



Charging Index

Vergleich der Schnellladefähigkeit verschiedener
Elektrofahrzeuge aus Nutzerperspektive

Report 12/24

www.p3-group.com

P3 GROUP

Heilbronner Str. 86
70191 Stuttgart

Deutschland

AUTOREN

Markus Hackmann
Christian Daake
Marian Cammerer
Florian Oest

Inhaltsverzeichnis

01	Management Summary	2 - 3
02	Motivation und Einleitung	4
03	Methodik des P3 Charging Index	5
04	Vergleich der Ladeperformance der Elektrofahrzeuge	6 - 15
05	Vergleich des Energieverbrauchs der Elektrofahrzeuge	16 - 20
06	P3 Charging Index – Bewertung der Langstreckentauglichkeit von Elektrofahrzeugen	21 - 25
07	Exkurs zur Entwicklung der Elektromobilität	26 - 28
08	Fazit und Ausblick	29 - 32
09	Datenerhebung für den P3 Charging Index	33 - 34
	Ansprechpartner / Über P3 / Abkürzungen / Quellen	35 - 38

01 Management Summary

Porsche ist mit dem 2024 überarbeiteten Taycan zurück an der Spitze des P3 Charging Index und gewinnt diesen nach 2019 zum zweiten Mal. Mit fast 400 Kilometern in 20 Minuten lädt der Taycan am meisten reale Reichweite an der Schnellladesäule nach, hat mit 325kW in der Spitze die höchste gemessene Ladeleistung und erreicht zudem mit 282kW die höchste durchschnittliche Ladeleistung zwischen 10% und 80% State-of-Charge (SoC).

Der Hyundai IONIQ 6 führt die Mittelklasse des P3 Charging Index an. Die auf Aerodynamik getrimmte Limousine aus Korea lädt 346km in 20 Minuten an der Schnellladesäule nach und positioniert sich in der Gesamtwertung auf Platz 2 hinter dem Porsche Taycan. Wie auch der IONIQ 5 und der im Jahr 2024 vorgestellte IONIQ 9 basiert das Fahrzeug auf der 800V E-GMP Plattform (Electric Global Modular Platform) von der Hyundai Motor Group.

Der Gewinner des letzten europäischen P3 Charging Index im Jahr 2022 **7**, der KIA EV6, rutscht von Platz 1 (2022) auf Platz 3 (2024) in der Gesamtwertung der diesjährigen Ausgabe. Das Fahrzeug basiert wie Hyundais IONIQ Modelle und der KIA EV9 auf der E-GMP Plattform.

Mit dem NIO ET5 und dem Xpeng G9 sind auch erstmals zwei Fahrzeuge aus China unter den Top 10 des P3 Charging Index. Die beiden Newcomer aus Asien kommen mit unterschiedlicher Technik: der NIO ET5 lädt mit seinem 400V Bordnetz eine reale Reichweite von 294km nach. Zusätzlich zur Schnellladefunktion kann die Batterie des NIO innerhalb von fünf Minuten gegen eine zu 90% vollgeladene Batterie an NIO-eigenen Battery-Swap-Stationen vollautomatisch getauscht werden, was 362km reale Reichweite bedeuten würde. Dies ist ein Alleinstellungsmerkmal im P3 Charging Index.

Der Xpeng G9 hingegen kommt mit einem 800V Bordnetz und kann, wie auch der Porsche Taycan, mit mehr als 300kW in der Spitze geladen werden.

Beim Vergleich der 2024 ermittelten Werte mit dem Gewinnerfahrzeug des ersten P3 Charging Index aus dem Jahr 2019 (Porsche Taycan 1. Generation) wird schnell klar, wie groß der Entwicklungshub in den letzten fünf Jahren war. Bei dem Taycan der ersten Generation lag die Spitzenladeleistung bei 270kW (2024: +55kW) und dieser konnte eine reale Reichweite von 216km in 20 Minuten nachladen, wo der heutige Wert mit 383km realer Reichweite nach 20 Minuten laden um rund 77% erhöht wurde.

Porsche kann mit 325kW in dieser Ausgabe des P3 Charging Index die höchste Ladeleistung aller verglichenen Fahrzeuge unter Beweis stellen, was zugleich auch die zweithöchste jemals durch P3 gemessene Ladeleistung darstellt. Einzig der Sieger des P3CI Asia, der Lotus Emeya, konnte im Rahmen von Messungen für den P3 Charging Index Asien ⁷ bereits mit mehr als 400kW von P3 geladen werden, was wiederum die Ambitionen der chinesischen Automobilhersteller unterstreicht.¹ Der Zeekr 007 – ebenfalls ein Fahrzeug aus China - soll ersten Ankündigungen zufolge mit mehr als 400kW seine 75kWh-LFP Batterie in unter 10,5 Minuten von 10 auf 80% SoC laden.

Aber auch die deutschen Hersteller haben massive Weiterentwicklungen angekündigt und werden in den kommenden Jahren mit Neuer Klasse (BMW), MMA-Plattform (Mercedes-Benz) und PPE-Plattform (Volkswagen Konzern) nicht nur 800V Technik einsetzen und damit die Ladepformance erhöhen, sondern auch die Gesamtenergieeffizienz der Fahrzeuge deutlich verbessern können.

Die Elektromobilität wird unaufhaltsam weiterentwickelt und es ist Anreiz die Fahrzeuge stetig zu verbessern, damit „Laden wie Tanken“ keine Illusion ist.

¹Es lag bei der Veröffentlichung des P3CI 2024 kein benötigter Ecotest-Verbrauchswert für den Lotus vor. Daher kann dieses Fahrzeug nicht vergleichbar kalkuliert und aufgenommen werden.

02 Motivation und Einleitung

Wenn es um die Langstreckentauglichkeit von Elektrofahrzeugen geht, werden häufig negative Schlagzeilen verbreitet, die sowohl persönliche Diskussionen als auch Debatten in sozialen Medien anheizen, was eine sachliche und faktenbasierte Auseinandersetzung mit dem Thema erschwert. Aussagen wie *„Das Laden eines E-Autos dauert Stunden“* oder *„Elektromobilität eignet sich nur für die Stadt und kurze Strecken, lange Fahrten sind damit nicht möglich da ich gerne 800km durchfahre“* haben sich zu gängigen Vorurteilen entwickelt. Solche Äußerungen verunsichern potenzielle Nutzer und Interessenten, die sich häufig gegen den Kauf eines Elektrofahrzeugs entscheiden, da viele Fragen zum Ladeverhalten und zur Langstreckentauglichkeit nicht ausreichend erläutert oder umfassend beantwortet werden können.

Als unabhängige Unternehmensberatung für Elektromobilität hat sich P3 daher zum Ziel gesetzt, Aufklärung zu leisten. Im P3 Charging Index 2024 werden deshalb Langstreckentauglichkeit und Ladeverhalten von modernen Elektrofahrzeugen beleuchtet und analysiert, um zu betrachten, wie gut die Ladeperformance der aktuellen Elektroautos wirklich ist. Dabei soll faktenbasiert und datengetrieben die zentrale Frage beantwortet werden:

„Wie viele Kilometer reale Reichweite lädt ein Elektroauto in 20 Minuten an der Schnellladesäule nach?“

P3 veröffentlicht im Dezember 2024 nun die sechste Ausgabe des P3 Charging Index. ↗ Seit 2019 wurden die folgenden Reports veröffentlicht:

- LESEN ↗ P3 Charging Index 2019 mit Fokus Europa
- LESEN ↗ P3 Charging Index 2021 mit Fokus Europa
- LESEN ↗ P3 Charging Index 2022 mit Fokus Europa
- LESEN ↗ P3 Charging Index US 2023 mit Fokus Nordamerika
- LESEN ↗ P3 Charging Index Asia 2024 mit Fokus Asien



03 Methodik des P3 Charging Index

Im Wettbewerbsvergleich verschiedener Elektrofahrzeuge werden häufig vereinfacht die Kenngrößen der maximalen Ladeleistung in Kilowatt [kW] und die Zeit für das Schnellladen von 10% bis 80% SoC dargestellt. Diese beiden Kennzahlen stellen allerdings nur eine begrenzte Aussagekraft für die alltagstaugliche Schnellladefähigkeit der E-Fahrzeuge aus Nutzersicht dar.

Der P3 Charging Index wurde 2019 von der P3 Group entwickelt, um die reale Ladegeschwindigkeit von Elektrofahrzeugen vergleichbar und einfach verständlich zu machen.

Die entscheidende Kenngröße für den Nutzer ist hierbei vielmehr die benötigte Zeit, um reale Reichweite in Kilometern nachzuladen. Daraus ergibt sich im P3 Charging Index der Vergleich der Langstreckentauglichkeit verschiedener Elektrofahrzeuge. Mithilfe des Verbrauchs und der Ladekurven der Fahrzeuge lassen sich die nachgeladenen Kilometer in 10 und 20 Minuten Ladezeit darstellen, was einen konkreten Vergleich des Schnellladeverhaltens der Fahrzeuge ermöglicht.

Bereits Ende 2019 hat P3 erkannt, dass es keinen konkreten Vergleich vom Schnellladeverhalten gibt und hat mit dem P3 Charging Index (P3CI) eine unabhängige Normierung entwickelt, die einen nutzungsbezogenen und realitätsnahen Vergleich der Schnellladeleistung von Elektrofahrzeugen ermöglicht. Es wird das Ladefenster zwischen 10% und 80% State-of-Charge (SoC) betrachtet, da hier die Fahrzeuge am schnellsten laden.

Der Idealwert des P3 Charging Index von 1,0 entspricht einer tatsächlich nachgeladenen Reichweite von 300km in einem Zeitintervall von 20 Minuten:

$$\text{P3 Charging Index} = \frac{\text{Real nachgeladene Reichweite [km] in 20 Minuten}}{300\text{km}}$$

!

Im P3 Charging Index werden ausschließlich Fahrzeuge betrachtet, die mit dem europäischen Ladestandard CCS2 ausgestattet sind. Es wird in die Kategorien Ober- und Mittelklasse unterschieden. Um Einheitlichkeit, Praxistauglichkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, bezieht sich P3 auf die Verbrauchswerte des ADAC Ecotest. Alle Infos zur Datenerhebung und den betrachteten Fahrzeugen sind in Kapitel 9 zu finden.

