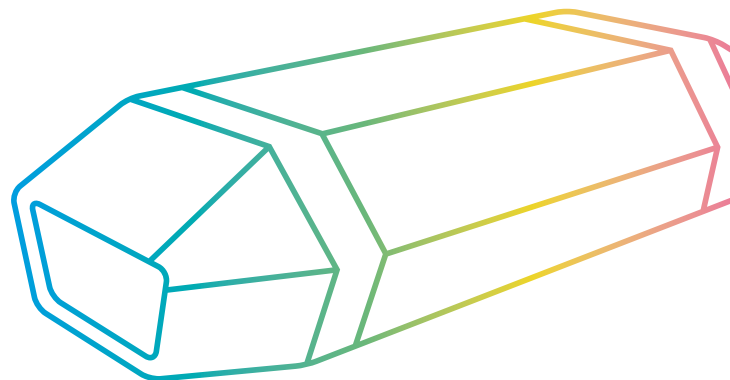


# GESUNDHEITZUSTAND DER BATTERIE (SOH)

## Bedeutung und effektive Messung

Gesundheitszustand (SoH) der Batterie eines Elektro- oder Plug-in-Hybridfahrzeuges ist einer der wichtigsten Aspekte, den jeder Besitzer beachten sollte, um die Funktionalität und die optimale Leistungsfähigkeit sicherzustellen.



## WAS VERSTEHT MAN UNTER „STATE OF HEALTH (SOH)“?

### Der Begriff

SoH steht für „State of Health“, also den Gesundheitszustand der Batterie eines Elektro- bzw. Plug-in-Hybrid-Autos.

Um zu wissen, in welchem Zustand sich die Batterie eines Elektro- oder Plug-in-Hybridautos befindet, muss der SoH ermittelt werden. Die Elektromobilität ist jedoch eine noch junge Branche, in der es noch keine einheitlichen Standards und Normen gibt. Das Fehlen von Normen führt auch dazu, dass es keine einheitliche Methode zur Berechnung des Batteriegesundheitszustands (SoH) gibt. Unser Ausgangspunkt ist die Reichweite, die für jeden EV-Fahrer interessant ist.

- EV
- PHEV



### Wichtigkeit

Für jeden Fahrer eines elektrisch angetriebenen Fahrzeuges, ist es von Bedeutung über den SoH seines eigenen Autos informiert zu sein und somit auch die tatsächliche Reichweite, die mit dem Fahrzeug erreicht werden kann, einschätzen zu können. Denn, anders als bei einem Fahrzeug mit Verbrennermotor, muss das Herzstück des Elektroautos, die Batterie, regelmäßig überprüft werden.

Ein ausführlicher Test der Batterie kann zudem dabei helfen, die Nutzung des Elektrofahrzeuges zu optimieren und Fehler in der Nutzung auszumachen. Darüber hinaus erhöhen Informationen über den tatsächlichen SoH der Batterie die Fahrsicherheit.

Wenn man den Gesundheitszustand seiner eigenen Batterie kennt, kann verhindert werden, dass ein Fahrzeugbesitzer eine Investition von bis zu **22.000** Euro für eine neue Batterie tätigt.

AVILOO verfügt über die umfangreichste Datenbank zum Batteriedegradationsverhalten von über 90% aller verfügbaren Elektroauto und Plug-in-Hybrid Modelle. Intensive Test-Prozesse, Überwachungen und Datenanalysen wurden in den vergangenen Jahren durchgeführt.

## WIE KANN DER SOH EINER BATTERIE ERMITTELT WERDEN?

Die Ermittlung des SoH mittels Reichweite könnte auf folgender Rechnung basieren: „Reichweite aktuell“ (entsprechend dem derzeitigen Zustand der Batterie) dividiert durch „Reichweite Neuzustand“ – das Ergebnis wird dann in Form eines Prozentwerts angegeben. Entscheidend bei dieser Berechnungsmethode ist jedoch, dass derselbe Fahrstil als Grundlage für beide Werte herangezogen wird.

