



BATTERY DIAGNOSTICS

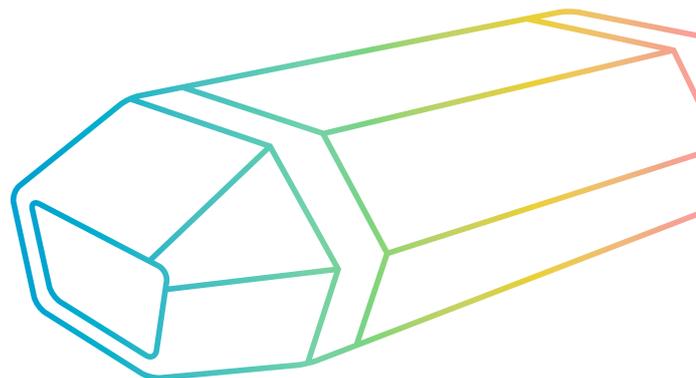


AVILOO
WHITEPAPER

BATTERIEDEFEKTE

Warum ist das Erkennen von Batteriedefekten wichtig?

Unter Zehntausenden von Tests hat AVILOO 1 bis 2 Batteriedefekte pro 100 Tests registriert. Batteriedefekte können in verschiedenen Formen auftreten und die Leistung und Sicherheit eines Elektrofahrzeugs erheblich beeinträchtigen.



WARUM IST DAS ERKENNEN VON BATTERIEDEFEKTEN WICHTIG?

Das Erkennen und Lokalisieren von Batteriedefekten bei Elektrofahrzeugen (EV) ist für Besitzer, Remarketer und Händler aus zwei wesentlichen Gründen von großer Bedeutung.

An erster Stelle steht die Sicherheit: Ein defekter Akku kann zu gefährlichen Situationen führen, wie z.B. plötzlichem Leistungsverlust, Überhitzung oder Bränden während der Fahrt, oder sogar zu plötzlichem Stillstand. Eine frühzeitige Erkennung derartiger Defekte kann helfen, solchen Situationen vorzubeugen.

Aber auch ohne direkte Gefährdung der Sicherheit kann es zu beträchtlichen Komplikationen durch Batteriedefekte kommen:

Viele EV-Hersteller versprechen umfangreiche Garantien, die unter gewissen Bedingungen Reparaturen oder Tausch der Batterie abdecken. Oftmals sind diese allerdings für Konsumenten intransparent und es ist schwierig zu beurteilen, ob ein Garantiefall vorliegt oder nicht. Das frühzeitige Melden und Dokumentieren von Defekten ist die beste Strategie, um Ansprüche innerhalb der Garantiezeit geltend machen zu können, was erhebliche Kosten für Reparatur oder Tausch der Batterie ersparen kann.

Unter Zehntausenden von Tests hat AVILOO 1 bis 2 Batteriedefekte pro 100 Tests registriert (Abb. 1).

