig regelmäßig erfolgen. In jedem Fall sollten die aktuell gesetzlich vorgesehenen Anpassungen der Regulierung in Bezug auf den Utility Faktor durchgeführt werden, da sie die Lücke zwischen Nominal- und Realverbräuchen sowie CO₂-Emissionen gegenüber dem bisherigen Stand deutlich verkleinern.

Weitere Informationen im Hintergrundpapier

Plötz, P., Gnann, T., Kasten, P., Steinbach, I., Jöhrens, J. (2026): Regulatorischer Anpassungsbedarf bei Plug-in-Hybridfahrzeugen in Europa. Bericht zum Vorhaben Wissenschaftliche Unterstützung Klimapolitik und Maßnahmenprogramm (14-BE-2203); Karlsruhe, Berlin, Heidelberg 2026

Kontakt

Prof. Dr. Patrick Plötz

patrick.ploetz@isi.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

www.isi.fraunhofer.de



Download des Hintergrundpapiers

© Fraunhofer ISI

Karlsruhe 2026