Einfacher gesagt als getan! Denn jeder Fahrer hat sein eigenes, individuelles Fahrprofil. Auch äußere Einflüsse wirken sich auf die entnehmbare Energie der Batterie und damit auf die Reichweite des zu testenden Fahrzeugs aus. Eine Berechnungsmethode, die transparent und von äußeren Einflüssen unabhängig ist, wäre die Ermittlung auf Basis des WLTP Fahrzyklus.

### WLTP Berechnung

Prinzipiell würde wieder die Formel „WLTP aktuell“ dividiert durch „WLTP Neuzustand“ zum Einsatz kommen – der Wert für „WLTP Neuzustand“ ist jener, den der Hersteller für die Reichweite angibt. Um „WLTP aktuell“ zu ermitteln müsste das zu testende Auto tatsächlich nach WLTP Standard gefahren werden. Dieses Verfahren kostet jedoch Unmengen an Geld, ist sehr zeitaufwendig und ist für den Normalverbraucher somit keine Option. Der Bezugswert, die WLTP-Reichweite Neuzustand, hingegen könnte jedoch aus dem Herstellerdatenblatt übernommen werden, um den Prozentwert zu berechnen.

### Eine einfache Lösung

**Eine einfache Lösung ist das Messen während des Ladevorgangs! Leider doch nicht so einfach...**

Am einfachsten wäre es, die zu ladende Menge zu messen. Diese wird allerdings durch Außeneinwirkungen, Ladeart etc. beeinflusst und wird dadurch größer ausfallen als die tatsächlich in der Batterie gespeicherte Energiemenge. Daher ist sie aktuell als alleinige Bestimmungsgröße für den Batteriezustand unzureichend.

## WLTP aktuell

### WLTP Neuzustand

#### → WLTP

steht für „Worldwide Harmonised Light-Duty Vehicles Test Procedure“, ein Prüfverfahren, mit dem der Verbrauch von Fahrzeugen bestimmt werden kann.

#### → Die WLTP-Daten

sollen ein möglichst realitätsnahes Fahrprofil widerspiegeln, bei dem verschiedene Einwirkungsfaktoren berücksichtigt werden.

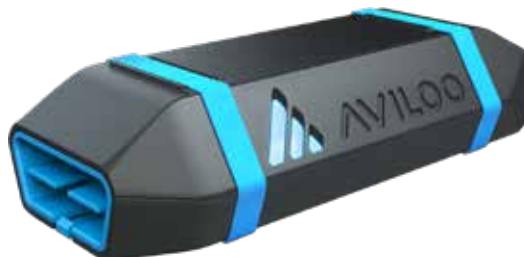
#### → „Realitätsnähe“

Natürlich könnte man nun wieder über den Begriff „Realitätsnähe“ streiten und es ist kein Geheimnis, dass bei vielen Autos die reale Reichweite weit unter ihrer WLTP-Reichweite liegt. Der Vorteil jedoch ist, dass diese Methode weltweit dieselbe und somit vergleichbar und unabhängig vom Fahrstil des Fahrers ist.

Die gesundheitsbestimmenden Parameter einer Batterie sind ihre Nominalspannung in Volt [V], ihre Kapazität in Amperestunden [Ah] und die sich daraus ergebende speicherbare Energiemenge in Kilowattstunden [kWh]. Diese Parameter verändern sich jedoch nicht nur durch die Nutzungsdauer, sondern auch durch Umgebungseinflüsse (wie z.B. Temperatur), Entladecharakteristik (Fahrprofil) usw.