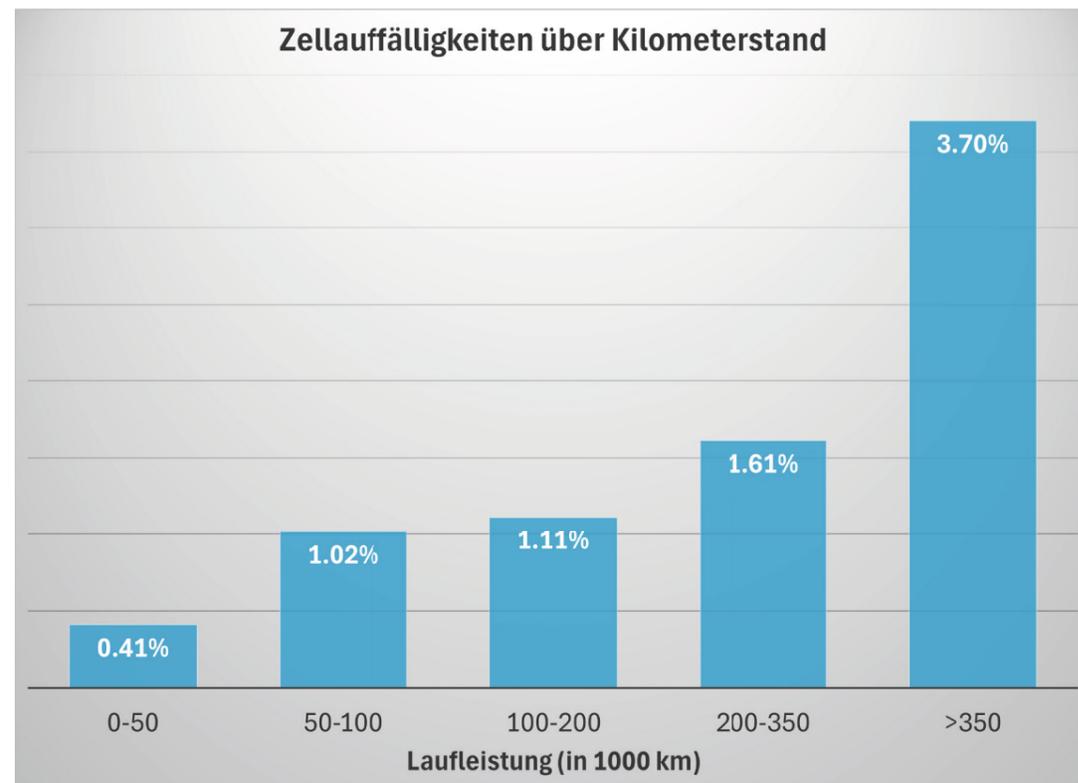


Abb. 1

WELCHE ARTEN VON BATTERIEDEFEKTEN GIBT ES?

Batteriedefekte können in verschiedenen Formen auftreten und die Leistung und Sicherheit eines Elektrofahrzeugs erheblich beeinträchtigen. Probleme im Batteriemanagementsystem (BMS) können dazu führen, dass die Batterie nicht optimal überwacht und gesteuert wird, was in extremen Fällen zu Überladung oder Tiefentladung führen kann. Ein erhöhter Innenwiderstand einzelner Zellen kann die Effizienz der Batterie verringern und die Lade- und Entladezeiten verlängern, was wiederum die Reichweite des Fahrzeugs einschränkt. Darüber hinaus spielt die Alterung der Batterie eine entscheidende Rolle, da mit der Zeit die Kapazität und Leistungsfähigkeit nachlassen, was zu einer reduzierten Reichweite und einer erhöhten Anfälligkeit für andere Defekte führt. Alle diese Faktoren zusammen können die Zuverlässigkeit und Sicherheit eines Elektrofahrzeugs erheblich beeinflussen. Im Folgenden gehen wir näher auf vier unterschiedliche Arten von Batteriedefekten ein:

→ Erhöhter Innenwiderstand einzelner Zellebenen

Naturgemäß weisen alle Batteriezellen einen gewissen Innenwiderstand auf, der für Lade- und Entladeverluste entscheidend ist und der beeinflusst, wie schnell Strom geladen bzw. entnommen werden kann. Schon im Neuzustand variiert dieser geringfügig (Serienstreuung). Diese Anfangsstreuung hat oft die Tendenz, sich im Laufe der Alterung zu vergrößern. Ein erhöhter Innenwiderstand einzelner Zellen kann die Gesamtleistung und Effizienz eines Elektrofahrzeugs erheblich beeinträchtigen. Bei Schnellladungen führt er zu einer überhöhten Spannung und der daraus resultierenden Reduzierung der Ladeleistung. Bei intensiveren Fahrten (z.B. im Gebirge, beim Überholen oder bei sportlicher Fahrweise) führt ein erhöhter Innenwiderstand wiederum zu Spannungseinbrüchen, die zu einer Verminderung der Leistung oder im Extremfall sogar zum plötzlichen Liegenbleiben des Fahrzeugs führen können.

→ Probleme im BMS

Das Batteriemanagementsystem (BMS) ist entscheidend für die Leistung, Sicherheit und Lebensdauer der Batterie. Es überwacht kontinuierlich die Spannung, Temperatur und den Ladezustand jeder Zelle und führt Zellenausgleich (Balancing) durch. Das BMS steuert den Lade- und Entladevorgang, um Überladung und Tiefentladung zu verhindern, und schützt die Batterie vor Überstrom, Übertemperatur und Kurzschlüssen. Es berechnet den Ladezustand (SoC) und den Gesundheitszustand (SoH), um eine präzise Zustandsüberwachung zu gewährleisten. Sowohl beim Messen als auch beim Berechnen können Fehler entstehen. In seltenen Fällen kann dies dazu führen, dass beim Balancing falsche Zellen geladen oder entladen werden und es somit zu einem Ungleichgewicht in den einzelnen Zellspannungen kommt. Das kann zu teilweise massivem Verlust von entnehmbarer Energie führen, ist aber möglicherweise durch ein Rekalibrieren des BMS behebbar.