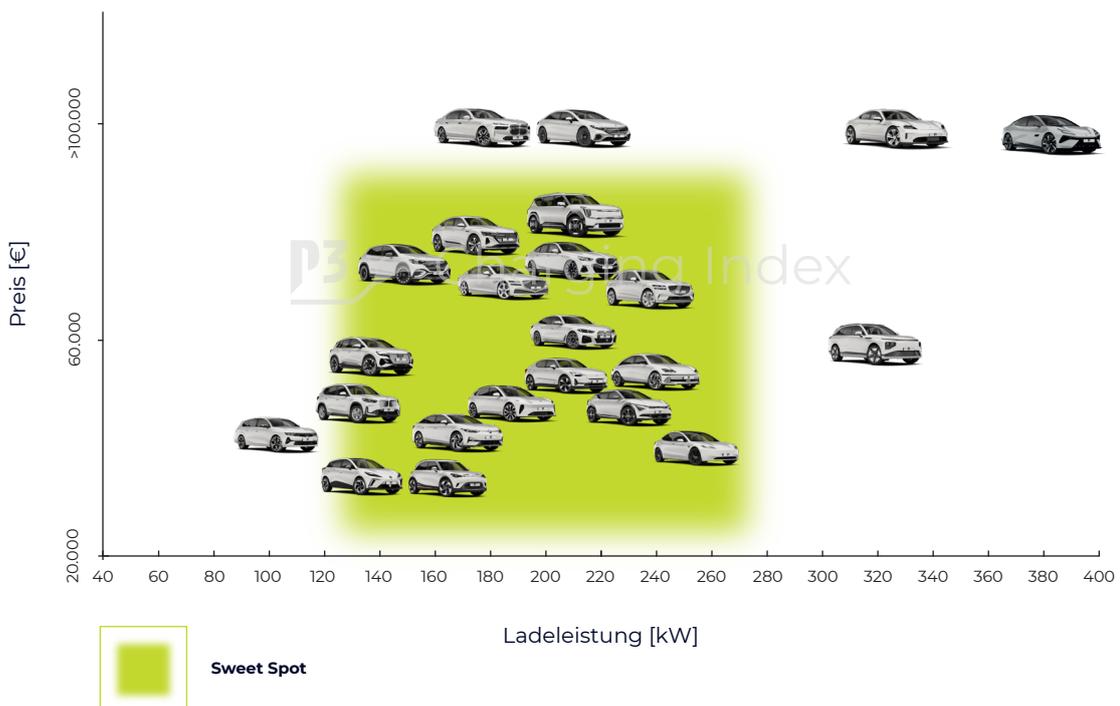
04 Vergleich des Ladeperformance

Der Sweetspot der Ladeleistung liegt derzeit zwischen 150 und 220kW, es sind aber auch bis zu 400kW möglich.

Der Großteil der derzeit erhältlichen Elektrofahrzeuge bietet maximale Ladeleistungen zwischen 150 - 220kW, begrenzt durch die weitverbreitete 400V Fahrzeugarchitektur. Fahrzeuge auf 800V Plattform können Ladeleistungen von mehr als 300kW erreichen, wie der Porsche Taycan und auch der Xpeng G9 unter Beweis stellen. Am oberen Ende befindet sich derzeit der Lotus Emeya, der mit bis zu 402kW² geladen werden kann und durch Ladeströme bis zu 600A neue Maßstäbe setzt. P3 rechnet hier mit weiteren Leistungssteigerungen in der Zukunft aufgrund der zu erwartenden Entwicklungen bei Ladestrom und Batterietechnologie.

ABBILDUNG 1:

Fokusbereich für Ladeleistungen aller Preisklassen (Annäherung)



²Es lag bei der Veröffentlichung des P3CI 2024 kein benötigter Ecotest-Verbrauchswert für den Lotus vor. Daher kann dieses Fahrzeug nicht vergleichbar kalkuliert und aufgenommen werden.

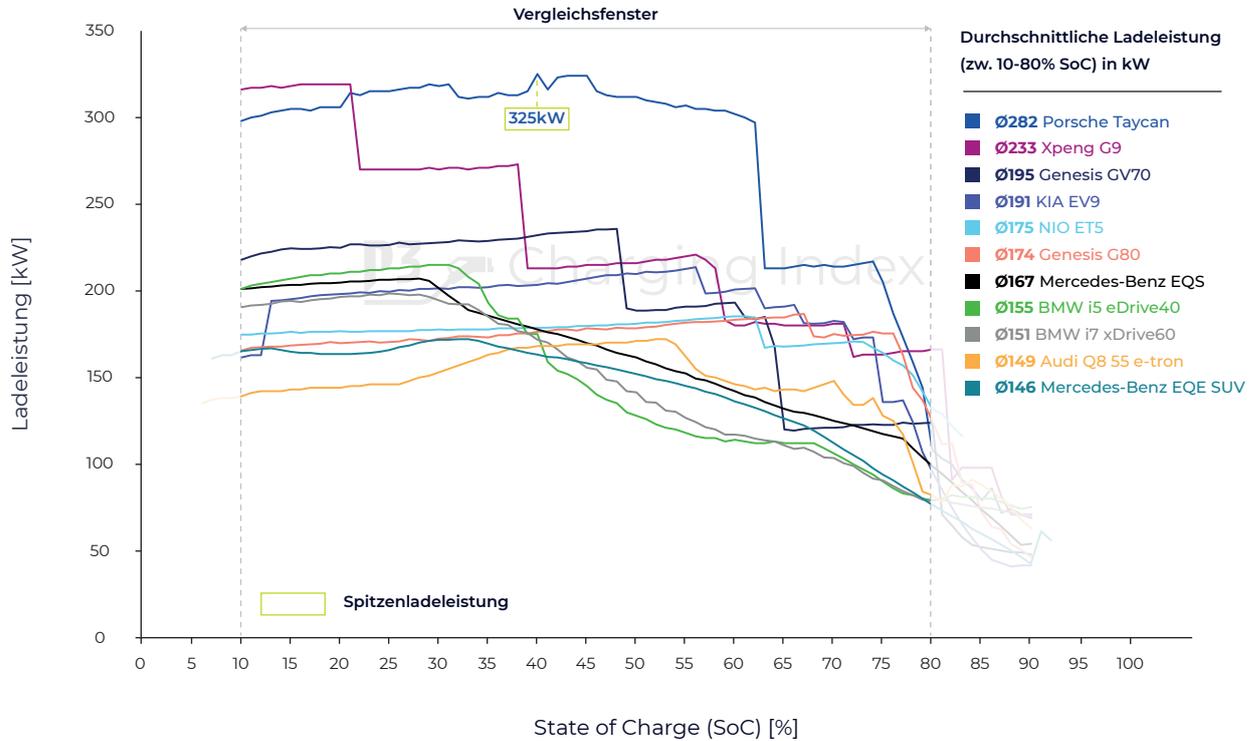
Dass die maximal mögliche Ladeleistung erreicht wird, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab.

Die maximale Ladeleistung von Elektrofahrzeugen wird nur unter idealen Bedingungen erreicht, was bedeutet, dass das Fahrzeug einen niedrigen Batteriefüllstand (SoC) aufweist und die Batterie für das Schnellladen eine optimale Temperatur vorweist, was bspw. durch eine Vorkonditionierung gewährleistet werden kann. Diese hat das Ziel, dass die Hochvoltbatterie des Fahrzeugs entsprechend temperiert wird, um im optimalen Temperaturfenster bei Ladestart zu sein. Damit kann die Batterie darauf vorbereitet werden, die maximal mögliche Ladeleistung abzurufen. Sofern verfügbar, funktioniert dies bei einigen Fahrzeugen über das Navigationssystem des Fahrzeugs, wenn der Ladestopp eingeplant ist (bspw. Porsche Taycan), bei anderen kann zusätzlich die Batterie-Vorkonditionierung manuell gestartet werden (bspw. BMW). Wie wichtig eine vorkonditionierte Batterie besonders bei kalten Außentemperaturen sein kann, hat P3 im Jahr 2022 in der Veröffentlichung [„Laden bei kalten Temperaturen“](#) beleuchtet. ↗

Weiterhin ist es notwendig, dass die Ladesäule in der Lage ist, die maximal mögliche Ladeleistung des Fahrzeugs bereitstellen zu können. Insbesondere die vermehrt vorkommende Stecker-Kombination von zwei CCS-Ausgängen pro Ladesäule führt dazu, dass die Ladesäule entweder grundsätzlich mit statischem Power-Sharing (bspw. kontinuierliche Verteilung der max. 400kW Ladeleistung von jeweils 200kW auf zwei Ladepunkte) arbeitet. Alternativ dazu wird die Leistung entsprechend reduziert, sobald der zweite Ladepunkt benutzt wird (dynamisches Power-Sharing). Derzeit nutzen lediglich wenige Betreiber Ladesäulen mit nur einem Ladestecker von bis zu 400kW, die sicherstellen, dass dauerhaft und ohne Einschränkung eine hohe Ladeleistung abgegeben werden kann.

ABBILDUNG 2:

Vergleich der Ladeperformance der Fahrzeuge in der P3CI-Kategorie Oberklasse



Interaktive Grafik (Nur Desktop)

Für eine bessere Vergleichbarkeit der Ladekurven, nutzen Sie gern die Ein-/Ausblendfunktion durch Klicken auf den gewünschten Fahrzeug-Button.



Die Fahrzeuge Porsche Taycan, Xpeng G9 und Genesis GV70 haben ein 800V Bordnetz und erreichen, wie in Abbildung 3 zu sehen ist, die höchsten Ladeleistungen im Vergleich aller Fahrzeuge. Dies hat den Grund, dass sie mit einer höheren Ladespannung geladen werden. Die Fahrzeuge mit einer 400V Architektur wie der NIO ET5 und die Fahrzeuge von BMW und Mercedes-Benz sind durch ihre geringere Batteriespannung und einen maximal möglichen Ladestrom von 500A bei rund 200kW limitiert.

Der Vergleich verschiedener Fahrzeuge zeigt, dass die Ladekurven sehr individuell sind und die jeweils maximalen Ladeleistungen nur für eine gewisse Dauer während des Ladevorgangs erreicht werden, dabei variiert die fahrzeugspezifische Performance stark. Dies ist besonders an der Ladekurve des Xpeng G9 zu erkennen, der schnell stark an Leistung verliert und somit auch einen großen Unterschied zwischen maximaler (319kW) und durchschnittlicher Ladeleistung (233kW) zwischen 10% und 80% SoC darstellt.

- **Porsche Taycan:** Mit dem im Jahr 2024 eingeführten Modell wird im Vergleich zur ersten Generation aus 2020 die Ladeleistung um 50kW gesteigert und das Schnellladefenster ist nun deutlich erweitert. Der Porsche Taycan erreicht mit einem Peak von 325kW die höchste Ladeleistung über alle Fahrzeuge und hält sein Spitzenplateau mit mehr als 300kW bis über 60% SoC. Dies spiegelt sich in der durchschnittlichen Ladeleistung zwischen 10% und 80% mit 282kW wider, was auch ein gutes Verhältnis aus maximaler und durchschnittlicher Ladeleistung darstellt. Die durchschnittliche Ladeleistung ist über alle Fahrzeuge hinweg der höchste Durchschnittswert, sodass der Porsche in der Ladeperformance klar führend ist und die neue „Performance-Batterie Plus“ in 18 Minuten von 10% auf 80% geladen werden kann.