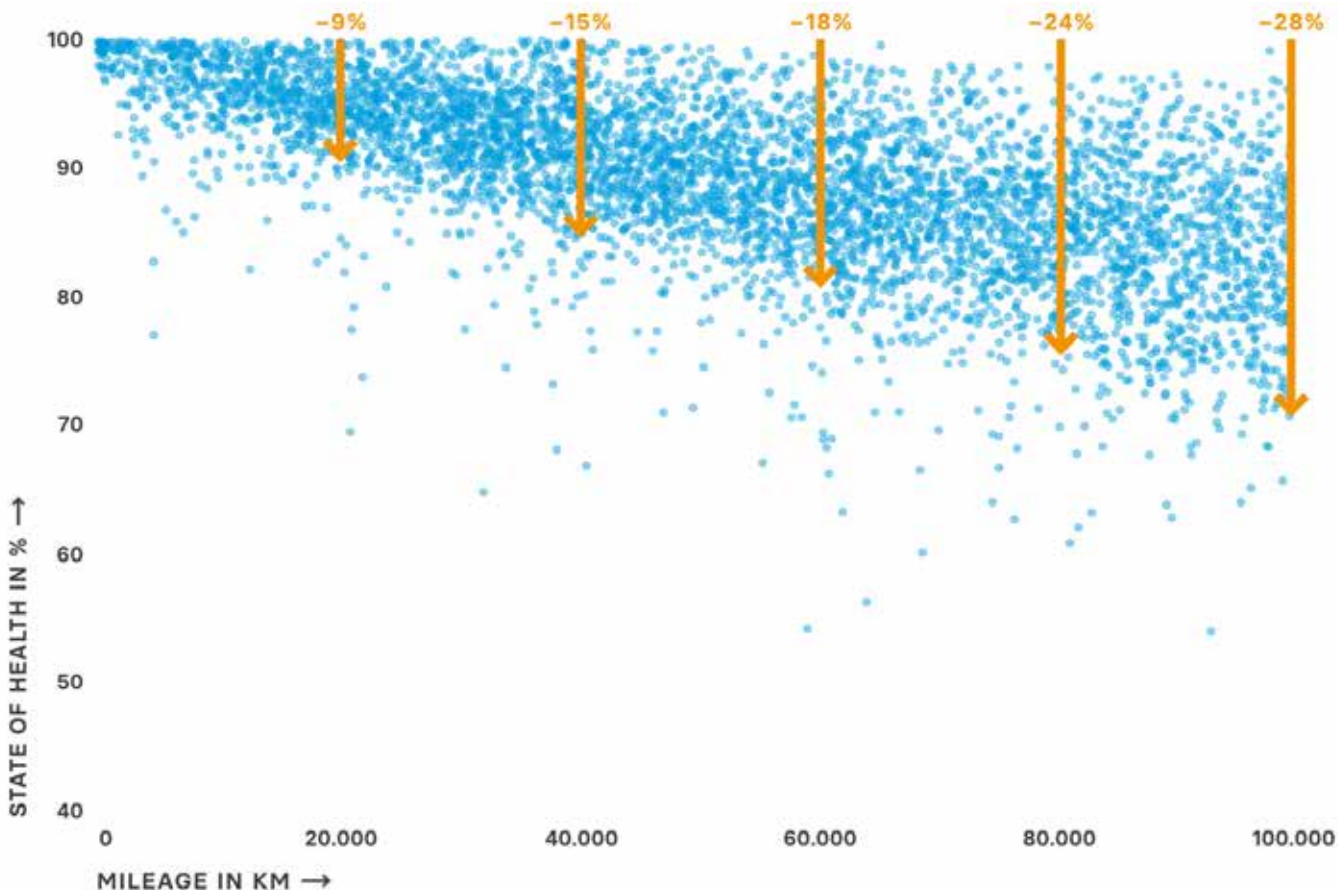
## AVILOO TECHNOLOGIE — HERSTELLERUNABHÄNGIG UND BASIEREND AUF REALEN DATEN

Wenn man also wissen möchte, wie weit tatsächlich mit einem Fahrzeug gefahren werden kann, ohne auf halbem Weg stehen zu bleiben, sollte man die Messung des SoH-Werts denen überlassen, deren Technologie man kennt. Bei AVILOO erhält man nicht nur qualitativ hochwertig berechnete Daten, sondern auch reale Werte aus dem getesteten Auto.



Um diverse Diskrepanzen zu vermeiden und um Besitzer eines Elektroautos ein reales, verlässliches Ergebnis über den SoH des Fahrzeuges zu liefern, hat AVILOO eine ganz individuelle Testung entwickelt. Diese Methode zur SoH-Berechnung liefert ein ehrliches, aussagekräftiges und unabhängiges Ergebnis, basierend auf der entnehmbaren Energie in kWh. Die entnehmbare Energie in kWh ist vergleichbar mit dem aus einem Verbrennungsfahrzeug entnehmbaren Tankinhalts in Liter (Benzin oder Diesel).