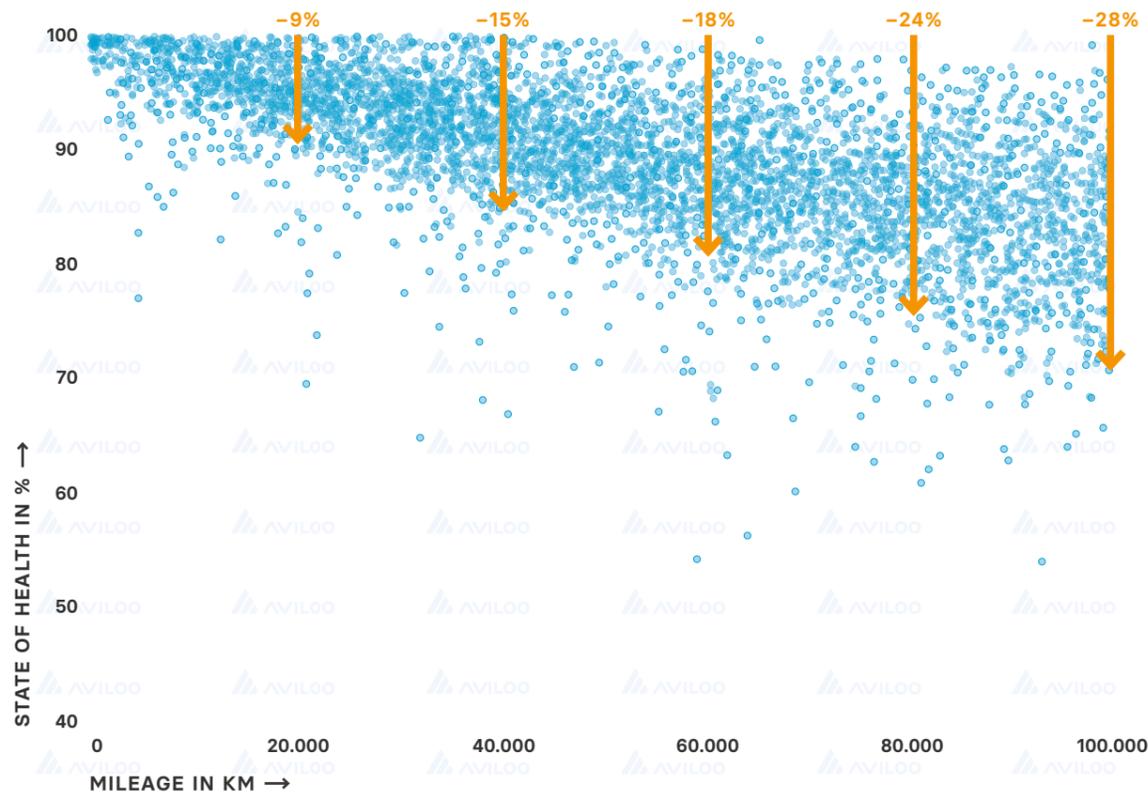
→ Alterung

Eine gewisse Degradation (Abnahme der Batteriekapazität) über die Lebensdauer einer Batterie ist unvermeidbar, jedoch variiert sie zwischen Automodellen unterschiedlich stark. So gibt es Fahrzeugmodelle, die mit hoher Sicherheit nach einer Laufleistung von 100.000 km eine Reichweite von ca. 85 % des Neuzustands haben, während dieser Wert bei anderen Automodellen mit derselben Laufleistung irgendwo zwischen 70 % und 95 % liegen kann (Abb. 2). Üblicherweise werden Batterien bei Elektrofahrzeugen als „defekt“ bezeichnet, wenn ihre Kapazität 70 % des Neuwerts beträgt. Auch hierbei gilt, dass einzelne Zellen der Batterie unterschiedlich altern und schwache Zellen die Tendenz haben, über die Zeit noch schwächer zu werden. Da der Gesamtgesundheitszustand durch den Gesundheitszustand der schwächsten Zellebene bestimmt wird, kann bei vielen Fahrzeugen bei entsprechender Diagnose der Tausch von einem Modul zu einer deutlichen Verbesserung der gesamten Batterie führen.