- **NIO ET5:** Der Elektro-Kombi aus China kommt mit einer 400V Architektur und lädt nahezu konstant mit rund 180kW. Dadurch wird auch über den gesamt betrachteten SoC-Bereich ein Durchschnittswert von 175kW erreicht, was deutlich über den anderen 400V Fahrzeugen liegt. Der NIO ET5 verfügt zudem über eine Besonderheit und ist im Vergleich das einzige Fahrzeug, welches auch über ein Battery-Swapping-System verfügt. Dies macht es möglich, vollautomatisch in rund fünf Minuten an Batterie-Wechsel-Stationen die leere Hochvolt-Batterie gegen eine zu 90% geladene Hochvolt-Batterie zu tauschen, was 362km reale Reichweite bedeuten würde.³ In Europa sind derzeit 58 „NIO Power Swap Stations“ in Betrieb.⁴

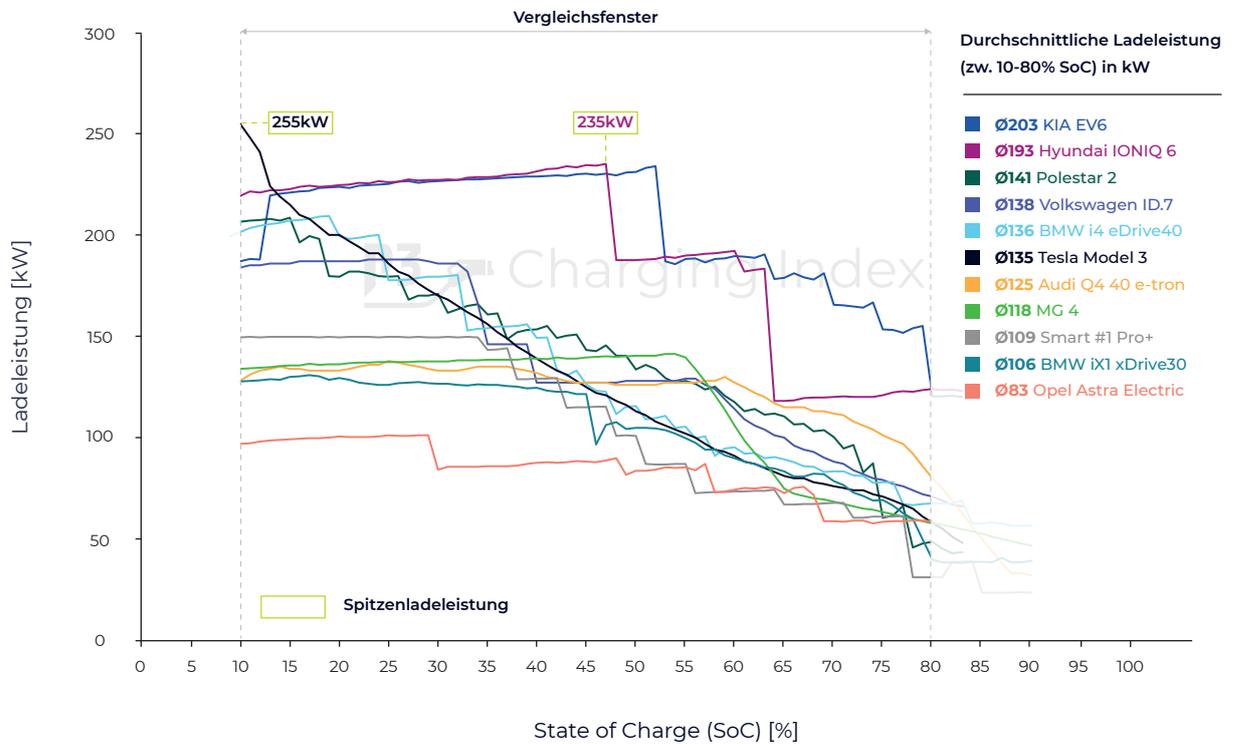
³Davon ausgehend, dass eine gleichgroße Batterie bei 10% SoC gegen eine mit 90% SoC gewechselt wird
⁴Vgl. NIO.com [04.12.2024]

- **Mercedes-Benz EQS:** Der Mercedes-Benz EQS basiert auf einer 400V Architektur und ermöglicht dennoch mit seiner großen Batterie von 107,8kWh eine Spitzenleistung von rund 210kW und einen Durchschnittswert von 167kW im gemessenen SoC-Fenster (10-80%).
- **BMW i5:** Der rein elektrische BMW i5 eDrive40 hat eine 81kWh große Batterie und basiert, wie der Mercedes, auf einer 400V Architektur. In der Spitze erreicht der i5 eine maximale Ladeleistung von 215kW und wird im Durchschnitt mit 155kW von 10% auf 80% SoC geladen, ähnliche Werte können auch die mit abweichenden Batteriegrößen ausgestatteten BMW i7 und BMW i4 aufweisen. Der seit 2021 auf dem Markt verfügbare BMW iX xDrive50 (vgl. P3 Charging Index 2022) liegt ebenfalls auf ähnlichem Niveau wie i5 und i7.



ABBILDUNG 3:

Vergleich der Ladeperformance der Fahrzeuge in der P3CI-Kategorie Mittelklasse



Interaktive Grafik (Nur Desktop)

Für eine bessere Vergleichbarkeit der Ladekurven, nutzen Sie gern die Ein-/Ausblendfunktion durch Klicken auf den gewünschten Fahrzeug-Button.



Auch im Mittelklasse-Segment dominieren die 800V Fahrzeuge wie in Abbildung 3 zu sehen ist. Der KIA EV6 und der Hyundai IONIQ 6 zeichnen sich durch eine konstant hohe Ladeleistung über ein breites SoC-Fenster aus. Hiergegen fällt das Tesla Model 3 mit einer beeindruckenden, aber sehr kurzen Spitzenladeleistung deutlich ab, weshalb das Fahrzeug im Vergleichsfeld hinsichtlich der durchschnittlichen Ladeleistung im Mittelfeld liegt.

- **Tesla Model 3:** Nach dem umfassenden Highland-Facelift im Jahr 2023 weist das Tesla Model 3 nach wie vor eine beeindruckende Spitzenladeleistung von 255kW auf. Diese maximale Ladeleistung wird jedoch ausschließlich an Teslas eigenen Superchargern erreicht, da nur diese Ladesäulen das Fahrzeug mit mehr als 600A versorgen. Der CCS-Standard hingegen liegt derzeit noch bei maximal 500A, weswegen andere Ladesäulenhersteller diese Leistung bisher nicht freigeben.
- **Hyundai IONIQ 6:** Der Hyundai IONIQ 6 basiert auf der 800V E-GMP Plattform des Hyundai-Konzerns, auf der auch der IONIQ 5 und der kürzlich vorgestellte IONIQ 9, die Fahrzeuge KIA EV6 und EV9 sowie der Genesis GV60 aufgebaut werden. Die Fahrzeuge überzeugen durch eine hohe Ladeleistung über ein langes SoC-Fenster, was sich in der Peak-Ladeleistung mit über 230kW und durchschnittlichen Ladeleistungen von fast 200kW widerspiegelt.
- **Volkswagen ID.7 Pro:** Der Volkswagen ID.7 Pro erreicht zwar eine deutlich niedrigere Spitzenladeleistung als das Tesla Model 3, kann jedoch die maximale Ladeleistung von 190kW bis etwa 30% SoC stabil halten, während das Tesla Model 3 an dieser Stelle nur noch mit rund 160kW lädt. Danach wird die Ladeleistung des Volkswagens schrittweise reduziert, was zu einer durchschnittlichen Ladeleistung von 141kW führt. Mit der Einführung des VW ID.7 Pro S, der zum Zeitpunkt des Tests noch nicht verfügbar war, wurden die Batteriekapazität und vermutlich auch die Ladeleistung zusätzlich optimiert.

Die Ladeleistungen von Elektrofahrzeugen werden sich in den kommenden Jahren erneut deutlich nach oben entwickeln.

In Deutschland werden die Hersteller wie BMW, Mercedes-Benz und Volkswagen in Zukunft auf innovative und neue Plattformen setzen, um das Laden schneller und effizienter zu gestalten, was ersten Ankündigungen zufolge mit diesen Kennzahlen ergänzt werden kann:

BMW wird mit der überfälligen Umstellung auf eine 800V-Architektur, mit der ab 2026 erhältlichen Neuen Klasse, die Ladegeschwindigkeit um bis zu 30% im Vergleich zur aktuellen Generation erhöhen. Innerhalb von zehn Minuten soll es möglich sein eine Reichweite von 300 Kilometern nachzuladen, so erste Informationen seitens der Münchener.⁵

Mercedes-Benz verfolgt mit der MMA-Plattform einen ähnlichen Ansatz. Der vollelektrische CLA soll mit einer 800V-Architektur ausgestattet sein und eine maximale Ladeleistung von über 320kW erreichen.⁶

Im Herbst 2024 brachte der Volkswagen Konzern mit dem neuen Porsche Macan und dem Audi Q6 e-tron erstmals Fahrzeuge auf Basis der neu entwickelten PPE-Plattform (Premium Platform Electric) auf den Markt. Diese flexible Plattform wird sich in den kommenden Jahren weiterentwickeln und ermöglicht es den Marken neueste Technologien in den Bereichen Hochvolt-System, Antrieb und Fahrwerk zu integrieren. Kürzlich kündigte Porsche zudem die Einführung eines rein elektrischen Porsche Cayenne an, der die aktuellen Ladeleistungen des Porsche Macan von 270kW deutlich übertreffen soll. Der elektrische Porsche Cayenne wird voraussichtlich eine noch höhere und stabilere Ladeleistung bieten.⁷ Bis die Elektroautos der nächsten Generation von den deutschen Premiumherstellern Serienreife erlangt haben und verfügbar sind, dauert es aller Voraussicht nach allerdings noch mindestens ein bis zwei Jahre.

⁵Vgl. [Press.bmwgroup.com](https://press.bmwgroup.com) [Zugriff 28.11.2024]

⁶Vgl. [Electrive.net](https://electrive.net) [Zugriff 28.11.2024]

⁷Vgl. [Newsroom.porsche.com](https://newsroom.porsche.com) [Zugriff 28.11.2024]

Die neuen Elektrohersteller aus China hingegen setzen bereits heute neue Maßstäbe in der Ladegeschwindigkeit, was nachfolgende Ankündigungen zeigen. Fahrzeuge wie der Zeekr 007 mit der Golden Brick Gen2-Batterie sollen außergewöhnliche C-Raten von bis zu 5,5C bei einer Ladeleistung von mehr als 400kW erreichen, was einer Ladedauer von 10,5 Minuten für 10-80% entsprechen soll. Eine C-Rate von 1C bedeutet dabei, dass eine Batterie innerhalb einer Stunde vollständig ge- oder entladen werden kann. Damit wäre die LFP-Batterie aus China die derzeit wohl am schnellsten wiederaufladbare Batterie weltweit.⁸ CATL hat mit seiner Qilin-Batterie eine Technologie entwickelt, die bei einer Ladezeit von zehn Minuten knapp 300km nachladen soll, einer Mitteilung von CATL zufolge.⁹ Der Lotus Emeya, ausgestattet mit der CATL Qilin-Batterie, unterstrich Chinas Fortschritt bereits im P3 Charging Index Asia im Mai 2024: Die Limousine konnte von P3 Experten an einer öffentlichen CCS-Ladestation in Deutschland mit maximal 402kW geladen werden. Der Durchschnittswert zwischen 10% und 80% lag hier bei 331kW, was den Porsche Taycan um beinahe 50kW überbietet. Diese Ladeleistung konnte erreicht werden, da das Fahrzeug bei seiner 800V-Architektur mit bis zu 600A Strom geladen wurde.¹⁰

Die aktuelle maximale Ladeleistung für Elektrofahrzeuge basiert auf max. 920V (CharIN) und max. 500A (CCS-Norm). Für höhere Ladeströme müsste die Norm angepasst werden, woran aktuell gearbeitet wird.

Die derzeitigen Grenzen des CCS-Ladens werden von der CharIN mit einer maximalen Spannung von 920V als Obergrenze für HPC-Ladestationen und der CCS-Norm mit einer maximalen Stromstärke von 500A definiert. Um die maximal theoretische Ladeleistung von 460kW zu erreichen, ist es erforderlich, beide Werte voll auszuschöpfen. Dies ist allerdings kaum möglich, da die Ladespannung zum Start deutlich unterhalb der 920V liegt (720V bis 730V beim Emeya) und mit steigendem SoC zunimmt. Dies führt in den durchgeführten Messungen von 10% SoC auf 80% SoC zu Unterschieden von 48V (EQS) bis zu 84V (Emeya).