Es gibt bei diesem Vergleich jedoch weitere gravierende Unterschiede bzw. Eigenheiten, die man vom Verbrennerantrieb nicht kennt. Wie man bereits weiß, ist die entnehmbare Energie in kWh stark von der Temperatur der Batterie, sowie der Entladecharakteristik und weiteren Aspekten abhängig.



## SO WIRD DER SOH MITTELS AVILOO PREMIUM TEST BERECHNET:

Die AVILOO Box wird einfach an die OBD-Schnittstelle Ihres Fahrzeugs angeschlossen. Anschließend erfasst sie während der Batterieentladung von 100% auf 10% durch normale Alltagsfahrten Millionen von batterierelevanten Datenpunkten. Hierbei ist keinerlei spezielle Beachtung oder Anpassung Ihrer Fahrweise erforderlich.

Die Analyse basiert auf allen während der Entladung gesammelten Daten. Millionen batterie-relevante Datenpunkte aus dem Fahrzeug werden dabei in Echtzeit an die AVILOO Battery Data Cloud Plattform übertragen. Nach Abschluss der Entladung erfolgt die Validierung der übertragenen Daten und daraus die Analyse des Gesundheitszustandes (SoH) der Antriebsbatterie.

Sämtliche Daten werden ausgewertet und auf den AVILOO Servern mit den nötigen Kompensationsfaktoren auf ein vergleichbares Ergebnis umgerechnet. Die Berechnung erfolgt gemäß dem SoC Display im Fahrzeug auf die gesamten 100% und wird in kWh auf dem Batteriezertifikat transparent dargestellt. Das Ergebnis ist der Wert, der für die Beurteilung eines Batteriezustandes herangezogen wird.

### Energieinhalt aktuell

$$\frac{\text{Energieinhalt aktuell}}{\text{Energieinhalt Neuzustand}} \times 100$$

### Der Grundlagen der Analyse:

Der Gesundheitszustand (SoH) wird mittels aufwändiger Algorithmen und Modellen berechnet. Zwei wichtige Faktoren, die in der Berechnung berücksichtigt werden, sind die Temperaturkompensation und die Entladeratenkompensation (Art der Fahrweise).

Um eine Temperaturunabhängigkeit während des Batterietests zu gewährleisten, wird jedes Messergebnis auf eine Batterietemperatur von 25°C kompensiert.

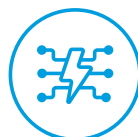
Um eine Entladeratenunabhängigkeit während des Batterietests zu gewährleisten, wird jedes Messergebnis auf eine entsprechend dem WLTP Zyklus typische Entladerate kompensiert.

## SOC: 100% ... 10% (5%)



AVILOO BATTERY DATA CLOUD

- **Energieinhalt aktuell**  
gemessene nutzbare Energie des Testfahrzeugs (100% bis 0% gemäß Display)
- **Energieinhalt Neuzustand**  
gemessene nutzbare Energie des getesteten Fahrzeugmodells im Neuzustand (100% bis 0% gemäß Display)
- **SoH Wert**  
ein Prozentwert, der Auskunft über den Gesundheitszustand (SoH) gibt



### Beispiel:

Die erfasste Batteriekapazität (100% bis 0% gemäß Display) für ein bestimmtes Automodell beträgt im Neuzustand **60 kWh**.

Während des AVILOO PREMIUM Tests konnte jedoch nur eine entnehmbare Kapazität von **54 kWh** festgestellt werden, was dem „Energieinhalt aktuell“ entspricht..

$$54 \text{ kWh} / 60 \text{ kWh} = 0,9 = 90\%$$

Das bedeutet, der SoH dieser Batterie beträgt noch **90%** im Vergleich zum Neuzustand.