→ Mechanische Deformierung

Es darf nicht vergessen werden, dass sich bei jeder Ladung bzw. Entladung der Batterie Teilchen von einer Elektrode zur anderen bewegen. Damit kann je nach Bauart eine Formveränderung der Batterie einhergehen, die größtenteils reversibel ist, aber nach vielen Zyklen oder durch Defekte auch permanent sein kann („Aufblähen“). Des Weiteren können äußere Einflüsse, wie Unfälle, zu mechanischer Deformation führen. In diesem Fall sollte zusätzlich zum Batterietest ein Sachverständiger zu Rate gezogen werden, um durch äußere Begutachtung der Batterie die potenzielle Gefahr durch Deformation einschätzen zu können.

Abb. 2



WICHTIGE UNTERSCHIEDE – PHEV vs BEV

Beim Thema Batteriedefekte ist es wichtig zu unterscheiden, ob man von einem vollelektrischen Fahrzeug (Battery Electric Vehicle, BEV) oder einem Plug-in-Hybrid (PHEV) spricht. Der grundlegende Unterschied besteht in der relativen Batteriegröße in Bezug auf Fahrzeuggröße, -gewicht und -leistung. Einen weiteren Varianz-Faktor im Vergleich von BEV zu PHEV stellt das Nutzungsverhalten eines Plug-in Fahrzeugs dar – nämlich die Häufigkeit der Nutzung des rein elektrischen Fahrmodus.

BRANDFÄLLE BEI ELEKTROFAHRZEUGEN

Grundsätzlich ist die Wahrscheinlichkeit für einen Brand sehr gering. Dem Brand einer Batterie geht meist ein „Thermal Runaway“ voran, also eine außer Kontrolle geratene Überhitzung einer Zelle. Diese kann durch verschiedene Auslöser verursacht werden, wie vor allem durch Kurzschlüsse, Überladungen und thermische Überlastungen. Kurzschlüsse können durch mechanische Beschädigung (z.B. Metallorn durch die Zelle), Fertigungsfehler und chemische Prozesse (z.B. Dendriten Bildung) ausgelöst werden. Zu thermischer Überlastung kann es bei fehlender oder beschädigter Kühlung oder extremer Belastung bei hoher Umgebungstemperatur kommen. Während dieses „Thermal Runaway“ beginnen sich die Bestandteile der Zelle exotherm zu zersetzen, d.h. es entsteht immer mehr Hitze. Sobald diese nicht mehr abgeführt werden kann, übersteigt der Druck in der Zelle die Belastungsgrenze und es kommt zum sogenannten „Venting“. Dabei tritt der verdampfte Elektrolyt aus und wenn die Temperatur dessen Flammpunkt übersteigt, kann er sich entzünden. In der Realität sind die Batterien jedoch sehr gut gegen einen solchen „Thermal Runaway“ geschützt. Das Battery Management System (BMS) schützt die Batterie zuverlässig vor Überladung und thermischer Überlastung (z.B. reduzieren der Leistung bei Schnellladung). Durch genaueste Endkontrollen in der Fertigung ist die Defektquote gering, und durch entsprechende strukturelle Verstärkungen ist die Batterie selbst bei Unfällen so gut geschützt, dass es zu keinen bedrohlichen mechanischen Beschädigungen kommt. Aber je älter Batterien und ihre Steuergeräte werden, umso wichtiger wird ihre regelmäßige Überprüfung.