⁸Vgl. Sina Finance [Zugriff 28.11.2024]

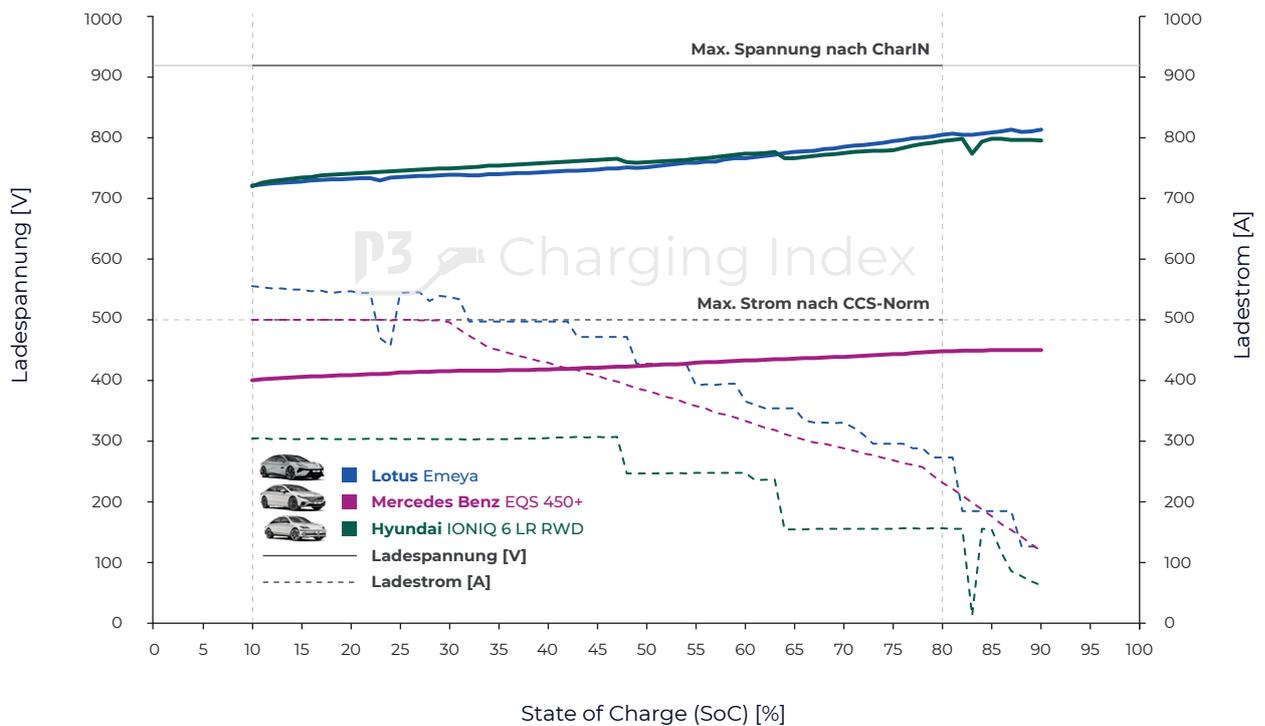
⁹Vgl. CATL www.youtube.com [Zugriff 28.11.2024]

¹⁰Vgl. P3-Group.com [Zugriff 28.11.2024]

Die Ladeströme reduzieren sich hingegen im Verlauf des Ladevorgangs deutlich. Dies erfolgt aufgrund zunehmenden SoC und der Temperaturentwicklung, sodass die Ladespannung zwar steigt, der Ladestrom analog aber sinkt. Um zu Beginn noch höhere Ladeleistungen zu erzielen, werden vermehrt Ladeströme bis zur 600A Marke angestrebt, was auch der Lotus Emeya nutzt, um somit >400kW als Spitzenladeleistung zu erreichen.

ABBILDUNG 4:

P3-Strom-/ Spannungs-Kurve für verschiedene batterieelektrische Fahrzeugmodelle (BEV)



05 Vergleich des Energieverbrauchs

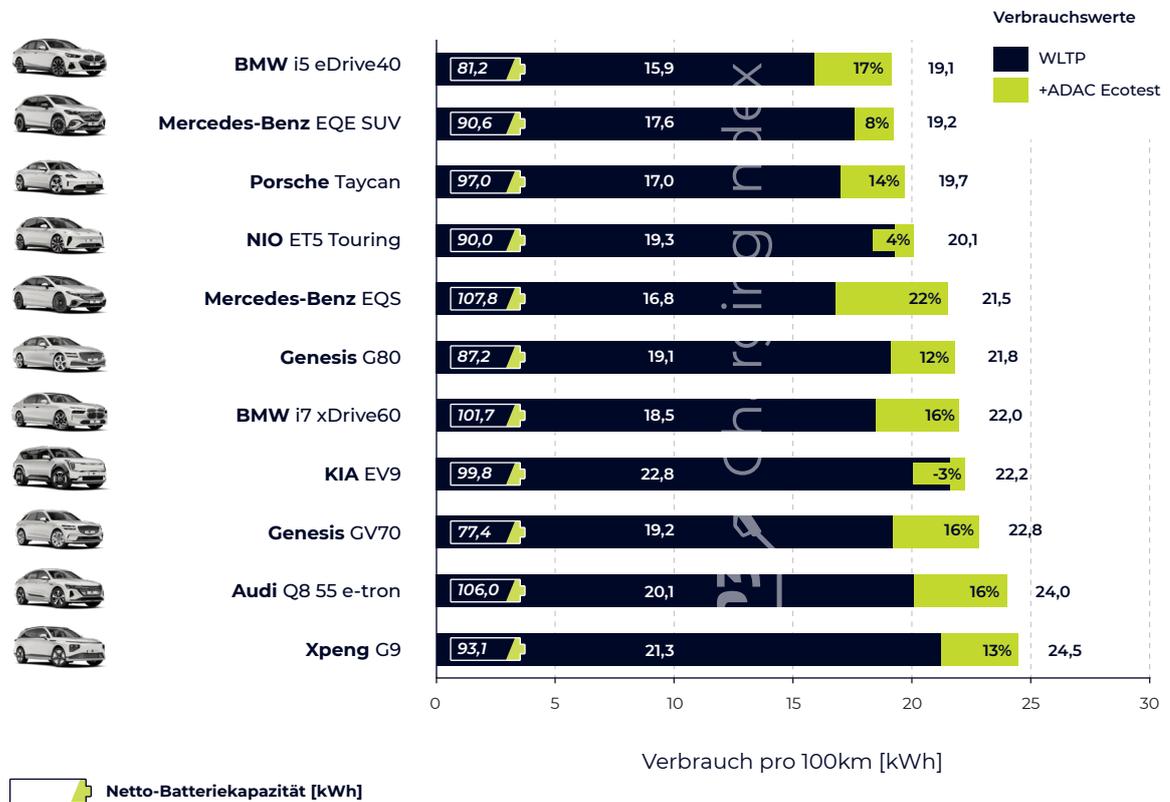
Um möglichst realitätsnahe Verbräuche der einzelnen Elektrofahrzeuge in die Kalkulation des P3 Charging Index einfließen zu lassen, wurden die vom ADAC Ecotest ermittelten Verbrauchswerte verwendet. In der dargestellten Grafik sind diese im Vergleich zu den WLTP-Verbrauchsdaten dargestellt und werden zusammen mit den relativen Unterschieden ausgewiesen. Der Elektrozyklus des ADAC (Teil des ADAC Ecotest) wird an einem Stück durchgefahren und so oft wiederholt, bis ein SoC <50% erreicht ist, oder der Zyklus sechs Mal gefahren wurde. Anschließend wird mittels Typ II Ladestecker (22kW oder maximal mögliche AC-Ladeleistung) das Fahrzeug vollständig geladen und die benötigte elektrische Energie bestimmt. Die Energiemessung berücksichtigt dabei auch die Ladeverluste, die beim Normalladen (AC-Laden) entstehen.¹¹



¹¹Vgl. ADAC.de [Zugriff 03.12.2024]

ABBILDUNG 5:

Vergleich des Verbrauchs (WLTP absolut und prozentualer Aufschlag ADAC Ecotest) - Oberklasse

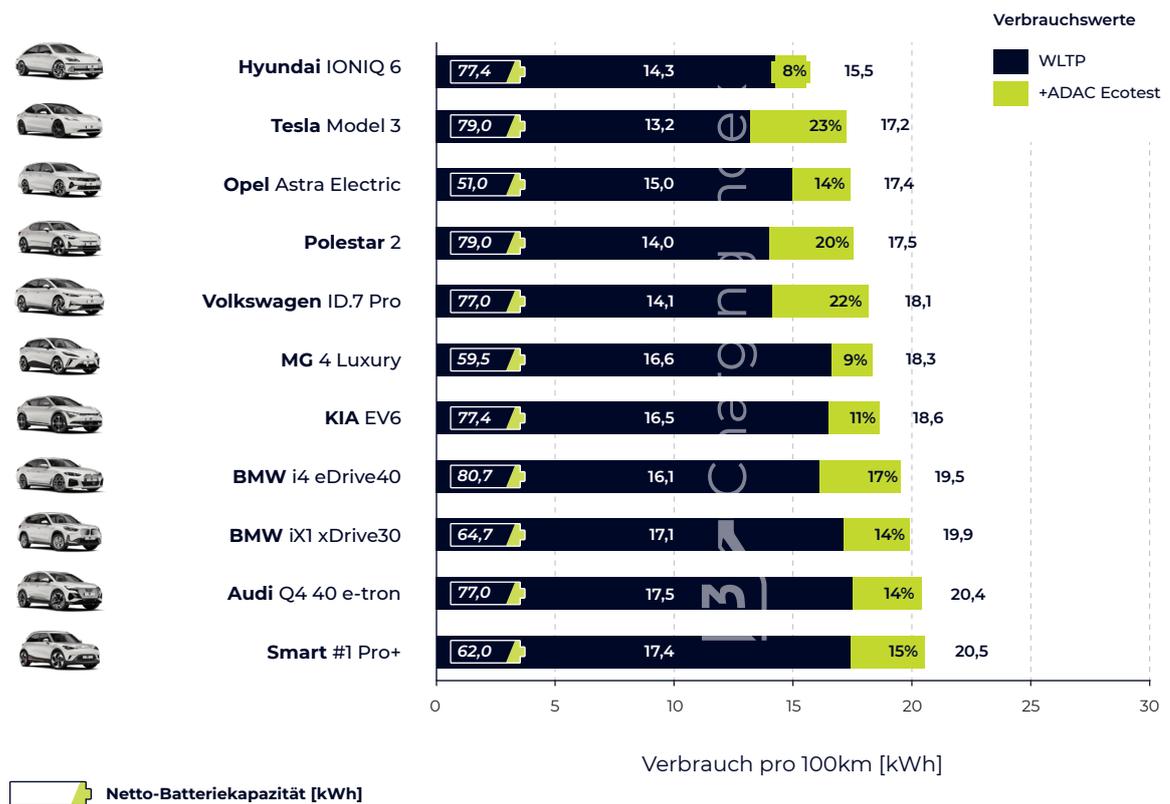


Im Vergleich zu den Mittelklassefahrzeugen sind in den Fahrzeugen der Oberklasse generell größere Batterien verbaut, welche bei den betrachteten Fahrzeugen von 77,4kWh (Genesis GV70) bis nahezu 108kWh im Mercedes-Benz EQS reichen. Neben dem Gewicht der Batterie ist ein weiterer Faktor für den Energieverbrauch eines Elektrofahrzeugs die Aerodynamik, welche durch den cW-Wert (Luftwiderstandsbeiwert) beschrieben wird. Besonders Limousinen zeichnen sich durch sehr niedrige cW-Werte aus, was den Gesamtverbrauch positiv beeinflusst. Im Vergleich dazu schneiden die meisten größeren SUVs in der Verbrauchsbewertung weniger gut ab, da sie aufgrund ihres höheren Windwiderstands und häufig höheren Gewichts tendenziell mehr Energie verbrauchen. Eine bemerkenswerte Ausnahme bildet jedoch der Mercedes-Benz EQE SUV, dessen Verbrauch von 19,2kWh nur knapp hinter dem des BMW i5 im ADAC Ecotest liegt.