## WOHER KOMMEN DIE UNTERSCHIEDLICHEN SOH-WERTE?

**Wie bereits bekannt, spiegelt der SoH die Funktionalität der Batterie wider und zeigt, wie viel Energie im Vergleich zum Neuzustand gespeichert werden kann.**

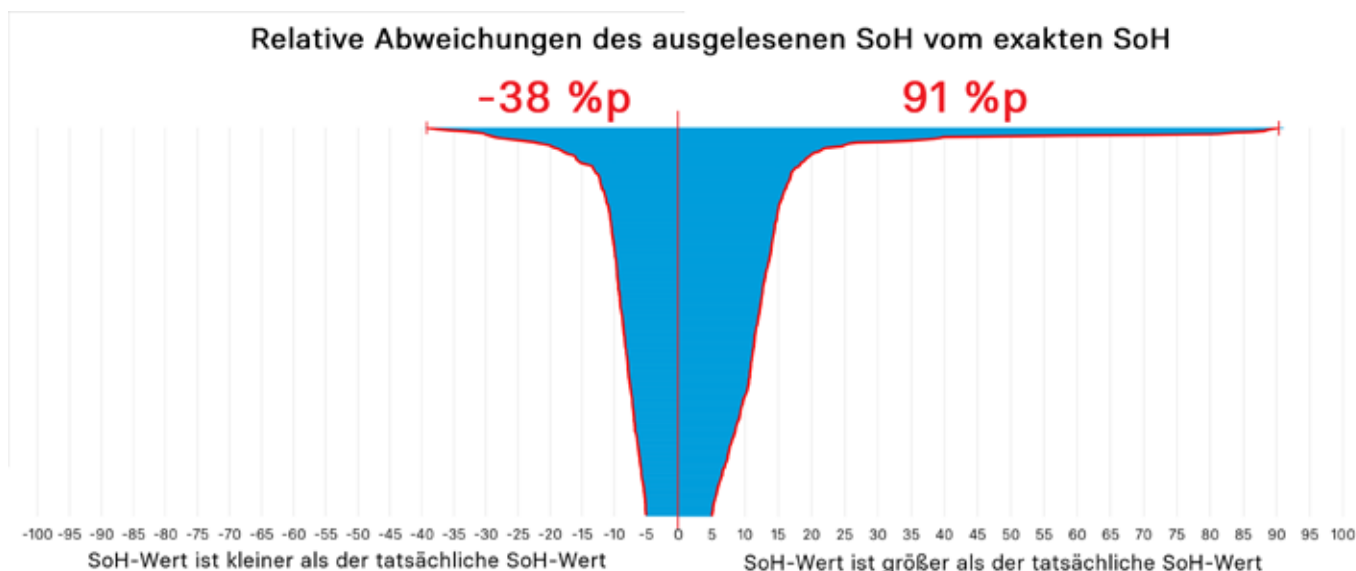
Um also die Frage beantworten zu können, ob jener SoH, der auf dem Display des Elektro- bzw. Plug-in-Hybridautos angezeigt wird, der Realität entspricht, muss dieser ausgelesen bzw. berechnet werden. Der relevante SoH einer Batterie hängt stark von der Zuverlässigkeit, der zur SoH-Berechnung verwendeten Daten, ab. Je nachdem, welche Quelle für die Berechnung des SoH herangezogen wird, verändern sich auch die Daten, die aus der Berechnung hervorgehen.

Die SoH-Werte unterschiedlicher Quellen sind grundsätzlich nicht vergleichbar. Um das Problem anschaulich darzustellen, haben wir eine Grafik mit 1000 statistisch relevanten Fällen erstellt, in der die ausgelesenen den tatsächlich aufgrund realer Daten analysierten SoH-Werten gegenübergestellt und visualisiert sind. Die Grafik zeigt die Abweichungen in Prozentpunkten (%P) zwischen diesen beiden Werten.

„Ausgelesene SoH-Werte“ sind jene, die das BMS des jeweiligen Fahrzeuges errechnet und für die Reichweitenberechnung heranzieht. Aufgrund „realer Daten“ analysierte SoH-Werte sind exakte Batteriegesundheitsresultate, die über einen Prozess, generiert wurden.

In der Abbildung unten ist die Nulllinie, die exakte SoH-Werte repräsentiert, die Basislinie. Die Abweichungen der ausgelesenen SoH-Werte sind als Linien nach links (ausgelesener SoH-Wert ist kleiner als der tatsächliche SoH-Wert) oder nach rechts (ausgelesener SoH-Wert ist größer als der tatsächliche SoH-Wert) dargestellt.