TIPPS, UM DAS RISIKO VON BATTERIEDEFEKTEN ZU REDUZIEREN

- **Gemäßigter Fahrstil:** Auch wenn Elektrofahrzeuge eine sehr sportliche Fahrweise ermöglichen, ist diese oft nicht für die Langlebigkeit und dauerhaft sichere Funktionsweise der Batterie förderlich. Starke Beschleunigungsphasen gehen mit hohen Strömen einher, welche wiederum über die Batterieinnenwiderstände zu Verlusten und zu Verschleiß führen. Ein gemäßigter Fahrstil hilft dabei, Energie zu sparen und die Wahrscheinlichkeit für defekte Batteriezellen gering zu halten.
- **Richtiges Laden:** Wenn die Batterie sehr oft vollständig ge- oder entladen wird, gerät sie dabei jedes Mal bis an ihre Belastungsgrenze, da sich Elektronen auf der einen und Ionen auf der anderen Elektrode einlagern. Dies kann zu einer Instabilität innerhalb der Zelle und langfristig möglicherweise zu Zelldefekten führen. Wenn die vollständige Reichweite des Fahrzeugs gerade nicht benötigt wird, empfiehlt es sich daher, lieber öfter kleinere Ladungen zu tätigen als wenige Vollladungen. Abgesehen davon beschleunigen hohe Ladezustände über längere Standzeiten die Alterung der Batterie. Wenn das Auto daher länger abgestellt wird, sollten Sie es in einem eher niedrigen Ladezustand verbleiben lassen, insbesondere bei warmen Temperaturen. Auch die Ladeleistung hat einen Einfluss. Vermeiden Sie allzu häufiges Schnellladen, da auch das die Batterie stark belastet.

→ **Vorkonditionieren:** Nutzen Sie das adäquate Vorkonditionieren, um die Batterie auf den Ladevorgang vorzubereiten. Wenn das Fahrzeug während der Vorkonditionierung an die Wallbox angeschlossen ist, wird der Strom direkt aus der Steckdose genutzt, ohne den Umweg über die Batterie zu nehmen. Auf diese Weise vermeiden Sie zusätzliche Zyklen und entlasten die Batterie. Die Vorkonditionierung spielt auch beim Schnellladen eine wichtige Rolle. Moderne Fahrzeuge verfügen über eine automatische Vorkonditionierungsfunktion, die aktiviert wird, wenn in der Navigation eine bevorstehende Ladesäule angezeigt wird. Dies ermöglicht eine Vorwärmung der Batterie noch vor dem eigentlichen Ladevorgang. Dadurch wird nicht nur schonender geladen, sondern auch der Ladevorgang beschleunigt. Gerade im Winter ist die Nutzung der Vorkonditionierung von besonderer Bedeutung, da Ladevorgänge bei kalten Temperaturen die Batterie besonders belasten.

→ **Regelmäßiges Testen:** Durch regelmäßiges Testen kann man feststellen, ob ein Fahrzeug effizient und schonend genutzt wird. Anomalien in der Batterieleistung können auf mögliche Defekte hindeuten. Insbesondere unter extremen Temperaturen oder Belastungen, wie in eisigen Wintern, können solche Anomalien das Fahrzeugverhalten beeinträchtigen und sogar Risiken für die Nutzer von Elektrofahrzeugen darstellen. Beide AVILOO Tests (PREMIUM und FLASH) können umfassende Analyse bis auf Zellebene anbieten.

FLASH Test: je nach Bedarf, auch mehrmals im Jahr – um eine Vielzahl von Zellanomalien innerhalb der Batterie auszuschließen

Der AVILOO FLASH Test, der derzeit schnellste, umfassende Batterietest auf dem Markt, ermöglicht die Überprüfung zahlreicher Fahrzeuge in kurzer Zeit. In nur drei Minuten liefert der Test eine Analyse des Batteriezustands und stellt die Ergebnisse in Form von Zahlenwerten im unabhängigen AVILOO Report dar. Mit dem FLASH Test können Batteriefehler bis auf Zellebene erkannt werden, was für die Vermarktung eines Gebrauchtwagens und die Transparenz beim Weiterverkauf von unschätzbarem Wert ist. Seine außergewöhnliche Qualität wurde von der European Remarketing Association (CARA) bestätigt. Der Test zeigt mögliche „red flags“ im Batteriezustand innerhalb von 3 Minuten auf (Abb. 3 und 4).

PREMIUM Test: 1x im Jahr – um die Batterie gründlich zu untersuchen

Der PREMIUM Test ermöglicht eine umfassende Batterieanalyse, da die Batterie über einen längeren Zeitraum hinweg detailliert vermessen wird. Dadurch stehen deutlich mehr Daten zur Verfügung. Während des PREMIUM Tests wird die Dynamik genutzt, um den Innenwiderstand bis auf Zellebene zu analysieren. Dieser Test verfügt über eine TÜV-Zertifizierung.