Insgesamt unterscheiden sich die Verbräuche der Fahrzeuge stark und variieren zwischen 19,1kWh im BMW i5 eDrive40 und 24,5kWh im Xpeng G9 auf 100km. BMW verbaut beim i5 eDrive40 einen besonders effizienten Gesamtantriebsstrang. Die Businesslimousine kann dabei sowohl im WLTP als auch im ADAC-ECOTEST den geringsten Verbrauch in der Oberklasse vorweisen, wobei auch hier ein Unterschied von nahezu 20% zu sehen ist. Dies liegt im oberen Bereich und wird nur vom Mercedes-Benz EQS mit 22% übertroffen, wohingegen der Großteil der Fahrzeuge darunter liegt mit einer durchschnittlichen Abweichung von 12%.

ABBILDUNG 6:

Vergleich des Verbrauchs (WLTP absolut und prozentualer Aufschlag ADAC Ecotest) - Mittelklasse



Mittelklassefahrzeuge sind in der Regel mit kleineren Batterien als Modelle der Oberklasse ausgestattet, was in einem geringeren Batteriegewicht und somit auch einem geringeren Verbrauch resultieren kann. Die Bandbreite reicht hier

von mindestens 51kWh im Opel Astra Electric Sports Tourer GS bis hin zu knapp 81kWh im BMW i4 eDrive40. Besonders hervorzuheben ist der Hyundai IONIQ 6, der im ADAC Ecotest einen äußerst niedrigen Verbrauch von lediglich 15,5kWh erzielt. Damit unterbietet der IONIQ 6 den Spitzenreiter der Oberklasse, den BMW i5, der einen Verbrauch von 19,1kWh aufweist, deutlich. In der Gesamtwertung aller getesteten Fahrzeuge ist der Hyundai IONIQ 6 somit das verbrauchsgünstigste Elektrofahrzeug, was vor allem auf die aerodynamisch optimierte Karosserie der Limousine zurückzuführen ist.

VW und Mercedes konnten im Herbst 2024 im Real-Betrieb auf der Straße neue Best-Werte liefern.

Dass bereits heute geringe Verbrauchswerte im Realbetrieb erreicht werden können, das konnte Volkswagen im Oktober 2024 mit dem ID.7 Pro S bei einer Fahrt in der Schweiz unter Beweis stellen. Die Wolfsburger Limousine schaffte mit einer Batterieladung 794 Kilometer im normalen Verkehrsfluss auf öffentlichen Straßen. Der angegebene WLTP-Wert von 709km wurde damit nochmals deutlich überboten, was durch einen durchschnittlichen Verbrauch auf einem besonders niedrigen Niveau von nur 10,3kWh/100km erreicht wurde. Umgerechnet in Diesel bedeutet der gefahrene durchschnittliche Verbrauch lediglich rund 1,1 Liter pro 100km.¹²

Ebenfalls im Oktober 2024 hat Mercedes-Benz mit einem Entwicklungsfahrzeug des neuen CLA, der erstmals auf der neuen MMA-Architektur 800V basiert, einen Weltrekord aufgestellt: Bei einer 24-Stunden-Testfahrt auf der Teststrecke im süditalienischen Nardò konnte mit dem seriennahen Prototyp eine Distanz von exakt 3.717 Kilometer binnen 24 Stunden im Real-Test zurückgelegt werden.¹³ Aktuelle Mitteilungen von Mercedes-Benz zur Folge soll das Top-Modell des Fahrzeugs mit einer Batterie mit nutzbarem Energiegehalt von insgesamt 85kWh kommen und soll einen Verbrauch von 12kWh/100km erreichen.¹⁴

¹²Vgl. Volkswagen-newsroom.com [Zugriff 28.11.2024]

¹³Vgl. Group.mercedes-benz.com [Zugriff 28.11.2024]

¹⁴Vgl. Electrify.net [Zugriff 28.11.2024]

Der Verbrauch von Elektrofahrzeugen wird in den Fahrzeugen der nächsten Generation nochmals deutlich gesenkt.

Auch für die nächste Generation von Elektrofahrzeugen zeichnen sich bereits heute Tendenzen ab: BMW betont die hohe Effizienz, wenn es um die „Neue Klasse“ geht, die auf 800V Architektur im Jahr 2026 auf den Markt kommen soll: die Batterie-Zelle der Generation 6 soll im Vergleich zur aktuell im Markt verfügbaren Vorgeneration bis zu 30% mehr Reichweite, bis zu 30% schnelleres Laden und mehr als 20% höhere Energiedichte bieten. Damit soll die Gesamtfahrzeug-Effizienz durch die Summe aller Maßnahmen um bis zu 25% gesteigert werden.¹⁵ Volkswagen plant mit der PPE-Plattform (Ersteinsatz in Porsche Macan und Audi Q6 e-tron) die Verbrauchswerte weiter zu senken und die Reichweite über die 600km-Marke hinaus zu steigern.¹⁶ Der chinesische Automobilhersteller Xpeng, gegründet 2014, hat im Oktober 2024 die Daten des neuen P7+ veröffentlicht, der einerseits auf einer 800V Architektur basiert, andererseits aber auch durch einen Siliciumcarbid-Inverter einen sehr niedrigen Verbrauch von lediglich 11,6kWh erzielen soll, was aller Voraussicht nach jedoch keinen WLTP-Verbrauch, sondern den Chinesischen Standard CLTC darstellt.¹⁷

¹⁵Vgl. Bmwgroup.com [Zugriff 28.11.2024]

¹⁶Vgl. Volkswagen-Group.com [Zugriff 28.11.2024]

¹⁷Vgl. Insideevs.de [Zugriff 28.11.2024]

06 P3 Charging Index – Bewertung der Langstreckentauglichkeit von Elektrofahrzeugen

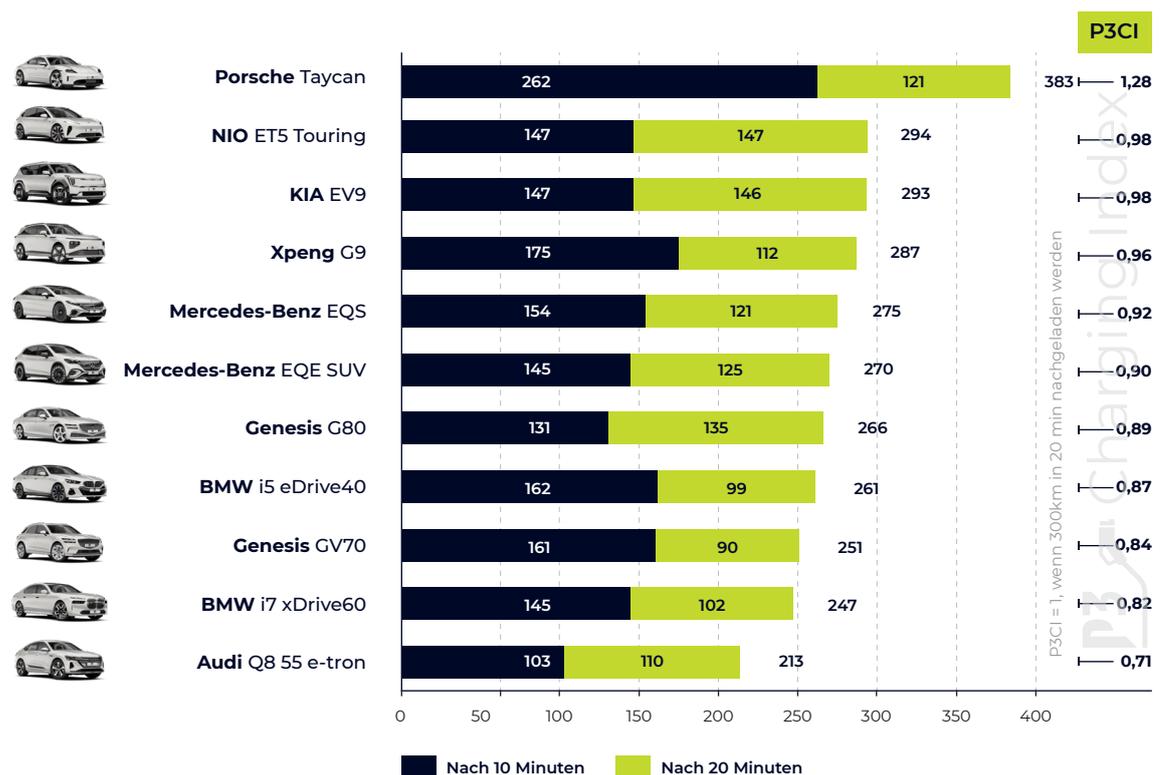
Aus Kundenperspektive sind weder die maximale Ladeleistung noch der Verbrauch für die Langstreckentauglichkeit einzeln maßgebend, denn ein typischer, realer Ladevorgang orientiert sich für den Elektrofahrzeug-Fahrer im Wesentlichen an einer wichtigen Fragestellung:

„Wie viele Kilometer reale Reichweite lädt ein Elektroauto in 20 Minuten an der Schnellladesäule nach?“

P3 setzt dazu die Ladeleistung, den Verbrauch und die Zeit in Relation, um die Autos unter Realbedingungen vergleichen zu können:

ABBILDUNG 7 :

Nachgeladene Reichweiten [km] nach 10 & 20 Minuten Ladezeit (Start @10% SoC) - Oberklasse



Der Porsche Taycan liegt auf Platz 1 in der Oberklasse des P3 Charging Index und kann in 10 Minuten 262km Reichweite nachladen. Insgesamt lädt die Limousine 383km in 20 Minuten nach. Somit demonstriert der Taycan eindrucksvoll, welche Vorteile eine hohe Ladeleistung in Kombination mit einem niedrigen Verbrauch bewirken kann.

Auf Anhieb sichert sich ein chinesischer Automobilhersteller den 2. Platz in der Oberklasse und das trotz 400V-Architektur, was die schnelle Entwicklung des chinesischen Autobauers unterstreicht und zeigt, wie schnell dieser aufholen kann. Der NIO ET5 Touring Long Range lädt 294km Reichweite in 20 Minuten nach und ist auch das einzige Fahrzeug, welches zusätzlich über ein Battery-Swapping-System nachgeladen werden kann. Dies erlaubt vollautomatisch in rund 5 Minuten an Batterie-Wechsel-Stationen die leere Hochvolt-Batterie gegen eine zu 90% geladene Batterie zu tauschen.