Ob die absoluten Werte zum Beispiel 90% oder 50% SoH betragen, ist für diese Darstellung irrelevant. Es ist wichtig, wie sehr die ausgelesenen Werte von den gemessenen, tatsächlichen Werten abweichen. In einigen Fällen beträgt die Abweichung der vergleichenden Werte  $\pm 5$  %P, in extremen Fällen sogar bis zu +91 %P.



## DIE GRÜNDE FÜR DIE DISKREPANZEN

Es gibt mehrere Gründe für diese Diskrepanzen, die wir in verschiedene Gruppen einteilen können:

### Grund 1

#### Technische Gründe:

Diese extreme Streuung kommt einfach durch die Ungenauigkeit des zur Bestimmung der Batteriegesundheit verwendeten Algorithmus zustande. Im Batteriemanagementsystem (BMS) wird der Gesundheitszustand hochgerechnet. Jeder BMS-Hersteller erstellt dazu eine Algorithmik, basierend auf Modellen von Batteriezellen, Betriebsmodellen und weiteren Aspekten. Diese sollen die Entwicklung des Gesundheitszustandes der Batterie abbilden. Für die Berechnungen werden sehr kleine Prozessoren mit begrenzter Leistung eingesetzt. Im Laufe ihres Lebens müssen diese Prozessoren möglichst genaue SoH Schätzungen errechnen, doch hier sieht man, dass viele dieser Prozessoren dabei an ihre Leistungsgrenzen stoßen. Die AVILOO-Bewertungsmethode basiert auf der extrem leistungsfähigen AVILOO Battery Data Cloud und lernt kontinuierlich dazu, was ein riesiger technischer Vorteil ist.

### Grund 2

#### Reale (Echtzeitgemessene-) Daten vs. ausgelesene Daten:

Um den tatsächlichen SoH-Wert zu berechnen, werden reale Daten benötigt. Das bedeutet, dass die Daten während eines Prozesses (Entladen, Laden usw.) erfasst werden müssen. Das BMS arbeitet jedoch mit statistisch hochgerechneten Labordaten.



### Grund 3

#### Verwendung unterschiedlicher Methoden und keine einheitliche Betrachtung:

Was hier bei der Nulllinie ebenfalls eine Rolle spielt, sind die immer gleichen, auf verschiedene Automodelle angepassten Regeln, Methodiken und mathematischen Modelle. Eine weitere Streuung entsteht durch die unterschiedlichen Herstelleransätze. Hersteller A verwendet Methode A, Hersteller B verwendet Methode B, usw. Der eine basiert seine Schätzung auf der Entladung, der andere auf der Ladung. Der eine misst über die Kapazität, der andere über die Energie. Ein Hersteller legt fest, dass dies bei einer bestimmten Entladerate, z.B. dem entsprechenden WLTP-Zyklus, gilt. Ein anderer sagt „das ist eine sehr langsame (Ent)ladung“. Die Zellhersteller haben oft komplett andere Definitionen als die Autohersteller. All diese Faktoren tragen zu einer starken Streuung bei. Der Hauptgrund dafür ist jedoch nicht nur die unterschiedliche Methode, sondern auch die Ungenauigkeit in der Algorithmik.

Die Verwendung unterschiedlicher Methoden verursacht eine Streuung von etwa +15% bis -10%. Die restliche Diskrepanz basiert auf Ungenauigkeiten in der Algorithmik. Dies kann sich im Laufe der Zeit aber ändern. Ein gutes Beispiel dafür ist ein Kunde, der den SoH-Wert seiner Batterie ausgelesen hat und dieser beispielsweise 80% betrug. Nach einem Softwareupdate in der Werkstatt war der Wert prozesssicher bei 100%. Also wir halten hier fest: Der Hersteller selber, lieferte vor Softwareupdate 80% SoH, nach Softwareupdate war der SoH plötzlich bei 100%.

© Copyright 2023

Alle Inhalte, insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, einschließlich der Vervielfältigung, Veröffentlichung, Bearbeitung und Übersetzung, bleiben vorbehalten, AVILOO Battery Diagnostics GmbH.

**connect to detect.**



BLEIBEN SIE AUF  
DEM LAUFENDEN!  
Folgen Sie unsere  
Know-How-Publikationen  
auf [/aviloo-dokumente](#)

**aviloo.com**

WPSde2406