Die Analyse bis auf Zellebene ist von entscheidender Bedeutung für die Batteriediagnose, da die Gesamtleistung maßgeblich vom schwächsten Glied in der Kette abhängt. Das bedeutet, dass Defekte oder die ungleiche Alterung einzelner Zellen zu einer deutlich reduzierten Leistung der gesamten Batterie führen. Sowohl der PREMIUM Test als auch der FLASH Test von AVILOO umfassen, neben weiteren Kategorien, detaillierte Analysen bis auf die Zellebene und erkennen Batterie-defekte äußerst effektiv.

WIE KANN AVILOO BEI BATTERIEDEFEKTEN UNTERSTÜTZEN?

Die AVILOO Batteriediagnostik erkennt und zeigt Anomalien an, die zumeist keine Fehlercodes im BMS-System auslösen. Häufig unterstützt AVILOO Werkstätten nicht nur bei der Fehlerbehebung, sondern auch bei der Fehlersuche. Vertragswerkstätten schätzen, dass AVILOO Diagnosen nicht nur den Fehler aufdecken, sondern auch entscheidende Hinweise zur Ursachenfindung geben – und das ohne Öffnen von Schrauben. Lediglich der Deckel zum Zugang des OBD-2-Steckers muss gegebenenfalls entfernt werden. Bei Bedarf kann auch ein Gutachten durch AVILOO erstellt werden.

AVILOO BATTERY DIAGNOSTICS

FLASH TEST REPORT

| Execution | Vehicle |
|---------------------------|-------------------|
| State of charge: 95.5 % | Brand: [redacted] |
| Date: 15/02/2023 11:23:46 | Model: [redacted] |
| Executed by: [redacted] | VIN: [redacted] |
| | Mileage: 8,686 km |

Analysis Result

AVILOO SCORE

| | |
|--|---------|
| High voltage battery usage and history Analysis of charging & driving behavior | 48 / 50 |
| High voltage battery performance WARNING: Analysis of cell voltages and module temperatures failed - for details see page 2 | ! / 30 |
| High voltage battery control unit Check of signals and calculations of the battery management control unit. | 10 / 10 |
| Electrical low voltage system Check of 12 V battery state and power supply. | 5 / 5 |
| Vehicle communication interface Check of communication via the diagnostic interface. | 5 / 5 |

DI Wolfgang Berger MBA
 Managing director

DI Nikolaus Mayerhofer
 Managing director

Dr. Marcus Berger
 COO/CFO and Partner

FLASH TEST EXECUTION PROTOCOL

| | |
|----------|----------------------------|
| 11:23:46 | Flash Test started. |
| 11:23:49 | Vehicle detected. |
| 11:23:54 | Starting data acquisition. |
| 11:25:54 | Finished data acquisition. |
| 11:26:04 | Analyzing data. |
| 11:26:05 | Analysis completed. |

DETAILED RESULTS OF PERFORMED CHECKS

| Vehicle Information | |
|---------------------|---------------------|
| VIN | [redacted] |
| Date | 15/02/2023 11:23:46 |
| Mileage | 8,686 km |

| Measurements High Voltage System | |
|---|-----------|
| Battery temperature | 4.12 °C |
| Maximum cell temperature deviation | 1.25 °C |
| Pack voltage | 441.52 V |
| High cell spread detected. This indicates a defective or heavily unbalanced cell. (< 90.0 mV) | 133.06 mV |
| Peak current during check | -8.71 A |
| State of Health (SoH - read from car manufacturer)* | 96.21 % |

| Measurements Low Voltage System | |
|---------------------------------|---------|
| Power supply 12V system | 15.08 V |

*The SoH shown here was not calculated by AVILOO but corresponds to the SoH read out from the battery management system and calculated by the manufacturer. AVILOO therefore does not guarantee the correctness of this SoH.

AVILOO
 BATTERY DIAGNOSTICS

AVILOO GmbH
 Brown Boveri Strasse 16
 2351 Wiener Neudorf
 Austria

Tel: +43 2236 374 036
Mail: info@aviloo.com
Web: www.aviloo.com

UID Nr.: ATU 737 81605
FN: 50217 h

Abb. 3 und Abb. 4



AVILOO GmbH
IZ NÖ-Süd, Straße 16,
Objekt 69/5 2355
Wiener Neudorf, Österreich
+43 2236 374036

© Copyright 2024
All contents, especially texts, photographs and graphics
are protected by copyright. All rights reserved, including
reproduction, publication, editing and translation,
AVILOO Battery Diagnostics GmbH.