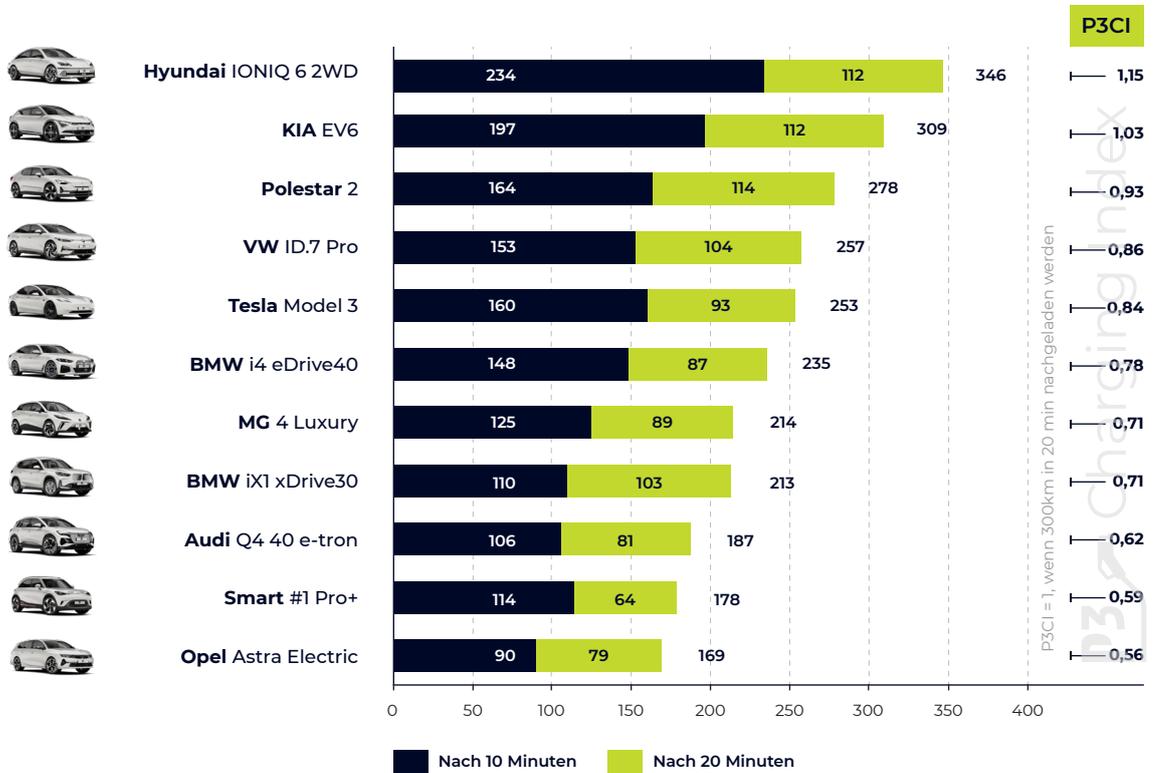
Der KIA EV9 folgt knapp hinter dem NIO ET5 und lädt in 20 Minuten 293km Reichweite nach, was bei den Ausmaßen (Größe und Gewicht) des Fahrzeugs ein bemerkenswertes Ergebnis darstellt.

Die deutschen Fahrzeuge mit der 400V-Architektur sortieren sich hinter den 800V Fahrzeugen ein.

Sind sie nach zehn Minuten noch auf einem ähnlichen Niveau mit den 800V Fahrzeugen aufgrund teils niedrigerer Verbräuche und hohen Ladeleistungen, so macht sich nach ca. 40% SoC die vergleichsweise schwache Ladeperformance bemerkbar, was schließlich im Endergebnis nach 20 Minuten resultiert.

ABBILDUNG 8:

Nachgeladene Reichweiten [km] nach 10 & 20 Minuten Ladezeit (Start @10% SoC) - Mittelklasse



Der Hyundai IONIQ 6 kann in nur 10 Minuten eine Reichweite von 234km nachladen und erreicht innerhalb von 20 Minuten eine Gesamtreichweite von 346km, was ihn zum Gewinner der Mittelklasse des P3 Charging Index macht. Dies verdeutlicht, wie eine hohe Ladeleistung in Kombination mit einem niedrigen Verbrauch, die nachgeladene Reichweite in 20 Minuten deutlich steigern kann.

Der Konzern-Bruder des Gewinnerfahrzeugs, der KIA EV6, lädt zwar etwas schneller, jedoch ist der Verbrauch des Modells auch deutlich höher, was sich im Gesamtergebnis bemerkbar macht. Der KIA kann in 20 Minuten 309km reale Reichweite nachladen.

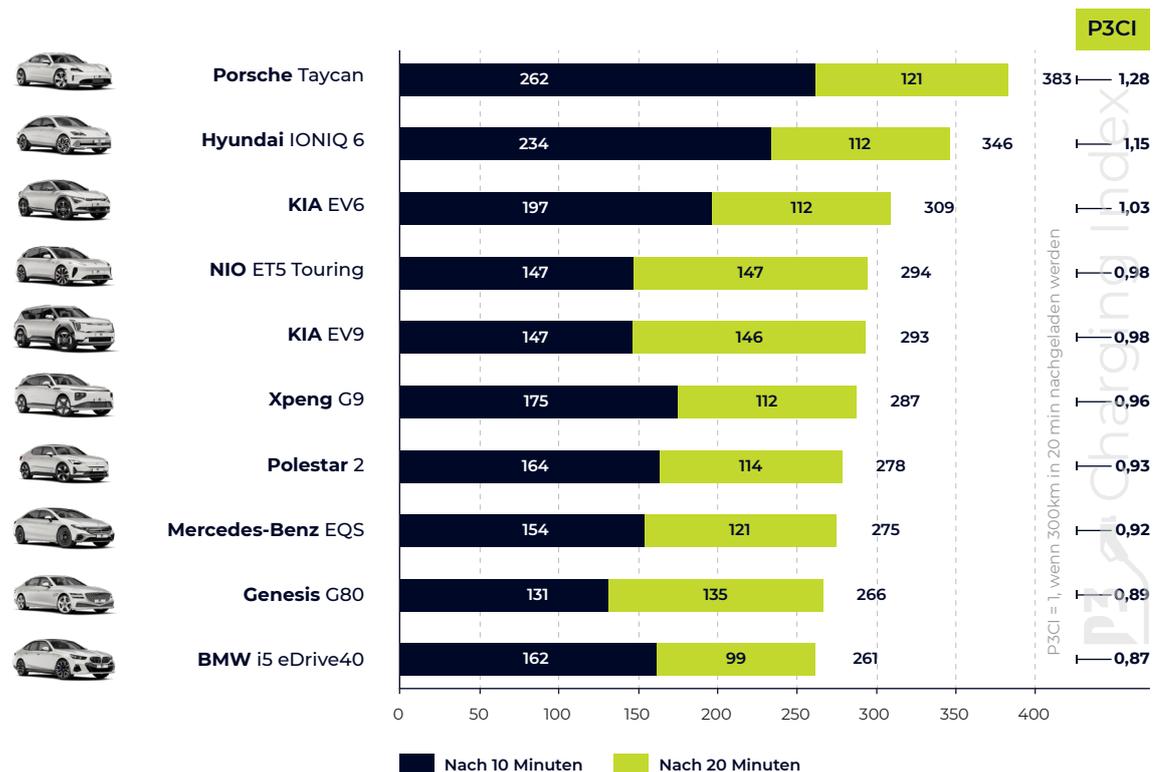
Das Tesla Model 3 hat nach dem Highland-Facelift weiterhin die höchste maximale Ladeleistung und einen geringeren Verbrauch, dennoch liegen Polestar 2 und VW ID.7 im direkten Vergleich vorne.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass sowohl der Polestar als auch der Volkswagen durch eine stabilere Ladekurve mehr Energie in gleicher Zeit nachladen können, in Summe bewegen sich die drei Fahrzeuge aber auf sehr ähnlichem Niveau. Im detaillierten Vergleich von Tesla und VW fällt auf, dass sich diese nur minimal unterscheiden, was einerseits an sehr ähnlichen Verbräuchen von 17,2kWh/100km (Tesla Model 3) und 18,1kWh/100km (VW ID.7), andererseits aber auch an ähnlichen durchschnittlichen Ladeleistungen (135kW zu 138kW) liegt.

Die 800V-Fahrzeuge aus Korea heben sich deutlich von den 400V-Modellen ab. Sowohl nach 10 als auch nach 20 Minuten Ladezeit sind die Konzernmodelle von der Hyundai Motor Group die klaren Sieger. Da Elektrofahrzeuge europäischer Hersteller auf 800V Basis in der Mittelklasse frühestens Ende 2025 erwartet werden, werden in diesem Segment für den Moment weiterhin die asiatischen Hersteller führend bleiben.

ABBILDUNG 9 :

Nachgeladene Reichweiten [km] nach 10 & 20 Minuten Ladezeit (Start @10% SoC) - Gesamtwertung



Erstmals laden die TOP 3 des P3 Charging Index in der Gesamtwertung alle mehr als 300km reale Reichweite in 20 Minuten und haben somit einen P3CI größer 1,0.

1. PLATZ Porsche Taycan



Mit 383km in 20 Minuten lädt der Porsche Taycan am meisten Reichweite an der HPC-Ladesäule nach, hat mit 325kW in der Spitze die höchste gemessene Ladeleistung und die höchste durchschnittliche Ladeleistung zwischen 10% und 80% SoC mit 282kW.

2. PLATZ Hyundai IONIQ 6



Der Hyundai IONIQ 6 gewinnt den 2. Platz in der Gesamtwertung des P3 Charging Index 2024 und lädt in 20 Minuten insgesamt 346km nach, was sowohl durch die hervorragende Ladeperformance als auch durch den geringen Verbrauch ermöglicht wird.

3. PLATZ KIA EV6



Der Gewinner des letzten europäischen P3 Charging Index (2022), der KIA EV 6, rutscht von Platz 1 auf Platz 3 in der Gesamtwertung und kann in 20 Minuten 309km neue Reichweite nachladen. An diesem Fahrzeug zeigt sich sehr gut, dass die Hyundai Motor Group mit der E-GMP Plattform eine Basis entwickelt hat, die seit einigen Jahren und auch zukünftig eine bemerkenswerte Ladeperformance erzielen kann.

07 Exkurs zur Entwicklung der Elektromobilität

Fünf Jahre nach der Veröffentlichung des ersten P3 Charging Index ist die Entwicklung von Elektrofahrzeugen weit vorangeschritten:

P3 Charging Index 2019: Der Anfang der Elektromobilität auf Langstrecke

Im Jahr 2019 befand sich die Elektromobilität noch in einer frühen Phase ihrer technologischen Entwicklung, insbesondere in Bezug auf Ladegeschwindigkeit, Reichweite und Energieverbrauch. Nichtsdestotrotz kamen zu der Zeit die ersten Fahrzeuge mit größeren Batterien und Ladeleistungen von mehr als 100kW auf den Markt. Der Porsche Taycan setzte mit einer Spitzenladeleistung von bis zu 270kW neue Maßstäbe, konnte im Durchschnitt 224kW im Ladebereich von 20 bis 80% SoC halten. Diese Ladeleistungen ermöglichten es dem Taycan, in nur 20 Minuten etwa 216 Kilometer Reichweite nachzuladen. Im Vergleich dazu erreichte das Tesla Model 3 eine maximale Ladeleistung von 250kW, wobei der Durchschnittswert aufgrund einer konstanten Reduzierung der Ladeleistung bei steigendem SoC nur bei etwa 128kW lag. Der Energieverbrauch der Fahrzeuge lag typischerweise zwischen 22 und 28kWh/100km, was für die damalige Zeit als effizient galt. Jedoch blieb die Zielmarke von 300 Kilometern Reichweite nach 20 Minuten Laden ein unerreichter Idealwert. Erschwerend dazu war eine flächendeckende Schnellladeinfrastruktur noch kaum verfügbar, was die Alltagstauglichkeit von Elektrofahrzeugen auf Langstrecken stark einschränkte. So waren auch die Optionen für den Fall einer belegten oder defekten Ladestation in der Nähe sehr überschaubar, sodass häufig mit höherem Rest-SoC bereits eine Ladestation angefahren wurde, um für den Fall der Fälle noch ausreichend Restreichweite für eine alternative Ladestation vorhalten zu können.

P3 Charging Index 2021: Deutliche Fortschritte in Ladegeschwindigkeit und Effizienz

Im Jahr 2021 waren bereits deutliche Fortschritte in der Ladegeschwindigkeit und Effizienz von Elektrofahrzeugen sichtbar. Der Mercedes EQS, ausgestattet mit einem 400V-System, erreichte eine durchschnittliche Ladeleistung von 164kW und konnte in nur 20 Minuten bis zu 266 Kilometer Reichweite nachladen – eine beachtliche Steigerung von 50 Kilometern im Vergleich zu den Spitzenmodellen von 2019. Tesla konnte mit dem Model 3 seine Spitzenladeleistung von 250kW beibehalten und gleichzeitig die durchschnittliche Ladeleistung verbessern, wodurch die Ladezeiten im Bereich von 10 bis 80% SoC optimiert wurden. Audi erzielte mit dem e-tron 55 quattro eine konstante durchschnittliche Ladeleistung von 146kW, was ihn für Langstreckenfahrten besonders geeignet machte, auch wenn der Verbrauch im höheren Bereich zu erwarten war. Der Energieverbrauch sank über alle Fahrzeuge auf etwa 20 bis 25kWh/100km, unterstützt durch aerodynamische Verbesserungen und fortschrittlichere Batteriearchitekturen.

P3 Charging Index 2022: Durchbruch in der Mittelklasse

Eine sehr starke Ladeperformance in der Mittelklasse konnte im Jahr 2022 unter Beweis gestellt werden. Der KIA EV6, basierend auf Hyundais 800V E-GMP-Plattform, setzte neue Maßstäbe. Mit einer durchschnittlichen Ladeleistung von 203kW übertraf der EV6 erstmals den Idealwert von 300 Kilometern Reichweite in nur 20 Minuten und erreichte beeindruckende 309 Kilometer (P3CI von 1,03). Dies stellte eine signifikante Verbesserung im Vergleich zu den Spitzenmodellen des Vorjahres dar. Auch der Hyundai IONIQ 5 und der Audi e-tron GT präsentierten sich mit durchschnittlichen Ladeleistungen von 200kW und mehr als leistungsstarke Fahrzeuge, die Langstreckenfahrten erheblich erleichterten. Der Energieverbrauch der Fahrzeuge sank weiter und erreichte in der Mittelklasse Werte von 18 bis 20kWh/100km und in der Oberklasse 20 bis 24kWh/100km, was die Effizienz auf ein neues Level hob. Diese Entwicklungen machten Elektrofahrzeuge nicht nur für Premium-Kunden, sondern auch für den Volumenmarkt, zunehmend attraktiv und leisten einen signifikanten Beitrag zur Marktdurchdringung der Elektromobilität.

P3 Charging Index 2024: Ladegeschwindigkeit und Effizienz auf Spitzenniveau

Im Jahr 2024 hat sich die Elektromobilität technologisch erheblich weiterentwickelt und ein neues Niveau in Bezug auf Ladegeschwindigkeit und Effizienz erreicht. Der Porsche Taycan erreichte eine Spitzenladeleistung von 325kW und konnte im Ladebereich von 10 bis 80% SoC eine durchschnittliche Ladeleistung von 282kW aufrechterhalten. Dies ermöglichte es in nur 20 Minuten bis zu 383 Kilometer Reichweite nachzuladen, dies ist eine deutliche Verbesserung im Vergleich zu 2022. Auch in der Mittelklasse setzte der Hyundai IONIQ 6 mit einer durchschnittlichen Ladeleistung von 193kW ein starkes Zeichen und ermöglichte das Nachladen von 346 Kilometern in nur 20 Minuten. Der Verbrauch wurde weiter gesenkt, mit Spitzenwerten von etwa 16-20kWh/100km bei Fahrzeugen wie dem VW ID.7. Diese Fortschritte machen Elektrofahrzeuge nicht nur alltagstauglicher, sondern positionieren sie zunehmend als Alternative für Langstreckenreisen.



08 Fazit und Ausblick

Auch in der vorliegenden Ausgabe macht der P3 Charging Index die echte und praxisnahe Ladeperformance der Elektrofahrzeuge vergleichbar und berücksichtigt sowohl die maximale als auch die durchschnittliche Ladeleistung der Fahrzeuge, paart diese mit der Gesamteffizienz und normiert diese Kennzahlen auf einen praxis- und realitätsnahen Anwendungsfall.

Elektromobilität ist langstreckentauglich. Die aktuelle Generation von Elektroautos, wie beispielsweise die Gewinnerfahrzeuge von Hyundai und der beinahe doppelt so teure Porsche, stellen das unter Beweis. Aber der aktuelle Erfolg kann auch nur von kurzer Dauer sein. In den letzten Jahren hat sich die Elektromobilität rasant entwickelt. Tesla galt lange Zeit als uneinholbarer Marktführer, hat aber die Ladeperformance beim Tesla Model 3 von 2019 (1. Generation) bis 2024 (Highland) kaum weiterentwickelt. Die Ladekurve wurde seit der Markteinführung ohne signifikante Weiterentwicklungen beibehalten. Die europäischen OEMs haben stattdessen kontinuierlich optimiert und Tesla daher im Jahr 2022 in Sachen Ladeperformance überholt. Der Fokus sollte jedoch nun darauf liegen, die chinesischen OEMs im Blick zu haben und einzuholen. Hier werden bereits jetzt Maßstäbe gesetzt und es ist damit zu rechnen, dass in Zukunft die Messlatte mit schnellen Entwicklungsschritten auch immer höher gelegt wird. Die europäischen Automobilhersteller müssen hier schnell und wachsam sein, die neuen Hersteller im Blick behalten und bei Bedarf strategisch wichtige Kooperationen schmieden, um Schritt zu halten.

Bei allen neuen Rekorden ist es aber auch wichtig Elektromobilität nachhaltig zu entwickeln, was das kürzlich veröffentlichte Paper von P3 zum Thema „State of Health“ von Batterien zum Thema hatte: Die Studie zeigt, dass Elektrofahrzeug-Batterien selbst bei intensiver Nutzung eine hohe Langlebigkeit aufweisen. Sogar bei Laufleistungen von über 200.000 Kilometern behalten die meisten Batterien mehr als 80% ihrer ursprünglichen Kapazität und sind damit weit über den üblichen Garantie-

zeitraum hinaus einsatzfähig. Technologische Fortschritte in Zellchemie und Batterie-managementsystemen erhöhen zusätzlich die Leistungsfähigkeit und Beständigkeit der Batterien. Dennoch ist zu beachten: Höhere C-Rate und schnelleres Laden führen zu schnellerem Altern. Was dies für Auswirkungen für die im Ausblick dargestellten Batterien hat, die mit extrem hohen Ladeleistungen bzw. C-Raten geladen werden, das wird sich in Zukunft zeigen. Schließlich ist hier die kritische Frage zu stellen, ist das Batterie-System auf maximale Leistung oder auf maximale Lebensdauer ausgelegt.

LESEN ↗ Batteriealterung in der Praxis

Es ist es aus Sicht von P3 aus technischer und wirtschaftlicher Sicht nicht zielführend, die Batteriegrößen immer weiter zu steigern. Vielmehr sind die Optimierung der genannten Faktoren Ladeleistung, Effizienz sowie Möglichkeiten zur Fahrzeug- und Batteriekonditionierung die wichtigsten Stellhebel für die künftige optimale und nutzerfreundliche Auslegung von Elektrofahrzeugen. Dabei gilt es den Sweet Spot zwischen maximaler und durchschnittlicher Ladeleistung, der Batteriekapazität und dem Verbrauch zu finden, um den Endkunden mit dem Fahrzeug einen guten Mix der Parameter bereitzustellen. Bei einer übergeordneten Priorisierung eines einzelnen Parameters fallen die anderen häufig signifikant ab, was schlussendlich das Kundenerlebnis schmälert. Exemplarisch kann dies anhand einer deutlich überdimensionierten Batterie dargestellt werden. Diese ist schwerer und hat einen negativen Einfluss auf den Verbrauch. Andererseits ist für das Schnellladen eine deutlich höhere Ladeleistung erforderlich, was sowohl von dem Fahrzeug als auch von der Ladeinfrastruktur ermöglicht werden muss.

Langfristig wird der Erfolg der Elektromobilität maßgeblich von der Kombination aus ultraschnellem Laden, hoher Reichweite und reduziertem Verbrauch abhängen. Die Technologien, die sowohl von europäischen als auch von chinesischen Herstellern entwickelt werden, haben das Potenzial, sich gegenseitig zu ergänzen und die Elektromobilität weltweit auf ein neues Niveau zu heben. Während europäische Hersteller in den kommenden Jahren ambitionierte Ziele anstreben, haben chinesische diese bereits erreicht. Dies ist Herausforderung und Inspiration zugleich.

- **Laden mit 800V wird zum Standard:** Es ist davon auszugehen, dass die 800V Technologie kurz- bis mittelfristig den Standard in der Mittel- und Oberklasse von Elektrofahrzeugen darstellen wird und die Ladezeiten herstellerübergreifend immens verkürzt werden. Dabei ist anzunehmen, dass weitere Hersteller in Zukunft Ladeströme von mehr als 500A beanspruchen werden, um weiter steigende Ladeleistungen zu ermöglichen. Ob die 800V Technologie auch flächendeckend Einzug in die kostensensible Kompaktklasse erhalten wird, lässt sich gegenwärtig noch nicht absehen.
- **Moderate Batteriegrößen sparen Gewicht und Kosten:** In naher Zukunft werden die meisten Elektrofahrzeuge mit Batterien zwischen 80 und 100kWh netto auf den Markt kommen, wie aktuelle Ankündigungen der Hersteller zeigen. Dieser Bereich stellt eine ausgewogene Lösung dar, da größere Batterien zwar eine höhere Reichweite bieten, jedoch auch das Gewicht und die Kosten des Fahrzeugs erhöhen. Somit bleibt die Wahl der Batteriekapazität ein entscheidender Faktor, der sowohl die Effizienz als auch die Kosten der Fahrzeuge beeinflusst.
- **Der Verbrauch hat großen Einfluss auf Reichweite und Kosten im Betrieb.** Durch die zunehmende Reduzierung des Energieverbrauchs kann die Gesamtenergie-Effizienz des Fahrzeugs stark verbessert werden. Dadurch können einerseits Kosten im Betrieb des Fahrzeugs gespart werden, andererseits hat der Verbrauch einen signifikanten Einfluss auf die Reichweite des Fahrzeugs. So kann bei moderater Batteriegröße auch eine hohe Reichweite erreicht werden, was wiederum auf eine ausgewogene Abstimmung der Parameter und die Identifikation des Sweet Spots zurückgeht.

- **Die Schnell-Ladeinfrastruktur wird flächendeckend ausgebaut.** Einerseits steigen die Kundenerwartungen sowohl in Bezug auf die Ladeleistung der Fahrzeuge als auch auf die Ladeinfrastruktur. Andererseits erkennen Chargepoint Operator einen attraktiven Business Case und konzentrieren sich zunehmend auf das HPC-Laden. Neben der wachsenden Anzahl an Schnellladesäulen in Europa steigt auch die durchschnittlich installierte Ladeleistung kontinuierlich an. Während die erste Generation von DC-Ladesäulen überwiegend eine maximale Leistung von 50kW bereitstellen konnte, werden derzeit zunehmend Ladeparks mit Ladesäulen im Bereich von 300 bis 400kW errichtet, um den Anforderungen der aktuellen Fahrzeuggeneration gerecht zu werden. Neben dem Ausbau der Ladeinfrastruktur für PKWs kündigen zunehmend mehr CPOs auch den Aufbau von Ladeparks für elektrische LKWs an, sodass zukünftig auch ein P3 Charging Index für leichte und schwere Nutzfahrzeuge realistischer wird.



09 Datenerhebung für den P3CI

Wie auch in vorherigen Ausgaben des P3CI werden zum besseren Vergleich der Langstreckentauglichkeit der Fahrzeuge die auf Reichweite optimierten Fahrzeugvarianten getestet (bspw. Long Range Modell statt Performance-Modell)¹⁸ und miteinander verglichen. Weiterhin werden ausschließlich Fahrzeuge betrachtet, die mit dem europäischen Ladestandard CCS (Combined Charging System – Schnellladen über Combo 2 Stecker) ausgestattet sind. Um Einheitlichkeit, Praxistauglichkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, bezieht sich P3 auf die Verbrauchswerte des ADAC Ecotest. Die verwendeten Verbrauchsdaten sind auf der Homepage des ADAC veröffentlicht und obliegen alle dem aktuell gültigen Ecotest Elektrozyklus, der seit 2021 verwendet wird. Bei den getesteten Fahrzeugen handelt es sich überwiegend um Pressefahrzeuge der Hersteller. Die Fahrzeugauswahl repräsentiert einen möglichst großen Marktquerschnitt. Nicht alle Fahrzeuge konnten zur Verfügung gestellt werden, sodass einzelne E-Fahrzeuge nicht im Vergleichstest enthalten sind.

Zur Vergleichbarkeit der Daten wurden alle dargestellten Ladekurven von P3 Experten an Ladesäulen mit einer maximalen Ladeleistung von 350kW bzw. 400kW aufgezeichnet. Die einzige Ausnahme bei den Messungen war das Tesla Model 3, welches an einem Tesla Supercharger V4 gemessen wurde. Grund dafür ist, dass die maximale Ladeleistung der Tesla-Modelle ausschließlich an Teslas eigenen Superchargern abgerufen wird.

Im P3 Charging Index 2024 werden 22 verschiedene rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge miteinander verglichen. Darunter befinden sich erstmals auch Fahrzeuge aus China, die nun auch in Europa erhältlich sind. Die miteinander verglichenen Fahrzeuge sind in zwei Kategorien von jeweils elf Fahrzeugen aufgeteilt, die sich am Basis-Bruttolistenpreis (BLP) des betrachteten Modells (Markt Deutschland) orientieren:

- **Oberklasse (> 62.500€) & Mittelklasse (≤ 62.500€)**

¹⁸Nicht in allen Fällen stand das Reichweiten-Derivat zur Verfügung bzw. es lagen keine ADAC Ecotest Daten vor

ABBILDUNG 10 :

Übersicht der getesteten Fahrzeuge (alphabetisch)

Oberklasse (> 62.500€ BLP)

Mittelklasse (≤ 62.500€ BLP)



 **Netto-Batteriekapazität [kWh]**

*Zur vereinfachten Darstellung in den Grafiken werden nicht alle Modelle mit dem vollen Namen wie in Abbildung 10 aufgeführt, bezeichnet, sondern es werden teilweise lediglich Hersteller und Modell genannt.

Fahrzeuge der Kompaktklasse werden in dieser Ausgabe nicht gesondert miteinander verglichen, da sich zu den bereits im Markt befindlichen Fahrzeugen (bspw. MINI Cooper SE, Dacia Spring, Renault 5) derzeit viele neue Modelle kurz vor Markteintritt befinden oder für den Test noch nicht zur Verfügung standen (bspw. Citroën ë-C3, Hyundai Inster, KIA EV3, Leapmotor T03, BYD Dolphin, Ford Puma GEN-E). In der nächsten Ausgabe des P3 Charging Index soll diese Kategorie dann ebenfalls wieder verglichen werden, wenn hier genügend Fahrzeuge zur Verfügung stehen.

Neben 15 neuen Fahrzeugen (Audi Q4 e-tron 40, BMW i5, BMW i7, BMW iX1, Genesis G80, Genesis GV70, Hyundai IONIQ 6, KIA EV9, Mercedes-Benz EQE SUV, MG 4 Luxury, NIO ET5, Opel Astra, Smart #1, Volkswagen ID.7, Xpeng G9), die erstmals im P3CI gelistet werden, gibt es auch Updates zu Fahrzeugen aus vorherigen Veröffentlichungen, die ein Facelift erhalten haben. Diese wurden daher neu bewertet hinsichtlich ihrer Ladeperformance, Batteriegröße und Verbrauch (Audi Q8 e-tron, Polestar 2, Porsche Taycan, Tesla Model 3). Die Fahrzeuge BMW i4, Mercedes-Benz EQS und KIA EV6 wurden bereits in vergangenen Veröffentlichungen gelistet.

ANSPRECHPARTNER



MARKUS HACKMANN

Managing Director
eMobility & Energy

Markus.Hackmann@p3-group.com



CHRISTIAN DAAKE

Team Lead DC Hardware &
Interoperability Testing
Charging & Energy

Christian.Daake@p3-group.com



MARIAN CAMMERER

Senior Consultant
Charging & Energy

Marian.Cammerer@p3-group.com



FLORIAN OEST

Consultant
Charging & Energy

Florian.Oest@p3-group.com

Tests und Report:

Markus Hackmann, Christian Daake, Marian Cammerer, Florian Oest, Sameer Shadid, Miron Eichner, Moritz Geldhäuser, Jannick Stemmler

Fotografie & Design:

David Westermann

Über P3

Die P3 Group GmbH ist ein führendes, unabhängiges Beratungs- und Dienstleistungsunternehmen mit internationaler Ausrichtung. Neben strategischer Unternehmensberatung bietet P3 innovative Ingenieurslösungen und Softwareentwicklung für eine Vielzahl von Branchen und Kunden weltweit an.

Seit ihrer Gründung im Jahr 1996 in Aachen hat P3 ein globales Netzwerk aufgebaut, das aus 33 Standorten auf 4 Kontinenten besteht und über 1.800 hochqualifizierte Mitarbeiter in 27 Tochterfirmen beschäftigt.

Ein besonderer Fokus der P3 Group liegt auf der Elektromobilität. Seit 2006 unterstützt P3 ihre Partner entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Zell- und Batteriefertigung über Antriebsstrangkonzeppte und Ladeinfrastrukturen bis hin zur Industrialisierung. Diese umfassende Expertise ermöglicht es P3, strategisch zu beraten und durch tiefgehendes technologisches Verständnis praxisorientierte Lösungen für ihre Kunden zu entwickeln und umzusetzen.

Neben der Beratung ist P3 aktiv in der Entwicklung innovativer Technologien: Dazu zählen Investitionen in die Batteriezellforschung, modulare Antriebsstrategien, 48V-Bordnetzarchitekturen sowie maßgeschneiderte Softwarelösungen, die die E-Mobilität von morgen prägen.

Zu den Kunden von P3 gehören führende internationale Automobilhersteller, deren Zulieferer, Energieversorger, Betreiber von Ladeinfrastrukturen sowie Akteure des öffentlichen Sektors. Durch Benchmarking und fundierte Analysen unterstützt P3 diese Kunden dabei, komplexe Herausforderungen zu meistern und nachhaltige Lösungen zu gestalten.

P3 Group GmbH

Stuttgart, 11.12.2024

Abkürzungsverzeichnis

2WD2	Wheel Drive
4WD	4 Wheel Drive
A	Ampere
AWD	All Wheel Drive
BEV	Battery Electric Vehicle
BLP	Bruttolistenpreis
CCS	Combined Charging System
CPO	Charge Point Operator
cW	Strömungswiderstand
E-GMP	Electric Global Modular Platform
FWD	Front Wheel Drive
h	Stunden
HPC	High Power Charging
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kW/h	Kilowattstunden
LFP	Lithium-Eisenphosphat
min	Minuten
MMA	Mercedes Modular Architecture
NMC	Nickel-Mangan-Cobalt
OEM	Original Equipment Manufacturer (Hersteller)
P3CI	P3 Charging Index
PPE	Premium Platform Electric
RWD	Rear Wheel Drive
SoC	State of Charge
V	Volt

Quellen

ADAC:

https://www.adac.de/-/media/pdf/tet/ecotest/ftkinfo-ecotest-test-und-bewertungskriterien-ab-04_2021.pdf
[Zugriff 03.12.2024]

<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/autotest/> [Zugriff 04.12.2024]

BMW Group:

<https://www.bmwgroup.com/de/bericht/2022/bmw-group-bericht/next-level-mobility/index.html> [Zugriff 28.11.2024]

<https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0440360DE/so-sieht-die-neue-klasse-als-sav-aus-der-bmw-vision-neue-klasse-x> [Zugriff 28.11.2024]

Carnews China:

<https://carnewschina.com/2024/02/26/li-megas-catl-qilin-102-kwh-battery-charges-10-80-in-10-minutes-36-secs-video/> [Zugriff 28.11.2024]

CATL:

<https://www.youtube.com/watch?v=GKrbfyc9rGc> [Zugriff 28.11.2024]

Electrive:

<https://www.electrive.net/2024/11/18/deep-dive-mma-wie-mercedes-beim-elektro-cla-mit-effizienz-punkte-n-will/> [Zugriff 28.11.2024]

Heise:

<https://www.heise.de/news/Schwaechelnde-Elektromobilitaet-Wir-haben-ein-massives-Stammtischproblem-9749637.html> [Zugriff 02.12.2024]

IEST Battery:

<https://iestbattery.com/news/release-the-next-generation-of-blade-battery/> [Zugriff 28.11.2024]

Inside EVs:

<https://insideevs.de/news/737545/xpeng-p7plus-nachfolger-p7-paris/> [Zugriff 28.11.2024]

Mercedes-Benz Group:

<https://group.mercedes-benz.com/innovationen/antriebe/antriebstrang-effizienz.html> [Zugriff 28.11.2024]

NIO:

https://chargermap.eu.nio.com/de_DE/pe/h5/static/chargermap?channel=official#/ [Zugriff 04.12.2024]

P3 Group:

https://www.p3-group.com/wp-content/uploads/2024/05/240521_EVS37_P3CI_ASIA.pdf [Zugriff 28.11.2024]

Porsche Newsroom:

<https://newsroom.porsche.com/de/2024/produkte/porsche-cayenne-antrieb-produktstrategie-36923.html>
[Zugriff 28.11.2024]

SINA Finance:

<https://finance.sina.com.cn/tech/roll/2024-08-13/doc-incipety3397209.shtml> [Zugriff 28.11.2024]

Volkswagen Group:

<https://www.volkswagen-group.com/de/pressemitteilungen/volkswagen-konzern-erschliesst-neue-ertragsquellen-mit-nachhaltiger-mobilitaet-17606> [Zugriff 28.11.2024]

Volkswagen Newsroom:

<https://www.volkswagen-newsroom.com/de/pressemitteilungen/vollelektrischer-id7-pro-s-schafft-794-km-mit-einer-batterieladung-18700> [Zugriff 28.11.2024]

